

SeismoBuild 2026
Manual de Usuario

Derechos de Autor

Derechos de Autor © 2002-2026 Seismosoft Ltd. Todos los derechos reservados.

SeismoBuild® es una marca registrada de Seismosoft Ltd. Los derechos de autor protegen el software y toda la documentación asociada.

Ninguna parte de este manual puede ser reproducida o distribuida en cualquier forma o medio, sin autorización explícita escrita previa por parte de Seismosoft Ltd.

Seismosoft Ltd.
Piazza Castello, 19
27100 Pavia (PV) - Italia
e-mail: info@seismosoft.com
website: www.seismosoft.com

Todos los esfuerzos se han tomados para asegurar que la información contenida en este manual sea precisa. Seismosoft no se hace responsable por errores de imprenta o administrativos.

Finalmente, mención de productos de terceros es para propósitos informativos solamente y no constituyen recomendaciones o exhortaciones.

CÓMO REFERENCIAR EL USO DEL SOFTWARE

Para referenciar/acreditar en cualquier tipo de publicación (ensayos científicos, reportes técnicos, textos, libros, tesis, etc.) el uso de este software, debe utilizarse la siguiente expresión: Seismosoft [2026] "SeismoBuild 2026" available from <https://www.seismosoft.com>.

Tabla de Contenidos

Introducción	12
General	13
Requisitos del Sistema.....	13
Instalación/Desinstalación del software.....	13
Ejecución del software y opciones de Registro	14
Inicio Rápido	16
Tutorial n.1 – Análisis de Pushover de un Edificio de Dos Pisos	16
Tutorial n.2 – Evaluación de un edificio de 3 pisos.....	48
Tutorial n.3 – Rehabilitación de un Edificio de Tres Pisos	62
Tutorial n.4 – Análisis dinámico de un edificio de 3 pisos.....	70
Ventana Principal de SeismoBuild	76
Menú Principal y Barra de Herramientas	76
Ajustes de Gráfico 3D	80
<i>Layout de Visualización</i>	80
<i>Ajustes Básicos de Visualización</i>	82
<i>Cortar Planos</i>	83
<i>Operaciones Adicionales</i>	83
Modelador de Edificios	85
Ajustes de Modelaje	85
Ventana Principal del Modelador de Edificios.....	88
Insertando un Fondo de Pantalla.....	89
Insertar Miembros Estructurales	90
<i>Ajustes de Materiales</i>	91
<i>Carga de Miembros</i>	93
<i>Propiedades Avanzadas de Miembro</i>	93
<i>Parámetros Avanzados de Modelaje</i>	95
<i>Parámetros de Modelado de Zapatas</i>	97
<i>Encamisado</i>	97
<i>Aislador</i>	98
<i>Envoltura FRP</i>	99
<i>Parámetros del Suelo para cimentación</i>	101
<i>Miembros Tipo Columna</i>	102
<i>Miembros Tipo Muro</i>	103
<i>Miembros de Tipo Viga</i>	105
<i>Paredes de Relleno</i>	107
<i>Riostras de Acero</i>	108
<i>Columna de Acero</i>	109
<i>Viga de Acero</i>	110
<i>Losas</i>	113
<i>Losa por Perímetro</i>	116
<i>Borde Libre</i>	117
<i>Escaleras</i>	119
<i>Rampas</i>	121
Insertación De Cargas	122
<i>Cargas Puntuales</i>	123
<i>Cargas Lineales</i>	125
Insertación De Miembros De La Cimentación	126

<i>Zapatas Individuales</i>	126
<i>Zapatas Corridas</i>	128
<i>Vigas de Connexión</i>	129
Editar Miembros Estructurales	130
Crear Nuevos Pisos	131
Ver Modelo 3D.....	132
Otras Funciones del Modelador de Edificios	133
Salvar y Guardar Proyectos del Modelador de Edificios	136
Modelaje Estructural	137
Requisitos de Código	139
Acción Sísmica (Espectro Objetivo).....	139
Estados Límite.....	141
Acción Sísmica (Espectro Objetivo).....	142
Tipos de Análisis (Perfil De Carga Lateral o Generación de Registro)	143
Acciones Estáticas	149
Límites de Deriva Entre Pisos	150
Desplazamiento Objetivo	150
Revisiones	151
Parámetros de Análisis y Modelaje	154
Esquemas de Ajuste	154
Ajustes Avanzados.....	155
<i>General</i>	156
<i>Análisis</i>	157
<i>Elementos</i>	159
<i>Criterios de Convergencia</i>	161
<i>Estrategia Iterativa Global</i>	165
<i>Estrategia Iterativa del Elemento</i>	168
<i>Gravedad y Masa</i>	169
<i>Eigenvalores</i>	170
<i>Modelaje Avanzado de Edificio</i>	172
<i>Modelado del link de interacción suelo-cimentación</i>	173
<i>Rigidez Agrietada/No Agrietada</i>	174
<i>Generación de Registros</i>	175
<i>Esquema de Integración</i>	177
<i>Amortiguamiento</i>	178
Análisis de Eigenvalores	181
Parámetros de Eigenvalores	181
Procesador	181
Post-Procesador	182
<i>Opciones de Gráfico</i>	183
<i>Crear una película del análisis</i>	184
<i>Visor de la Deformada</i>	186
<i>Cantidades Modales/de Masa</i>	187
<i>Output Paso a Paso</i>	189
<i>Registros de Análisis</i>	190
Análisis Lineal y No Lineal	191
General	191
Procedimiento Estático Lineal	191
Procedimiento Dinámico Lineal.....	192
Procedimiento No Lineal Estático.....	193
Procedimiento No Lineal Dinámico	193
Procesador	194

Post-Procesador	198
<i>Ajustes del Post-Procesador</i>	200
<i>Opciones de Gráfico</i>	201
<i>Creando una película del análisis</i>	202
<i>Desplazamiento Objetivo</i>	203
<i>Visor de la Deformada</i>	204
<i>Detallas de Convergencia</i>	205
<i>Diagramas de Fuerzas Internas</i>	206
<i>Parámetros de Respuesta Global</i>	208
<i>Solicitaciones en los Elementos</i>	212
<i>Output Paso a Paso</i>	214
<i>Registros de Análisis</i>	214
Revisiones	215
Rotación de Cuerda de los Miembros	216
Momentos Flectores de Miembros.....	218
Fuerza Cortante de Miembros.....	219
Deformaciones Internas de los Miembros (Sólo TBDY)	221
Deformaciones de Tracción de los Miembros de Acero	222
Deformaciones de Compresión de los Miembros de Acero	223
Fuerzas de Tracción de los Miembros de Acero.....	225
Fuerzas de Compresión en los Miembros de Acero.....	226
Rotaciones de rótula de los miembros de acero	227
Momentos Flectores de sección de los Miembros de Acero	228
Fuerzas de corte de los miembros de acero.....	230
Deformaciones de Corte de los Miembros de Acero	231
Momentos Flectores por Pandeo de los Miembros de Acero	232
Fuerza Cortante de las Uniones (Sólo Eurocódigos, ASCE 41-23 y TBDY).....	234
Área de Aros Horizontales de las Uniones (Sólo Eurocódigos).....	235
Área de Refuerzo Vertical de las Uniones (Sólo Eurocódigos)	236
Ductilidad de las Uniones.....	237
Tensión Diagonal en las Uniones (NTC & KANEPE)	239
Compresión Diagonal en las Uniones (NTC & KANEPE)	240
Derivas Entre Pisos (ASCE 41-23 y NTC)	241
Relaciones de PGA (Sólo NTC)	242
Clasificación de Riesgo Sísmico (Sólo NTC)	243
Capacidad Portante de Zapatas (Eurocódigo 8, NTC y KANEPE)	244
Fuerzas de Deslizamiento de Zapatas (Eurocódigo 8, NTC y KANEPE)	245
Capacidad de Momento de Rocking de Zapatas (ASCE 41-23 y TBDY).....	247
Capacidad de Rotación de Rocking de Zapatas (ASCE 41-23 y TBDY).....	248
Capacidad de Flexión de Zapatas.....	250
Capacidad a Cortante de Zapatas.....	251
Capacidad de Punzonamiento de Zapatas	252
Excentricidad de Zapatas	253
Reporte	255
Información General.....	255
Miembros.....	258
Uniones Viga-Columna	259
Cimentación.....	260
Cálculos Detallados (Anexo)	262
Diseñador de FRP	265
Bibliografía.....	266
Apéndice A – Códigos	276

Apéndice A.1 - Eurocódigos	276
Tipos de Análisis	276
Requisitos de Desempeño	277
<i>Estado Límite Cercano al Colapso (NC)</i>	277
<i>Estado Límite Cercano de Daño Significativo (SD)</i>	277
<i>Estado Límite de Limitación del Daño (DL)</i>	277
Información para la Evaluación Estructural	277
<i>KL1: Conocimiento Limitado</i>	278
<i>KL2: Conocimiento Normal</i>	278
<i>KL3: Conocimiento Completo</i>	278
<i>Factor de Confianza</i>	279
<i>Factores de Seguridad</i>	280
Modelos de Capacidad para Evaluaciones y Revisiones	280
<i>Capacidad de Deformación</i>	280
<i>Capacidad de Momento Flector</i>	283
<i>Capacidad a Cortante</i>	283
<i>Deformaciones Axiales de Miembros de Acero</i>	284
<i>Fuerzas Axiales de Miembros de Acero</i>	284
<i>Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero</i>	284
<i>Momento Flector de Miembros de Acero</i>	284
<i>Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero</i>	285
<i>Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero</i>	285
<i>Fuerza Cortante en las Uniones</i>	285
<i>Área de los Estribos de las Uniones</i>	286
<i>Área de Refuerzo Vertical de las Uniones</i>	286
<i>Ductilidad de las Uniones</i>	286
<i>Capacidad Portante de Zapatas</i>	286
<i>Capacidad de Flexión de Zapatas</i>	287
<i>Capacidad a Cortante de Zapatas</i>	287
<i>Capacidad de Punzonamiento de Zapatas</i>	287
<i>Excentricidad de Zapatas</i>	287
Curva de Capacidad	287
Desplazamiento Objetivo	287
Apéndice A.2 – ASCE.....	290
Tipo de Análisis	290
Requisitos de Desempeño	290
<i>Nivel de Desempeño Operacional (1-A)</i>	291
<i>Nivel de Desempeño de Ocupación Inmediata (1-B)</i>	291
<i>Nivel de Desempeño de Seguridad de Vida (3-C)</i>	291
<i>Nivel de Desempeño de Prevención del Colapso (5-D)</i>	291
Información para la Evaluación Estructural	292
<i>Conocimiento Mínimo</i>	292
<i>Conocimiento Usual</i>	292
<i>Conocimiento Integral</i>	292
<i>Factores de Conocimiento</i>	293
<i>Factores de Seguridad</i>	293
Modelos de Capacidad para Evaluaciones y Revisiones	293
<i>Capacidad de Deformación</i>	294
<i>Capacidad de Momento Flector</i>	294
<i>Capacidad a Cortante</i>	295
<i>Deformaciones Axiales de Miembros de Acero</i>	296
<i>Fuerzas Axiales de Miembros de Acero</i>	296
<i>Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero</i>	296
<i>Momento Flector de Miembros de Acero</i>	296
<i>Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero</i>	296

<i>Deformaciones por Corte de Miembros de Acero</i>	297
<i>Las vigas de acero sometidas a cortante se consideran acciones controladas por deformación y se verifican en términos de deformación por cortante de acuerdo con la Tabla C2.4 de AISC 342-22. Las deformaciones por cortante se calculan dividiendo las fuerzas cortantes analíticas por la rigidez a cortante $K_e \cdot L_v$, tal como recomienda AISC 342-22 (Ecuación C2.5) para evaluar la deformación por cortante en el límite elástico a partir de la resistencia a cortante.</i>	297
<i>Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero</i>	297
<i>Fuerza de Cortante en las Uniones</i>	297
<i>Ductilidad de las Uniones</i>	297
<i>Capacidad de Rotación de Rocking de Zapatas</i>	297
<i>Capacidad de Momento de Rocking de Zapatas</i>	297
<i>Capacidad de Flexión de Zapatas</i>	297
<i>Capacidad a Cortante de Zapatas</i>	298
<i>Capacidad de Punzonamiento de Zapatas</i>	298
<i>Excentricidad de Zapatas</i>	298
Curva de Capacidad.....	298
Desplazamiento Objetivo	298
Apéndice A.3 – NTC-18	301
Tipos de Análisis	301
Requisitos de Desempeño.....	301
<i>Estado Límite de Prevención del Colapso (SLC)</i>	301
<i>Estado Límite de Seguridad de Vida (SLV)</i>	302
<i>Estado Límite de Limitación del Daño (SLD)</i>	302
<i>Estado Límite de Nivel Operacional (SLO)</i>	302
Información para la Evaluación Estructural	302
<i>KL1: Conocimiento Limitado</i>	302
<i>KL2: Conocimiento Adecuado</i>	303
<i>KL3: Conocimiento Preciso</i>	303
<i>Factores de Confianza</i>	304
<i>Factores de Seguridad</i>	305
Modelos de Capacidad para Evaluaciones y Revisiones	305
<i>Capacidad de Deformación</i>	305
<i>Capacidad de Momento Flector</i>	307
<i>Capacidad a Cortante</i>	308
<i>Deformaciones Axiales de Miembros de Acero</i>	309
<i>Las deformaciones axiales de las riostras a tracción y compresión deben satisfacer las disposiciones de las Tablas B.2 y B.3 del Anexo B de la EN 1998-3:2005. Las deformaciones axiales de las columnas y vigas de acero a tracción deberán satisfacer las disposiciones de la Tabla B.4 del Anexo B de la EN 1998-3:2005.</i>	309
<i>Fuerzas Axiales de Miembros de Acero</i>	309
<i>Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero</i>	309
<i>Momento Flector de Miembros de Acero</i>	309
<i>Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero</i>	309
<i>Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero</i>	309
<i>La resistencia al pandeo de cada miembro de acero se calcula en términos de flexión biaxial combinada y compresión axial según las ecuaciones (6.61) y (6.62) de la sección 6.3.3 de la EN 1993-1-1:2005.</i>	309
<i>Fuerzas Axiales de las Riostras de Acero</i>	309
<i>Compresión Diagonal en las Uniones</i>	309
<i>Ductilidad de las Uniones</i>	310
<i>Derivas Entre Pisos</i>	310
<i>Capacidad Portante de Zapatas</i>	310
<i>Capacidad de Flexión de Zapatas</i>	310
<i>Capacidad a Cortante de Zapatas</i>	311
<i>Capacidad de Punzonamiento de Zapatas</i>	311

Excentricidad de Zapatas	311
Curva de Capacidad.....	311
Desplazamiento Objetivo	311
Apéndice A.4 – KANEPE	313
Tipos de Análisis	313
Requisitos de Desempeño	314
<i>Nivel de Desempeño de Ocupación Inmediata (A)</i>	314
<i>Nivel de Desempeño de Seguridad de Vida (B)</i>	314
<i>Nivel de Desempeño de Prevención del Colapso (C)</i>	314
Información para la Evaluación Estructural.....	315
DRL Tolerable.....	315
DRL Suficiente.....	315
DRL Alto.....	315
Factores Parciales	316
Modelos de Capacidad para Evaluaciones y Revisiones.....	316
Capacidad de Deformación.....	316
Capacidad de Momento Flector.....	319
Capacidad a Cortante.....	319
Deformaciones Axiales de Riostras de Acero.....	321
Fuerzas Axiales de Miembros de Acero	321
Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero	321
Momento Flector de Miembros de Acero	321
Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero.....	321
Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero	321
Tensión Diagonal en las Uniones.....	321
Compresión Diagonal en las Uniones.....	322
Ductilidad de las Uniones.....	322
Capacidad Portante de Zapatas.....	322
Capacidad de Flexión de Zapatas.....	322
Capacidad a Cortante de Zapatas	322
Capacidad de Punzonamiento de Zapatas.....	323
Excentricidad de Zapatas	323
Curva de Capacidad.....	323
Desplazamiento Objetivo	323
Apéndice A.5 – TBDY	326
Tipo de Análisis	326
Requisitos de Desempeño	326
<i>Nivel de Desempeño de Uso Continuo (KK)</i>	327
<i>Nivel de Desempeño de Ocupación Inmediata (HK)</i>	327
<i>Nivel de Desempeño de Seguridad de Vida (CG)</i>	327
<i>Nivel de Desempeño de Prevención del Colapso (BP)</i>	327
Información para la Evaluación Estructural.....	327
Conocimiento Limitado	328
Conocimiento Integral	328
Factores de Conocimiento	328
Factores de Seguridad.....	328
Modelos de Capacidad para Evaluaciones y Revisiones.....	328
Capacidad de Rotación de Cuerda.....	328
Capacidad de Momento Flector.....	330
Capacidad de Deformación	330
Capacidad de Cortante	331
Deformaciones Axiales de Miembros de Acero.....	331
Fuerzas Axiales de Miembros de Acero	331
Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero	332

<i>Momento Flector de Miembros de Acero</i>	332
<i>Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero</i>	332
<i>Deformaciones por Corte de Miembros de Acero</i>	332
<i>Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero</i>	332
<i>Fuerza Cortante en las Uniones</i>	332
<i>Ductilidad de las Uniones</i>	333
<i>Capacidad de Rotación de Rocking de Zapatas</i>	333
<i>Capacidad de Momento de Rocking de Zapatas</i>	333
<i>Capacidad de Flexión de Zapatas</i>	333
<i>Capacidad a Cortante de Zapatas</i>	333
<i>Capacidad de Punzonamiento de Zapatas</i>	333
<i>Excentricidad de Zapatas</i>	333
Curva de Capacidad.....	333
Desplazamiento Objetivo	333
Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje	335
No-Linealidad Geométrica	335
Inelasticidad de los Materiales	335
Sistema de Ejes Locales y Globales	337
Procedimiento de Solución No-Lineal	338
Apéndice C – Materiales	344
Materiales de Acero	344
Materiales de Hormigón	349
Apéndice D–Insertando Miembros Estructurales	354
Apéndice E – Clases de Elementos	412

Introducción

SeismoBuild es un paquete de Elemento Finito para la evaluación estructural, capaz de realizar todas las revisiones basadas en código, tomando en cuenta las no linealidades geométricas y la inelasticidad de los materiales.

El software consiste de seis módulos principales: el módulo de **Modelaje de Edificios**, en el cual es posible definir los datos de input del modelo estructural, el **Módulo de Requisitos de Código**, donde se definen los parámetros basados en código, el módulo de **Análisis de Eigenvalores** y de **Análisis de Pushover**, en los cuales se llevan a cabo los análisis seleccionados y donde se obtienen los resultados, el módulo de **Revisiones**, en el cual todas las revisiones de los miembros estructurales se llevan a cabo, de acuerdo con el código seleccionado, y finalmente el módulo de Reporte para extraer los resultados de la evaluación de la estructura; todo llevándose a cabo a través de una **interface completamente visual**.

Con la herramienta de Modelador de Edificio  el usuario puede crear modelos estructurales regulares o irregulares en 3D en la marcha. El proceso completo toma solamente unos minutos. No se requiere de ningún tipo de input o archivos de configuración, códigos de programación u otros procesos de edición de texto complejos. Además, el Procesador en los módulos de Eigenvalores y Pushover, incluye gráficos en tiempo real de las curvas de desplazamiento y deformada de la estructura, junto con la posibilidad de pausar y reiniciar el análisis, mientras que el Post-Procesador, donde los resultados del análisis se exportan, ofrece herramientas avanzadas de post-procesamiento, incluyendo la habilidad de personalizar el formato de todos los gráficos derivados y las deformadas, incrementando así la productividad de los usuarios.; también es posible crear archivos de película AVI para ilustrar de mejor manera la secuencia de la deformación estructural.



Estructura del Software

El software está completamente integrado con el ambiente de Windows. Toda la información visible dentro de la interfaz gráfica de SeismoBuild puede copiarse a aplicaciones de software externas (p. ej. procesadores de texto como Microsoft Word), incluyendo datos de output, gráficos de alta calidad, la deformada de los modelos y mucho más.

REQUISITOS DEL SISTEMA

Para utilizar **SeismoBuild**, sugerimos:

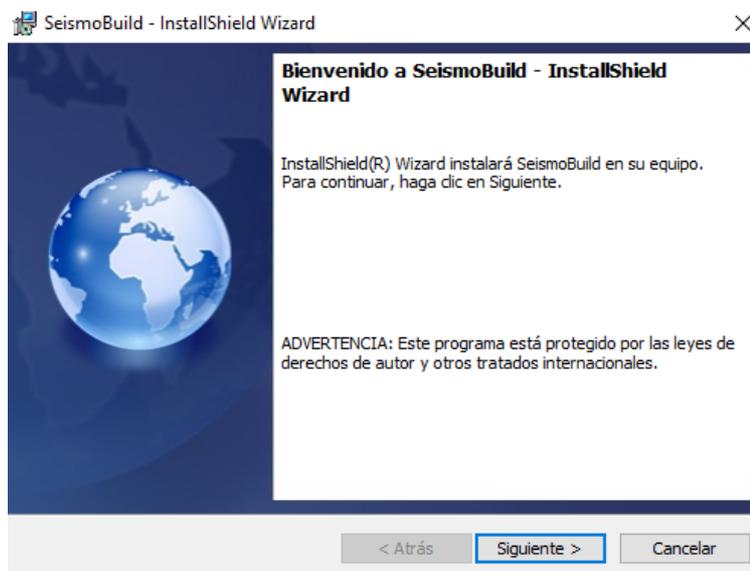
- PC (o “máquina virtual”) con uno de los siguientes sistemas operativos: Windows 7 y versiones posteriores de Windows (64-bit);
- 8 GB RAM;
- Resolución de pantalla de 1366x768 o mayor;
- Conexión a Internet para el registro del software (se recomienda conexión de banda ancha).

INSTALACIÓN/DESINSTALACIÓN DEL SOFTWARE

Instalación del software

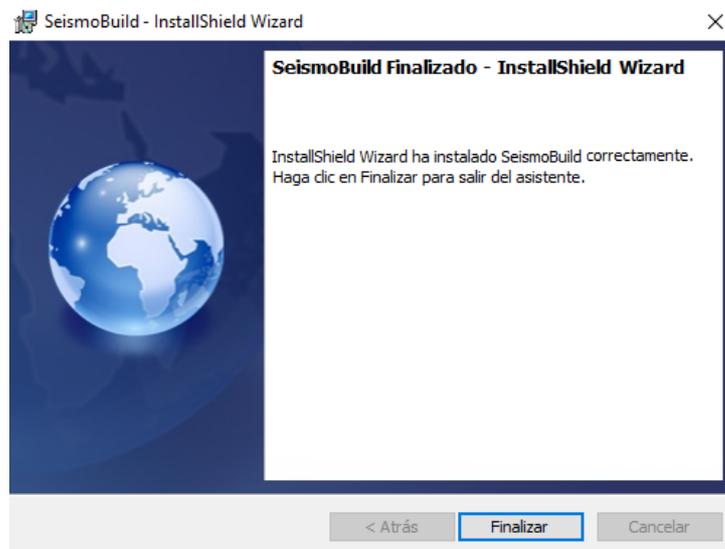
Para instalar **SeismoBuild**, siga los pasos que se enumeran a continuación:

1. Descargue la última versión del programa del sitio:
www.seismosoft.com/downloads
2. Guarde la aplicación en su ordenador y ejecútela. Se le solicitará seleccionar el idioma de instalación:



Asistente de instalación (primera ventana)

3. Haga clic sobre el botón *Siguiente* para continuar con la instalación. Aparecerá sobre la pantalla el *Acuerdo de Licencia*. Por favor, léalo atentamente y acepte los términos seleccionando la casilla correspondiente.
4. Haga clic sobre el botón *Siguiente*. En la ventana siguiente, haga clic sobre *Siguiente* nuevamente si desea instalar en la carpeta de destino seleccionada por defecto, o haga clic en *Cambiar* para seleccionar una carpeta diferente.
5. Haga clic sobre el botón *Instalar* y espere hasta que el software haya sido instalado.
6. Al finalizar el proceso, haga clic sobre *Finalizar* para salir del asistente.



Asistente de instalación (última ventana)

Desinstalar el software

Para remover el software de su ordenador:

1. Abra el menú de Inicio
2. Haga clic en Ajustes
3. Haga clic en Sistema en el menú Configuración.
4. Seleccione Apps & Features en el panel izquierdo.
5. Seleccione el programa de la lista de todas las aplicaciones instaladas.
6. Espere hasta que se haya completado la desinstalación del software.

EJECUCIÓN DEL SOFTWARE Y OPCIONES DE REGISTRO

Para iniciar SeismoBuild, seleccione Start > Programs o All Programs > Seismosoft > SeismoBuild 2026 > SeismoBuild 2026. Aparecerá la siguiente ventana de registro:



Ventana de Registro de SeismoBuild

Antes de utilizar el software, deberá seleccionar una de las siguientes opciones:

1. Continuar utilizando el software en modo de prueba.

2. Obtenga una licencia académica proporcionando una dirección de correo electrónico académica válida.
3. Adquirir una licencia comercial.

NOTA: Si selecciona la opción 2 o 3, debe registrar el producto utilizando los datos de licencia que le hayan sido provistos.

SeismoBuild Registro

Opciones de Registro

- Continuar en Modo de Prueba
- Obtener Licencia Académica
- Adquirir Licencia Comercial
- Registrar
- Salir
- Estado de Conexión a Internet: CONECTADO

Ayuda

- SeismoBuild Ayuda

Formulario de Registro

Nombre

Institución / Organización

License Type

Llave de Licencia

Registrar

Formulario de Registro

IMPORTANTE: Con respecto a las claves de licencia, tenga en cuenta que, tal como se indica en el mensaje que aparece antes de la apertura de la ventana principal del programa, las licencias de la versión 2025 y anteriores no son válidas en SeismoBuild 2026. Por lo tanto, se invita a los usuarios a solicitar una

Inicio Rápido

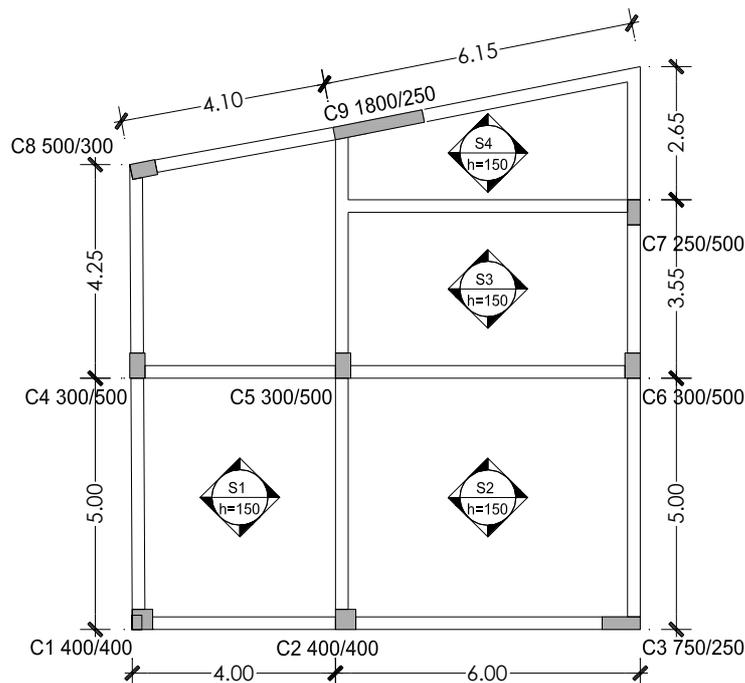
Este capítulo lo guiará en sus **primeros análisis con SeismoBuild**.

SeismoBuild ha sido diseñado pensando tanto en la facilidad de uso como en la flexibilidad. Nuestro objetivo es que usted pueda ejecutar análisis (incluso los “difíciles” análisis time-history dinámicos) en unos pocos minutos. De hecho, es mucho más simple utilizar SeismoBuild que describirlo. Verá que, una vez que haya asimilado unos pocos conceptos importantes, el proceso completo resultará bastante intuitivo. El modelo que creará está lleno de opciones y puede simular de manera eficiente y precisa estructuras reales.

TUTORIAL N.1 – ANÁLISIS DE PUSHOVER DE UN EDIFICIO DE DOS PISOS

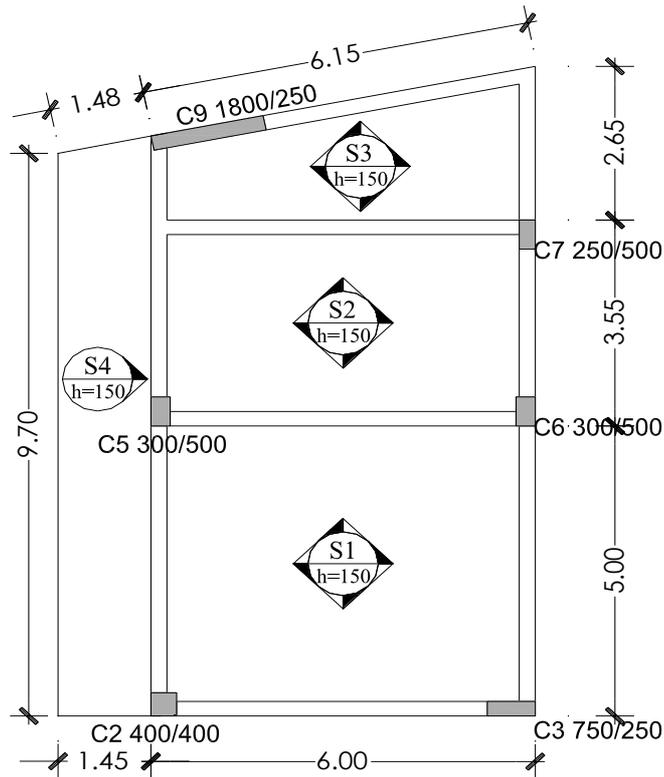
Descripción del Problema

Intentemos modelar un edificio de dos pisos de concreto reforzado tridimensional, para el cual se le pide evaluar su capacidad de acuerdo con los Eurocódigos. El Modelador del Edificio será usado para una decisión fácil y rápida del edificio. La geometría del primer y segundo piso se muestra en las vistas correspondientes abajo:



Vista en Planta del 1er piso del edificio

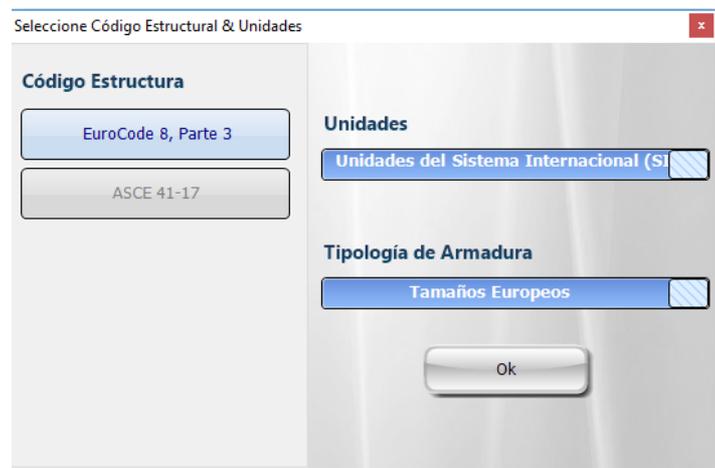
NOTA: Puede encontrar una película describiendo el tutorial N.1 en el sitio web de Seismosoft.



Vista en Planta del 2do piso del edificio

Iniciando: un nuevo proyecto

Al abrir SeismoBuild, aparece una ventana para seleccionar el Código estructural, las unidades y la tipología de barras de refuerzo del nuevo proyecto. Las opciones disponibles en la versión actual según la versión son el Eurocódigo 8, ASCE 41-23 (Código Americano para La Evaluación Sísmica y la Intervención de Edificios Existentes), NTC-18 (Código Sísmico Nacional Italiano), KANEPE (Código de Intervenciones Sísmicas Griegas) y TBDY (Código de Construcción y Evaluación Sísmica de Turquía), unidades SI e imperiales, y tamaños europeos y tamaños de EE. UU. para la tipología de barras de refuerzo.

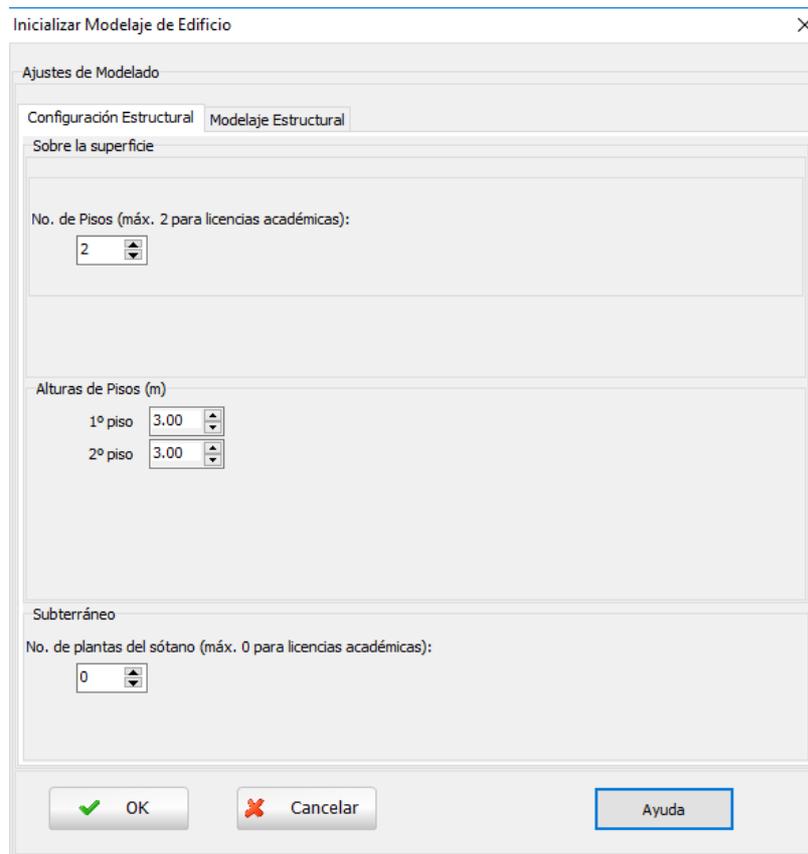


Ventana de Selección de Código & Unidades

Cuando seleccione el módulo de Modelaje del Edificio, la ventana de inicio del Modelador de Edificio se abrirá, en la cual pueden definirse el número de pisos, las alturas de piso y los ajustes básicos pueden definirse.

Para este tutorial los siguientes ajustes han sido seleccionados:

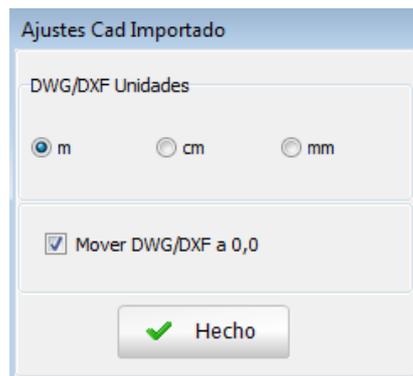
- Eurocódigo 8, Parte 3
- Unidades SI
- Tamaños Europeos para las varillas de refuerzo
- 2 pisos
- Alturas de Piso: 3m
- No aceptar vigas con claros menores a: 0.1m
- Incluya ancho efectivo de vigas



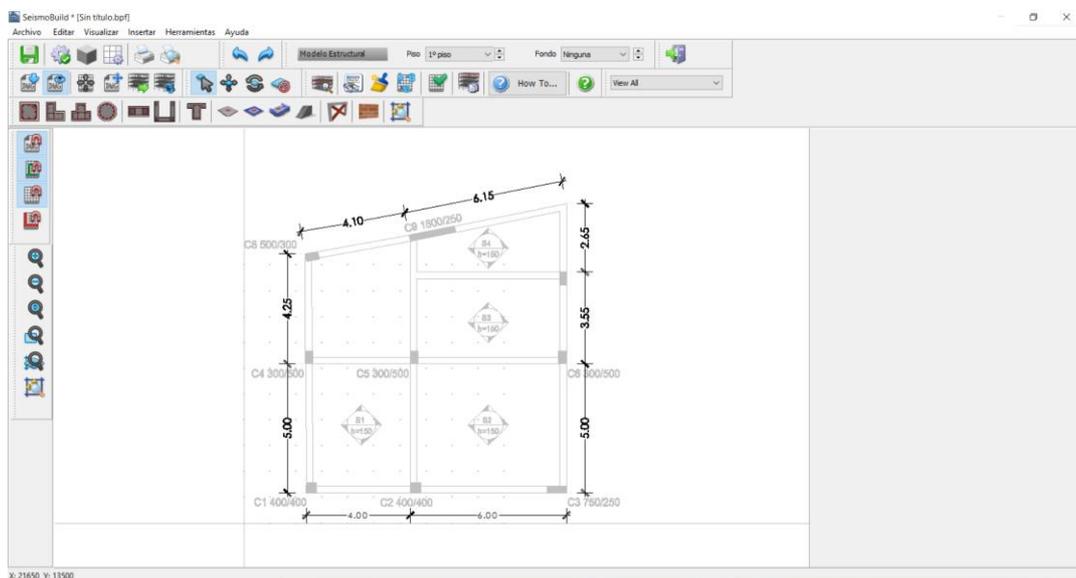
Módulo de Inicio del Modelador de Edificios – Configuración Estructural

Proceda haciendo clic en OK.

Para facilitar la definición de geometría y localización de los elementos, un archivo de CAD puede importarse desde el menú principal (*Archivo > Importar DWG...*) o a través del botón correspondiente en la barra de herramientas . Una ventana aparece para hacer la selección de las unidades DWG/DXF y el usuario tienen la posibilidad de mover el origen del dibujo a la coordenada (0,0).

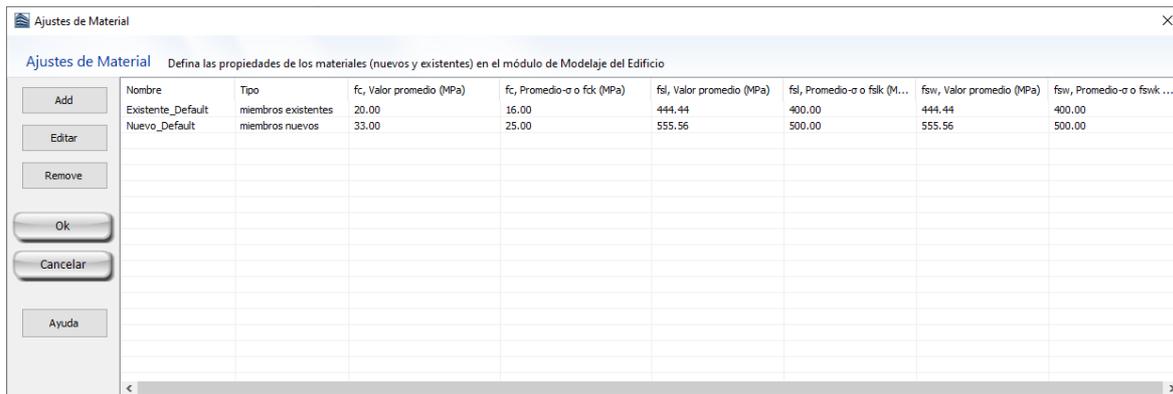


Modelador de Edificio – Ajustes Importados del CAD

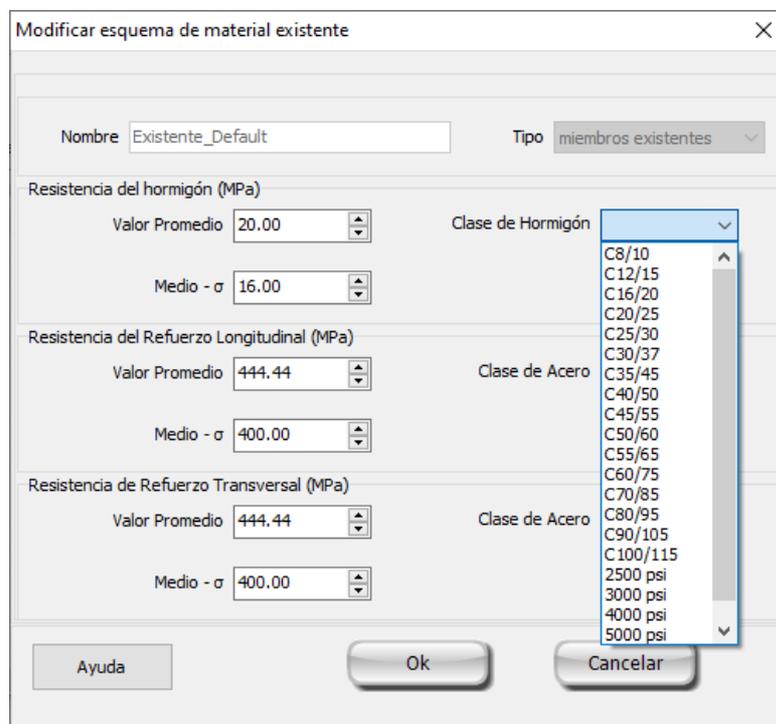


Modelador de Edificio – Inserción de un dibujo CAD

Inicie insertando miembros estructurales desde el menú principal (*Insertar > Columna Rectangular...*) o a través del botón correspondiente  para columnas rectangulares. Alternativamente. Seleccione una de las otras columnas disponibles, forma de L () , forma de T () , circular () , o sus contrapartes encamisadas. La Ventana de Propiedades de la columna aparecerá a mano derecha de la pantalla y el usuario puede definir su geometría, nivel de fundación, refuerzo transversal y longitudinal, propiedades de material, envoltorio FRP y los ajustes basados en Código para los miembros estructurales. El set de materiales debe ser definido para cada miembro estructural. En módulo de sets de materiales, los valores de resistencia del refuerzo y el concreto de los miembros son determinados. El set de materiales debe ser definido para cada miembro estructural. De manera predeterminada hay dos sets de materiales en el programa., uno para los miembros existentes, llamado *Predeterminado Existente*, el cual se usa en este tutorial, y otro para los miembros nuevos agregados debido a rehabilitación, llamado *Predeterminado Nuevo*. Los usuarios pueden agregar nuevos sets de materiales o editar los existentes, pero no pueden remover los esquemas de material predeterminados.

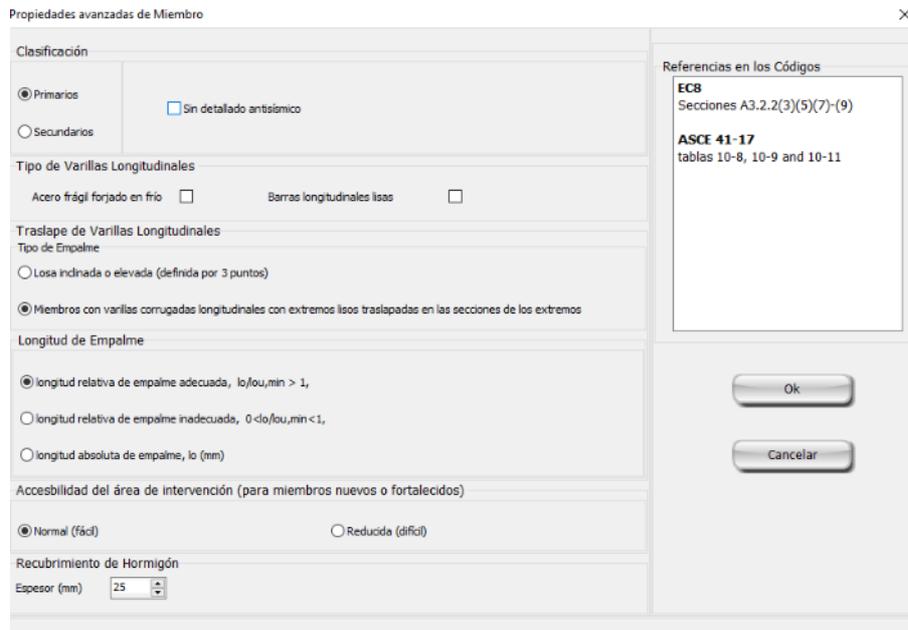


Modelador de Edificios – Ajustes de Material



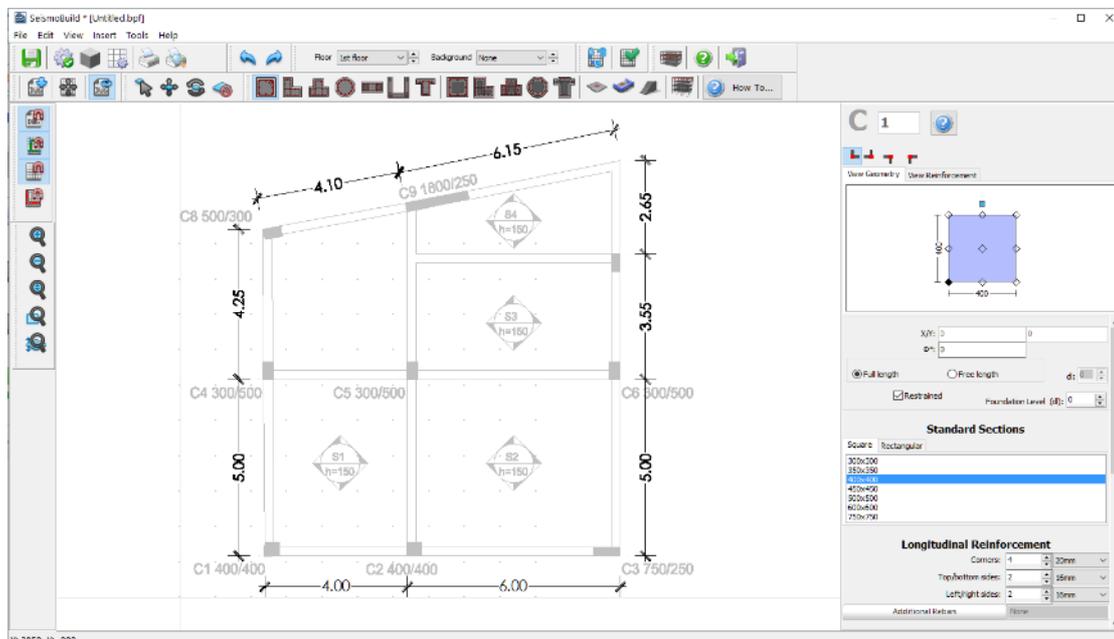
Modelador de Edificios – Modificar Esquema de Material Existente

Dándole clic en el botón de **Propiedades Avanzadas de Miembro** los usuarios pueden definir los ajustes del miembro estructural de acuerdo con el Código Seleccionado.



Modelador de Edificio – Propiedades Avanzadas de Miembro

Aún más, el “punto de inserción” del elemento puede escogerse dando clic en los puntos de la esquina, el centro, o los lados del gráfico de la sección en la Ventana de Propiedades. Se permite cambiar las dimensiones de sección dándoles clic, mientras que la rotación de la columna en planta puede cambiarse por los botones de 0°, 90°, 180° y 270° o asignándoles el ángulo apropiado en la caja de edición correspondiente de la Ventana de Propiedades. Aunque puede definirse diferentes niveles de fundación para las columnas del primer piso, para el propósito de este tutorial el nivel de fundación -1000mm se asigna a todas las columnas.



Modelador de Edificio – Propiedades de Elemento Columna

Las dimensiones y el refuerzo de los miembros (columnas, vigas y muros) del primer y segundo piso se muestran en las siguientes tablas:

Columnas 1er piso	Altura (mm)	Ancho (mm)	Refuerzo Longitudinal	Refuerzo Transversal
C1	400	400	4Ø18+4Ø16	Ø10/10
C2	400	400	4Ø18+4Ø16	Ø10/10
C3	750	250	4Ø16+8Ø14	Ø10/10
C4	300	500	6Ø18	Ø10/10
C5	300	500	6Ø18	Ø10/10
C6	300	500	6Ø20	Ø10/10
C7	250	500	4Ø20+2Ø16	Ø10/10
C8	300	500	6Ø20	Ø10/10
W9	250	1800	(4Ø16+8Ø14)+#Ø10/20+(4Ø8/m ²)	Ø10/10

Vigas 1er piso	Altura (mm)	Ancho (mm)	Refuerzo al inicio de Viga	Refuerzo en el medio de Viga	Refuerzo al final de Viga	Refuerzo Transversal
B1	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B2	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4v14	o4Ø16 u4Ø14	Ø8/10
B3	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B4	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2φØ20 u4Ø14	Ø8/10
B5	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3φØ14 u4Ø14	Ø8/10
B6	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B7	500	250	o3Ø20 u2Ø14	o4Ø14 u2Ø14	o3Ø20 u2Ø14	Ø8/10
B8	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B9	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B10	500	250	o4Ø16 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B11	500	250	o2Ø18 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B12	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B13	500	250	o2Ø18 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10

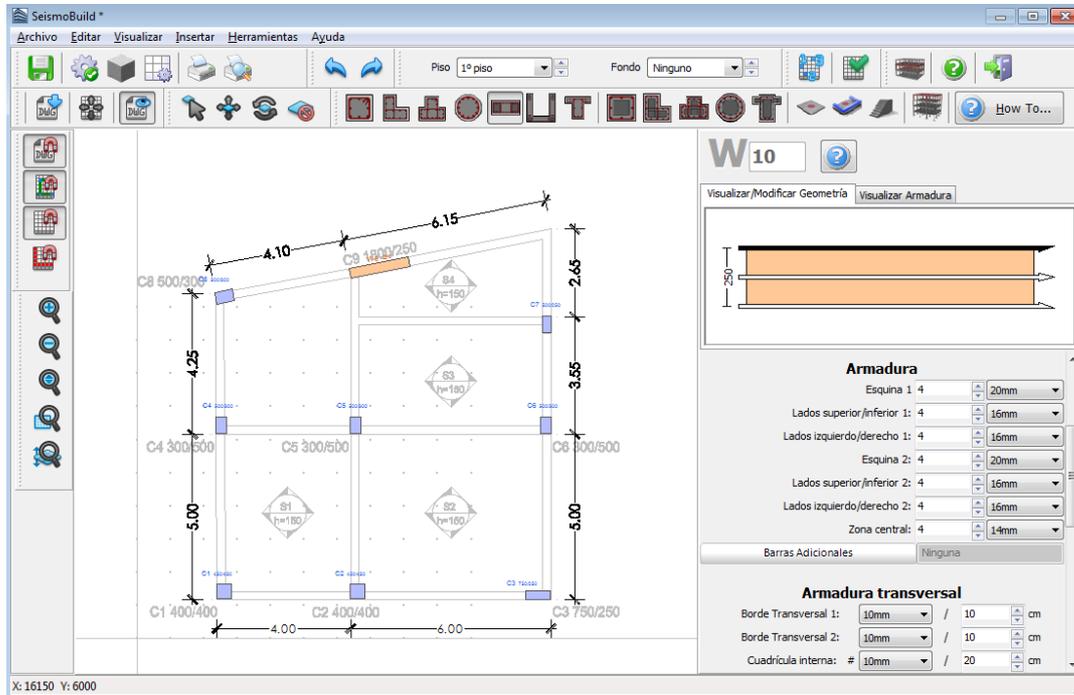
Vigas 1er piso	Altura (mm)	Ancho (mm)	Refuerzo al inicio de Viga	Refuerzo en el medio de Viga	Refuerzo al final de Viga	Refuerzo Transversal
B14	500	250	o2Ø18 u4Ø16	o2Ø16 u4Ø16	o2Ø16 u4Ø16	Ø8/10
B15	500	250	o4Ø16 u2Ø16	o4Ø16 u2Ø16	o4Ø16 u2Ø16	Ø8/10

Columnas 2do Piso	Altura (mm)	Ancho (mm)	Refuerzo Longitudinal	Refuerzo Transversal
C2	400	400	4Ø18+4Ø16	Ø10/10
C3	750	250	4Ø16+8Ø14	Ø10/10
C5	300	500	4Ø20+2Ø16	Ø10/10
C6	300	500	6Ø20	Ø10/10
C7	250	500	4Ø20+2Ø16	Ø10/10
W9	250	1800	(4Ø16+8Ø14)+#Ø10/20+(4Ø8/m ²)	Ø10/10

Vigas 2do piso	Altura (mm)	Ancho (mm)	Refuerzo al inicio de Viga	Refuerzo en el medio de Viga	Refuerzo al final de Viga	Refuerzo Transversal
B1	500	250	o4Ø16 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o4Ø16 u4Ø14	Ø8/10
B2	500	250	o2Ø18 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B3	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B4	500	250	o3Ø20 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B5	500	250	o2Ø18 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B6	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B7	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B8	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B9	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B10	500	250	o4Ø16 u2Ø16	o4Ø16 u2Ø16	o4Ø16 u2Ø16	Ø8/10

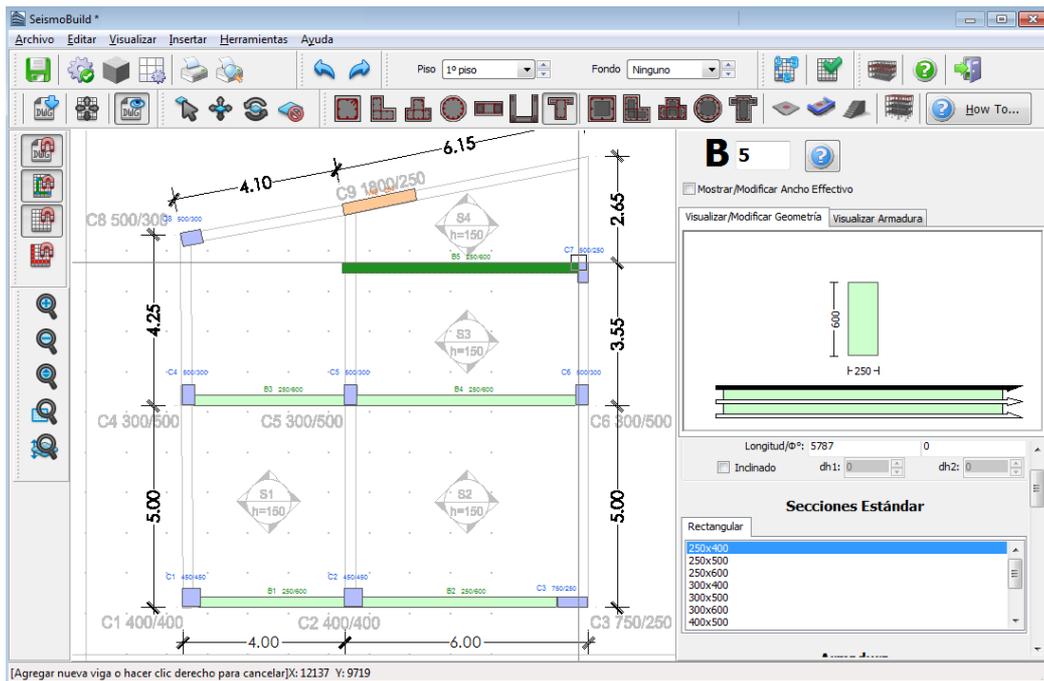
Luego de dar clic en el botón de Insertar Muro, la Ventana de Propiedades del Muro aparece, donde las dimensiones, el patrón de refuerzo (longitudinal y transversal a los dos lados y en el medio), la longitud

de la pseudo columna, el nivel de fundación, el set de material, la envoltura FRP y las propiedades avanzadas de miembro basadas en código pueden definirse. Seleccione la línea de inserción haciendo clic en cualquiera de las tres líneas de la vista de geometría (la izquierda es la escogida en el ejemplo), e inserte el muro estructural delineando sus dos bordes en la Ventana Principal.

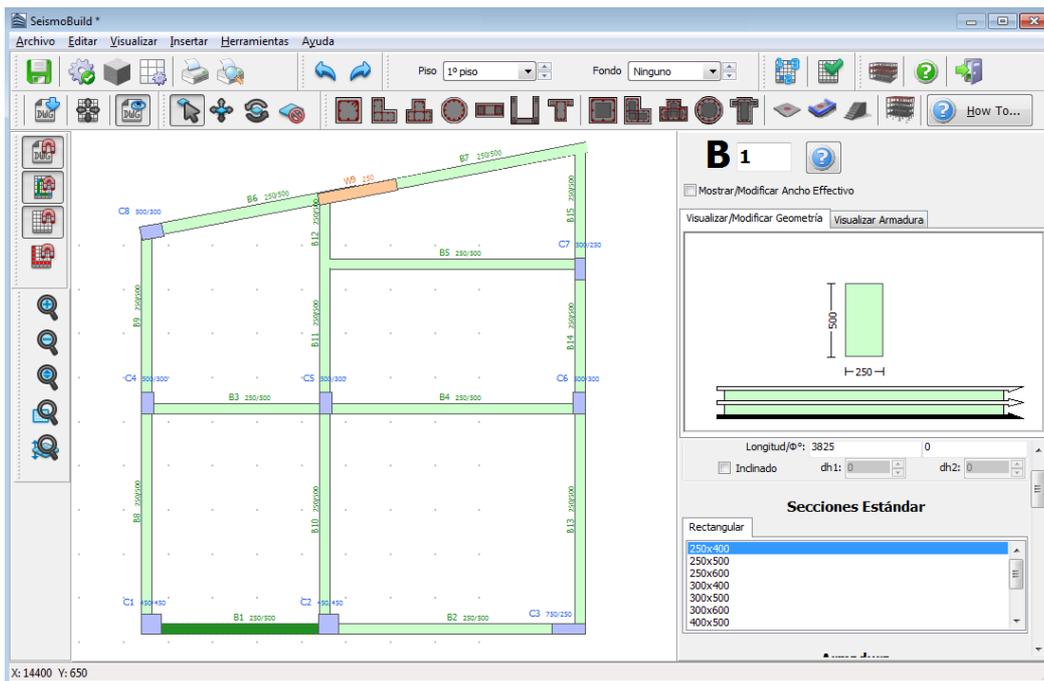


Modelador de Edificio - Propiedades de Elemento Muro

Inserte las vigas desde el menú principal (*Insertar > Vigas*) o a través del botón la barra de herramientas correspondiente **T**, de manera similar al de los muros. De nuevo, es posible definir fácilmente la geometría (ancho y profundidad), el reforzamiento (longitudinal y transversal al inicio, el medio y final de las secciones), el set de material, las propiedades avanzadas de miembro y seleccione la línea de inserción en la vista en planta dando clic en el eje preferido (izquierdo, centro o derecho). Adicionalmente la carga distribuida puede definirse también, que servirá para definir cualquier carga permanente asociada al peso propio del sistema estructural o a las cargas vivas de las losas (p. ej. Acabados, rellenos, etc.).



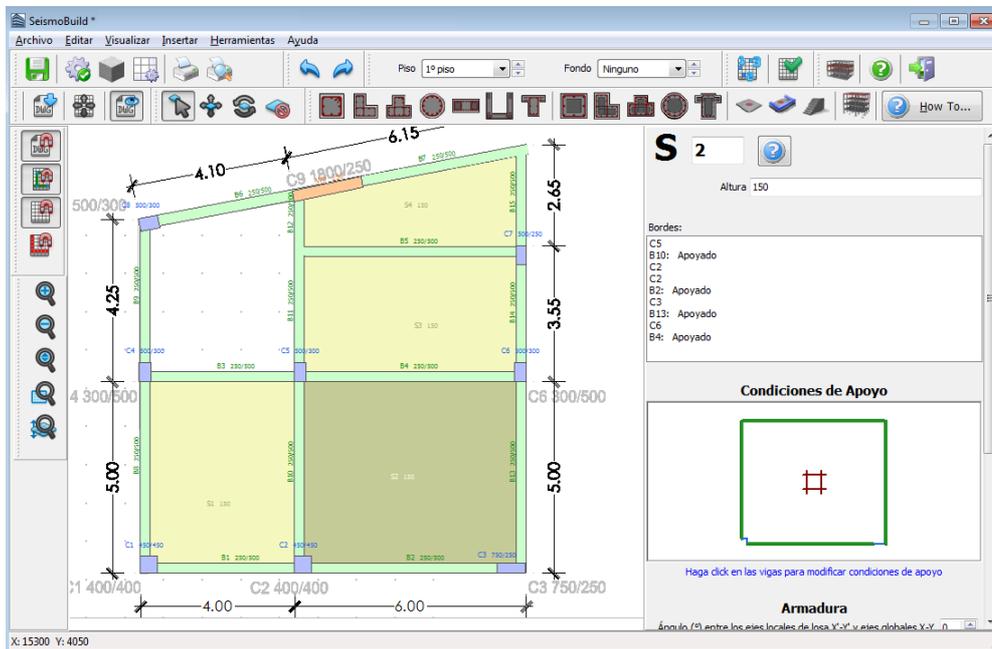
Modelador de Edificio – Insertar Elementos



Modelador de Edificio – Propiedades de Elemento Viga

Para insertar losas vaya al menú principal (*Insertar > Losa*) o haga clic en el botón  de la barra de herramientas, asigne las propiedades de la losa, que son el alto de la sección, el refuerzo y las cargas permanentes y vivas adicionales, y de clic en cualquier área encerrada por elementos estructurales (columnas, paredes, vigas). Un botón de “Tipo de Área Cargada” está disponible, para que las cargas vivas sean automáticamente asignadas de acuerdo con la categoría de carga del código seleccionado. Debe notarse que el peso propio de las losas se calcula de acuerdo con su geometría, materiales, y peso específico. Una vez la losa está definida, puede modificarse dándole clic a los bordes correspondientes

en la Ventana de Propiedades. Además, la opción de asignar losas declinadas o elevadas, definiendo las coordenadas y elevación de solo tres puntos de la losa se hace disponible.

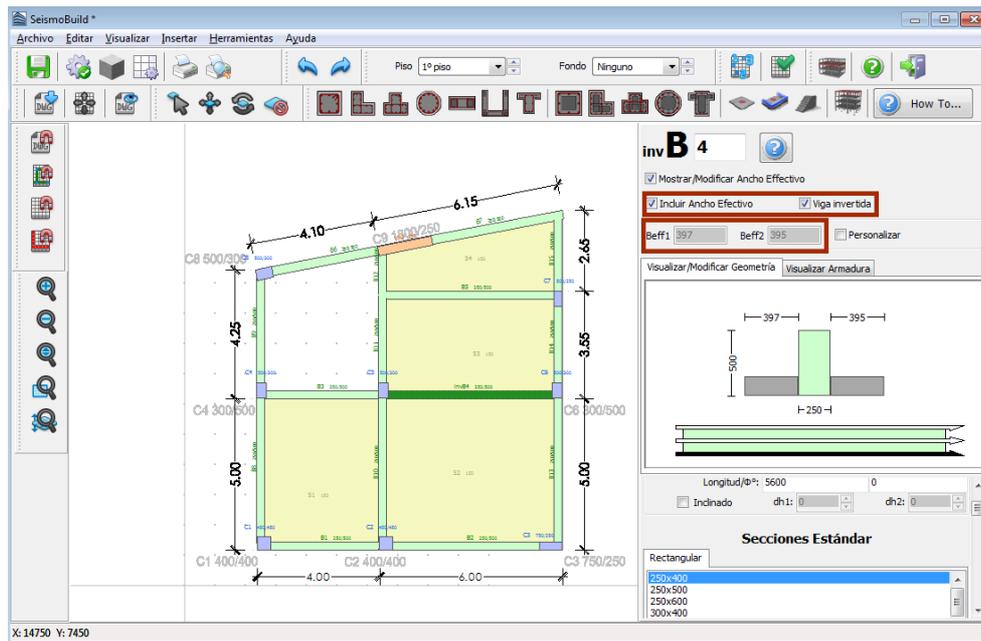


Modelador de Edificio – Propiedades de Elemento Losa



Modelador de Edificio –Categorías de Áreas Cargadas de Losas

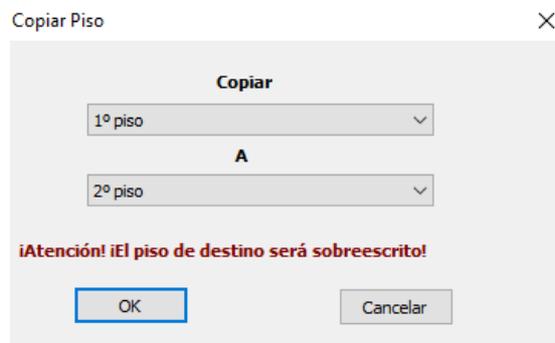
Luego de insertar todos los elementos puede cambiar las propiedades de cualquier sección haciendo clic en ella. En particular, nótese que luego de definir las losas, puede verse el ancho efectivo de las vigas en la Ventana de Propiedades de vigas; cada ancho efectivo de viga se calcula automáticamente, pero puede ser cambiado por el usuario. Adicionalmente, las vigas invertidas también pueden definirse, como se muestra en la figura siguiente:



Modelador de Edificio – Propiedades de Elemento Viga

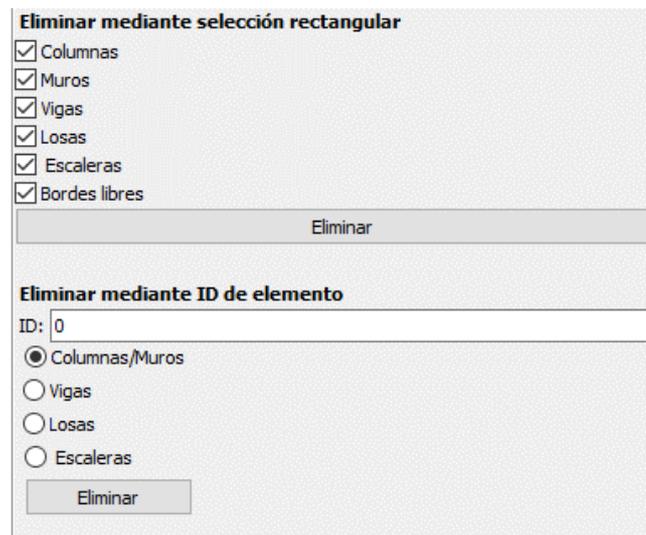
El 2do piso puede crearse automáticamente basándose en la configuración estructural del 1er; esto puede lograrse desde menú principal (Herramientas>Copiar Piso...) o a través del botón .

Ahora cree automáticamente el 2do piso basado en el 1ero creado anteriormente desde el menú principal (Herramientas > Copiar piso...) o usando el botón .



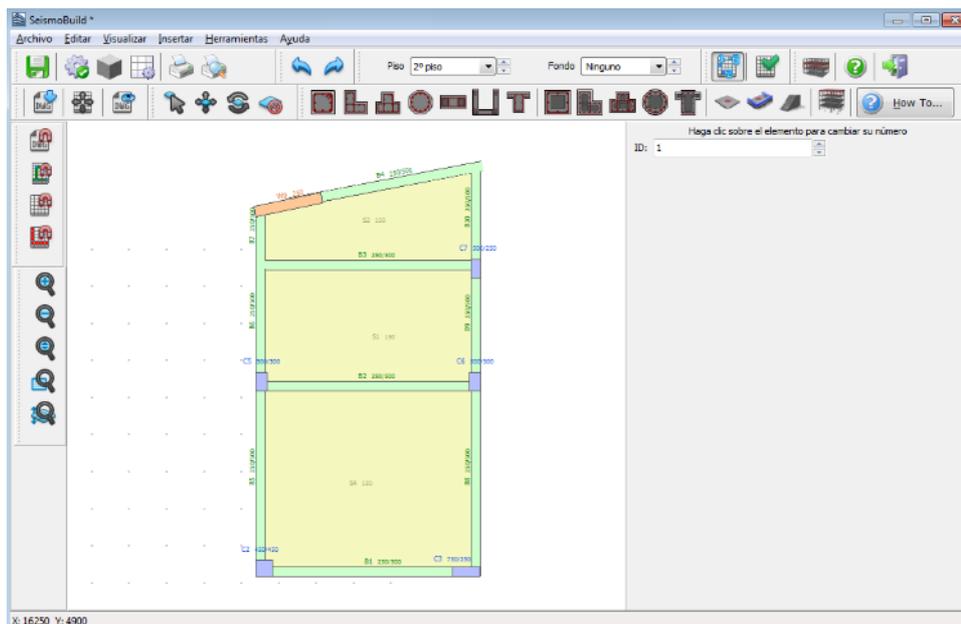
Modelador de Edificio – Ventana de diálogo para copiar pisos

Borre los elementos que no existen en el 2do piso. Los usuarios pueden borrar miembros desde el menú principal (Herramientas > Borrar...) o a través del botón  o seleccionando un área rectangular de la Ventana Principal y oprimiendo el botón de borrar.



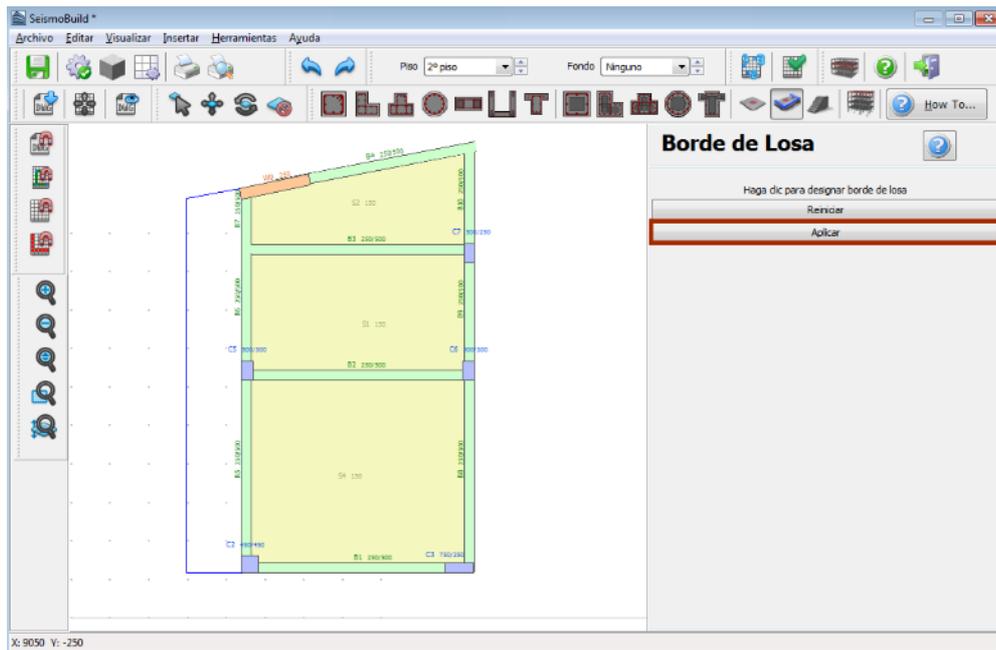
Modelador del Edificio – Ventana de diálogo de borrar elemento

Además, se ofrece una opción para reenumerar los elementos estructurales desde el menú principal (*Herramientas > Renumerar Elementos...*) o a través del botón correspondiente en la barra de herramientas . Dándole clic a un miembro el número seleccionado se le asigna y la numeración de todos los demás elementos se cambia como corresponde.



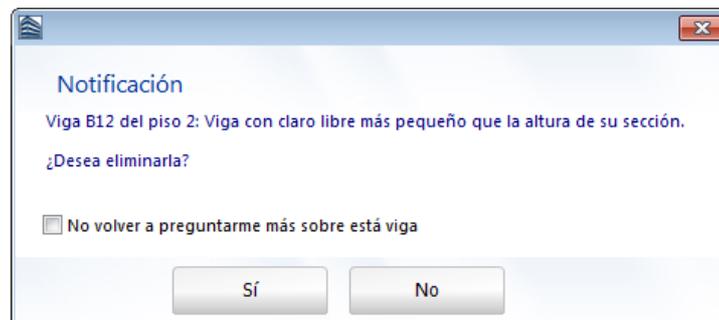
Modelador de Edificio – Remuneración de Elementos

Losas en voladizo también se puede considerar en el Modelador de Edificio. Para hacerlo, un Borde Libre debe agregarse desde el menú principal (*Insertar > Bordes de Losa & Voladizos*) o a través del botón correspondiente en la barra de herramientas . Una vez dibujado, el Borde de Losa se usa para delinear la forma de la losa. Luego de definir los puntos de las esquinas, haga clic en el botón de Aplicar o alternativamente haga clic en el botón de Reset, en caso de querer redibujarlo. Luego de la definición de los bordes libres necesarios para definir un área encerrada, los usuarios pueden insertar una losa nueva.



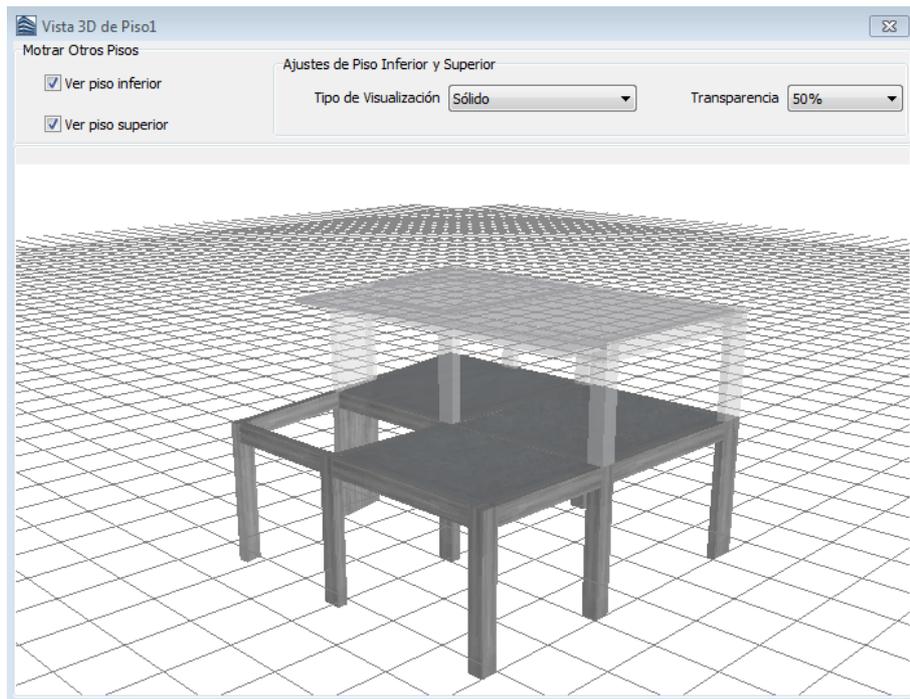
Modelador de Edificio – Agregar Borde Libre

Cuando se crea un modelo, es relativamente común que una o más vigas cortas se creen intencionalmente, debido a razones gráficas (p. ej. extendiendo ligeramente el extremo de una viga más allá del borde de una columna). Por esta razón, debe hacerse una revisión desde el menú principal (*Herramientas > Verificar Conectividad*) o a través del botón correspondiente en la barra de herramientas , para detectar la existencia de cualquier viga con un claro más largo que su propia altura. Si dichos elementos existen, el siguiente mensaje informativo aparecerá para el usuario.



Modelador de Edificio – Verificar conectividad

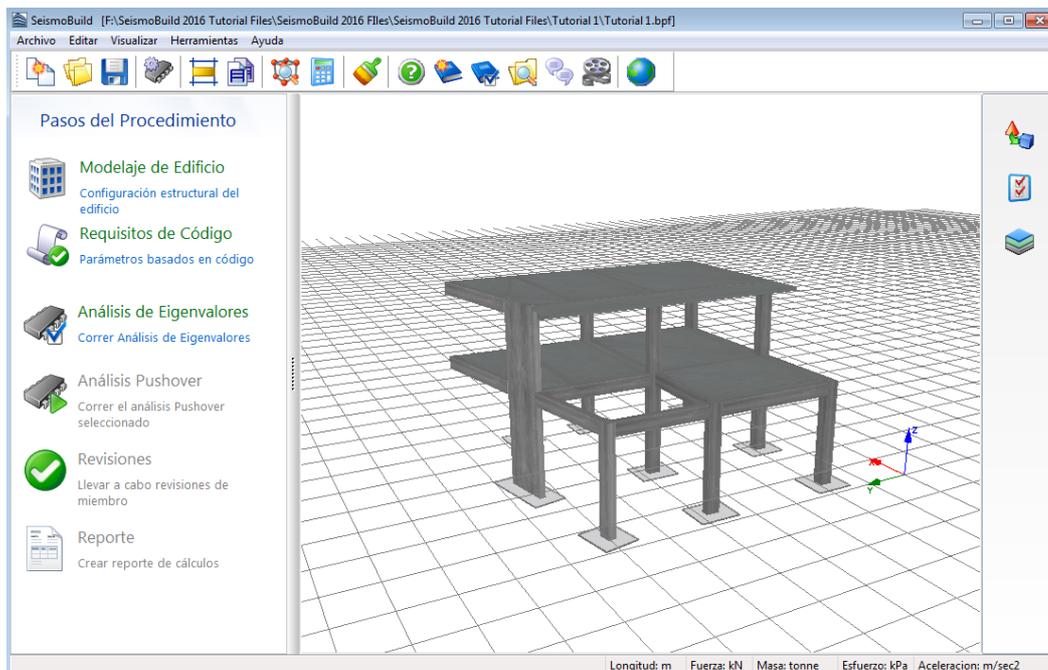
También puede ver el modelo 3D del piso actual para revisar su definición correcta a través del botón  de la barra de herramientas.



Modelador de Edificio – Ver Módulo 3D de Pisos

Con el modelo del edificio completamente definido, salve el Proyecto del Modelador de Edificio como un archivo de Modelador de Edificio (con la extensión *.bpf, p. ej. Tutorial_1.bpf) desde el menú principal (*Archivo > Guardar como...*) / (*Archivo > Guardar*) o a través del botón correspondiente  de la barra de herramientas.

Está listo para ir a la ventana principal de SeismoBuild. Esto puede hacerse a través del menú principal (*Archivo>Salir & Crear Modelo 3D*) o a través de botón correspondiente  de la barra de herramientas.



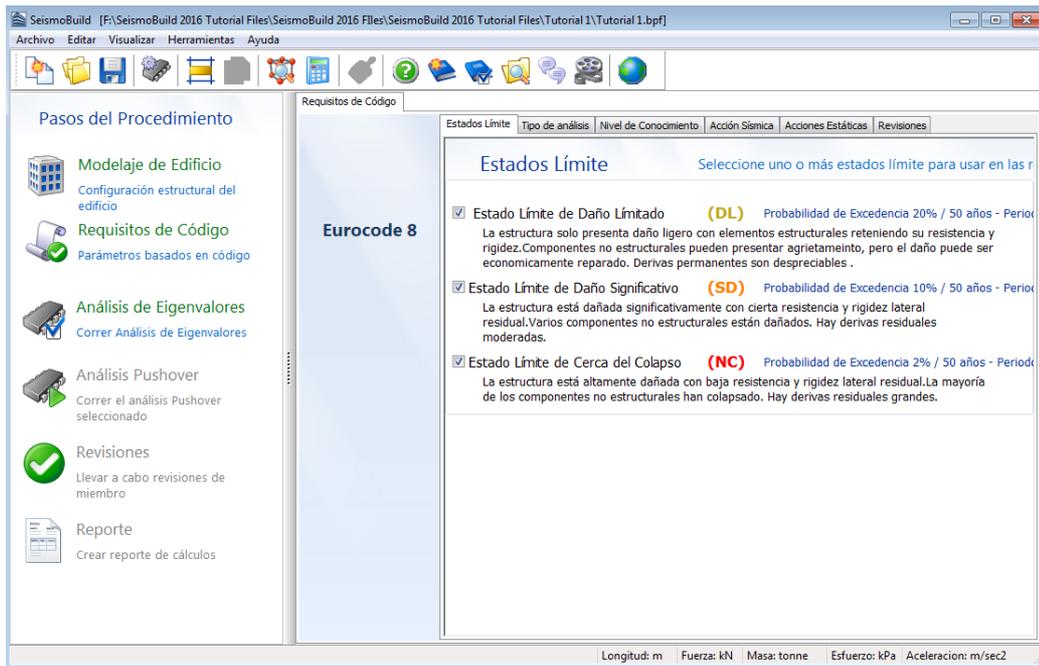
Ventana Principal de SeismoBuild

Requisitos de Código

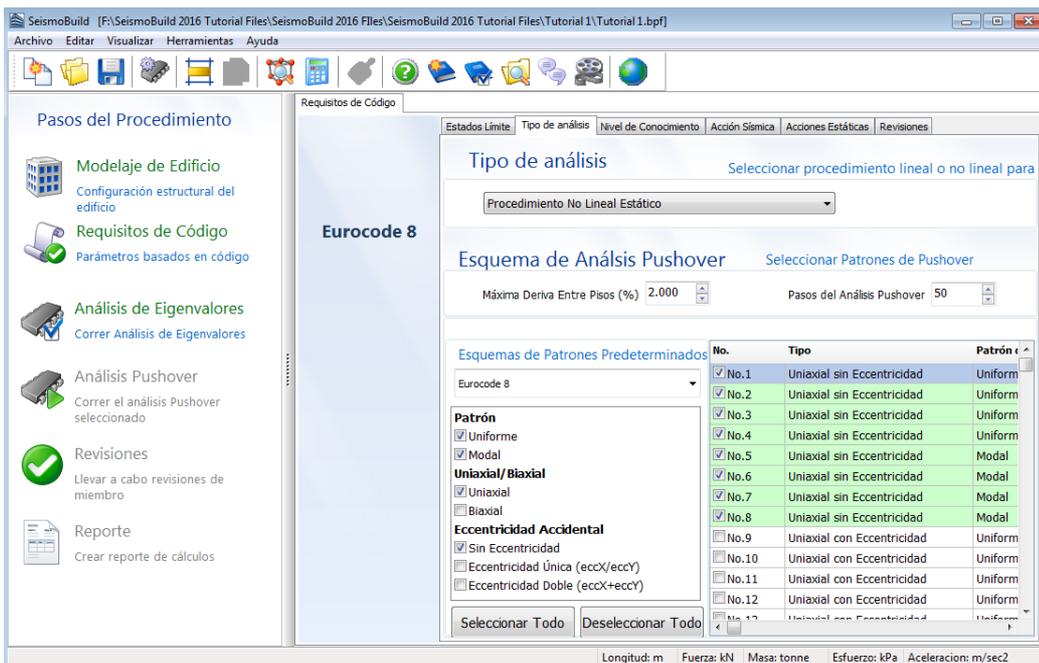
En el módulo de requisitos de Código puede definir los parámetros basados en Código y las opciones. Los módulos disponibles para el Eurocódigo 8 son los Estados Límite, los Tipos de Análisis, el Nivel de Conocimiento, el nivel de Acción Sísmica, las Acciones Estáticas y las Revisiones.

Los parámetros de Código y las opciones se definen dentro del alcance de este tutorial a través de las siguientes secciones:

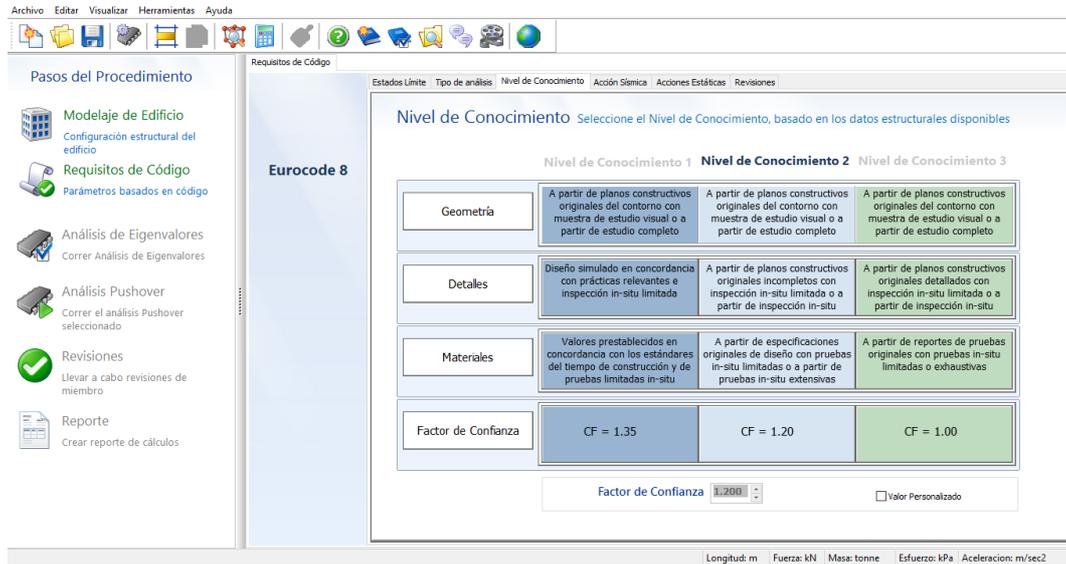
- Todos los estados límite disponibles en el EC8 se usarán en las revisiones, es decir los estados límite de Limitación del Daño, Daño Significativo y Colapso Cercano;



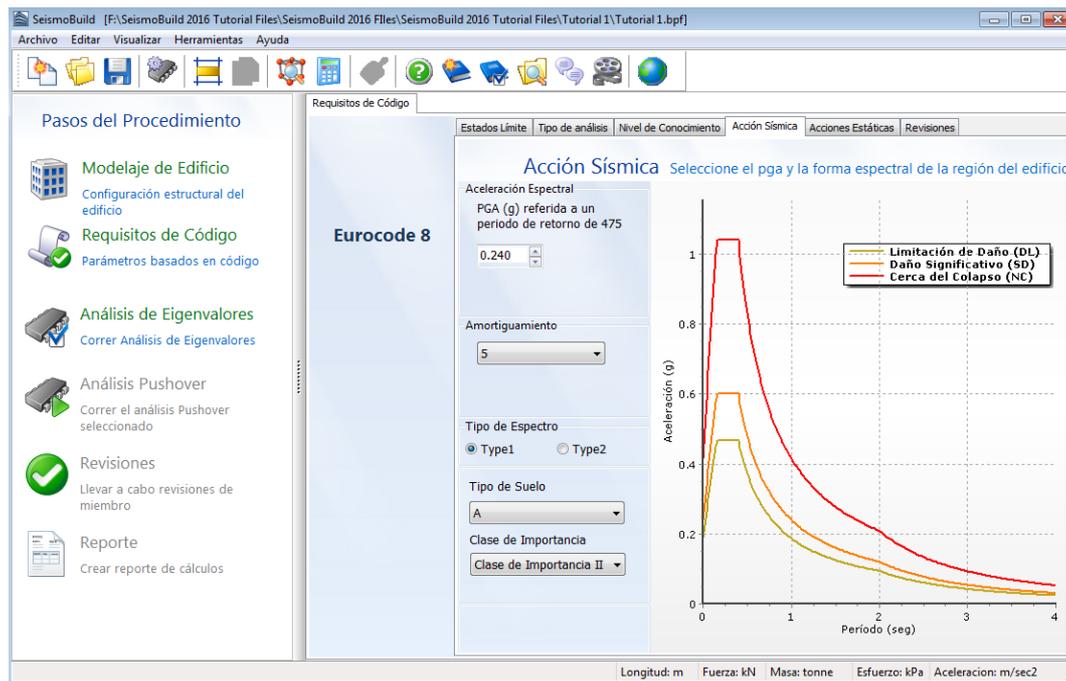
- Se selecciona el procedimiento No Lineal Estático, con ocho patrones básicos de carga (patrones uniformes o modales uniaxiales sin excentricidades);



- Se escoge el Nivel de Conocimiento 2, con un factor de confianza igual a 1.2;



- La aceleración pico efectiva se ajusta igual a 0.24g, mientras que los valores predeterminados se utilizan para el resto de los parámetros (5% de amortiguamiento, Tipo Espectral 1, Tipo de Terreno A y clase de Importancia II);



- Los coeficientes de Cargas Permanentes y Vivas se ajustan en 1.0 y 1.3 respectivamente;
- Selecione todas las revisiones a llevar a cabo, es decir, revisiones de Rotación de Cuerda de Miembros, Fuerza Cortante en Miembros, Fuerza a Cortante en Uniones, Área de Refuerzo Horizontal en Uniones y Área de Refuerzo Vertical en Uniones. Finalmente, deje los valores predefinidos para los factores de seguridad.

Factores de Seguridad X

Factores de Seguridad Especifique los valores para los Factores de Seguridad de las revisiones

Eurocode 8, Parte-3

Factores de Seguridad

Factor γ_{el} para el cálculo de capacidad a cortante, miembros primarios (A.12)	1.150
Factor γ_{el} para el cálculo de capacidad a cortante, miembros secundarios (A.12)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones rectangulares & miembros primarios (A.1)	1.500
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones rectangulares & miembros secundarios (A.1)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u,pl , secciones rectangulares & miembros primarios (A.3)	1.800
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u,pl , secciones rectangulares & miembros secundarios (A.3)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones circulares & miembros primarios (A.1)	2.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones circulares & miembros secundarios (A.1)	1.000
Factor Parcial γ_c por concreto (A.12)	1.500
Factor Parcial γ_s por acero (A.12)	1.150
Factor γ_{RD} por uniones viga-columna (EN 1998-1:2004, Sección 5.5.2.3)	1.200
Factor Parcial γ_{fd} por polímeros reforzados con fibra, FRP (A.33)	1.500

Cálculo de Capacidad de Cedencia de Cuerda

De la ecuación (A.1) De las ecuaciones (A.3) y (A.10) o (A.11)

Cálculo de Rotación de Cedencia de Cuerda

De las ecuaciones (A.10a) y (A.11a) De las ecuaciones (A.10b) y (A.11b)

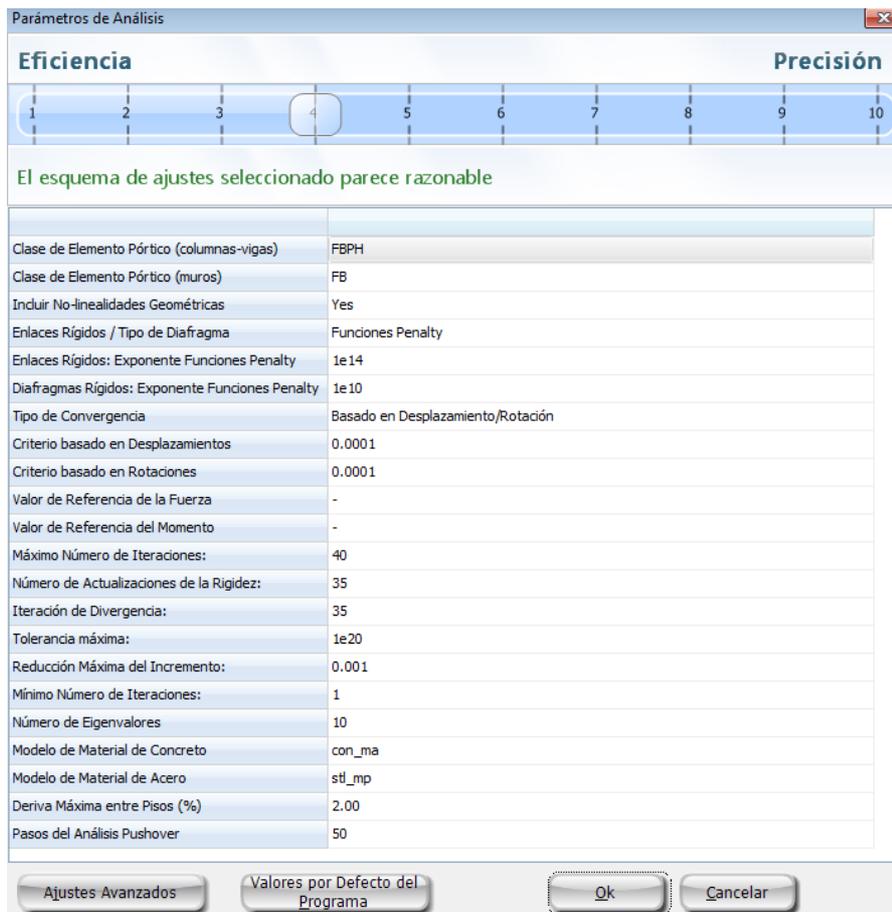
Cálculo de Área de Ref. Horiz. de Aros en Uniones

De la ecuación (5.35) De la ecuación (5.36)

Ok
Cancelar
Valores por Defecto del Programa
Establecer como por Defecto

Análisis & Parámetros de Modelaje

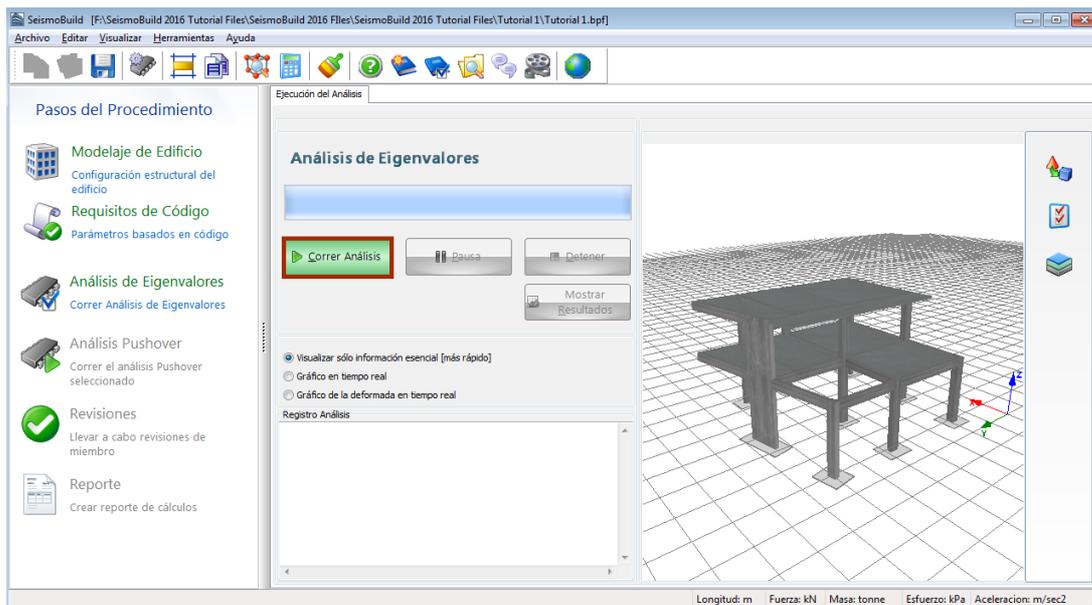
En el módulo de Parámetros de Análisis y Modelaje, que puede accederse a través del menú principal (*Herramientas > Análisis & Parámetros de Modelaje*) o a través del botón correspondiente  de la barra de herramientas. Los esquemas de análisis predefinidos están disponibles para la conveniencia de los usuarios y para evitar la introducción de valores de parámetros que pueden conducir a dificultades de convergencia en los análisis. En la figura siguiente se muestran los parámetros de modelado y análisis seleccionados:



Módulo de Parámetros de Análisis

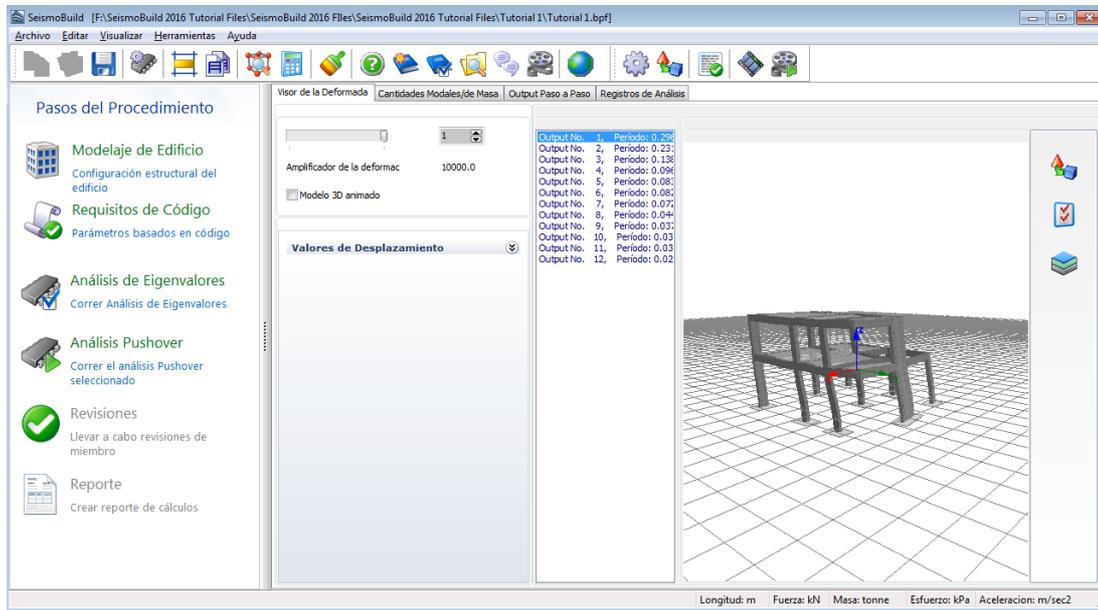
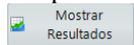
Análisis de Eigenvalores

A través de este módulo puede ejecutar el análisis de Eigenvalores.



Análisis de Eigenvalores

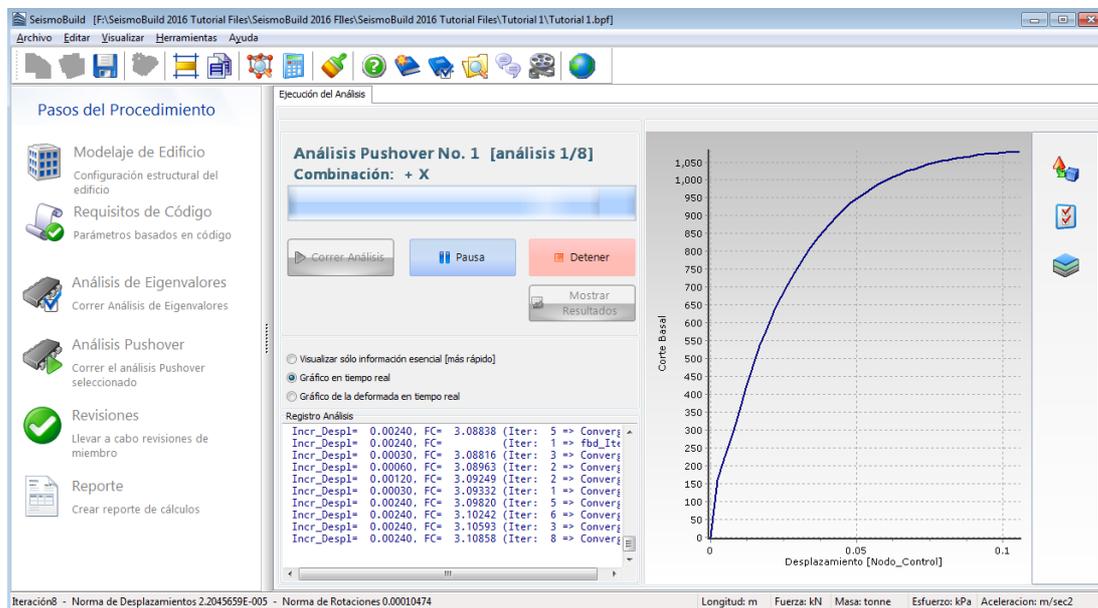
Después de ejecutar el análisis, puede ver los resultados haciendo clic en el botón Mostrar resultados



Resultados del Análisis de Eigenvalores

Análisis de Pushover

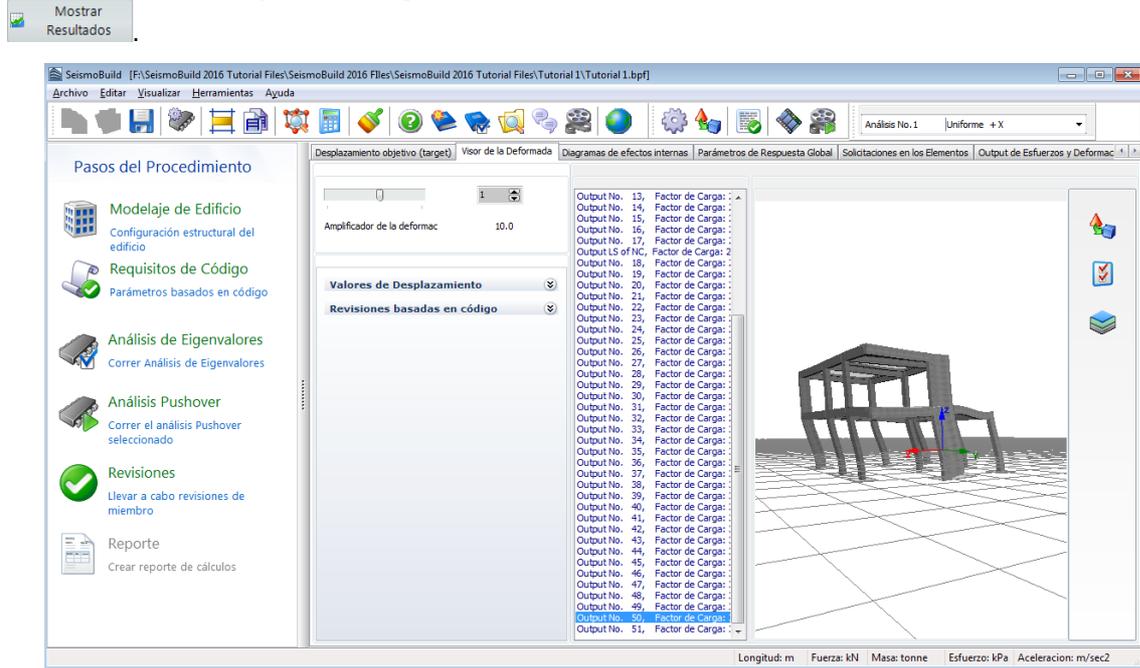
Haga clic en el botón Correr Análisis para ejecutar todos los análisis de pushover seleccionados.



Corriendo los Análisis

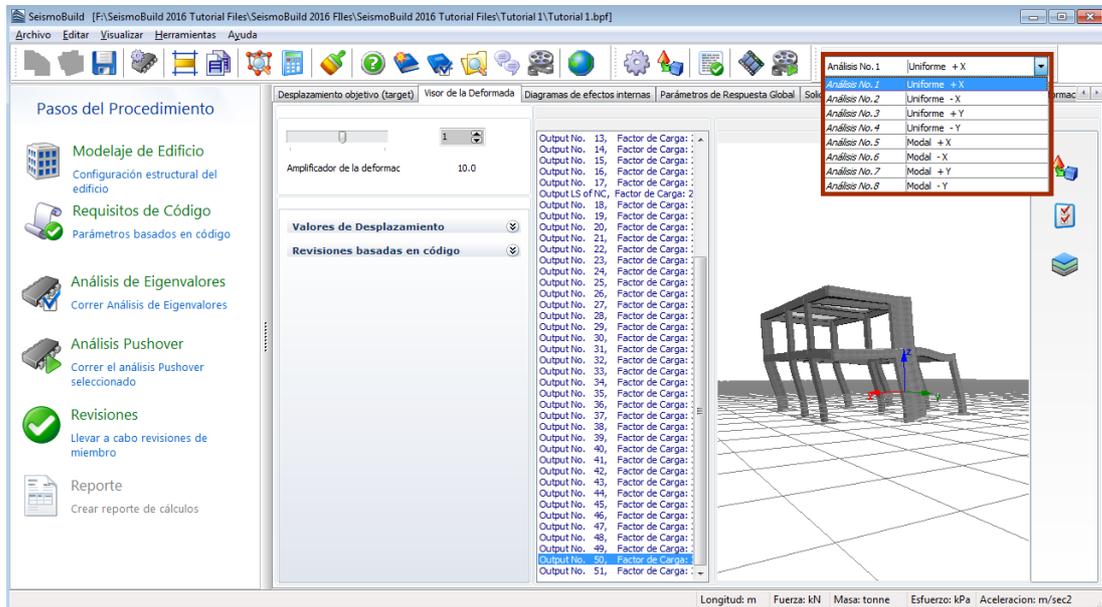
NOTA: Usted puede elegir entre tres opciones gráficas: (i) ver sólo la información esencial, (ii) trazado en tiempo real (en este caso se muestra la curva de capacidad de Corte Basal vs Desplazamiento Superior) y (iii) la deformada. La primera es la opción más rápida.

Cuando los análisis lleguen al final, puede ver los resultados haciendo clic en el botón Mostrar resultados



Resultados de Análisis de Pushover

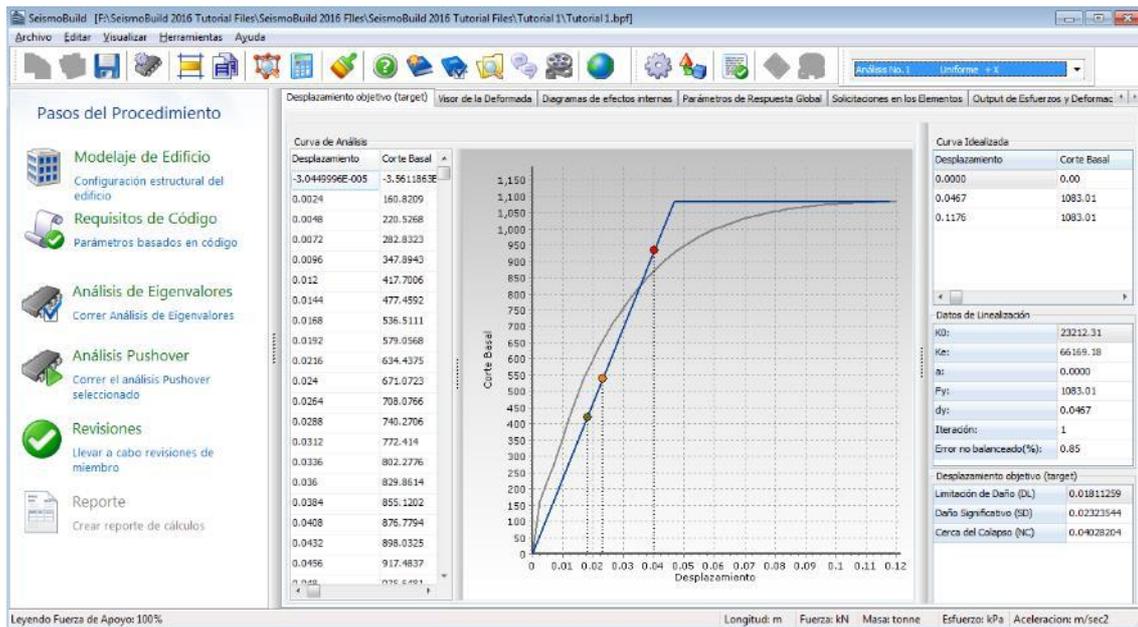
Puede elegir qué resultados de análisis ver en el menú desplegable correspondiente de la barra de herramientas.



Seleccione el Análisis de Pushover a visualizar

Mostrar Resultados – Desplazamiento Objetivo

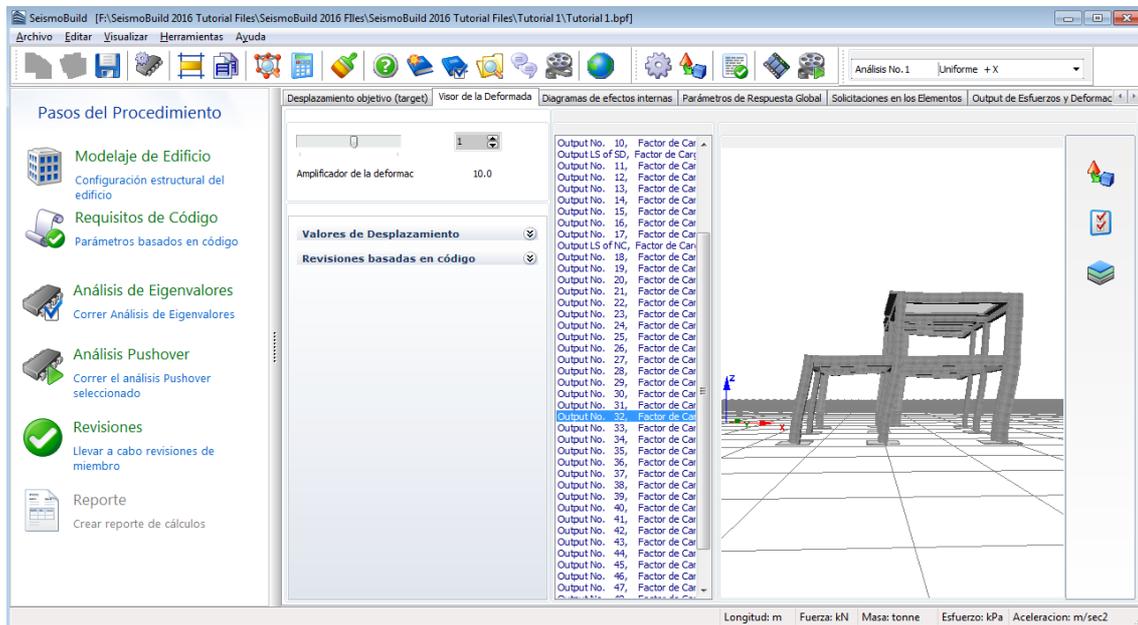
En el módulo **Desplazamiento Objetivo** se puede visualizar la curva de capacidad creada para cada análisis de pushover, la curva bilineal idealizada, así como los valores de desplazamiento objetivo en el estado de límite considerado: Colapso Cercano, Daño Significativo o Limitación De Daño.



Desplazamiento Objetivo

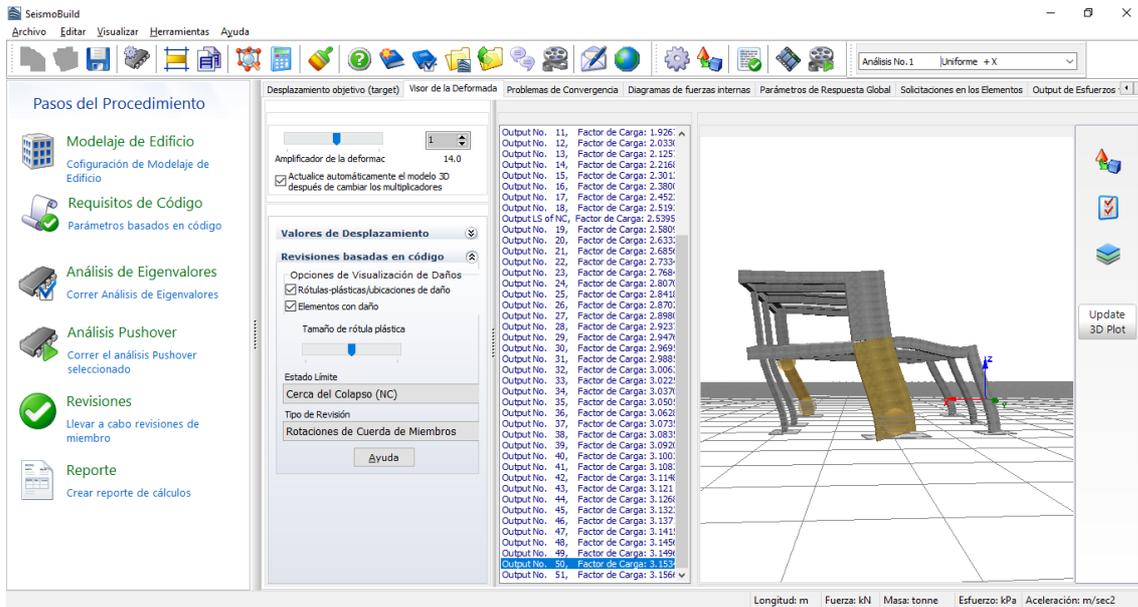
Mostrar Resultados – Visor de la Deformada

En el Visor de la Deformada puede visualizar la forma deformada del modelo en cada paso del análisis (haga clic en el identificador del output deseado para actualizar la vista de la forma deformada).



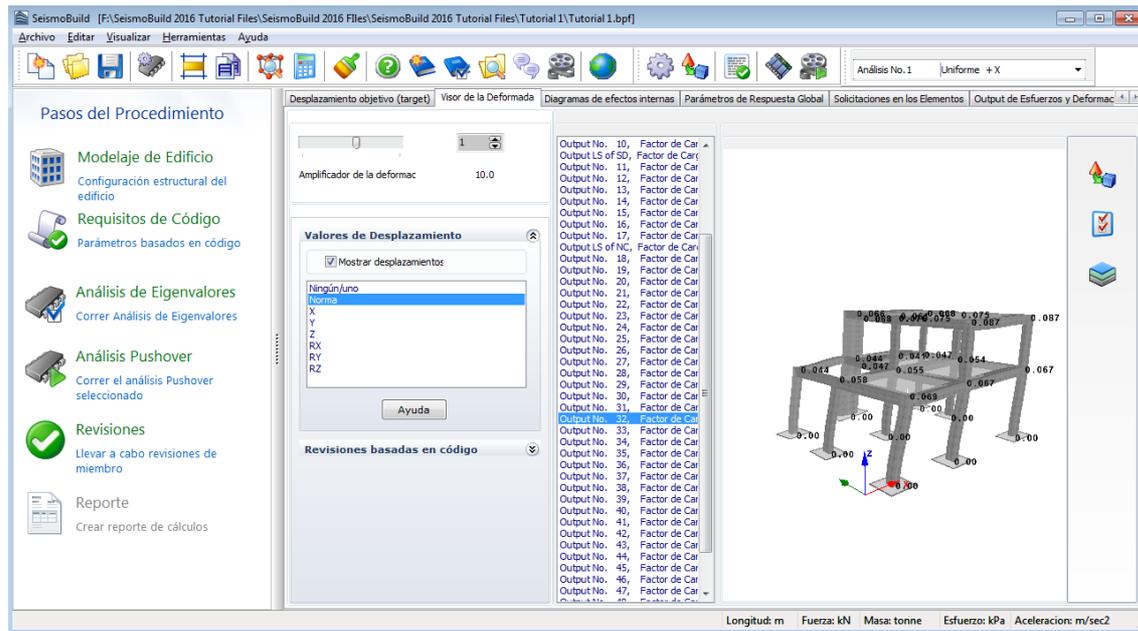
Módulo del Visor de la Deformada

Los elementos que han excedido su capacidad en una revisión basada en código se pueden visualizar seleccionando la opción Revisiones Basadas en Código y seleccionando si se mostrarán las ubicaciones de rótulas o daño plástico, así como si los elementos dañados se distinguirán mediante colores.



Módulo de Visor de la Deformada, pantalla de Revisiones Basadas en Código

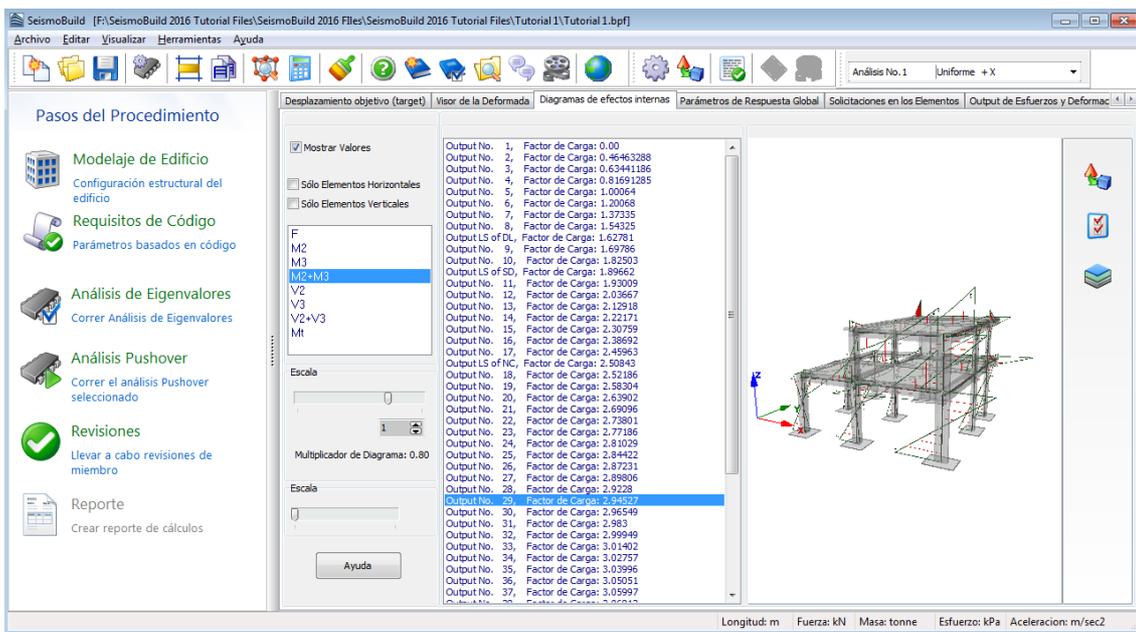
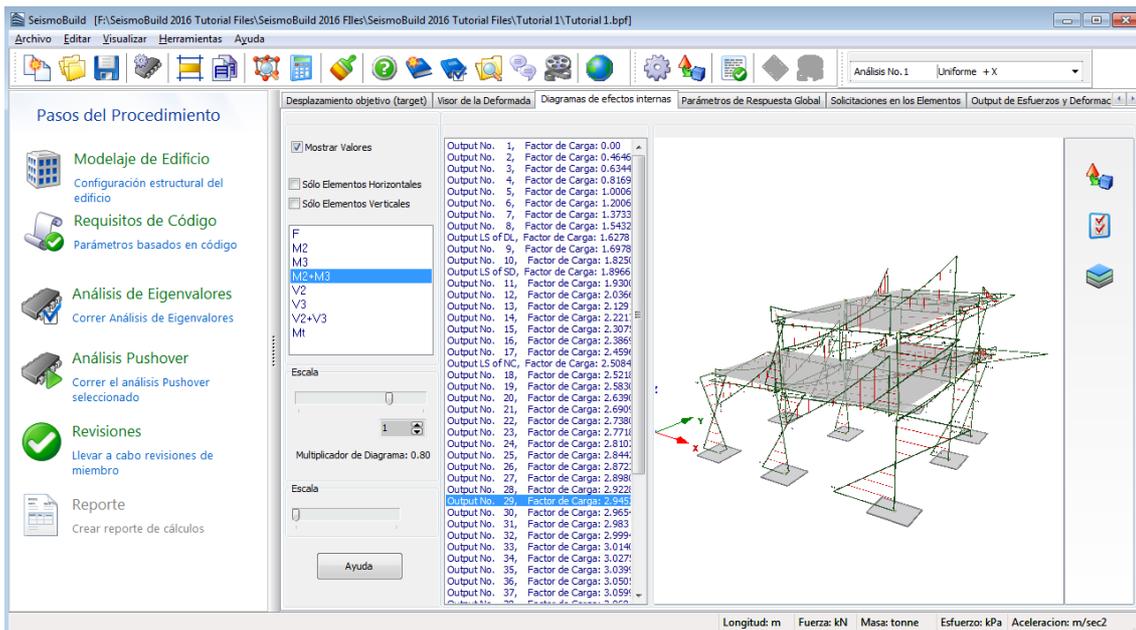
También es posible visualizar los valores de desplazamiento marcando la casilla correspondiente.



Módulo de Visor de la Deformada

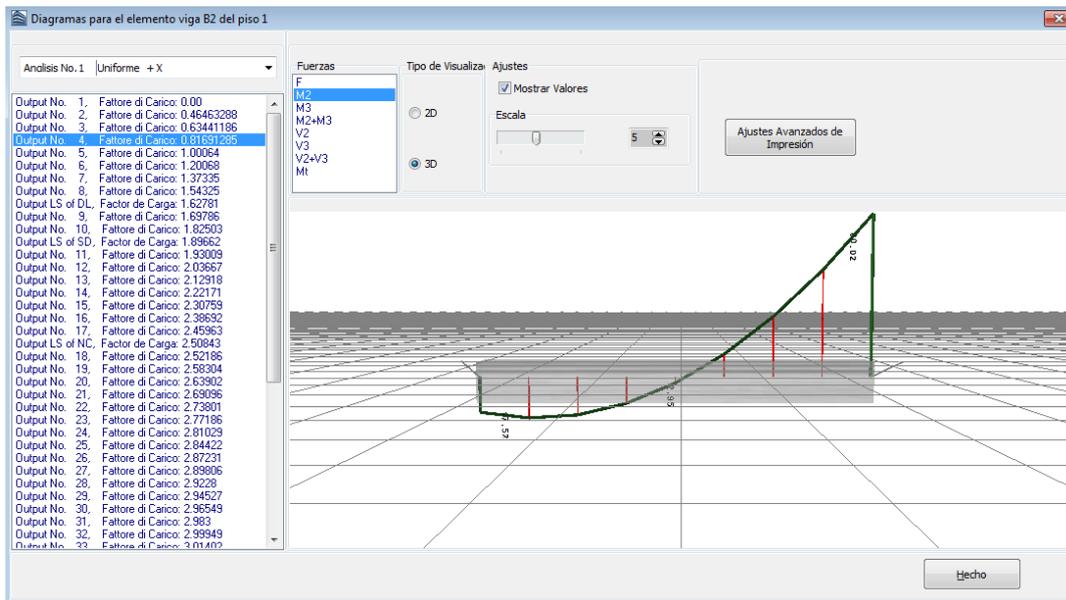
Mostrar Resultados – Diagramas de Fuerzas Internas

En la página **Diagramas de Fuerzas Internas**, puede visualizar los diagramas de fuerzas y momentos internos para cada paso de análisis, como se muestra a continuación:

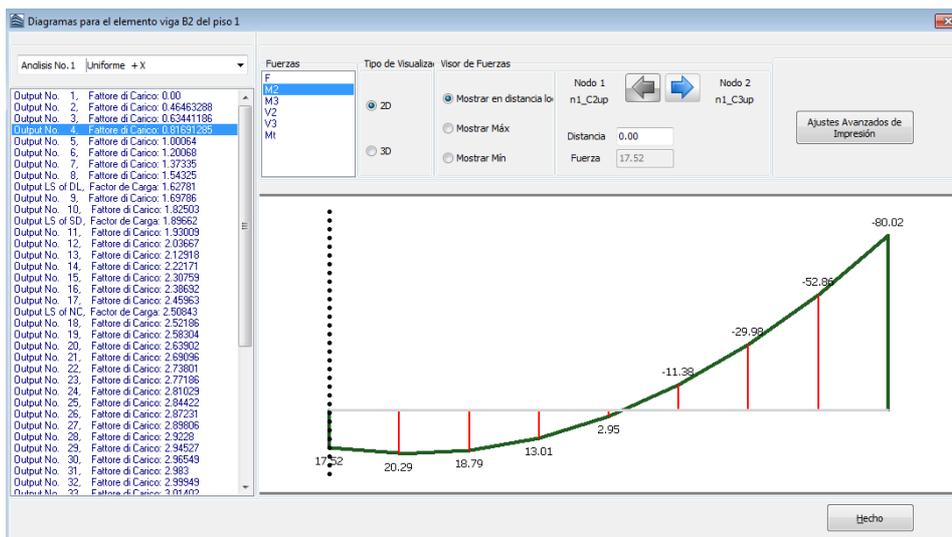


Módulo de Diagrama de Fuerzas Internas

Haciendo doble clic en cualquier elemento puede ver sus diagramas de fuerzas internas en 3D o 2D como se muestra en las figuras a continuación:



Diagramas para el elemento viga en 3D



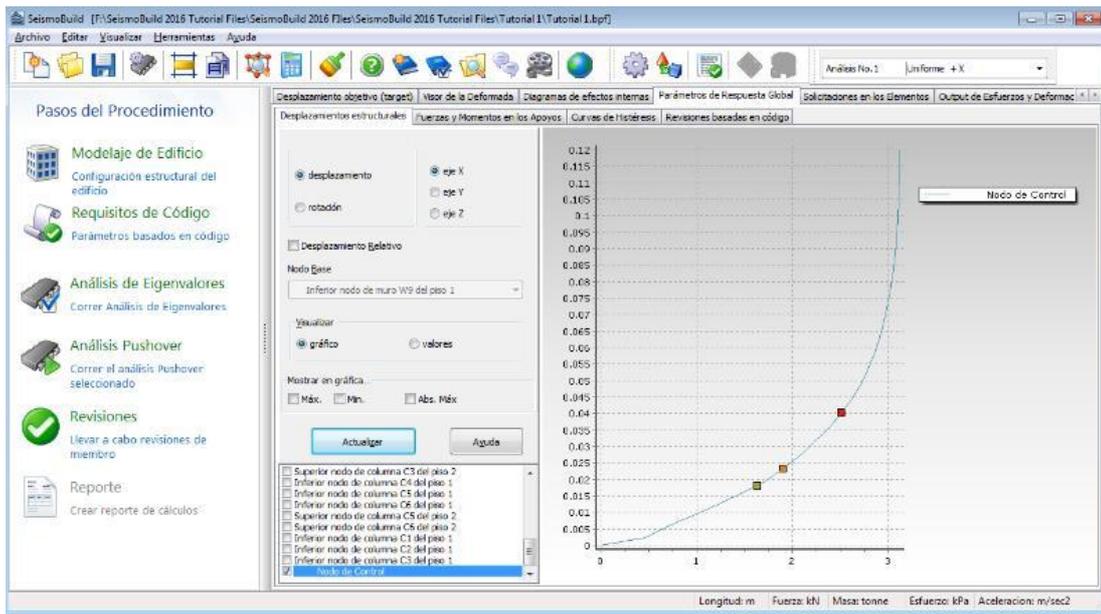
Diagramas para el elemento viga en 2D

Mostrar Resultados – Parámetros de Respuesta Global

En el módulo **Parámetros de Respuesta Global** se pueden obtener los siguientes resultados: (i) desplazamientos estructurales, (ii) fuerzas y momentos en los soportes, (iii) curvas histricas y (iv) tablas para revisiones basadas en el código.

Para visualizar los desplazamientos, en la dirección x, de un nodo particular en la parte superior de la estructura, (i) haga clic en la pestaña Desplazamientos Estructurales, (ii) seleccione el desplazamiento y el eje x, (iii) (-> nodo superior de la columna C5 del piso 2) marcando la casilla de verificación, (iv) seleccione los resultados para visualizar (gráfico o valores) y finalmente (v) haga clic en el botón Actualizar.

NOTA: Los resultados se definen en el sistema global de coordenadas y se pueden exportar en una hoja de cálculo Excel (o similar) como se muestra a continuación.



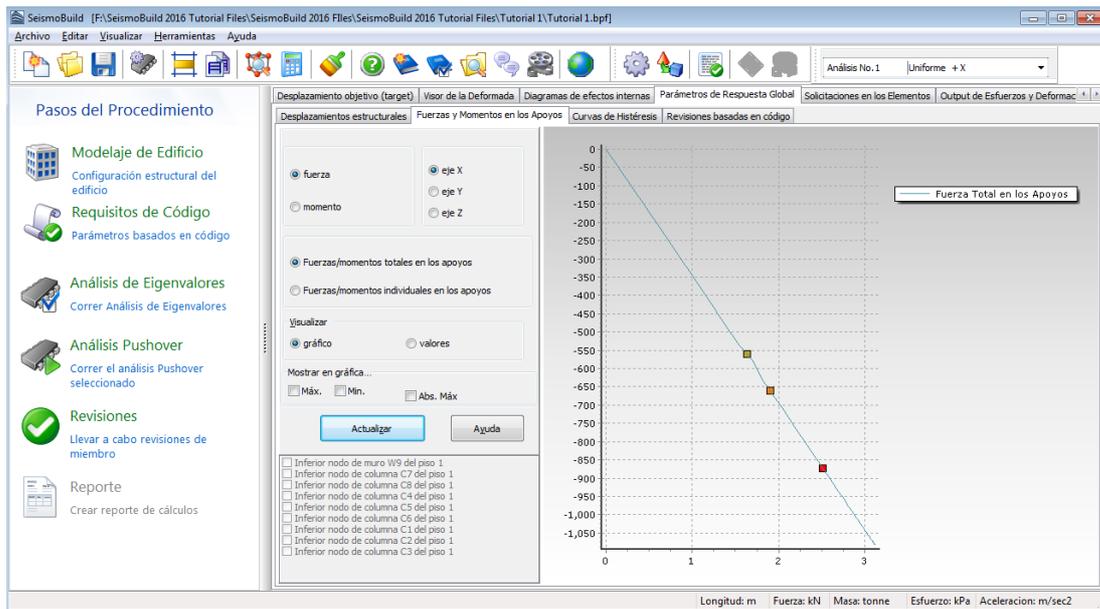
Módulo de Parámetros de Respuesta Global (Desplazamientos Estructurales- modo de gráfico)

The screenshot shows the 'Parámetros de Respuesta Global' module in 'modo de valores'. The interface includes a sidebar with 'Pasos del Procedimiento' and a main window with a table of structural parameters. A red arrow points to the table with the text 'Haga clic derecho sobre los valores'. A context menu is visible over the table with options: 'Copiar Selección Ctrl+C', 'Seleccionar Todo Ctrl+A', and 'Ajustes del Post-Processor'. The status bar at the bottom indicates 'Longitud: m', 'Fuerza: kN', 'Masa: tonne', 'Esfuerzo: kPa', and 'Aceleración: m/sec2'.

Factor de Carga	Nodo de Cont
0.00	-3.0449996E-005
0.46463288	0.0024
0.63441186	0.0048
0.81691285	0.0072
1.00064	0.0096
1.20068	0.012
1.37335	0.0144
1.54325	0.0168
1.62781	0.01811259
1.69786	0.0192
1.82503	0.0216
1.89662	0.0232354
1.93009	0.024
2.03667	0.0264
2.12918	0.0288
2.22171	0.0312
2.30759	0.0336
2.38692	0.036
2.45963	0.0384
2.50843	0.04028204

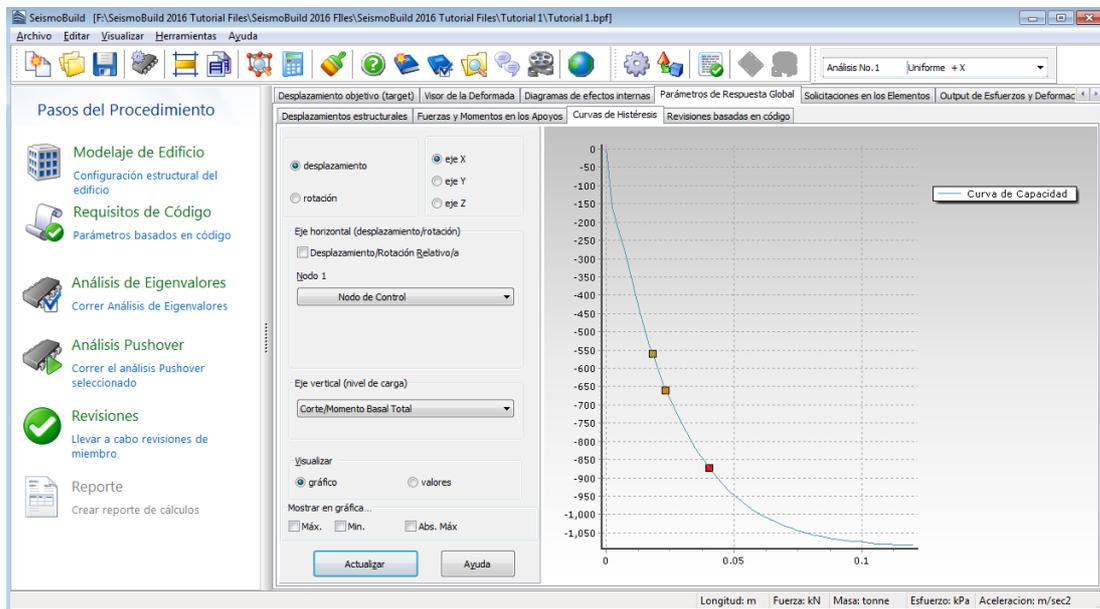
Módulo de Parámetros de Respuesta Global (Desplazamientos Estructurales- modo de valores)

Las fuerzas de apoyo totales (por ejemplo, el cortante total en la base) se pueden obtener haciendo: (i) clic en la pestaña Fuerzas y Momentos en Apoyo, (ii) seleccionando la fuerza y el eje X y las fuerzas/momentos totales en el apoyo; Visualizar (gráfico o valores) y (iv) clic en el botón Actualizar.



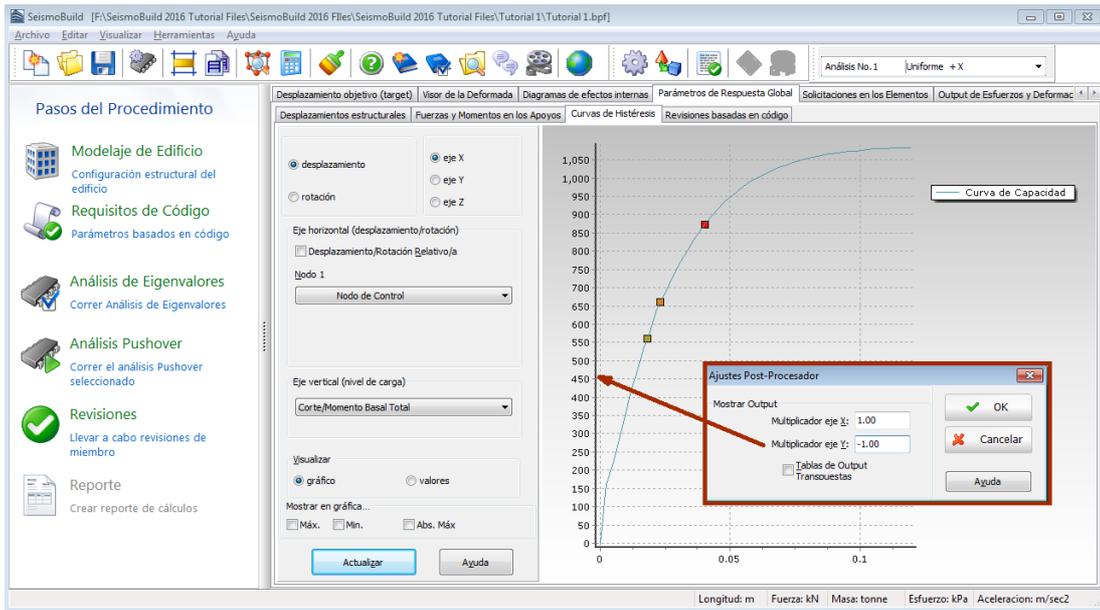
Módulo de Parámetros de Respuesta Global (Fuerzas y Momentos en los apoyos – modo gráfico)

Además, se puede graficar la curva de capacidad de la estructura (es decir, el cortante en la base vs el desplazamiento del piso superior) (i) haciendo clic en la pestaña Curvas Histéricas, (ii) seleccionando desplazamiento y eje x, (iii) seleccionando el nodo correspondiente del menú desplegable (por ejemplo, Nodo de Control), (iv) seleccionar la opción Corte/Momento Basal Total, (v) elegir los resultados para visualizar (gráfico o valores) y finalmente (vi) hacer clic en el botón Actualizar.



Módulo de Parámetros de Respuesta Global (Curvas Histeréticas – modo de gráfico)

Para tener las fuerzas de corte con un signo positivo, (i) haga clic con el botón derecho del mouse en la ventana de trazado 3D, (ii) seleccione Configuración Post-Procesador y (iii) inserte el valor "-1" como multiplicador del eje Y.



Módulo de Parámetros de Respuesta Global (Curvas Histeréticas - modo de gráfico)

En cuarto lugar, para visualizar las revisiones basadas en código en cada paso del análisis de la estructura, (i) haga clic en la pestaña Revisiones Basadas en Código, (ii) seleccione la revisión basada en código chordRot_Cap_DL, (iii) seleccione para ver (iv) seleccione los pasos de salida que corresponden al estado límite de Limitación de Daño (es decir, Salida LS de DL) y finalmente (vi) haga clic en el botón Actualizar (es decir, hasta los cálculos para los miembros que no han alcanzado su capacidad).

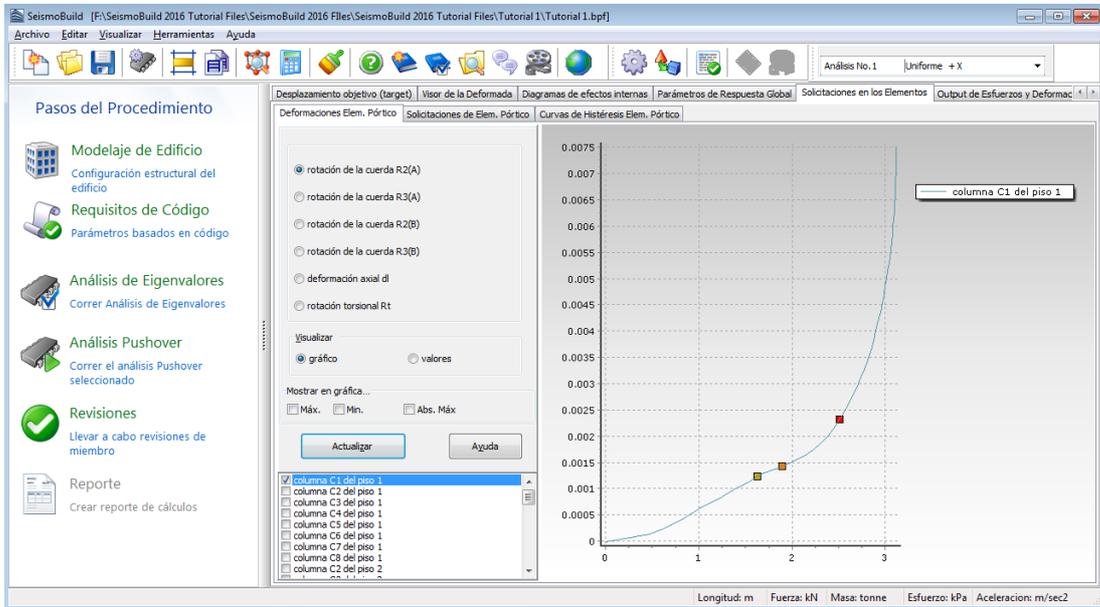
Miembro	Borde - Eje	Valor	Condición	Estado
columna C1 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.00728381	0.0060345	***ALC
columna C1 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.02749962	0.00669187	***ALC
columna C1 del piso 1	Final - Eje(2)	0.00849049	0.00698301	***ALC
columna C1 del piso 1	Final - Eje(3)	0.01243808	0.00630619	***ALC
columna C2 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.00361217	0.00652056	No alca
columna C2 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.02744103	0.00670817	***ALC
columna C2 del piso 1	Final - Eje(2)	0.00387833	0.00687693	No alca
columna C2 del piso 1	Final - Eje(3)	0.02414412	0.00666653	***ALC
columna C3 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.00134935	0.0191657	No alca
columna C3 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.02752181	0.00570283	***ALC
columna C3 del piso 1	Final - Eje(2)	3.0803307E-005	0.00705273	No alca
columna C3 del piso 1	Final - Eje(3)	0.02145152	0.00572789	***ALC
columna C4 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.02284256	0.0096143	***ALC
columna C4 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.00737101	0.00608882	***ALC
columna C4 del piso 1	Final - Eje(2)	0.01167242	0.00934333	***ALC
columna C4 del piso 1	Final - Eje(3)	0.00608753	0.00613573	No alca
columna C5 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.02284823	0.00968554	***ALC
columna C5 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.00369281	0.00713507	No alca
columna C5 del piso 1	Final - Eje(2)	0.01310111	0.00962373	***ALC
columna C5 del piso 1	Final - Eje(3)	0.00102648	0.00608826	No alca

Módulo de Parámetros de Respuesta Global (Revisiones Basadas en Código)

Mostrar Resultados – Fuerzas Internas en Elementos

Para proceder a las revisiones sísmicas prescritas en el Eurocódigo 8 es necesario comprobar las rotaciones de cuerda de los elementos y las fuerzas de cortante en los mismos. Por esta razón, las pestañas de Deformaciones de Pórtico y Fuerzas de Pórtico pueden ser muy útiles. Las rotaciones de cuerda de los elementos pueden ser emitidas directamente (i) haciendo clic en la pestaña Deformaciones de Elementos de Pórtico, (ii) seleccionando la rotación de cuerda en la dirección que le interesa (i.e. R2),

(iii) seleccionando los elementos de la lista, (iv) elegir los resultados para visualizar (gráfico o valores) y finalmente (v) hacer clic en el botón Actualizar. Las fuerzas de cortante del elemento pueden ser emitidas (i) haciendo clic en la pestaña Fuerzas en Elementos de Pórtico, (ii) seleccionando el cortante en la dirección y la sección que le interesa (i.e. V2 (A)), (iii) seleccionando los elementos de la lista, marcando la casilla correspondiente, (iv) eligiendo los resultados para visualizar (gráfico o valores) y finalmente (v) haciendo clic en el botón Actualizar.



Módulo de Solicitaciones en Elementos (Deformaciones de Elementos de Pórtico – modo de gráfico)

Factor de Carga	columna C1 del piso	columna C2 del piso	columna C3 del piso	columna C4 del piso	columna C5 del piso	columna C6 del piso
0.00	3.54516	4.71905	1.64864	-1.74846	-0.84678287	4.77901
0.46463288	12.21007	9.61103	0.62328332	11.03111	8.33407	16.3047
0.63441186	14.72524	8.47346	0.04441188	12.0793	17.69869	25.4559
0.81691285	17.37233	11.65824	-0.52827525	12.38636	26.87525	27.6856
1.00064	24.13435	14.63871	-0.69367423	15.01887	30.91035	31.8954
1.20068	28.85398	18.18801	-0.9297912	17.64169	33.19912	35.6922
1.37335	34.34242	21.04605	-0.93748438	20.31719	36.14975	39.5314
1.54325	39.76332	23.08455	-1.09602	23.19968	38.8232	43.5402
1.62781	42.1734	24.26461	-1.00871	24.89247	40.54638	45.9246
1.69786	44.17002	25.24222	-0.93637465	26.29484	41.97394	47.9000
1.82503	45.8135	26.64441	-0.87619302	29.47746	44.93731	52.7185
1.89662	45.69246	26.80129	-0.71981819	31.55983	47.10171	55.9722
1.93009	45.63588	26.87463	-0.64671431	32.53332	48.11354	57.4933
2.03667	45.97084	26.86956	-0.56476561	35.72816	51.08697	62.0512
2.12918	46.22525	27.17537	-0.38263125	38.87976	54.19727	66.6027
2.22171	47.3334	26.75949	-0.36530661	42.03483	57.10235	71.2460
2.30759	48.56466	27.85507	-0.42329448	44.87025	60.36194	75.8845
2.38692	49.97109	28.48913	-0.56910713	47.29081	63.61344	80.5162
2.45963	51.24396	29.10631	-0.8100029	49.41801	66.8898	85.0075
2.50843	51.95917	29.6684	-0.9656143	50.78568	69.34598	88.4158

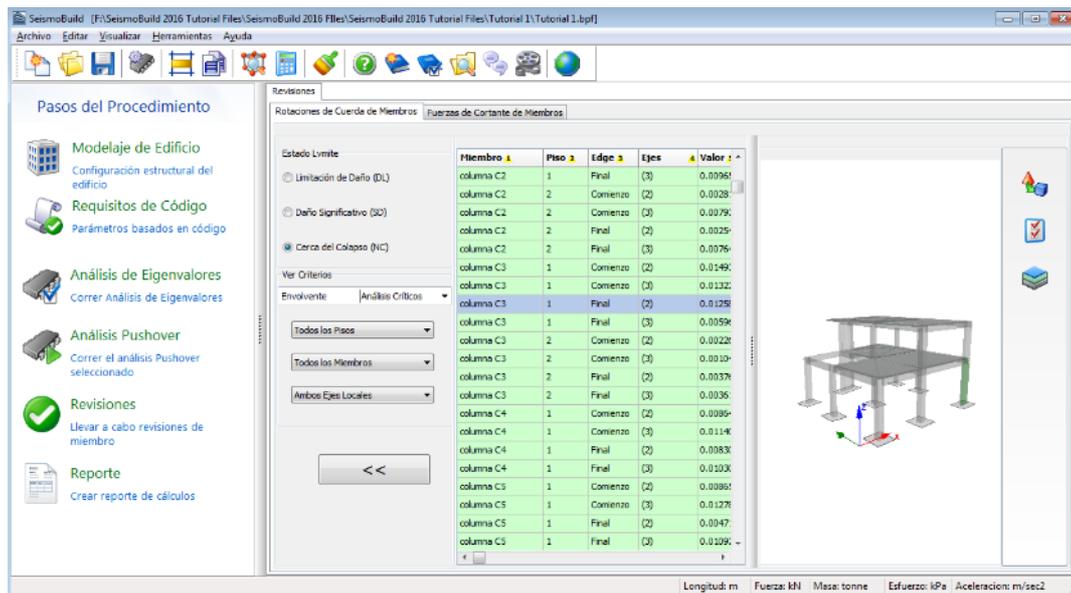
Módulo de Solicitaciones en Elementos (Deformaciones de Elementos de Pórtico – modo de valores)

NOTA: Los resultados pueden exportarse fácilmente en una hoja de cálculo de Excel (o similar).

Revisiones

SeismoBuild ofrece la opción de realizar automáticamente la comprobación de rotación de cuerdas y de cortante de los elementos estructurales, así como las revisiones necesarias de las uniones viga-columna (fuerzas de cortante, área de aros horizontales y área de refuerzo vertical) según las expresiones definidas en el Código y los Estados Límite seleccionados. Esto se puede visualizar en el módulo de Revisiones de la ventana principal del programa.

El área de **Revisiones** presenta una serie de pestañas en las que se pueden visualizar los resultados de las comprobaciones de miembros estructurales, en formato gráfico y de tabla, y luego copiarse en cualquier otra aplicación de Windows. Los usuarios pueden seleccionar el estado límite, así como el análisis, el piso, el tipo de miembros y el eje local para ver los resultados. Los elementos, donde la demanda ha superado la capacidad, se muestran en rojo tanto en la tabla como en el gráfico 3D, tal como se muestra en la siguiente figura:

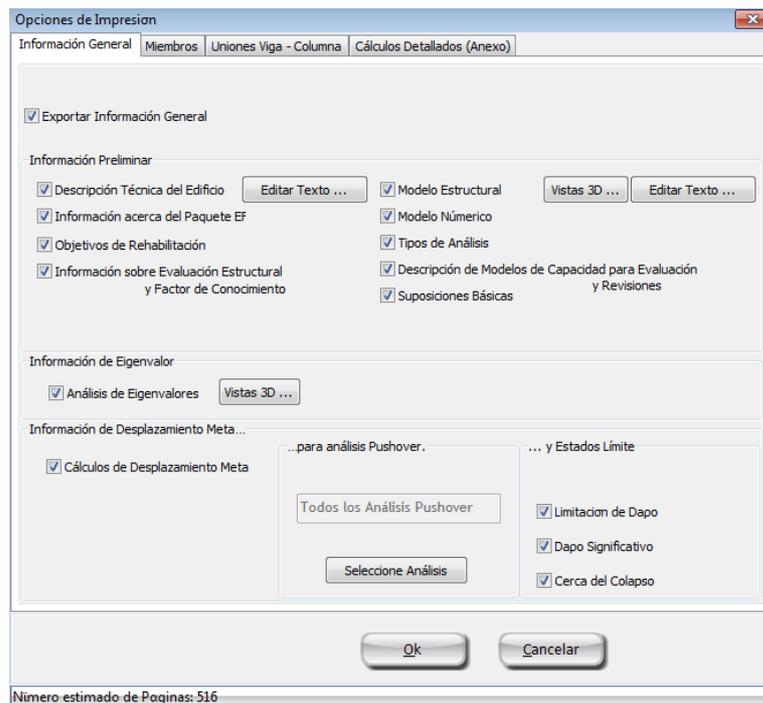


Módulo de Revisiones (Rotaciones de Cuerda de Miembros)

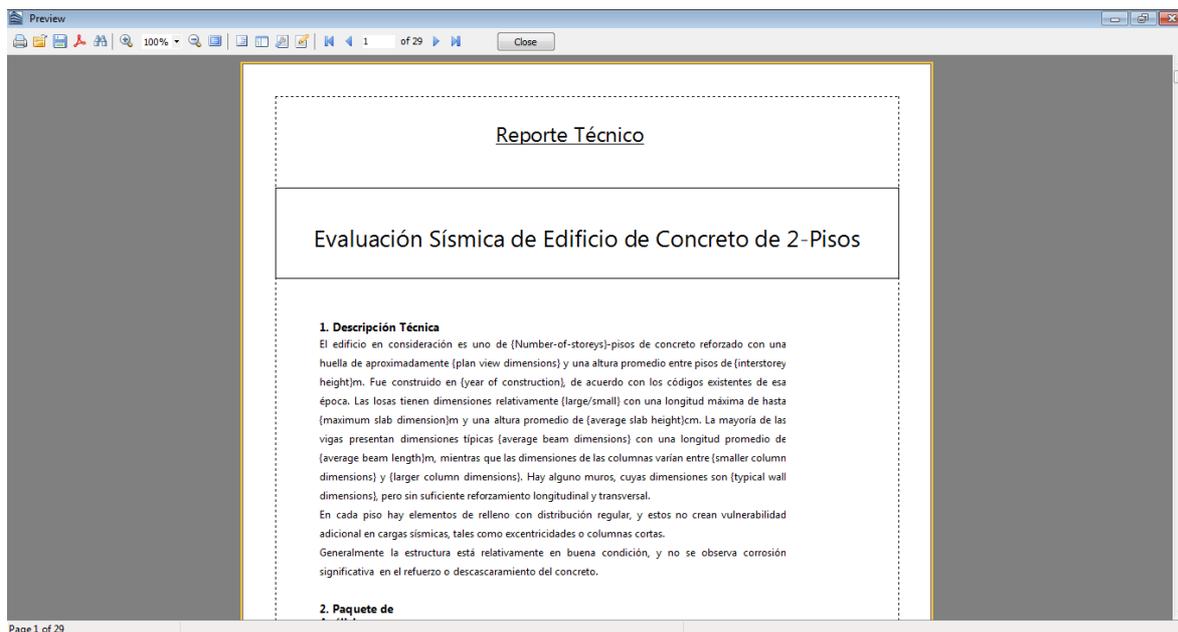
Reporte

Después de ejecutar los análisis y finalizar el proceso de verificación, puede crear el informe técnico de la evaluación. Una vez que haga clic en el botón Reporte, aparecerá una ventana para definir las opciones de salida de impresión. Haga clic en el botón Aceptar y el informe se creará automáticamente y se mostrará en la pantalla. El informe puede ser exportado en formatos de archivo PDF, RTF o HTML, siendo los dos últimos editables.

NOTA: La creación de un informe para un edificio típico de 4 o 5 pisos puede tardar hasta 4-5 minutos en completarse.



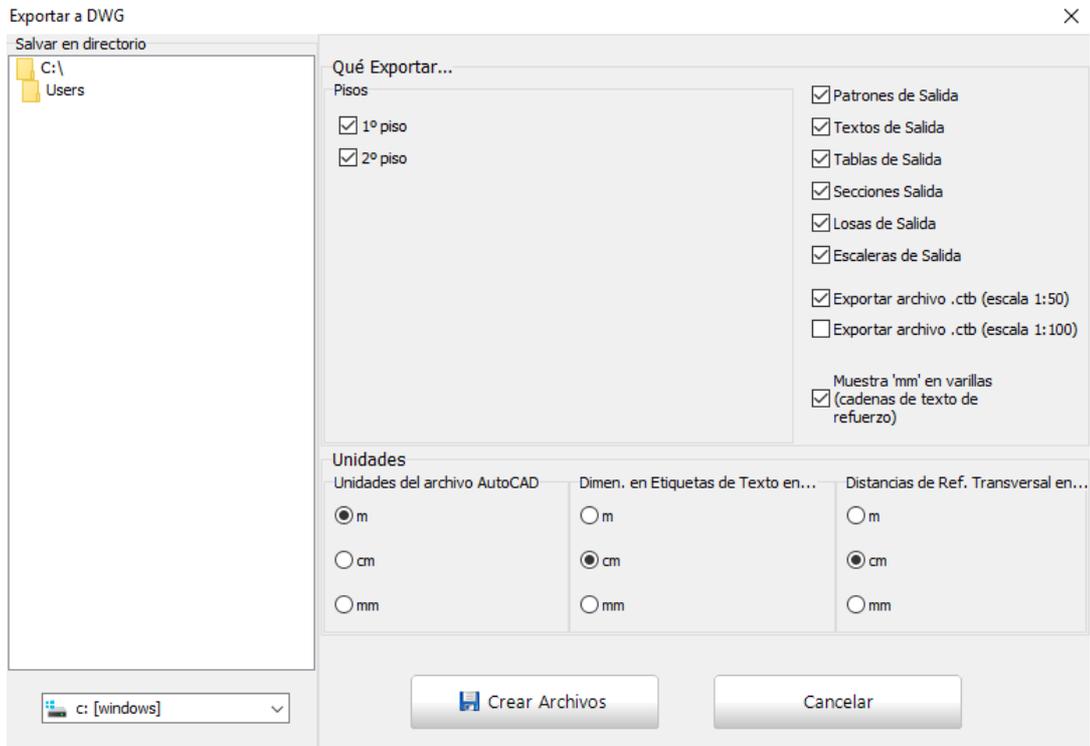
Opciones de Impresión (Información General)



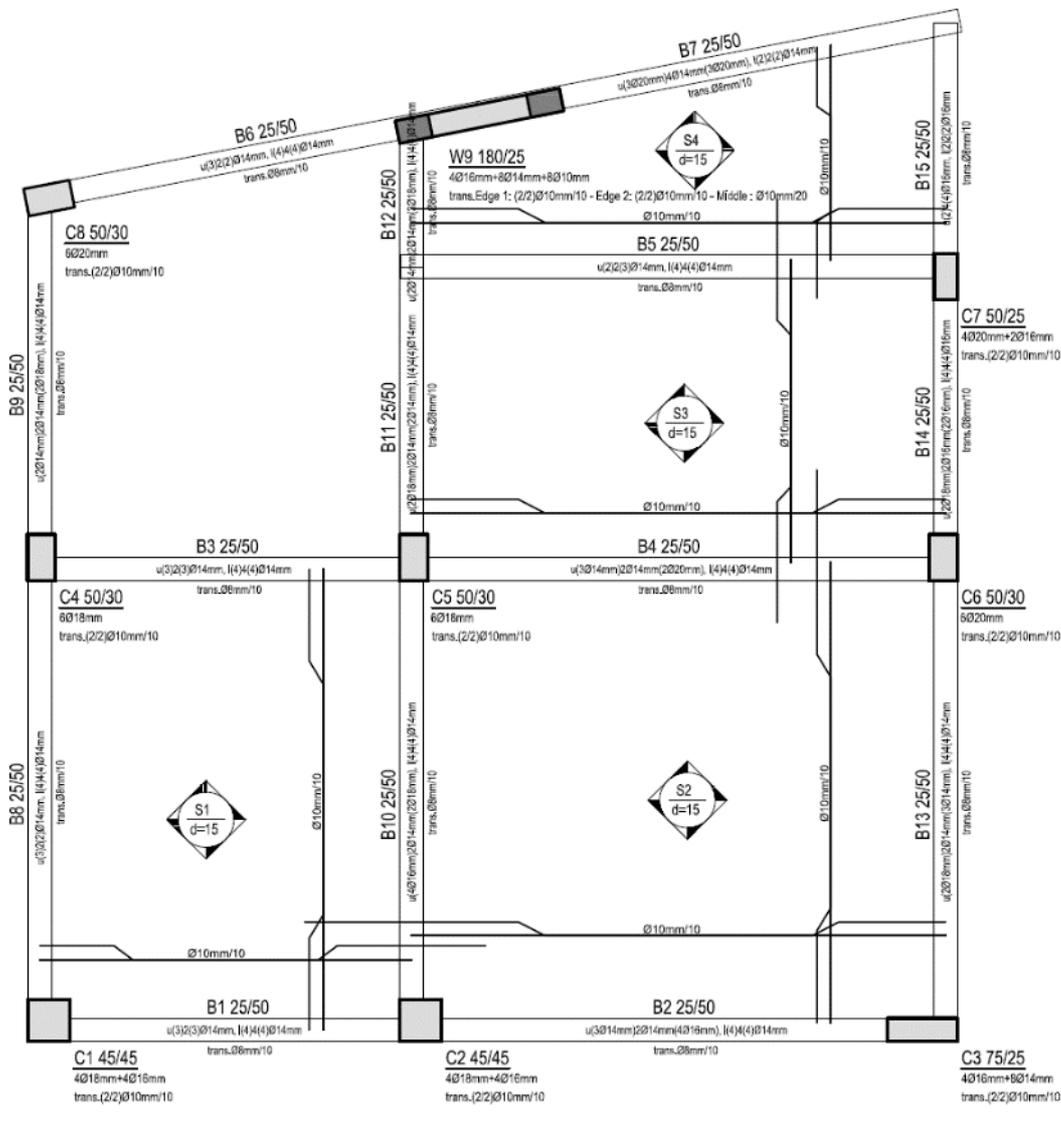
Reporte Técnico

Dibujo CAD

Por último, puede exportar una variedad de archivos de CAD del modelo estructural (vistas planas, secciones transversales de los miembros y tablas de refuerzo), junto con los archivos *.ctb creados especialmente que se necesitan para los gráficos. Debe notarse que la ejecución de los análisis no es un requisito previo para la exportación de los archivos de dibujo CAD, y sólo se requiere la introducción de la configuración estructural en el Modelador de Edificios.



Exportar a DWG



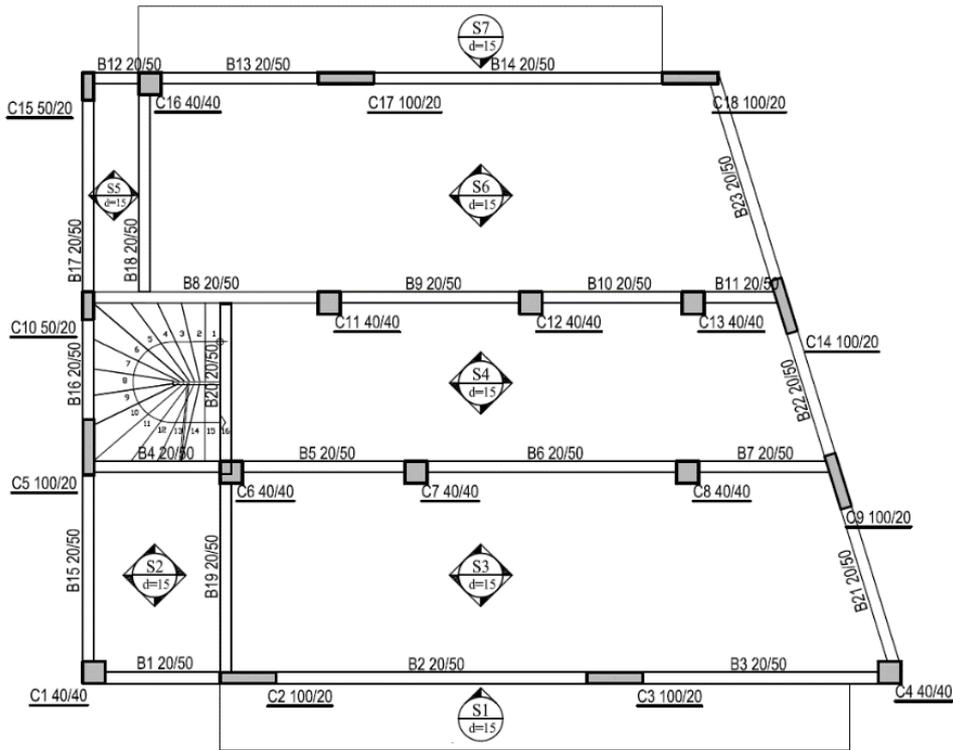
Dibujo de CAD

¡Felicitaciones, ha finalizado el Tutorial N.1!

TUTORIAL N.2 – EVALUACIÓN DE UN EDIFICIO DE 3 PISOS

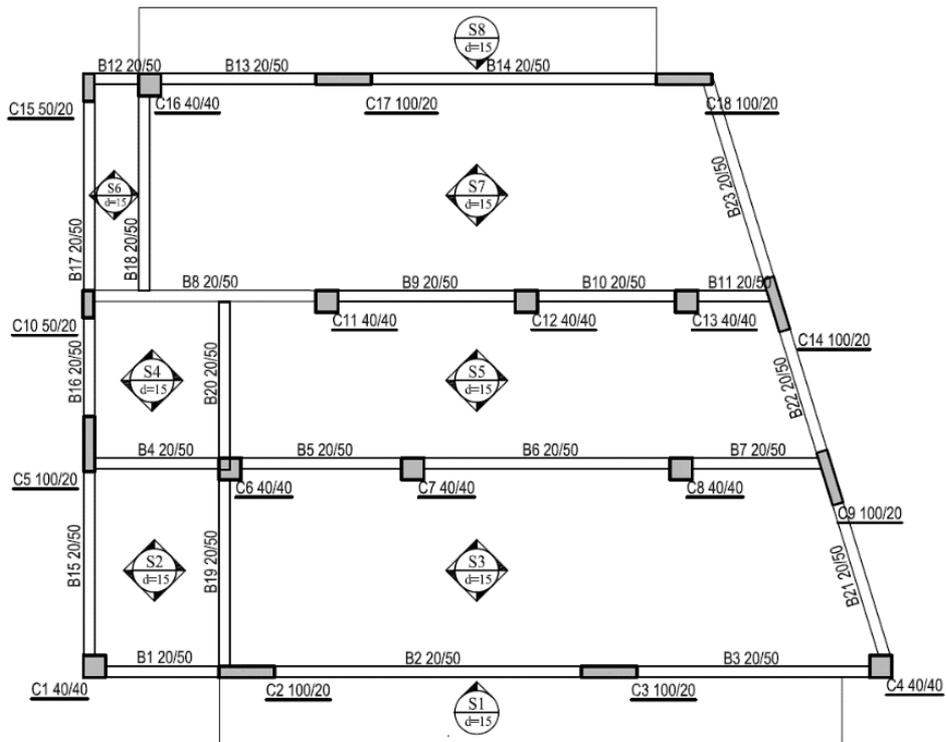
Descripción del Problema

Tratemos de modelar un edificio de hormigón armado tridimensional de tres pisos, para el cual se le pide que evalúe su capacidad según los Eurocódigos. La geometría es la misma en todos los pisos, como se muestra en las vistas de planta a continuación, la única diferencia es la presencia de losas inclinadas en el tercer piso.

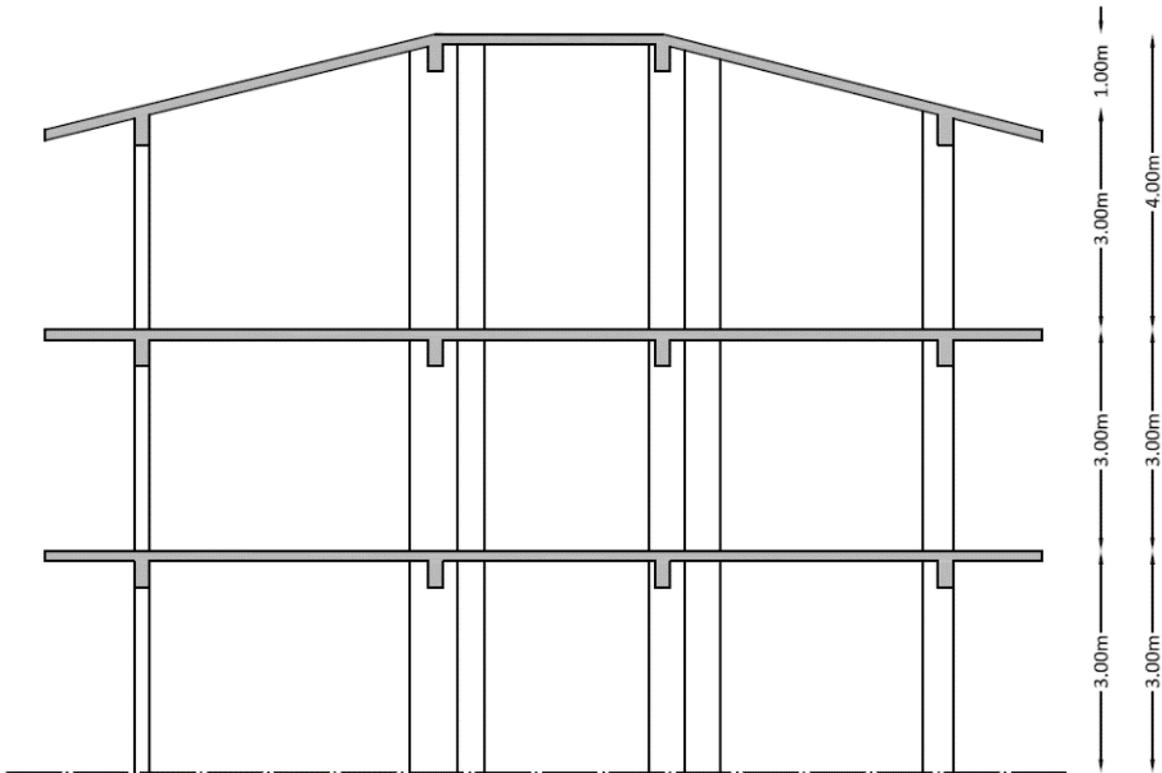


Plantas del 1er y 2do piso del edificio

NOTA: Una película describiendo el Tutorial N.2 puede encontrarse en el canal de YouTube de Seismosoft.



Planta del tercer piso del edificio



Sección del Edificio

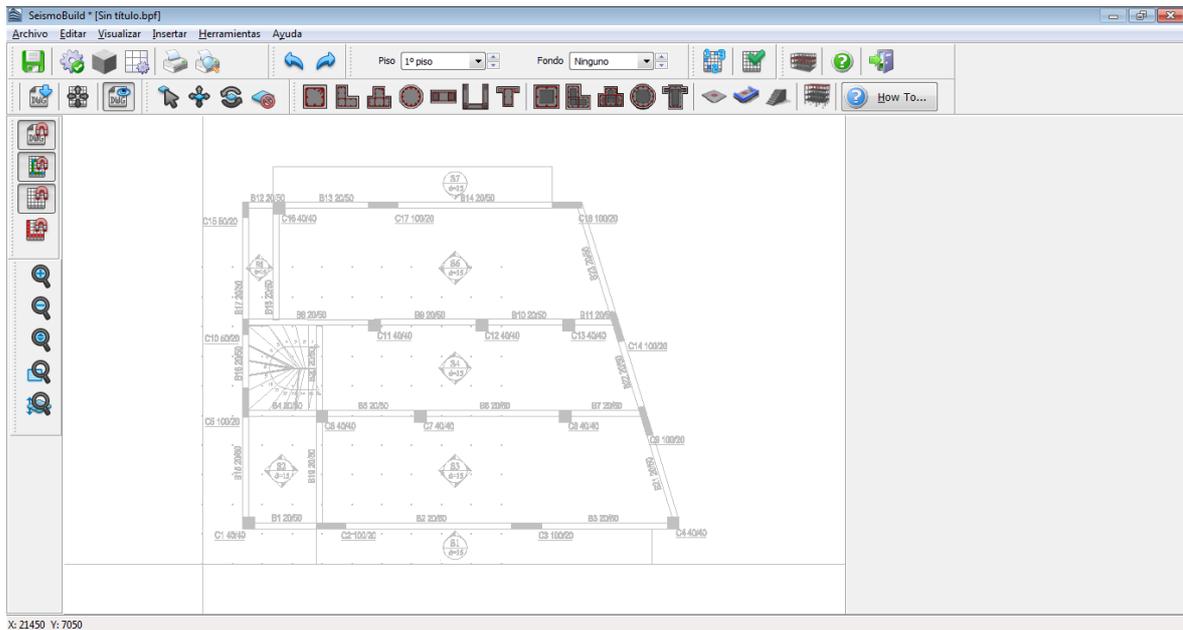
Inicio Rápido: un nuevo proyecto

La introducción de miembros estructurales es la misma que en el Tutorial N.1, por lo tanto, en el tutorial actual sólo se describirán los pasos para la definición de las escaleras y las losas inclinadas.

Para este tutorial se han elegido los siguientes ajustes:

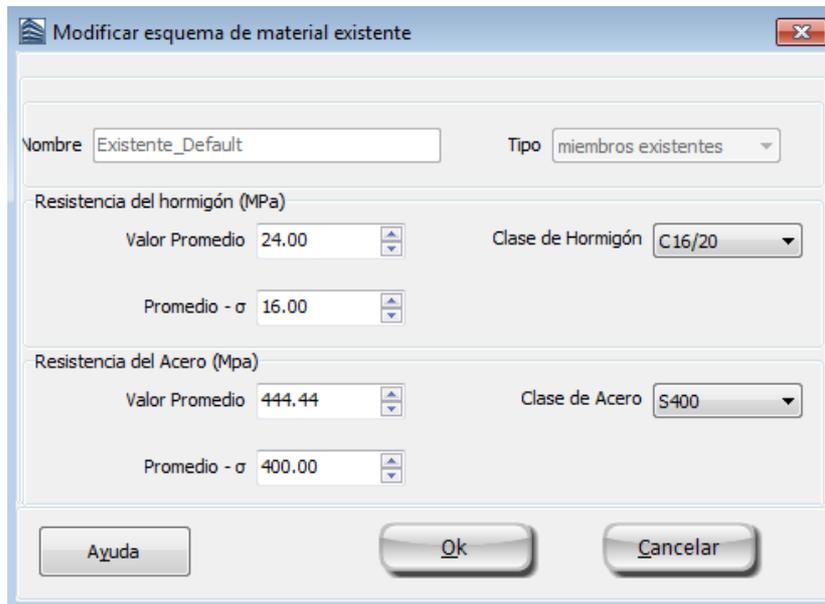
- Eurocódigo 8, parte 3
- Unidades SI
- Tamaños europeos para tipología de las varillas de refuerzo
- 3 pisos
- Alturas de los pisos: 3m
- No acepte vigas con un espacio libre inferior a: 0,1 m
- Incluir anchos efectivos de viga

Un dibujo CAD se importa como fondo para facilitar la definición de la geometría de los elementos.



Modelador de Edificios – Inserción de un dibujo CAD

En el módulo de ajustes de materiales se determinan los valores de resistencia del hormigón y refuerzo de los miembros. Aquí se selecciona y edita el ajuste de materiales Existente_Default asignando la clase de hormigón C16 / 20 y la clase de acero S400.



Modelador de Edificios – Modificar esquema de material existente

Al hacer clic en el botón Propiedades Avanzadas de Miembro, los usuarios pueden definir la configuración del miembro estructural de acuerdo con el código seleccionado. Las propiedades seleccionadas para los miembros insertados se muestran en la siguiente figura:

Propiedades avanzadas de Miembro

Clasificación

Primarios Sin detallado antisísmico

Secundarios

Tipo de Varillas Longitudinales

Acero frágil forjado en frío Barras longitudinales lisas

Traslape de Varillas Longitudinales

Tipo de Empalme

Losa inclinada o elevada (definida por 3 puntos)

Miembros con varillas corrugadas longitudinales con extremos lisos traslapadas en las secciones de los extremos

Longitud de Empalme

longitud relativa de empalme adecuada, $l_o/l_{ou, \min} > 1$,

longitud relativa de empalme inadecuada, $0 < l_o/l_{ou, \min} < 1$,

longitud absoluta de empalme, l_o (mm)

Accesibilidad del área de intervención (para miembros nuevos o fortalecidos)

Normal (fácil) Reducida (difícil)

Recubrimiento de Hormigón

Espesor (mm)

Referencias en los Códigos

EC8
Secciones A3.2.2(3)(5)-(7)-(9)

ASCE 41-17
tablas 10-8, 10-9 and 10-11

Ok

Cancelar

Modelador de Edificios – Propiedades Avanzadas de Miembro

Las dimensiones y el refuerzo de los elementos (columnas y vigas) del piso típico se muestran en las siguientes tablas:

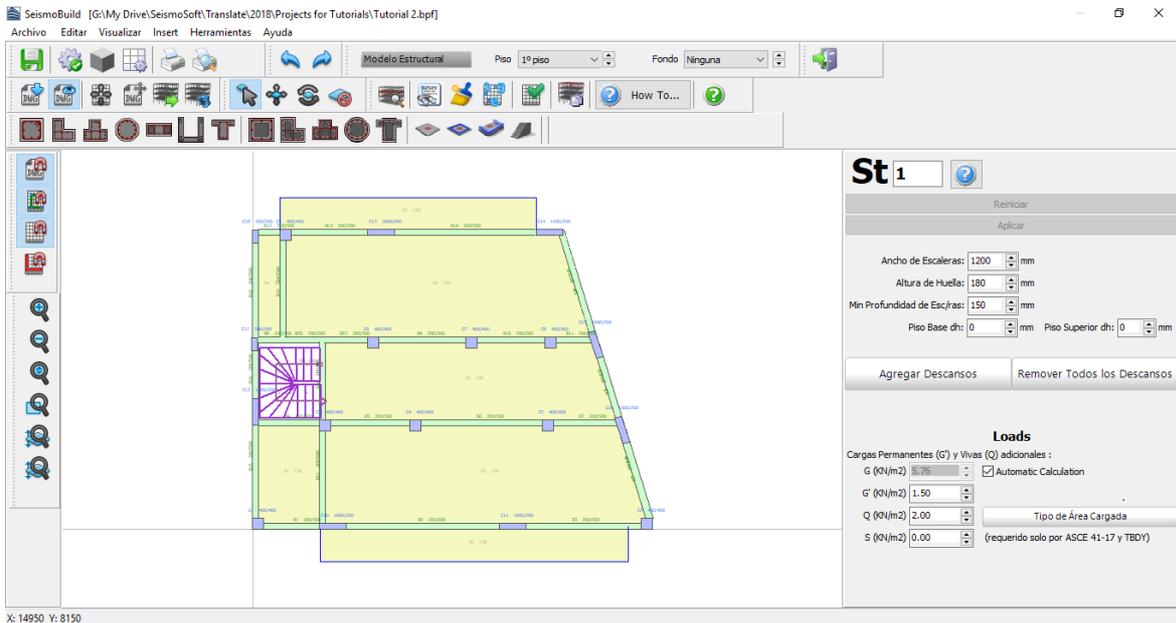
Columnas	Altura (mm)	Ancho (mm)	Refuerzo Longitudinal	Refuerzo Transversal
C1	400	400	4Ø16	Ø6/25
C2	1000	200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C3	1000	200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C4	400	400	4Ø16	Ø6/25
C5	200	1000	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C6	400	400	4Ø18	Ø6/25
C7	400	400	4Ø18	Ø6/25
C8	400	400	4Ø18	Ø6/25
C9	200	1000	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C10	200	500	6Ø16	Ø6/25

C11	400	400	4Ø18	Ø6/25
C12	400	400	4Ø18	Ø6/25
C13	400	400	4Ø18	Ø6/25
C14	200	1000	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C15	200	500	6Ø16	Ø6/25
C16	400	400	4Ø16	Ø6/25
C17	1000	200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C18	1000	200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25

Vigas	Altura (mm)	Ancho (mm)	Ref. al inicio de la sección de viga	Ref. en medio de sección de viga	Ref. al final de la sección de viga	Ref. Transversal
B1	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B2	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B3	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B4	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B5	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B6	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B7	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B8	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B9	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B10	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B11	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B12	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B13	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B14	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B15	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25

Vigas	Altura (mm)	Ancho (mm)	Ref. al inicio de la sección de viga	Ref. en medio de sección de viga	Ref. al final de la sección de viga	Ref. Transversal
B16	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25

Después de insertar todas las columnas y vigas, puede asignar las escaleras desde el menú principal (*Insertar > Insertar escaleras*) o mediante el botón  de la barra de herramientas. Esto se puede hacer fácilmente especificando la línea centro y algunos parámetros geométricos básicos, tales como el ancho de las escaleras, la altura de la huella, la profundidad mínima de las escaleras y las diferencias de elevación respecto al piso base y al piso superior, así como las cargas vivas.

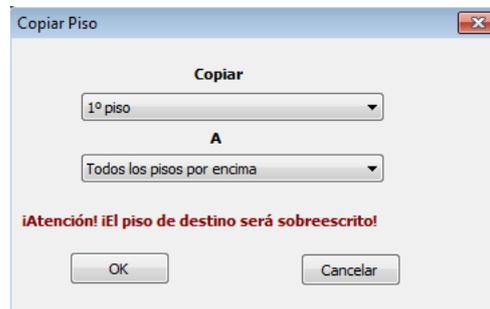


Modelador de Edificios - Propiedades de Escaleras



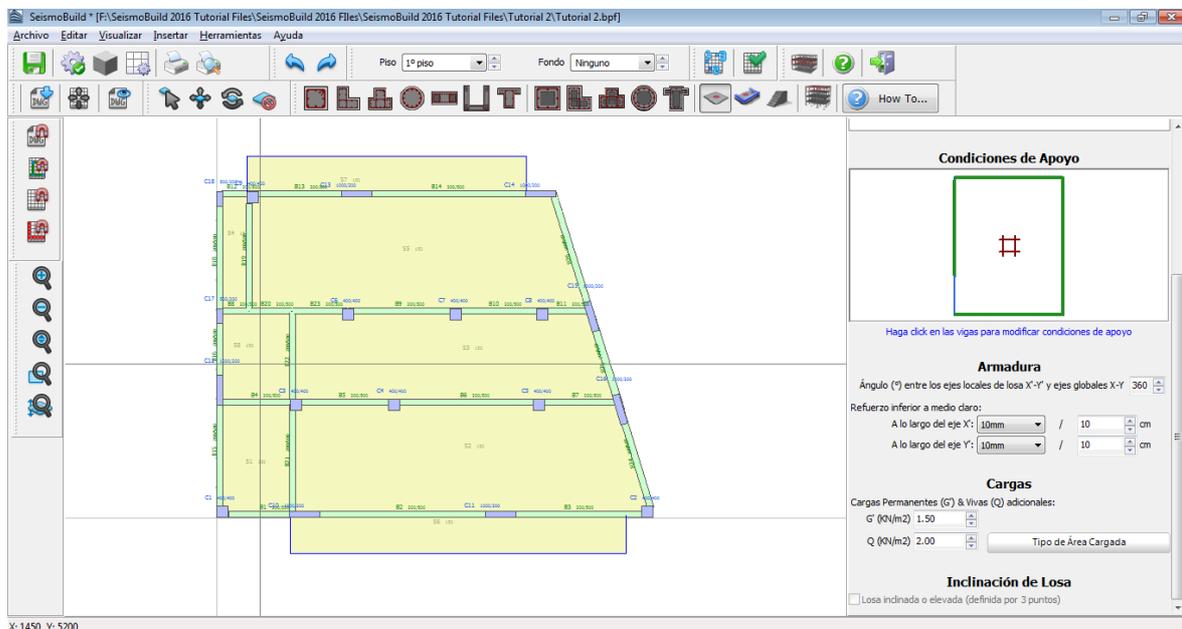
Categorías de Área Cargada

Después de insertar todos los miembros de la primera planta, puede crear automáticamente la 2ª y 3ª planta en base a la primera ya creada mediante la instalación de la planta de copia.



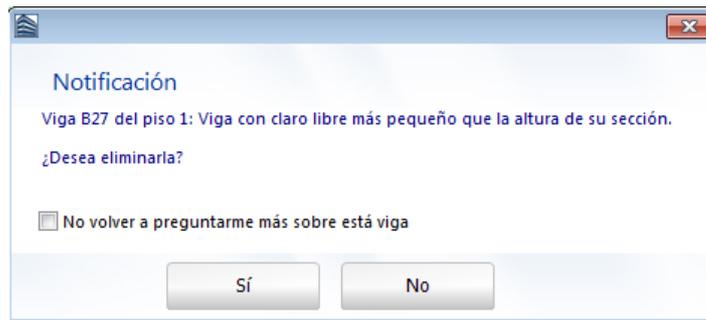
Modelador de Edificios - Ventana de Copiar Piso

Elimine los elementos (por ejemplo, las escaleras) que no están presentes en el tercer piso y defina las losas inclinadas. Seleccione la losa que se va a modificar, haga clic en la casilla "Inclinada o elevada (definida por 3 puntos)" en la ventana de propiedades de la losa, defina gráficamente las coordenadas de 3 puntos de la losa y asigne su elevación.



Modelador de Edificios - Propiedades de Losa

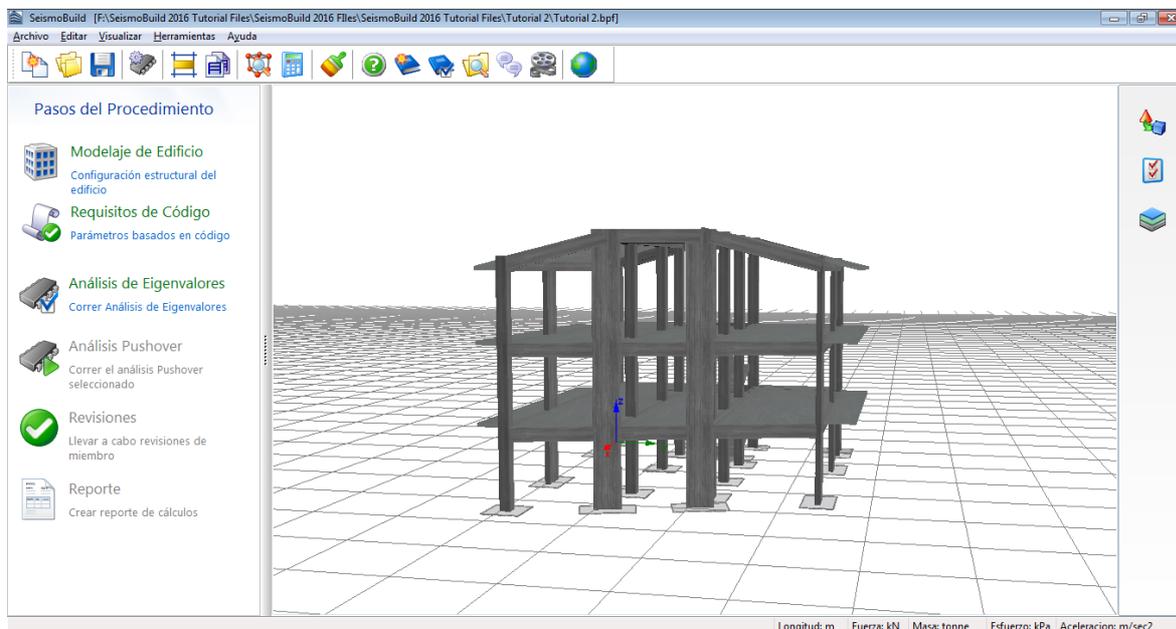
Cuando se crea el modelo de un edificio, es relativamente común que uno o más elementos muy cortos se hayan creado involuntariamente, debido a razones gráficas (por ejemplo, extendiendo ligeramente el extremo de un miembro más allá de un borde de columna). Por esta razón, se debe realizar una comprobación en el menú principal (Herramientas > Verificar la conectividad...) o mediante el botón de la barra de herramientas  para la existencia de cualquier viga con un claro libre menor que su altura de sección. Si existen tales elementos, el siguiente mensaje informativo aparecerá para el usuario.



Modelador de Edificios – Verificación de Conectividad

Con el modelo del edificio ahora totalmente definido, guarde el proyecto como un archivo SeismoBuild (con la extensión *.bpf, por ejemplo Tutorial_2.bpf) en el menú principal (*Archivo > Guardar como...*)/(*Archivo > Guardar*) o mediante el botón correspondiente  de la barra de herramientas.

Ahora está listo para ir a la ventana principal de SeismoBuild. Esto se puede hacer desde el menú principal (*Archivo > Salir y Crear modelo 3D*) o a través del botón  de la barra de herramientas.

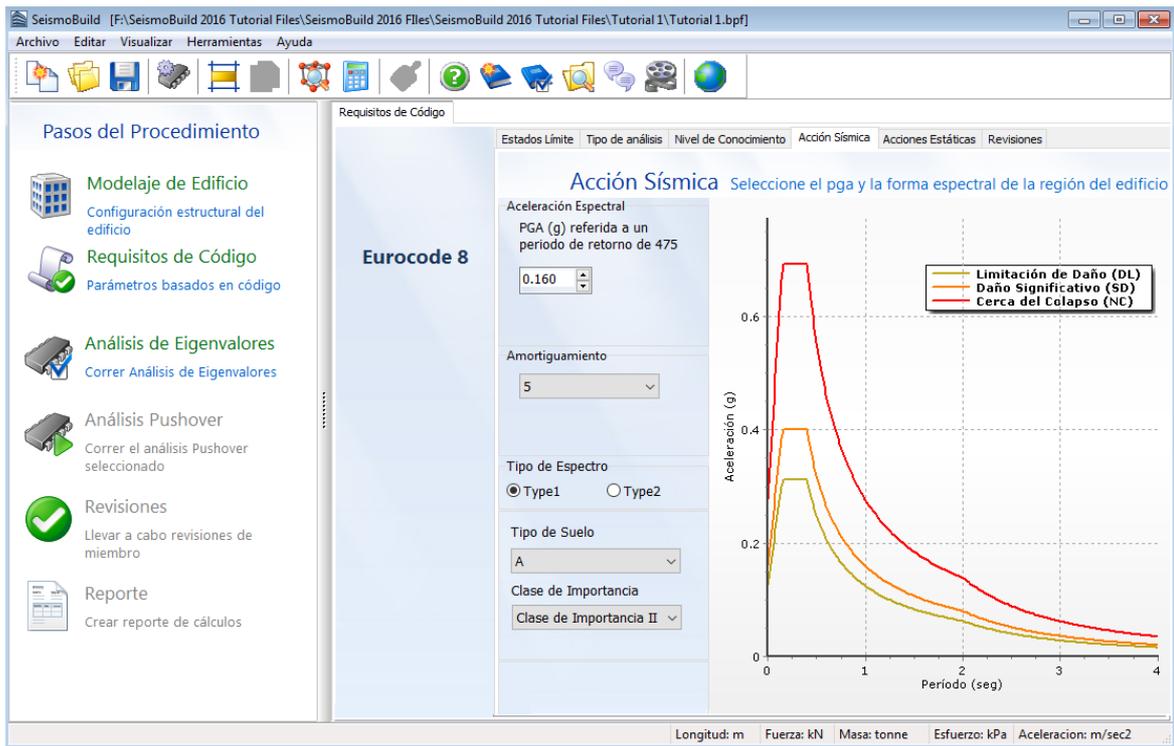


Ventana Principal de SeismoBuild

Requisitos de Código

Los parámetros y opciones basados en el código se definen como en el Tutorial N.1, aparte de la acción sísmica:

- Se especifica una aceleración máxima del suelo igual a 0,16 g; Esta aceleración se refiere a un período de retorno de 475 años, 5% de amortiguación, espectros de respuesta Tipo 1, tipo de suelo A e Importancia clase II;

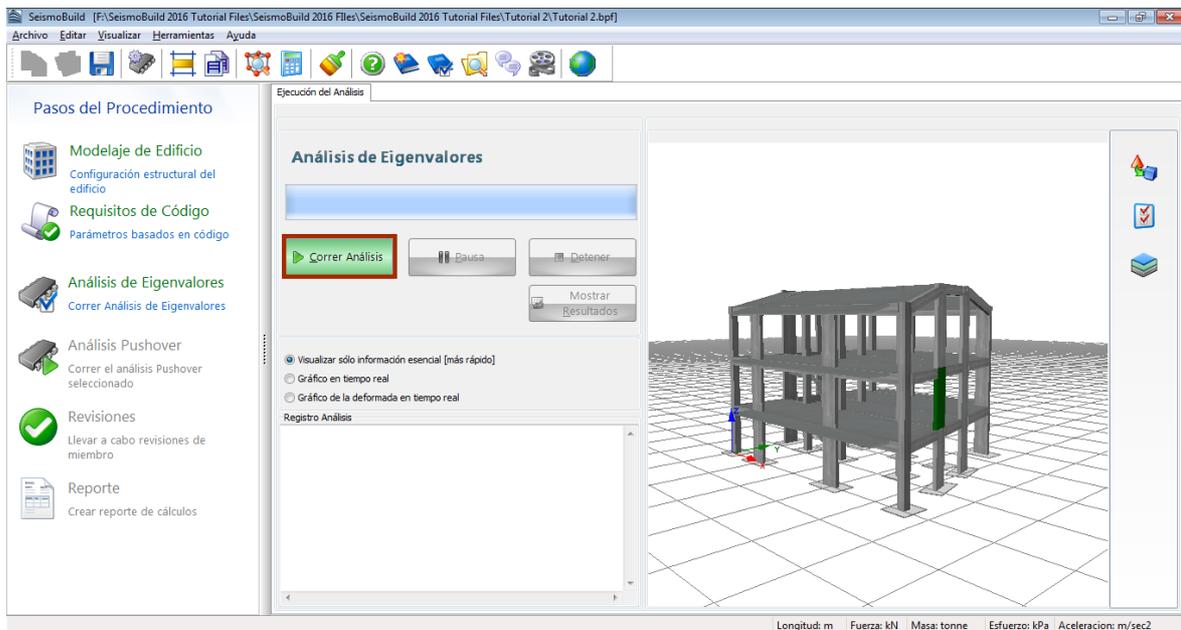


Parámetros de Análisis y Modelaje

El esquema de configuración predefinido se emplea para el ámbito de este tutorial.

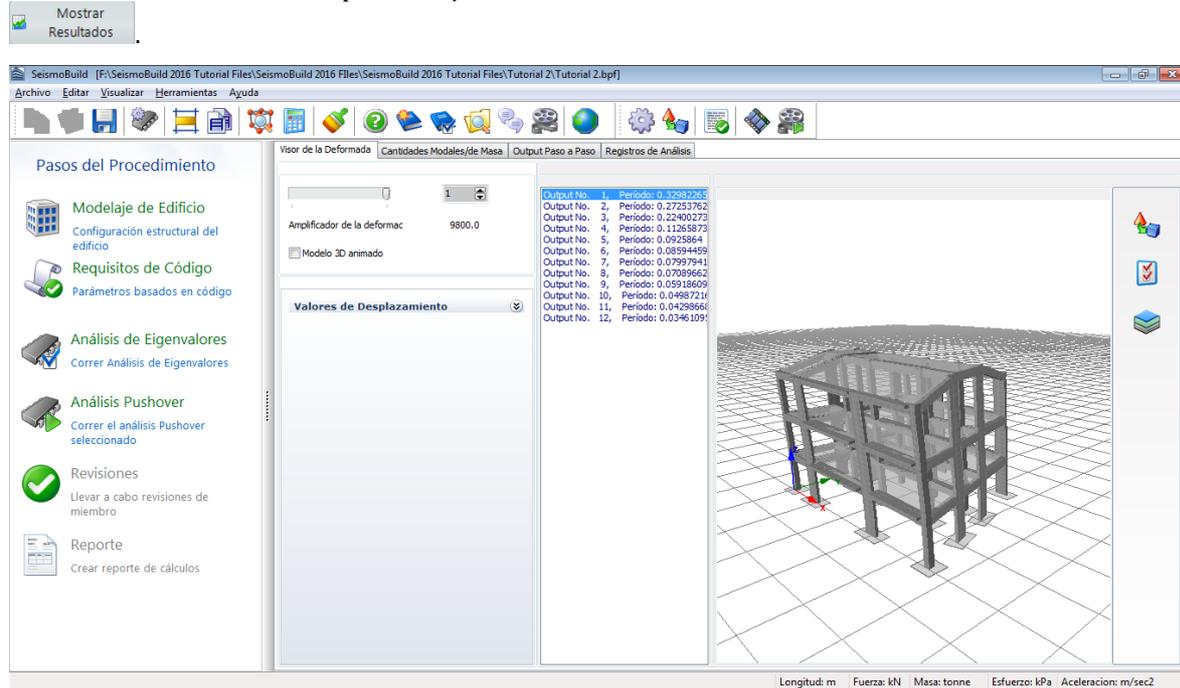
Análisis de Eigenvalores

Ejecute el análisis de Eigenvalores a través de este módulo.



Análisis de Eigenvalores

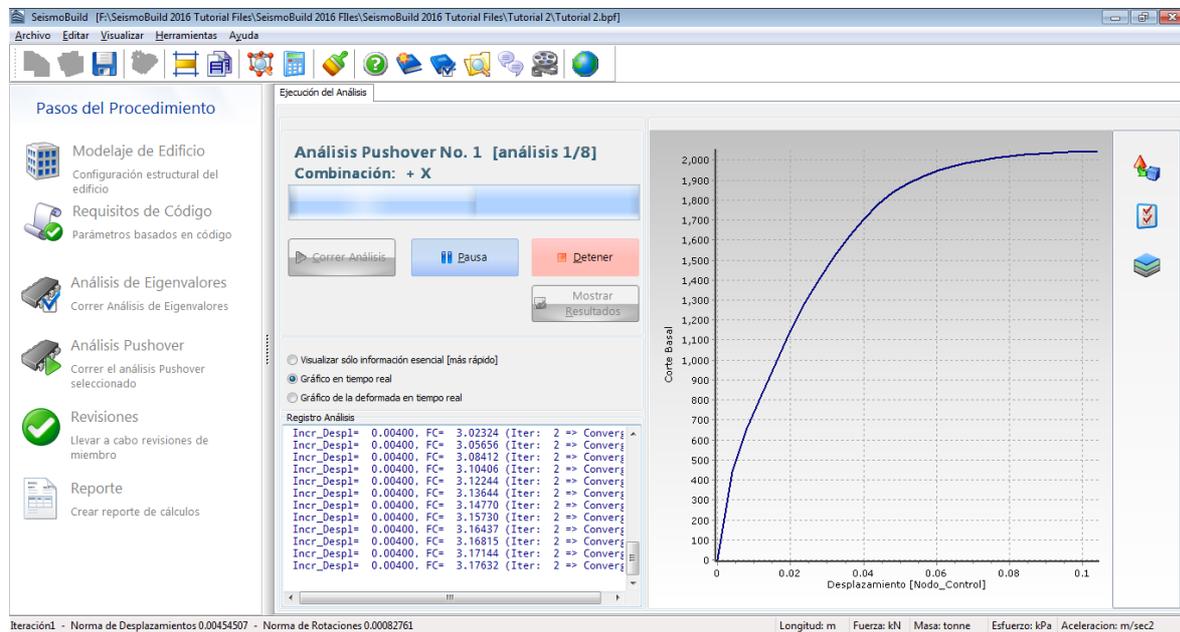
Puede ver los resultados después de ejecutar el análisis haciendo clic en el botón **Mostrar Resultados**



Resultados del Análisis de Eigenvalores

Análisis de Pushover

Haga clic en el botón **Correr Análisis** para ejecutar todos los análisis de pushover seleccionados.



Ejecutando los análisis

Cuando los análisis lleguen al final, puede ver los resultados haciendo clic en el botón **Mostrar Resultados**

Los módulos disponibles han sido discutidos en el Tutorial N1.

Revisiones

Los resultados de las comprobaciones de miembros estructurales se pueden visualizar en el área **Revisiones**, en formato de tabla o gráfico y luego se copian en cualquier otra aplicación de Windows. Los usuarios pueden seleccionar el estado límite, así como el análisis, el piso, el tipo de miembros y el eje local para ver los resultados. Los elementos, donde la demanda ha superado la capacidad, se muestran en rojo tanto en la tabla como en el gráfico 3D, tal como se muestra en la siguiente figura:

The screenshot displays the 'Revisiones' module in SeismoBuild. The main window is titled 'Revisiones' and contains a table of structural members. The table has columns for 'Miembro', 'Piso', 'Edge', and 'Ejes'. The table data is as follows:

Miembro	Piso	Edge	Ejes
columna C1	1	Comienzo	(2)
columna C1	1	Final	(2)
columna C1	1	Final	(3)
columna C1	2	Comienzo	(2)
columna C1	2	Comienzo	(3)
columna C1	2	Final	(2)
columna C1	2	Final	(3)
columna C1	3	Comienzo	(2)
columna C1	3	Comienzo	(3)
columna C1	3	Final	(2)
columna C1	3	Final	(3)
columna C10	1	Comienzo	(2)
columna C10	1	Comienzo	(3)
columna C10	1	Final	(2)
columna C10	1	Final	(3)
columna C10	2	Comienzo	(2)
columna C10	2	Comienzo	(3)
columna C10	2	Final	(2)
columna C10	2	Final	(3)
columna C10	3	Comienzo	(2)
columna C10	3	Comienzo	(3)

The 3D model on the right shows a building frame with columns highlighted in red, indicating they have exceeded their capacity. The status bar at the bottom shows: Longitud: m, Fuerza: kN, Masa: tonne, Esfuerzo: kPa, Aceleración: m/sec².

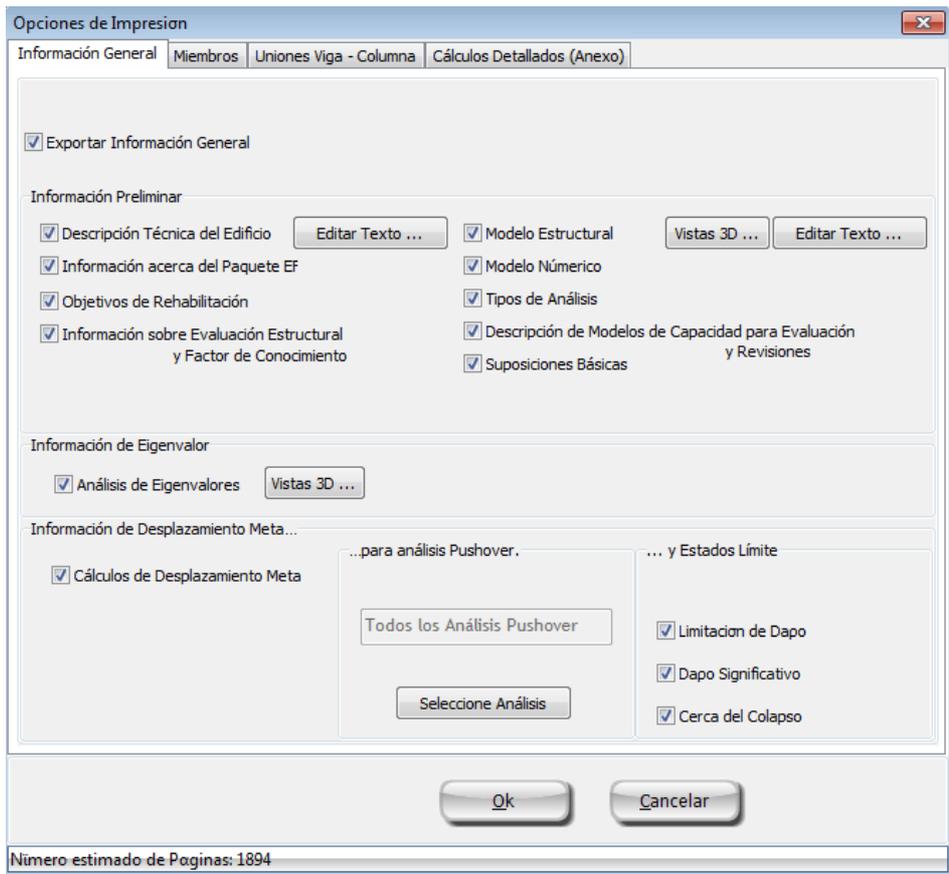
Módulo de Revisiones (Fuerzas Cortantes en Miembros)

Como se puede ver, la capacidad al corte de los elementos encamisados ahora es suficiente para soportar la carga aplicada.

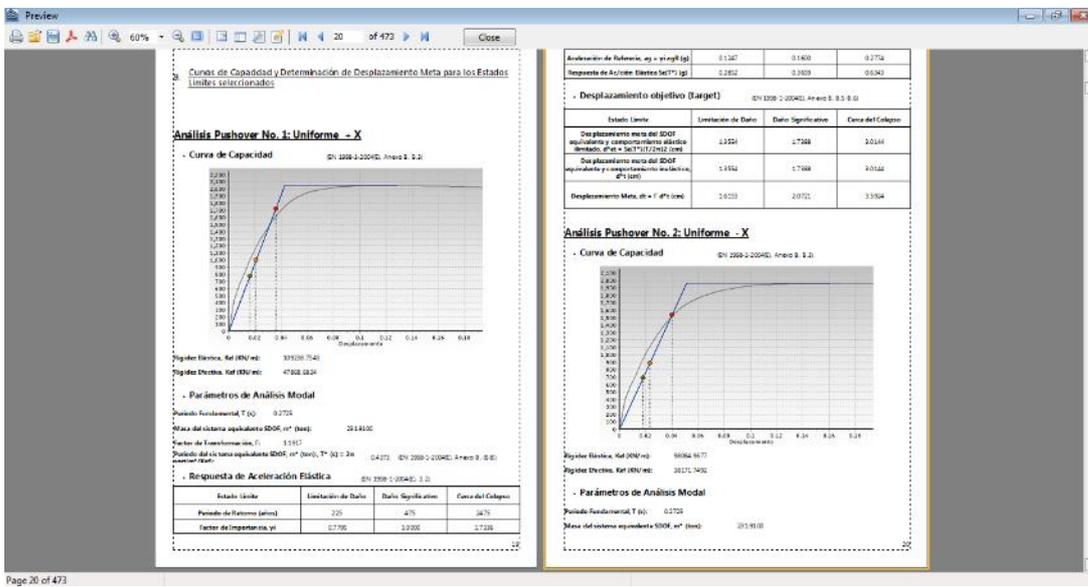
Reporte

Después de ejecutar los análisis y finalizar el proceso de verificación, puede crear el informe técnico de la evaluación. Una vez que haga clic en el botón Informe, aparecerá una ventana para definir las opciones de salida de impresión. Haga clic en el botón Aceptar y el informe se creará automáticamente y se mostrará en la pantalla. El informe puede ser exportado en formatos de archivo PDF, RTF o HTML, siendo los dos últimos editables.

NOTA: La creación de un informe para un edificio típico de 4 o 5 pisos puede tardar hasta 4-5 minutos en completarse.



Opciones de Impresión (Información General)

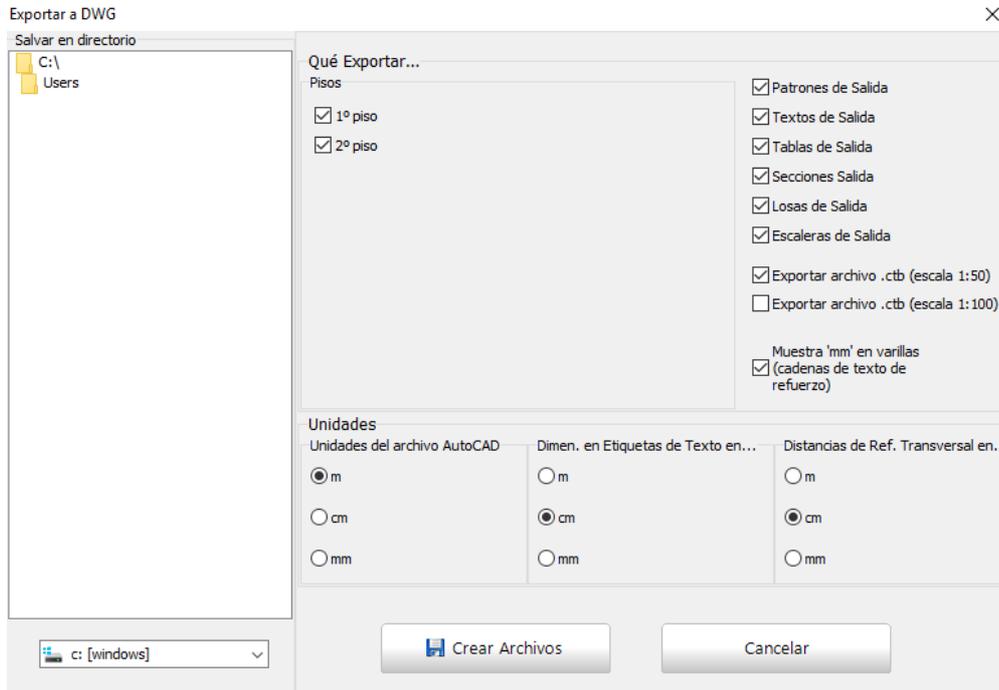


Reporte Técnico

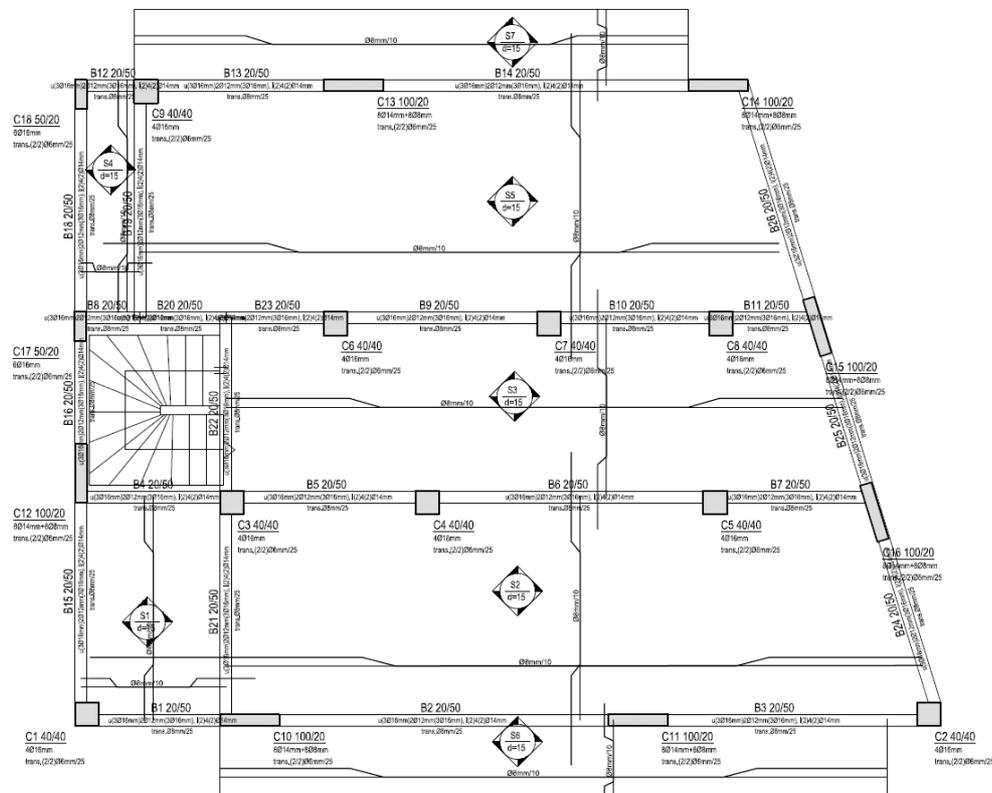
Dibujos de CAD

Por último, puede exportar una variedad de archivos de dibujo CAD del modelo estructural (vistas planas, secciones transversales de los miembros y tablas de refuerzo), junto con los archivos *.ctb creados especialmente que se necesitan para el trazado. Se observa que la ejecución de los análisis no es

un requisito previo para la exportación de los archivos de dibujo CAD, y sólo se requiere la introducción de la configuración estructural en el Modelador de Edificios.



Exportar a DWG



Dibujo de CAD

TUTORIAL N.3 – REHABILITACIÓN DE UN EDIFICIO DE TRES PISOS

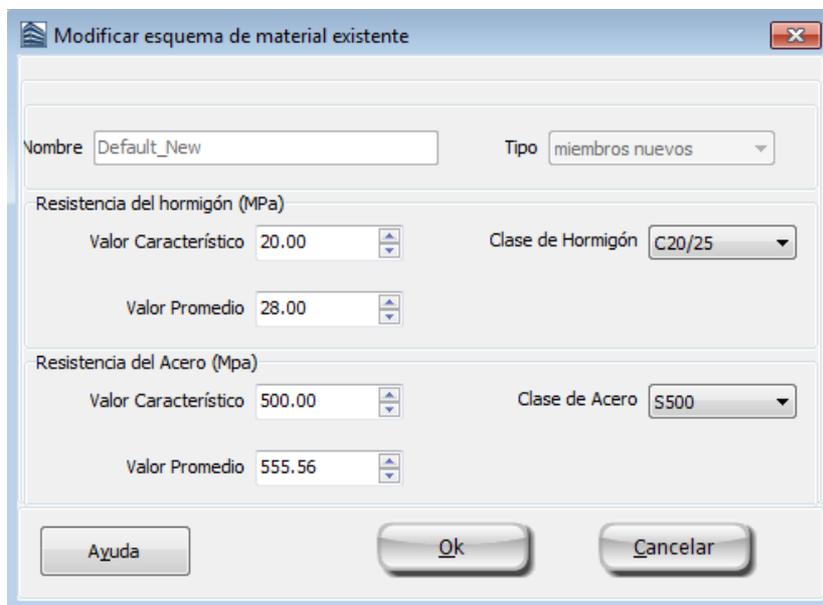
Descripción del Problema

En este tercer tutorial el modelo que ya se ha creado en el Tutorial N2 se fortalecerá con encamisados de RC. Las columnas y vigas de todos los pisos serán intervenidas.

Iniciando: abrir un proyecto existente

Abra de nuevo la ventana inicial del software y, después de hacer clic en el icono  de la barra de herramientas, seleccione el proyecto SeismoBuild anterior (Tutorial_2.bpf). Una vez abierto, guarde el proyecto con un nuevo nombre a través del comando de menú *Archivo > Guardar como...*

En el módulo de conjuntos de materiales se determinan los valores de resistencia del hormigón y refuerzo del miembro. Aquí se selecciona y edita el conjunto de materiales Default_New asignando la clase de hormigón C20/25 y la clase de acero S500.



Modelador de Edificios – Modificar Nuevo Esquema de Materiales

Las dimensiones y el refuerzo de las columnas revestidas del primer piso se muestran en la siguiente tabla:

Columnas	Alto (mm)	Ancho (mm)	Ref. Longitudinal Interno	Ref. Transversal Interno	Ref. Longitudinal Externo	Ref. Transversal Interno
C1	600	600	4Ø16	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C2	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C3	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C4	600	600	4Ø16	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C5	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	26Ø20	Ø12/10

Columnas	Alto (mm)	Ancho (mm)	Ref. Longitudinal Interno	Ref. Transversal Interno	Ref. Longitudinal Externo	Ref. Transversal Interno
C6	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C7	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C8	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C9	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C10	400	700	6Ø16	Ø6/25	10Ø20	Ø10/10
C11	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C12	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C13	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C14	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C15	400	700	6Ø16	Ø6/25	2Ø22+8Ø20	Ø10/10
C16	600	600	4Ø16	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C17	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C18	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10

Las dimensiones y el refuerzo de la sección nueva/externa de las vigas revestidas del primer piso se muestran en la siguiente tabla. Se observa que el refuerzo de la sección existente/interna de las vigas encamisadas es el mismo que el del Tutorial N.2.

Vigas	Altura (mm)	Ancho (mm)	Ref. Externo al inicio de la viga	Ref. Externo en el medio de la viga	Ref. Externo al final de la viga	Ref. Transversal Interno			
B1	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B2	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B3	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B4	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10

Vigas	Altura (mm)	Ancho (mm)	Ref. Externo al inicio de la viga		Ref. Externo en el medio de la viga		Ref. Externo al final de la viga		Ref. Transversal Interno
B5	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B6	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B7	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B8	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B9	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B10	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B11	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B12	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B13	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B14	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B15	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B16	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B17	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B18	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B19	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B20	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10

Vigas	Altura (mm)	Ancho (mm)	Ref. Externo al inicio de la viga		Ref. Externo en el medio de la viga		Ref. Externo al final de la viga		Ref. Transversal Interno
B21	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10
B22	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø12/8
B23	650	350	o5Ø18 s4Ø12	u3Øφ14	o2Ø14 s4Ø12	u5Ø14	o5Ø18 s4Ø12	u3Ø14	Ø10/10

Las dimensiones y el refuerzo de las columnas revestidas de los pisos segundo y tercero se muestran en la siguiente tabla:

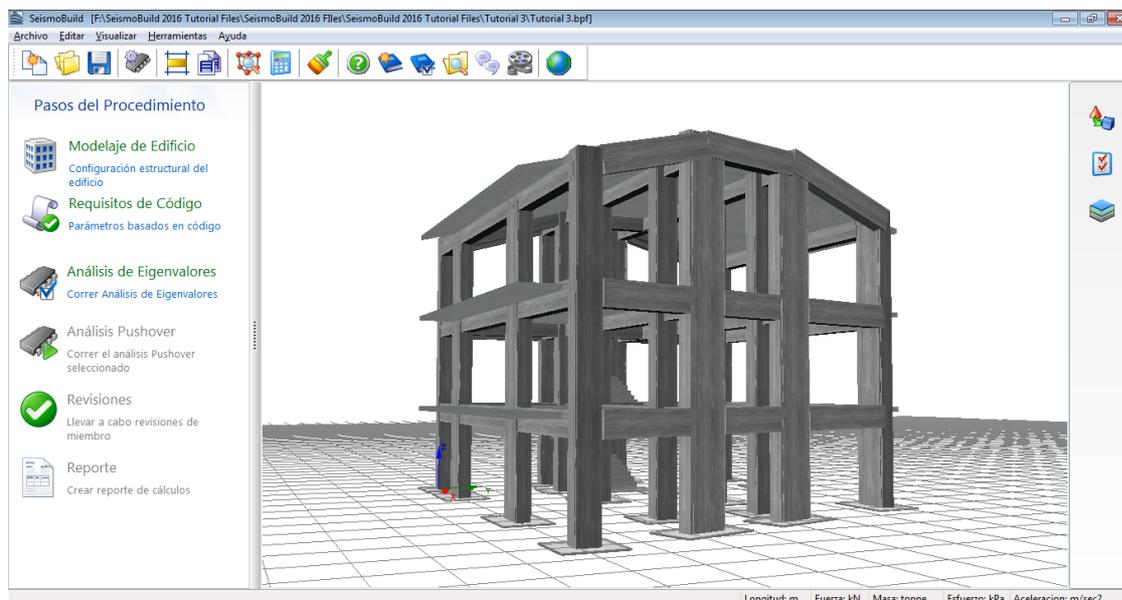
Columnas	Alto (mm)	Ancho (mm)	Ref. Longitudinal Interno	Ref. Transversal Interno	Ref. Longitudinal Externo	Ref. Transversal Interno
C1	600	600	4Ø16	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C2	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C3	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C4	600	600	4Ø16	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C5	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C6	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C7	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C8	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C9	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C10	400	700	6Ø16	Ø6/25	4Ø20+6Ø18	Ø10/10
C11	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C12	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C13	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C14	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C15	400	700	6Ø16	Ø6/25	4Ø20+6Ø18	Ø10/10
C16	600	600	4Ø16	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10

Columnas	Alto (mm)	Ancho (mm)	Ref. Longitudinal Interno	Ref. Transversal Interno	Ref. Longitudinal Externo	Ref. Transversal Interno
C17	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C18	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10

Las dimensiones y el refuerzo de los encamisados de las vigas de los segundo y tercer pisos son los mismos que los primeros.

Después de insertar todos los elementos, compruebe el modelo del edificio por la existencia de una o más vigas cortas que pueden haber sido creadas involuntariamente, debido a razones gráficas (por ejemplo, extendiendo ligeramente un extremo más allá de un borde de columna) mediante el menú principal (*Herramientas*> ...) o a través del respectivo botón de la barra de herramientas .

Usted está listo para ir a la ventana principal de SeismoBuild. Esto se puede hacer desde el menú principal (*Archivo*> *Salir y Crear modelo 3D*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas .



Ventana Principal de SeismoBuild

Requisitos de Código

Los parámetros de Código están definidos en el Tutorial N.2.

Parámetros de Análisis y Modelaje

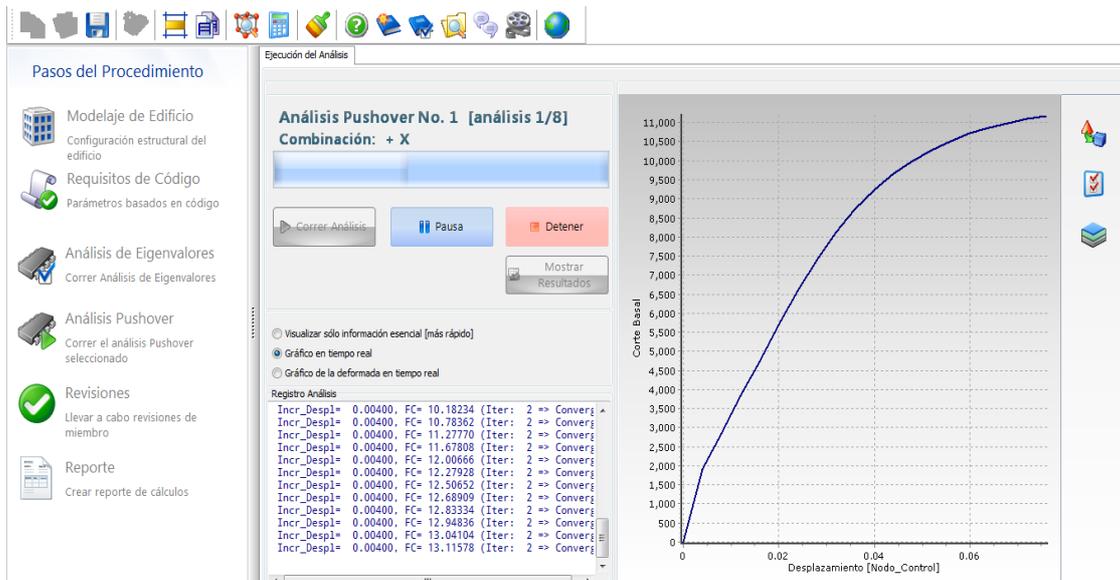
Los esquemas de ajustes predefinidos se emplean en este tutorial.

Análisis de Eigenvalores

Ejecute el análisis de los Eigenvalores.

Análisis de Pushover

Haga clic en el botón *Correr Análisis (Ejecutar)* para ejecutar todos los análisis de pushover seleccionados.



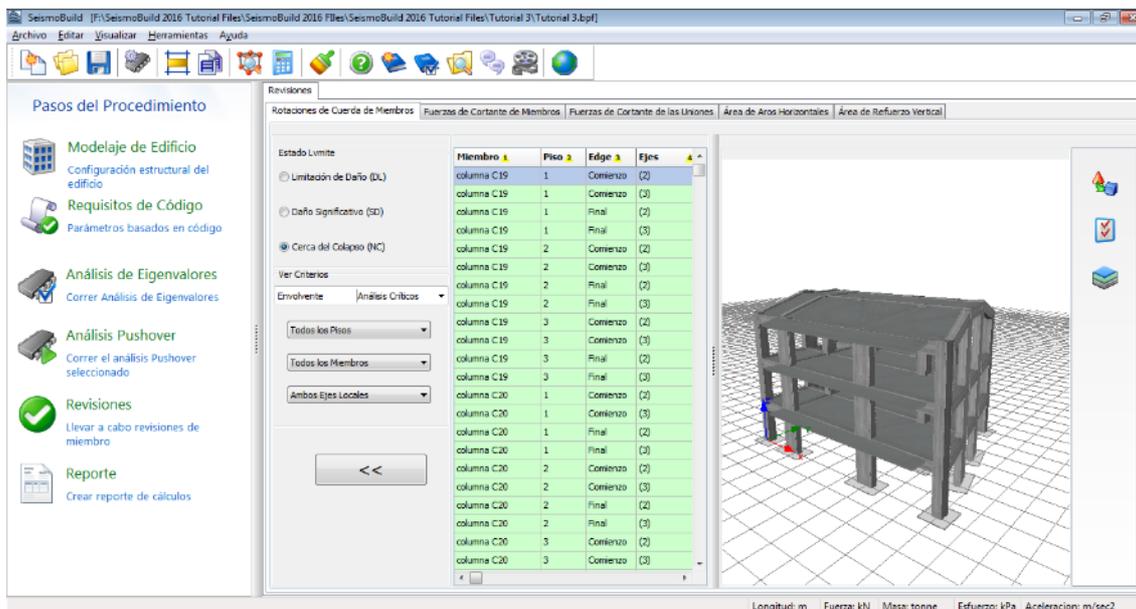
Corriendo los análisis

Cuando los análisis lleguen al final, puede ver los resultados haciendo clic en el botón **Mostrar Resultados**.

Los módulos disponibles han sido discutidos en el Tutorial N1.

Revisiones

SeismoBuild ofrece la opción de realizar automáticamente los controles de rotación de cuerda y de cortante de los elementos estructurales, así como las comprobaciones de las juntas entre vigas y columnas, de acuerdo con las expresiones definidas en el Código seleccionado, en este caso Eurocódigo 2 y Eurocódigo 8 para los estados límite seleccionados. Los resultados de las comprobaciones se pueden visualizar en el módulo de Revisiones del estado del programa "predeterminado", tal como se describe en los Tutoriales 1 y 2.

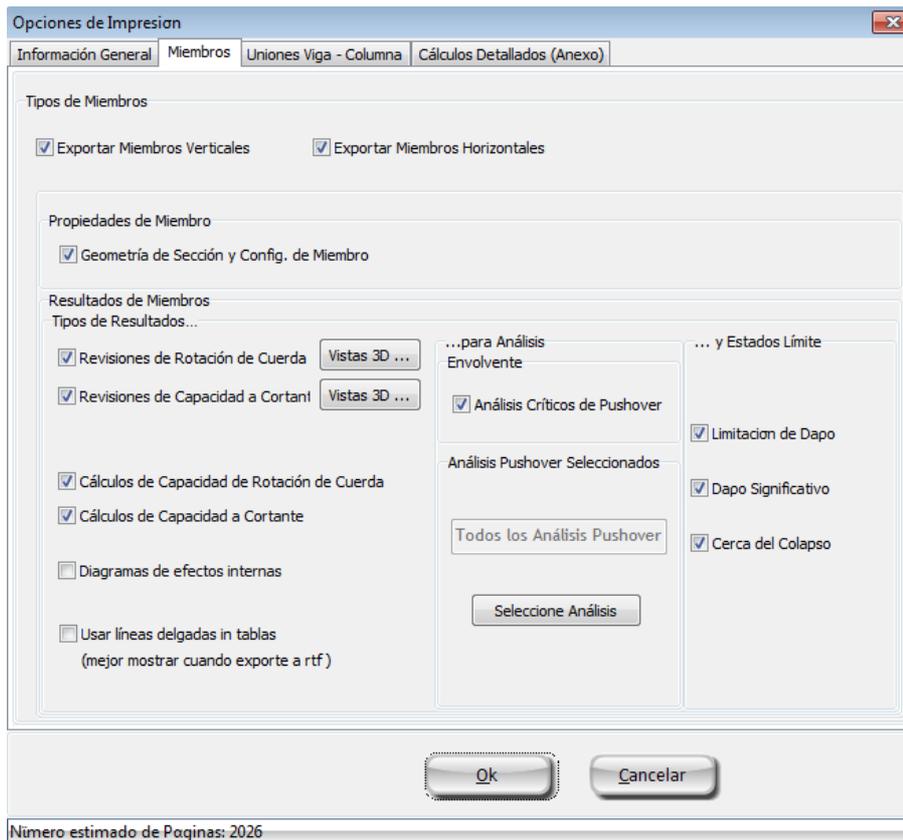


Módulo de Revisiones (Fuerza Cortante en los Elementos)

Reporte

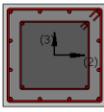
Después de ejecutar los análisis y finalizar el proceso de verificación, puede crear el informe técnico de la evaluación. Una vez que haga clic en el botón Reporte, aparecerá una ventana para definir las opciones de salida de impresión. Haga clic en el botón Aceptar y el informe se creará automáticamente y se mostrará en la pantalla. El informe puede ser exportado en formatos de archivo PDF, RTF o HTML, siendo los dos últimos editables.

NOTA: La creación de un informe para un edificio típico de 4 o 5 pisos puede tardar hasta 4-5 minutos.



Opciones de Impresión (Miembros)

Confine Factor
 Confinement Factors: Core = 1.089, Jacket = 1.089



Design of Dowels
 Design succeeded
 Ø10mm/10 cm

Fcm/Vf/d_let = 1913.0 KN/2266.6 KN = 0.84
 Cover along shear force: 95 mm > 6 db = 60 mm
 Min Side Cover: 128 mm > 3 db = 30 mm
 Min Distance Between Dowels: 52 mm > 5 db = 50 mm
 Min Punching Length = 8 db = 80 mm

Results

Chord Rotation Capacity Selected Analyses

LS	Analysis	Ed	Av	h (m)	Lv (m)	avz (m)	d-d' (m)	dbz (mm)	avz (1/mm)	My (kNm)	vRc (kN)	By	
Uniform + X	Start	(2)	0.6	3.81295	0	0.51	0.018666	0.005576	497.7790	190.6424	0.10718		
		(3)	0.6	1.90733	0.51	0.51	0.018666	0.005576	497.7790	190.6424	0.08456		
	End	(2)	0.6	6	0	0.51	0.018666	0.005576	497.7790	192.0440	0.14866		
		(3)	0.6	1.01204	0.51	0.51	0.018666	0.005576	497.7790	192.0440	0.07207		
	Uniform - X	Start	(2)	0.6	1.87990	0.51	0.51	0.018666	0.005944	626.0453	241.8199	0.08605	
			(3)	0.6	1.59914	0.51	0.51	0.018666	0.005944	626.0453	241.8199	0.08144	
End	(2)	0.6	1.13261	0.51	0.51	0.018666	0.005944	626.0453	233.4039	0.07154			
	(3)	0.6	1.41079	0.51	0.51	0.018666	0.005944	626.0453	233.4039	0.07863			
Uniform + Y	Start	(2)	0.6	2.24881	0.51	0.51	0.018666	0.005576	497.7790	178.8783	0.08902		
		(3)	0.6	0.76041	0.51	0.51	0.018666	0.005576	497.7790	178.8783	0.07148		
End	(2)	0.6	10.74860	0.51	0.51	0.018666	0.005576	497.7790	167.0318	0.07152			

Reporte Técnico

Dibujo de CAD

Finalmente, puede exportar una variedad de archivos de dibujo CAD del modelo estructural del edificio (vistas en planta, secciones transversales y tablas de refuerzo), junto con los archivos *.ctb creados especialmente que se necesitan para el trazado. Se debe notar que la ejecución de los análisis no es un requisito previo para la exportación de los archivos de dibujo CAD.



C16 60/60(40/40)
 NEW: 12Ø20mm
 NEW: trans.(2/2)Ø10mm/10
 EXIST: 4Ø16mm
 EXIST: trans.(2/2)Ø6mm/25



C17 120/40(100/20)
 NEW: 8Ø20mm+12Ø16mm
 NEW: trans.(2/2)Ø10mm/10
 EXIST: 8Ø14mm+8Ø8mm
 EXIST: trans.(2/2)Ø6mm/25



C18 120/40(100/20)
 NEW: 8Ø20mm+12Ø16mm
 NEW: trans.(2/2)Ø10mm/10
 EXIST: 8Ø14mm+8Ø8mm
 EXIST: trans.(2/2)Ø6mm/25

B1 35/65(20/50)



Start
 NEW: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm
 NEW: trans.Ø10mm/10
 EXIST: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm
 EXIST: trans.Ø8mm/25

B1 35/65(20/50)



Middle
 NEW: u2Ø14mm, l5Ø14mm, s4Ø12mm
 NEW: trans.Ø10mm/10
 EXIST: u2Ø12mm, l4Ø14mm, s0Ø12mm
 EXIST: trans.Ø8mm/25

B1 35/65(20/50)



End
 NEW: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm
 NEW: trans.Ø10mm/10
 EXIST: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm
 EXIST: trans.Ø8mm/25

B2 35/65(20/50)



Start
 NEW: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm
 NEW: trans.Ø10mm/10
 EXIST: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm
 EXIST: trans.Ø8mm/25

B2 35/65(20/50)



Middle
 NEW: u2Ø14mm, l5Ø14mm, s4Ø12mm
 NEW: trans.Ø10mm/10
 EXIST: u2Ø12mm, l4Ø14mm, s0Ø12mm
 EXIST: trans.Ø8mm/25

B2 35/65(20/50)



End
 NEW: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm
 NEW: trans.Ø10mm/10
 EXIST: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm
 EXIST: trans.Ø8mm/25

Dibujos de CAD - Sección Transversal de Miembros

TUTORIAL N.4 – ANÁLISIS DINÁMICO DE UN EDIFICIO DE 3 PISOS

Descripción del Problema

En este cuarto tutorial, se ejecutará Análisis Dinámico del modelo que ya se ha creado en el Tutorial N2.

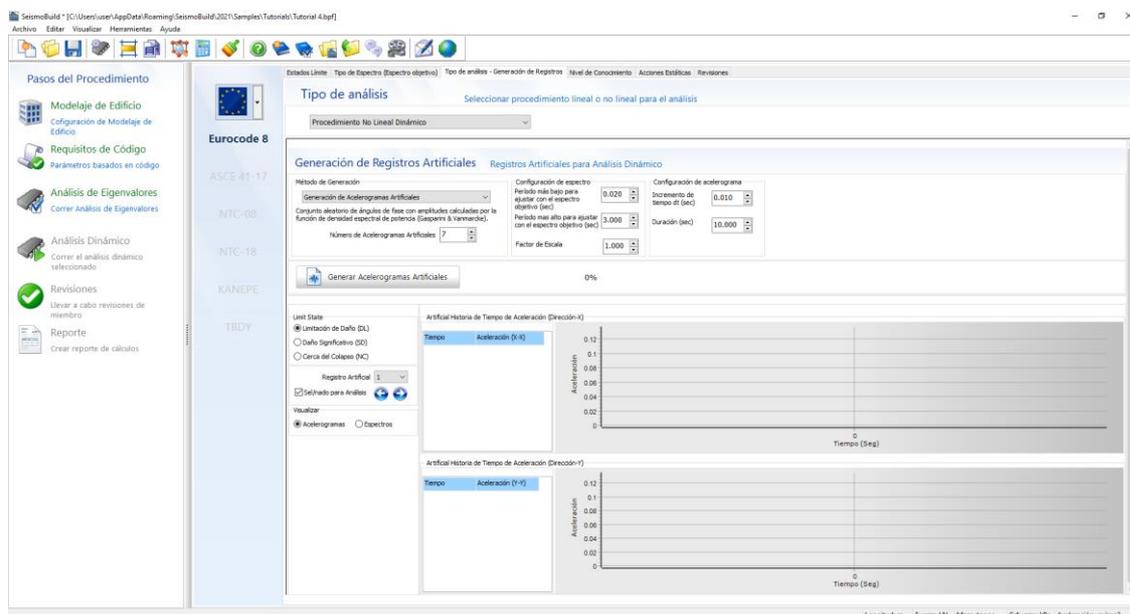
Iniciando: abrir un proyecto existente

Abra nuevamente la ventana inicial del software y, luego de hacer clic en el botón  de la barra de herramientas, seleccione el proyecto SeismoBuild (Tutorial_2.bpf). Cuando el proyecto está abierto, guarde el proyecto con un nuevo nombre a través del comando de menú Archivo> Guardar como....

Revisiones de Código

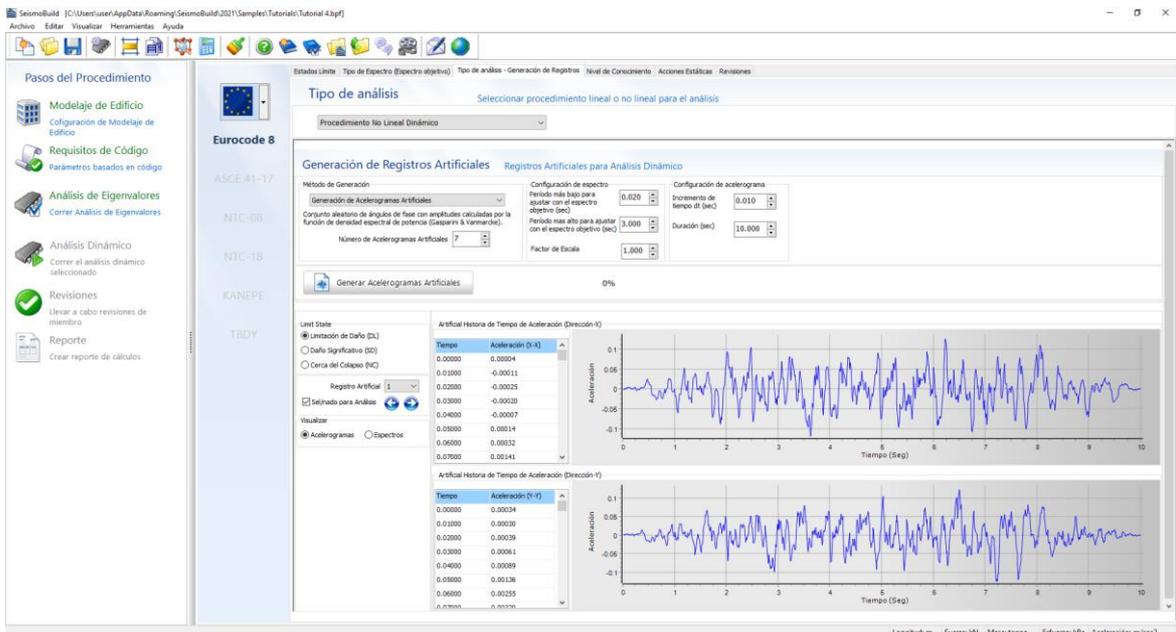
A través del módulo de requisitos de código, puede definir el tipo de análisis. Se selecciona el tipo de Análisis Dinámico No Lineal.

Para este tutorial, se ha seleccionado el método de derivación de generación de acelerogramas artificiales para la generación de siete acelerogramas con las opciones predeterminadas en la configuración de espectro y acelerograma.



Tipo de Análisis (Generación de Registros): Opciones Seleccionadas

Haga clic en el botón Generar Acelerogramas Artificiales.

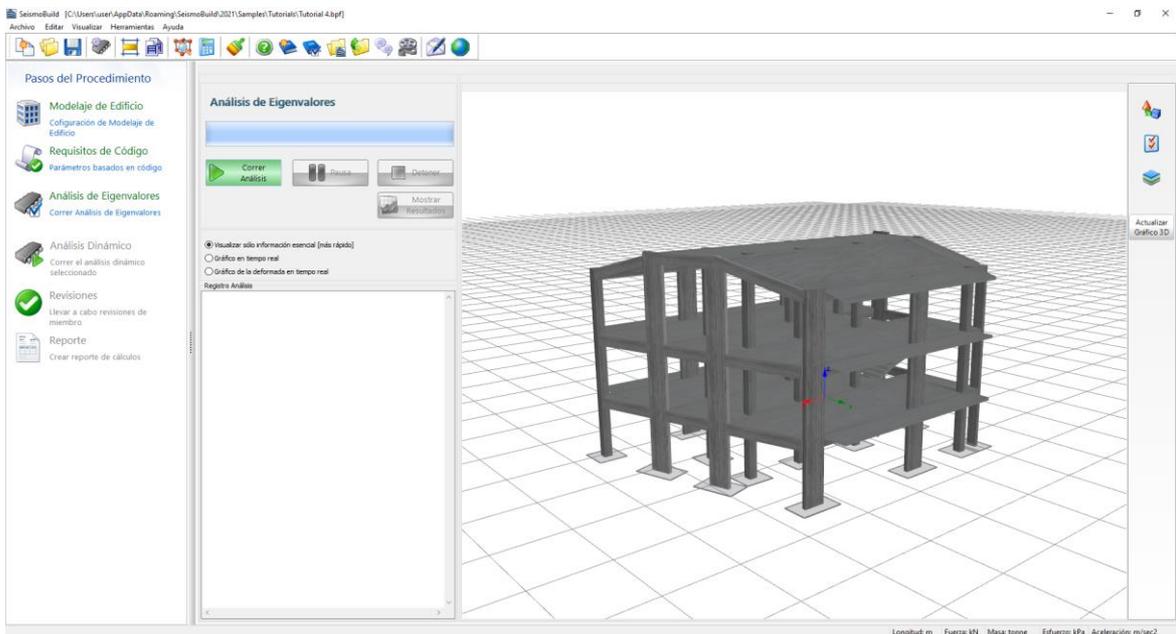


Tipo de Análisis (Generación de Registros): Registros Generados

Los otros parámetros y opciones de códigos se definen como en el Tutorial N.2.

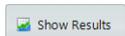
Análisis de Eigenvalores

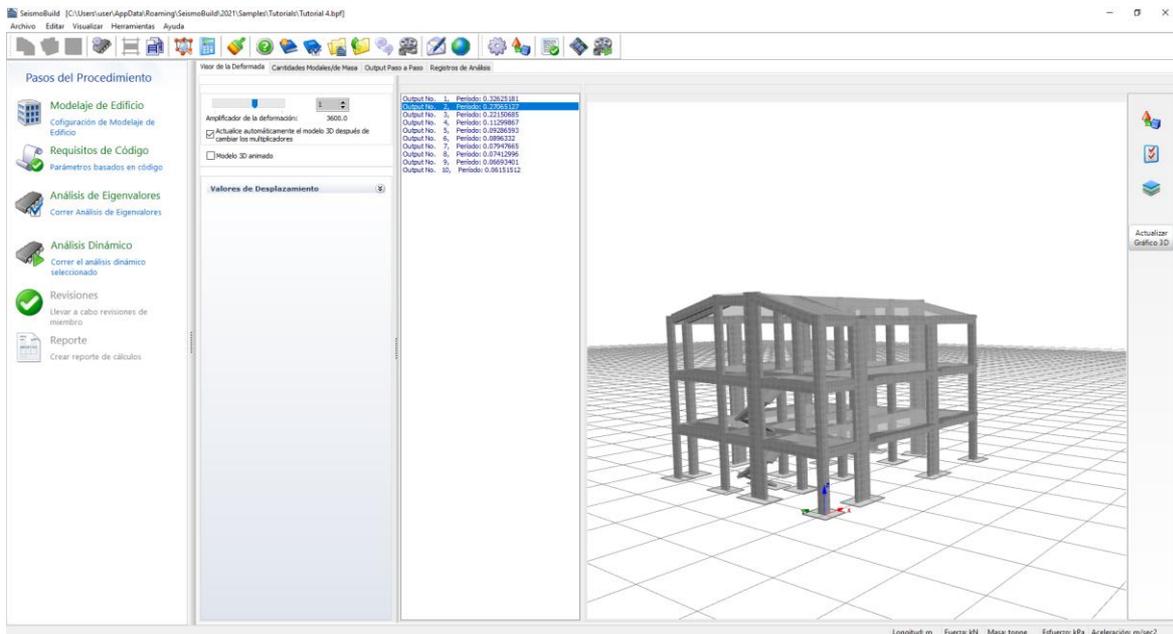
Ejecute el análisis de Eigenvalores.



Análisis de Eigenvalores

Puede ver los resultados después de ejecutar el análisis haciendo clic en el botón Mostrar resultados

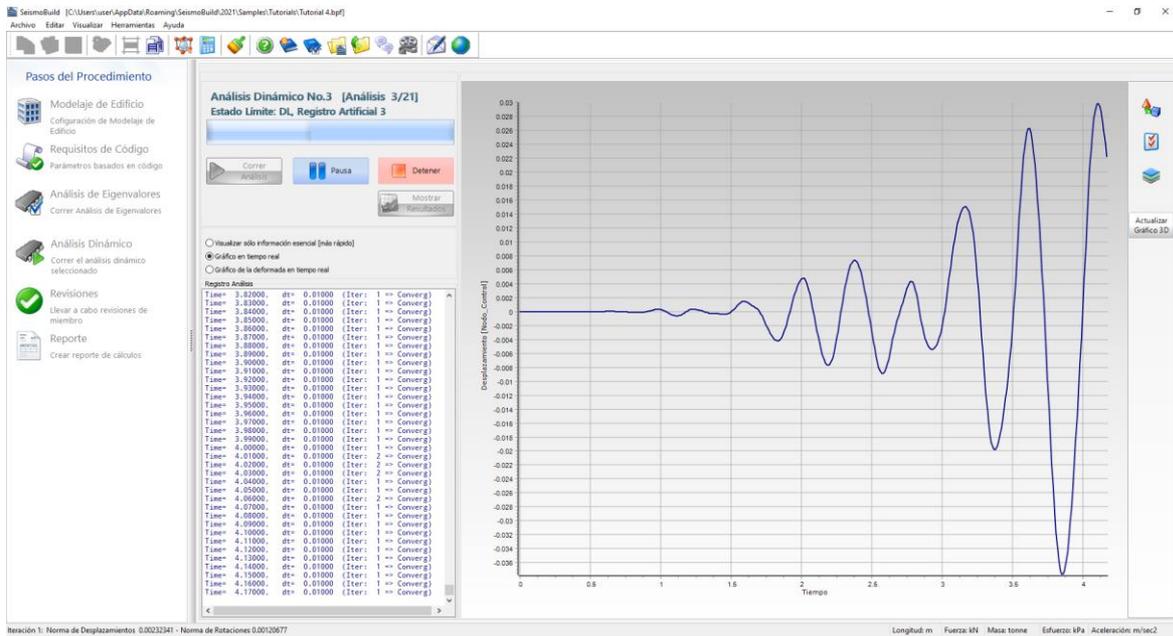




Resultados del Análisis de Eigenvalores

Análisis Dinámico

Haga clic en el botón Ejecutar para ejecutar todos los análisis dinámicos seleccionados a la vez.



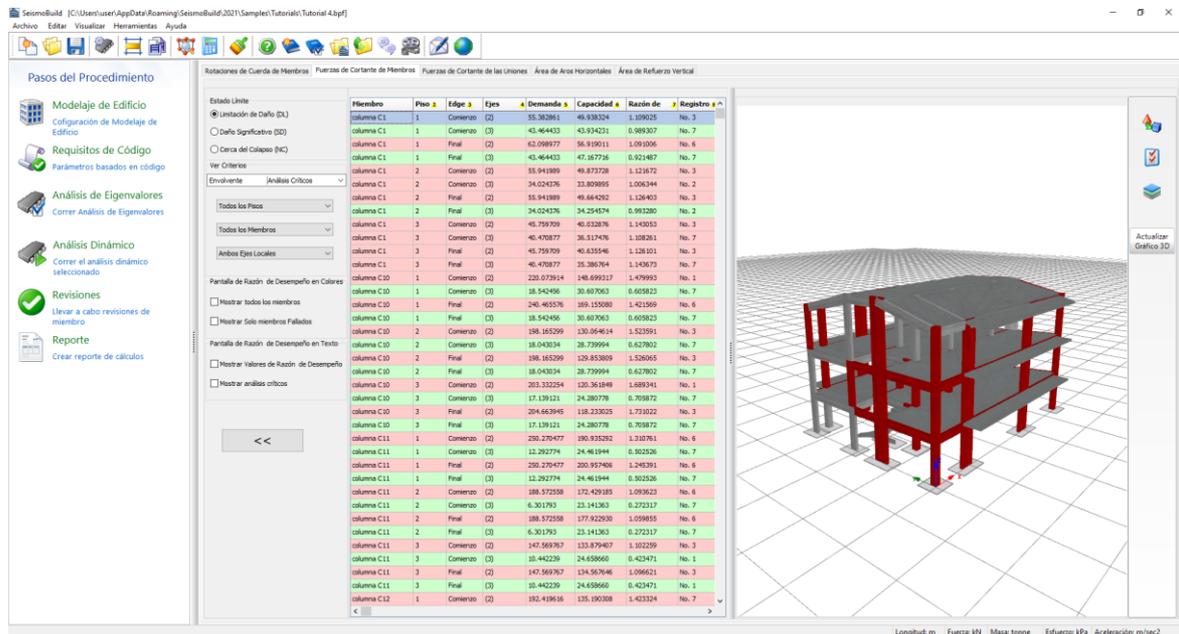
Análisis Dinámico

Cuando los análisis hayan llegado al final, puede ver los resultados haciendo clic en el botón Mostrar resultados . Los módulos disponibles se han discutido en el Tutorial N1.

Revisiones

SeismoBuild ofrece la opción de realizar automáticamente revisiones de rotación de cuerda y corte de elementos estructurales, así como las revisiones para uniones de viga-columna, según las expresiones

definidas en el Código seleccionado, en este caso Eurocódigo 2 y Eurocódigo 8, para los estados límite seleccionados. Los resultados de las revisiones se pueden visualizar en el módulo de revisiones del estado del programa "Predeterminado", como se describe en los tutoriales 1 y 2.



Módulo de Revisiones (Fuerza Cortante en los Elementos)

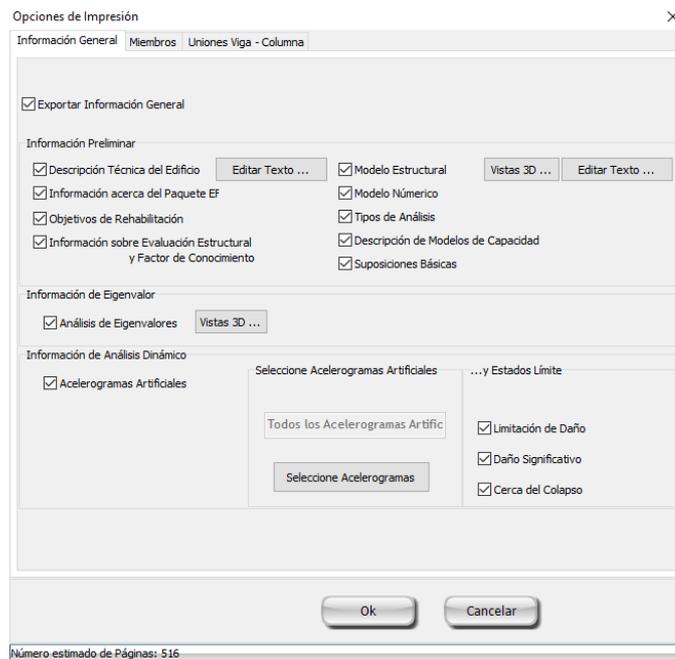
Los resultados de las revisiones de los miembros estructurales pueden visualizarse en formato de tabla o gráfico y luego copiarse en cualquier otra aplicación de Windows. Los usuarios pueden seleccionar el estado límite, así como el análisis, el suelo, el tipo de miembros y el eje local, la envolvente de los resultados de todos los análisis y la razón de rendimiento medio de los análisis para visualizar los resultados. Los elementos, donde la demanda ha superado la capacidad, se muestran en rojo tanto en la tabla como en el gráfico 3D como se muestra en la figura anterior.

Reporte

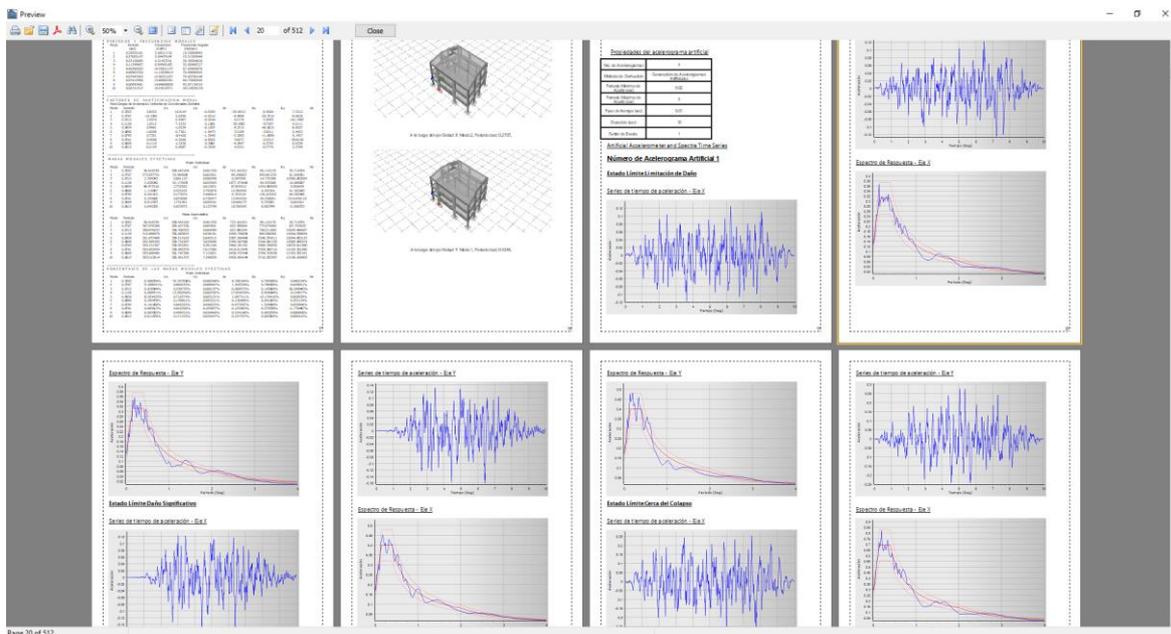
Después de ejecutar los análisis y finalizar el proceso de revisión, puede crear el reporte técnico de la evaluación. Cuando haga clic en el botón Reporte, aparecerá una ventana para definir las opciones de salida de impresión. Haga clic en el botón Aceptar y el reporte se creará automáticamente y se mostrará en la pantalla. El reporte se puede exportar en formatos de archivo PDF, RTF o HTML, siendo estos dos últimos editables.

La creación de un informe para un edificio típico de 4 o 5 pisos puede tardar entre 4 y 5 minutos en completarse.

NOTA: La creación de un reporte para un edificio típico de 4 o 5 pisos puede necesitar 4 a 5 minutos para completarse



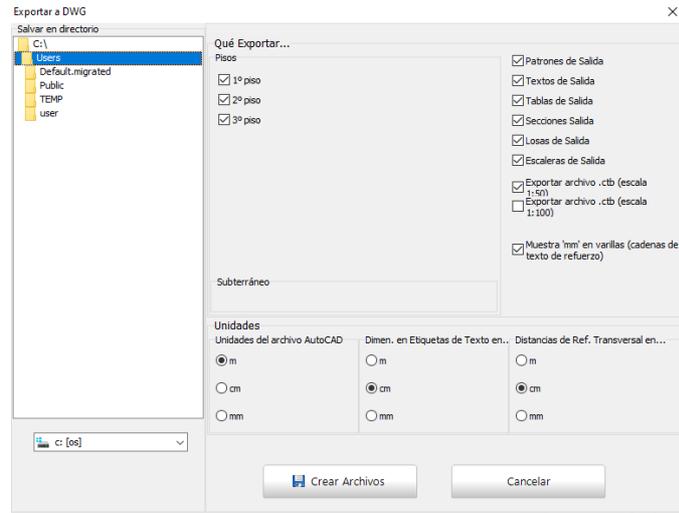
Opciones de Impresión (Información General)



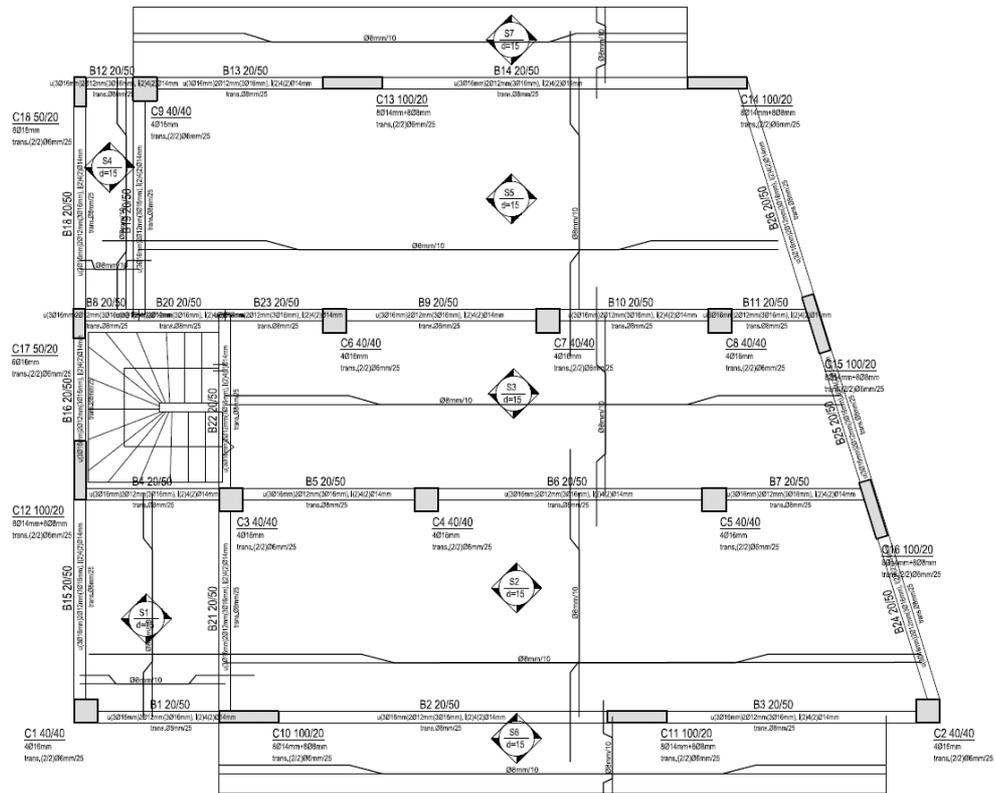
Reporte Técnico

Dibujos de CAD

Finalmente, puede exportar una variedad de archivos de dibujo CAD del modelo estructural (vistas del piso, secciones transversales de miembros y tablas de refuerzo), junto con archivos *.ctb especialmente creados que se necesitan para los dibujos de CAD. Se observa que ejecutar los análisis no es un requisito previo para la exportación de los archivos de dibujo CAD, y solo se requiere la introducción de la configuración estructural en Building Modeller.



Exportar a DWG



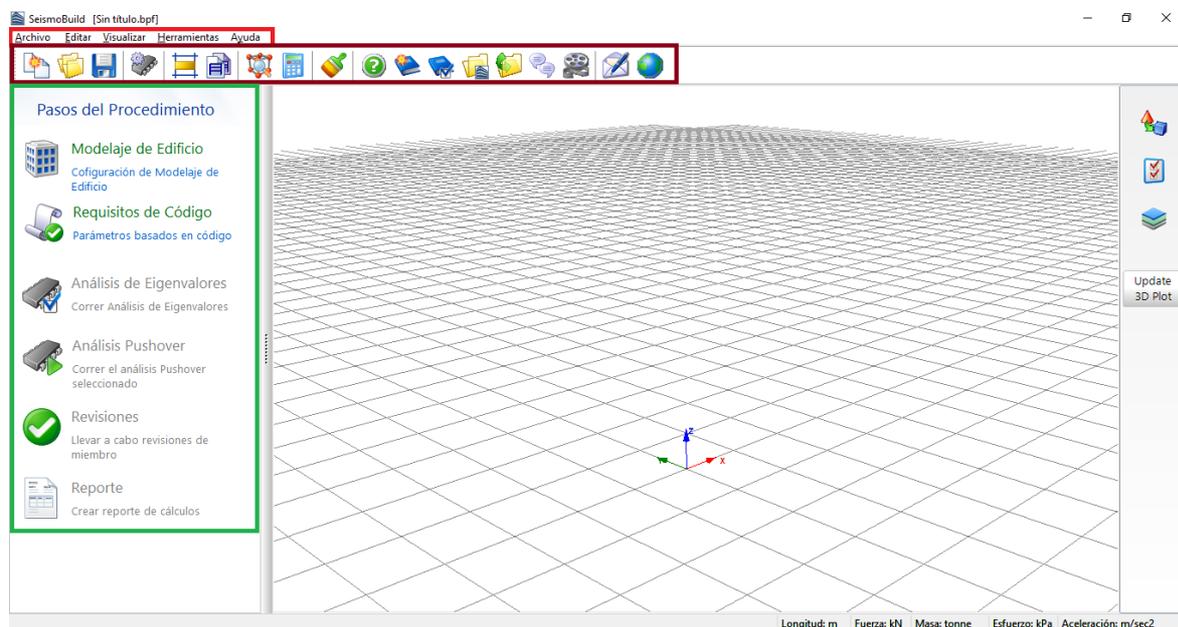
Dibujo de CAD

Ventana Principal de SeismoBuild

MENÚ PRINCIPAL Y BARRA DE HERRAMIENTAS

SeismoBuild tiene una interfaz de usuario simple y fácil de entender. La ventana principal del programa se subdivide en los siguientes componentes:

- **Menú principal y barra de herramientas:** en la parte superior de la ventana del programa;
- **Ventana Modelo 3D:** en el centro de la pantalla
- **Barra de ajustes para el modelo 3D:** a la derecha de la ventana del programa;
- **Lista de pasos de procedimiento:** a la izquierda de la ventana del programa.



Área de la Ventana Principal

Menú Principal

El **menú principal** es el menú de comandos del programa. Consta de los siguientes submenús:

- Archivo
- Editar
- Visualizar
- Herramientas
- Ayuda

Barra de Herramientas

La **barra de herramientas** principal proporciona acceso rápido a los elementos de uso frecuente del menú.



Barra de Herramientas

A continuación, se muestra un repaso de todos los comandos necesarios para utilizar SeismoBuild:

Comando	Menú Principal	Atajos	Botón de la barra
Archivo	Nuevo	Ctrl+N	
	Abrir	Ctrl+O	
	Importar desde el Modelador de Edificio de Seismostruct...	Ctrl+M	
	Importar desde archivo XML...		
	Salvar	Ctrl+S	
	Salvar Como...	-	
	Exportar Modelo a SeismoStruct	-	
	Exportar Modelo a XML...		
Editar	Exportar Dibujos de CAD	-	
	Copiar Gráfico 3D	Ctrl+Alt+C	
Visualizar	Parámetros de Análisis		
	Estadísticas del Modelo		
	Ver Iconos Grandes		
	Ver Iconos Pequeños		
Herramientas	Diseñador de FRP		
	Opciones de Gráfico 3D	-	
	Ajustes de la Deformada...	-	
	Exportar Archivo de Texto	-	
	Crear Archivo AVI ...	-	
	Mostrar Archivo AVI...	-	
	Calculadora	-	
Ayuda	Ayuda SeismoBuild	F1	
	Manual de Usuario de SeismoBuild		
	Reportes de Verificación de SeismoBuild y Seismostruct		
	Archivos de Muestra de SeismoBuild		
	Foro de Seismosoft		
	Video Tutoriales		
	Página web de soporte de Seismosoft		
	Enviar Mensaje a Seismosoft		
	Seismosoft Website	-	
	Registrar Licencia Nueva	-	

Comando	Menú Principal	Atajos	Botón de la barra
	Elegir Idioma		
	Acerca de...	-	

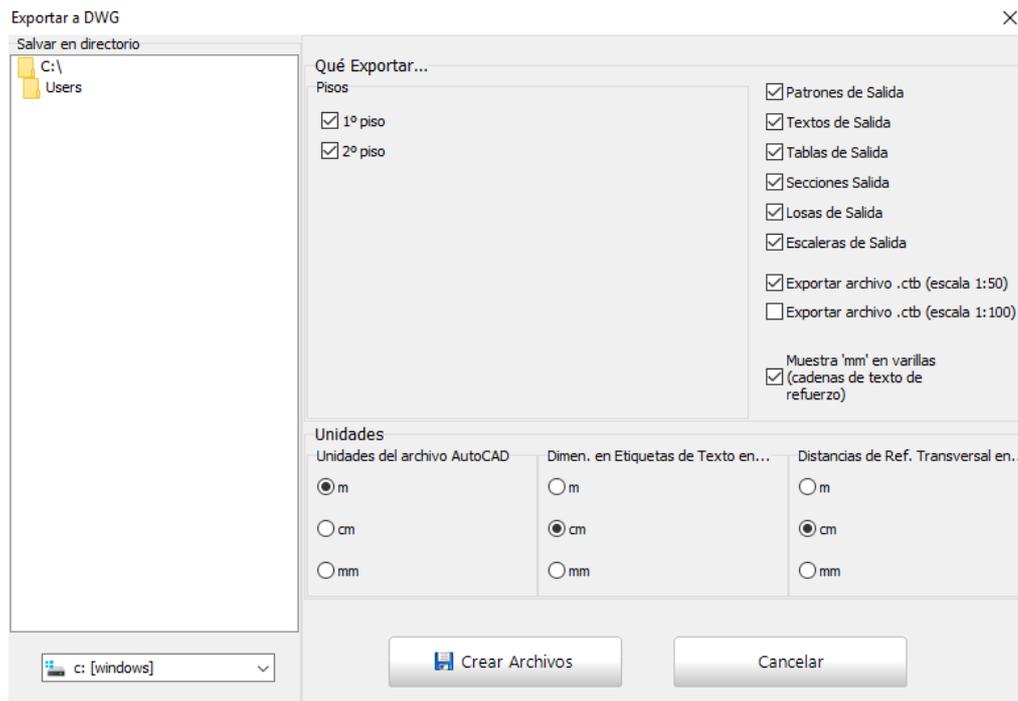
Exportar y importar Proyectos de SeismoBuild como archivos XML

Se puede exportar un proyecto de SeismoBuild en forma de archivo XML desde el Menú Principal (Archivo > Exportar a archivo XML). Cuando esta opción está seleccionada, aparece una nueva ventana para la definición del nombre y la ubicación del archivo XML. El archivo XML exportado contendrá toda la información incluida en el proyecto de SeismoBuild. Un archivo XML que contiene la información de un proyecto de SeismoBuild se puede cargar desde el menú principal (Archivo> Importar desde archivo XML) mientras que la información contenida en el archivo se puede modificar directamente en el archivo XML.

Exportar Dibujos de CAD

Una variedad de archivos de dibujo CAD del modelo estructural (vistas planas, secciones transversales y tablas de refuerzo) se pueden crear y exportar rápidamente desde el menú principal (*Archivo> Exportar dibujos CAD*), junto con los archivos *.ctb especialmente creados que se necesitan para la impresión.

Los usuarios pueden definir el número de archivos exportados (un archivo por piso) y la información que se va a incluir en el archivo CAD, las unidades, etc.



Exportar a módulo DWG

Exportar Modelo a SeismoStruct

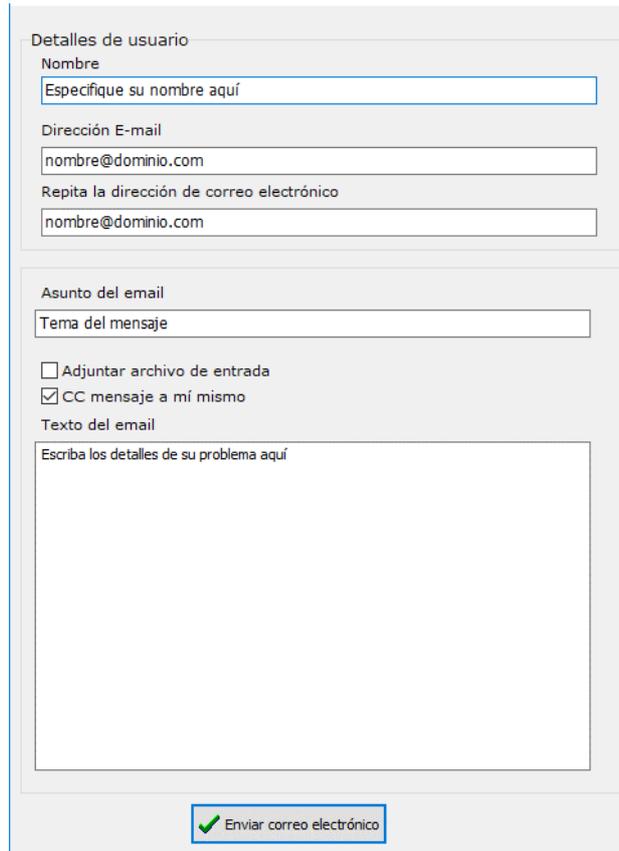
La posibilidad de exportar proyectos de SeismoStruct desde el menú principal (*Archivo> Exportar datos a SeismoStruct*) está disponible. Todos los proyectos de SeismoStruct para todos los análisis seleccionados (el análisis de eigenvalores y todos los análisis lineales, no-lineal estáticos y dinámicos) se exportarán a la carpeta del proyecto SeismoBuild.

Importar desde el Modelador de Edificio de SeismoStruct

Un proyecto del Modelador de Edificio de SeismoStruct(*.bmf) se puede cargar en SeismoBuild desde el menú principal (*Archivo> Importar desde el Modelador de Edificio de Seismostruct*).

Enviar Mensaje a Seismosoft

Los usuarios comerciales pueden enviar un mensaje a Seismosoft desde el menú principal (Ayuda> Enviar Mensaje a Seismosoft) o mediante el botón  de la barra de herramientas. Una vez que se selecciona la casilla de "Adjuntar Archivo de Entrada", el modelo se adjunta automáticamente y se enviará al grupo de Soporte de Seismosoft. Esta opción solo está disponible en la versión comercial.



Detalles de usuario

Nombre
Especifique su nombre aquí

Dirección E-mail
nombre@dominio.com

Repita la dirección de correo electrónico
nombre@dominio.com

Asunto del email
Tema del mensaje

Adjuntar archivo de entrada
 CC mensaje a mí mismo

Texto del email
Escriba los detalles de su problema aquí

 Enviar correo electrónico

Módulo para enviar un mensaje a Seismosoft

Parámetros de Análisis

Todos los parámetros necesarios para los cálculos analíticos no lineales se pueden definir desde el menú principal (*Herramientas> Parámetros de análisis*) o desde el botón . Encontrará más información sobre los parámetros de análisis y modelaje en el capítulo correspondiente de este manual.

Parámetros de Análisis

Eficiencia **Precisión**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Criterio muy bajo. Pueden surgir problemas de exactitud Ver por qué

Clase de Elemento Pórtico (Columnas-Vigas)	FBPH
Clase de Elemento Pórtico (Muros)	FBPH
Incluir No-linealidades Geométricas (Elementos de Marco)	Sí
Enlaces Rígidos / Tipo de Diafragma	Funciones Penalty
Enlaces Rígidos: Exponente Funciones Penalty	1e14
Diafragmas Rígidos: Exponente Funciones Penalty	1e10
Tipo de Convergencia	Basado en Desplazamiento/Rotación
Criterio basado en Desplazamientos	0,0001
Criterio basado en Rotaciones	0,0001
Valor de Referencia de la Fuerza	-
Valor de Referencia del Momento	-
Máximo Número de Iteraciones:	40
Número de Actualizaciones de la Rigidez:	35
Iteración de Divergencia:	35
Tolerancia máxima:	1e20
Reducción Máxima del Incremento:	0,001
Mínimo Número de Iteraciones:	1
Número de Eigenvalores	10
Modelo de Material de Concreto	con_ma
Modelo de Material de Acero	stl_mp
Deriva Máxima entre Pisos (%)	2,00
Pasos del Análisis Pushover	50

Ajustes Avanzados Valores por Defecto del Programa OK Cancelar

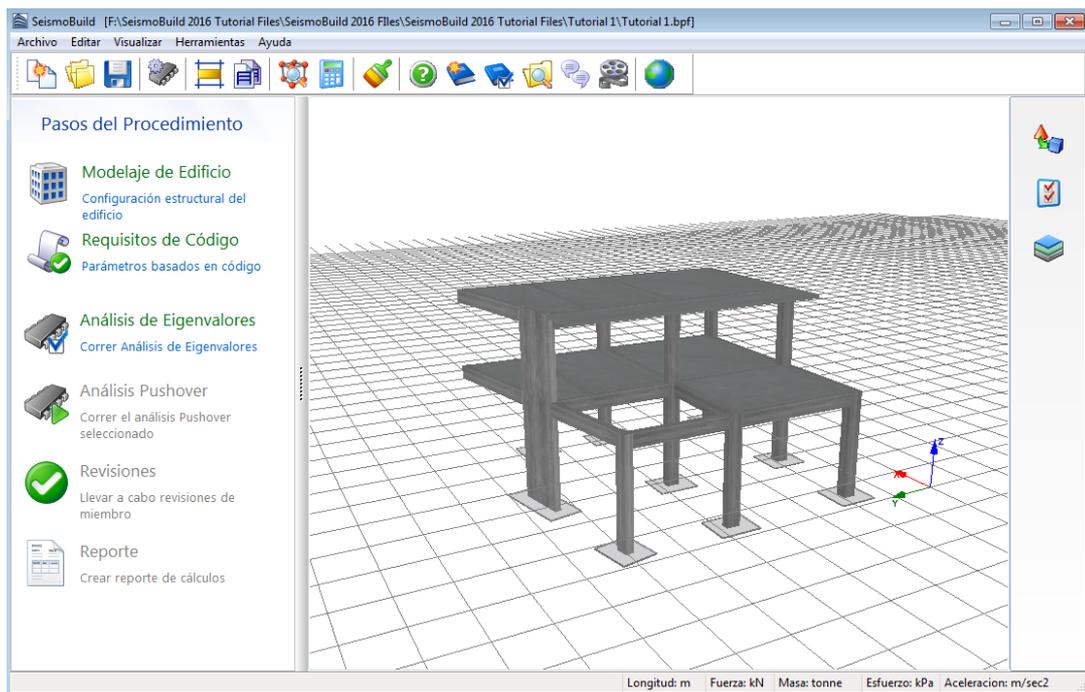
Módulo de Parámetros de Análisis y Modelaje

AJUSTES DE GRÁFICO 3D

Los ajustes de gráfico 3D del modelo estructural pueden modificarse para satisfacer mejor las preferencias y los requisitos del usuario.

Layout de Visualización

Con esta herramienta, accesible a través del botón de la derecha , los usuarios pueden (i) seleccionar un layout predefinido, como Layout Estándar (predeterminado) y Modelo Estructural (este último es particularmente útil para visualizar resultados de fuerzas internas) (ii) guardar su layout actual o (iii) cambiar las Opciones de Gráfico 3D.



Layout de Visualización

Salvar Layout Actual

Los usuarios pueden guardar los cambios realizados en las opciones de gráfico 3D. Para ello tienen que:

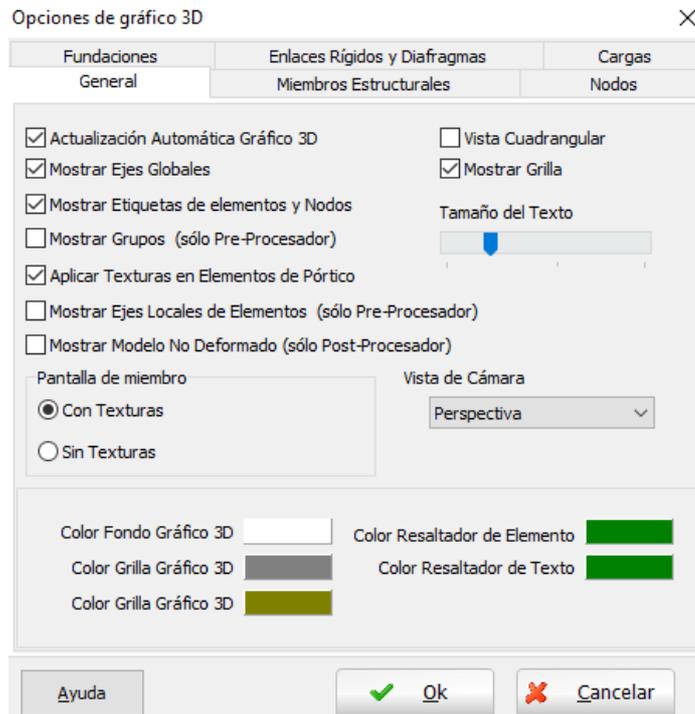
1. Hacer clic en el botón;
2. Asignar un nombre a la nueva configuración de diseño;
3. Hacer clic en el botón Aceptar para confirmar la operación.

El nuevo diseño aparecerá en el menú desplegable correspondiente. Además, los usuarios siempre pueden volver al diseño predeterminado inicial seleccionando la opción Layout Estándar en la lista desplegable.

Opciones de Gráfico 3D...

La gama completa de parámetros de ajuste de gráficos, por otro lado, se puede encontrar en el cuadro de diálogo Opciones de Gráfico 3D, accesible desde el menú principal (*Herramientas > Opciones de trazado 3D ...*) o a través del botón .

Dentro del menú de Opciones de Gráfico 3D, hay una serie de submenús de los que los usuarios pueden, no sólo seleccionar qué componentes del modelo (nodos, miembros estructurales, etc.) mostrar en el gráfico, sino también cambiar una gran cantidad de ajustes como el color/transparencia de los elementos, los ejes del gráfico y los paneles de fondo, el color y el tamaño de los descriptores de texto, y así sucesivamente.

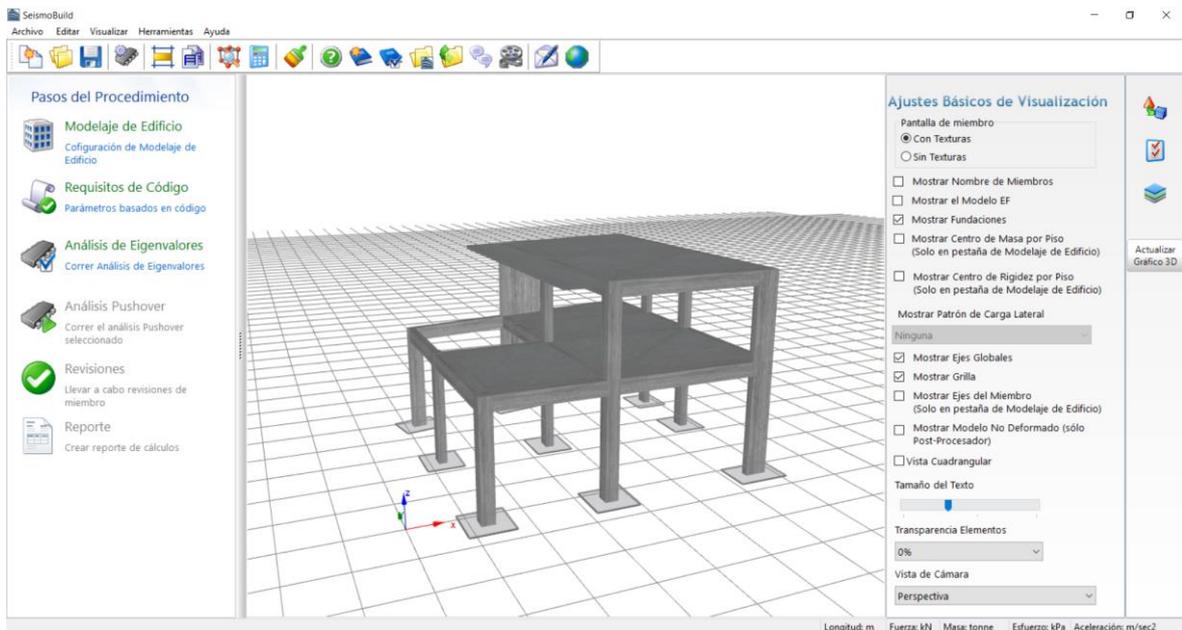


Menú de Opciones de Gráfico 3D

Por defecto, el gráfico 3D se actualiza automáticamente. En los casos en que el modelo estructural es muy grande (varios cientos de elementos) y / o el usuario está utilizando una computadora portátil que funciona con baterías con una CPU ralentizada (con el fin de aumentar la duración de la batería), el programa tarda unos segundos en actualizar la vista. Por lo tanto, podría ser más conveniente para los usuarios inhabilitar esta función (desmarque la opción Actualización automática de Gráfico 3D en el submenú Opciones de gráfico 3D) y optar por la actualización manual, realizada con el comando Actualizar gráfico 3D encontrado en Opciones de gráfico 3D a la derecha de la pantalla.

Ajustes Básicos de Visualización

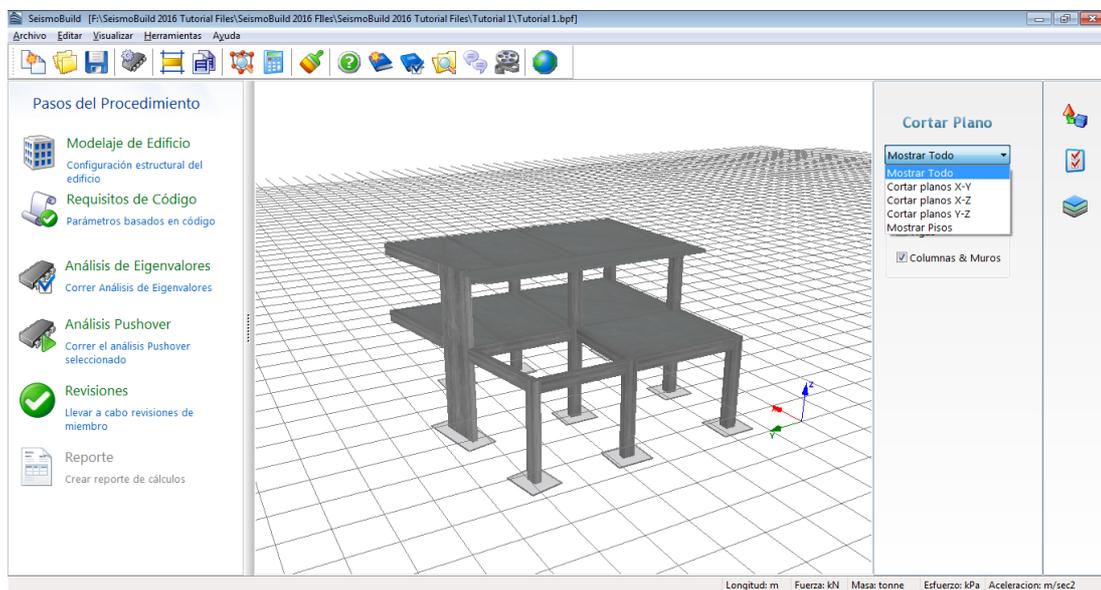
Se trata de una lista de ajustes accesibles a través del botón de la derecha . Los usuarios pueden ajustar las características de trazado más utilizadas (tipo de vista, opciones de representación, nombres, representación de ejes de miembros, transparencia de elementos, etc.) Cajas y menú es desplegable.



Ajustes Básicos de Visualización

Cortar Planos

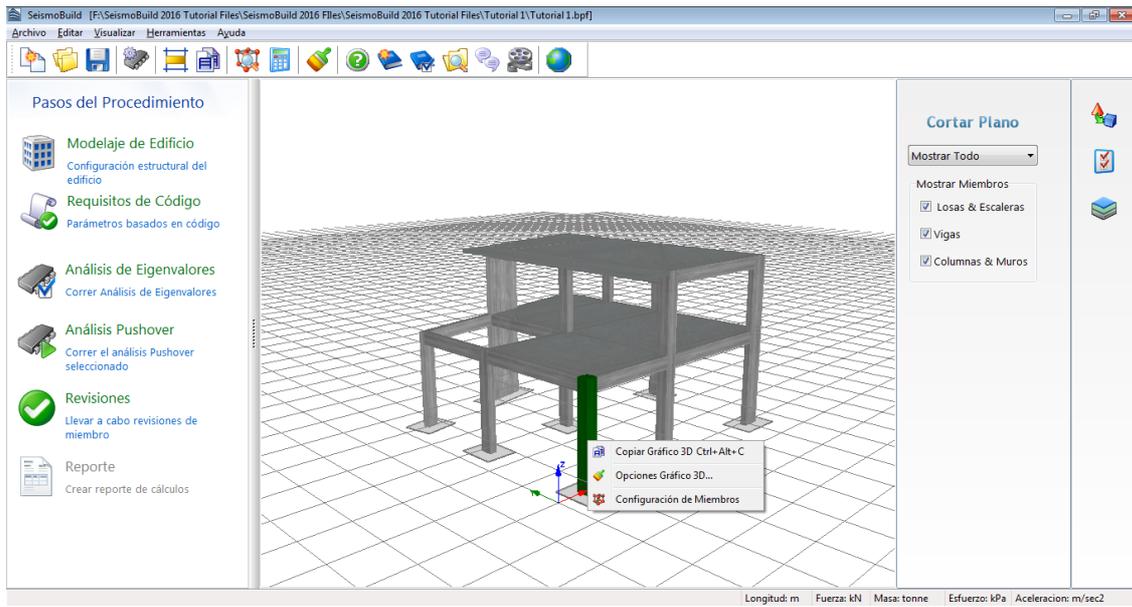
Además de las funciones anteriores, también se puede activar la opción Cortar planos con el botón  de la derecha.



Cortar Planos

Operaciones Adicionales

Los usuarios también pueden ampliar, girar y mover rápidamente el gráfico 3D/2D del modelo estructural, utilizando el mouse (muy recomendable) o los métodos abreviados de teclado. Además, también es posible apuntar y hacer clic en elementos para ir rápidamente al Modelador de Edificios para ver/modificar las propiedades del elemento, o haga clic con el botón derecho del ratón y seleccione "Configuración de miembro ...".



Opciones de Gráfico 3D

Modelador de Edificios

Una herramienta especial de modelaje ha sido desarrollada e introducida en el programa para poder facilitar la creación de modelos de edificios. Actualmente, solo edificios de concreto reforzado pueden ser creados; en versiones subsecuentes del programa los modelos de acero y elementos compuestos serán respaldados.

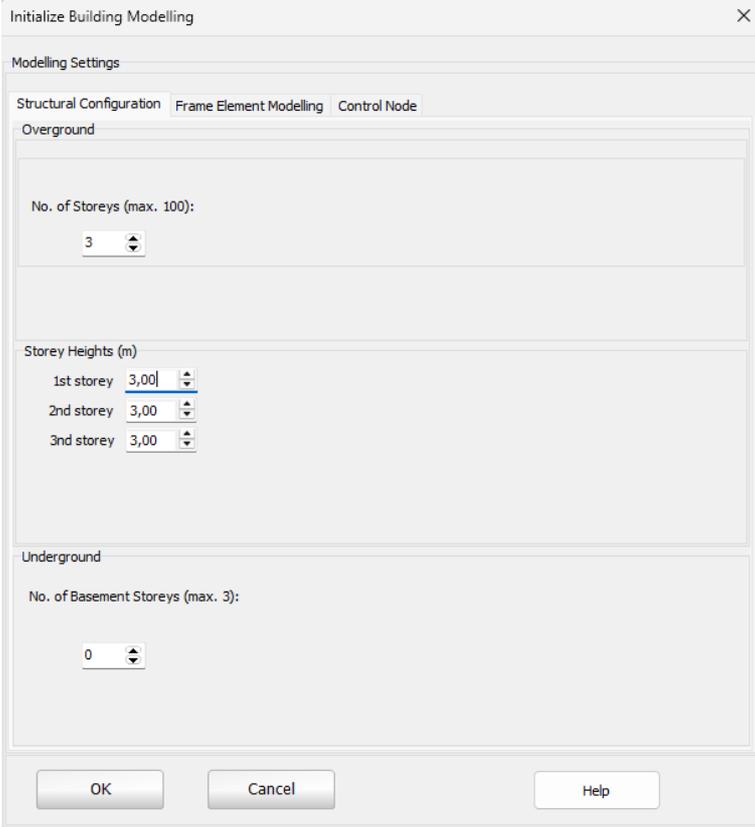
El Modelador de Edificio se accede desde el menú principal (*Archivo > Modelador de Edificio...*) o a través del botón correspondiente en la barra de herramientas .

AJUSTES DE MODELAJE

Los usuarios pueden definir la geometría del nuevo edificio y los ajustes principales del modelo en el cuadro de diálogo de Inicializar Modelaje de Edificio.

Configuración Estructural

En la pestaña Configuración Estructural, se define el número de plantas y sus alturas; se puede seleccionar un número de 1 a 100 pisos, con diferentes alturas en cada piso y la posibilidad de aplicar una altura común a un rango de pisos. También se pueden definir hasta tres pisos subterráneos (plantas del sótano) y sus alturas. La selección predeterminada para este módulo es de 3 pisos con una altura de 3.00 m cada una sin plantas de sótano.



The screenshot shows the 'Initialize Building Modelling' dialog box with the 'Structural Configuration' tab selected. The 'Modelling Settings' section is visible, containing three sub-sections: 'Overground', 'Storey Heights (m)', and 'Underground'. The 'Overground' section has a 'No. of Storeys (max. 100):' field with a value of 3. The 'Storey Heights (m)' section has three rows: '1st storey' with a value of 3,00, '2nd storey' with a value of 3,00, and '3rd storey' with a value of 3,00. The 'Underground' section has a 'No. of Basement Storeys (max. 3):' field with a value of 0. At the bottom, there are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Section	Field	Value
Overground	No. of Storeys (max. 100):	3
	Storey Heights (m)	
Storey Heights (m)	1st storey	3,00
	2nd storey	3,00
	3rd storey	3,00
Underground	No. of Basement Storeys (max. 3):	0

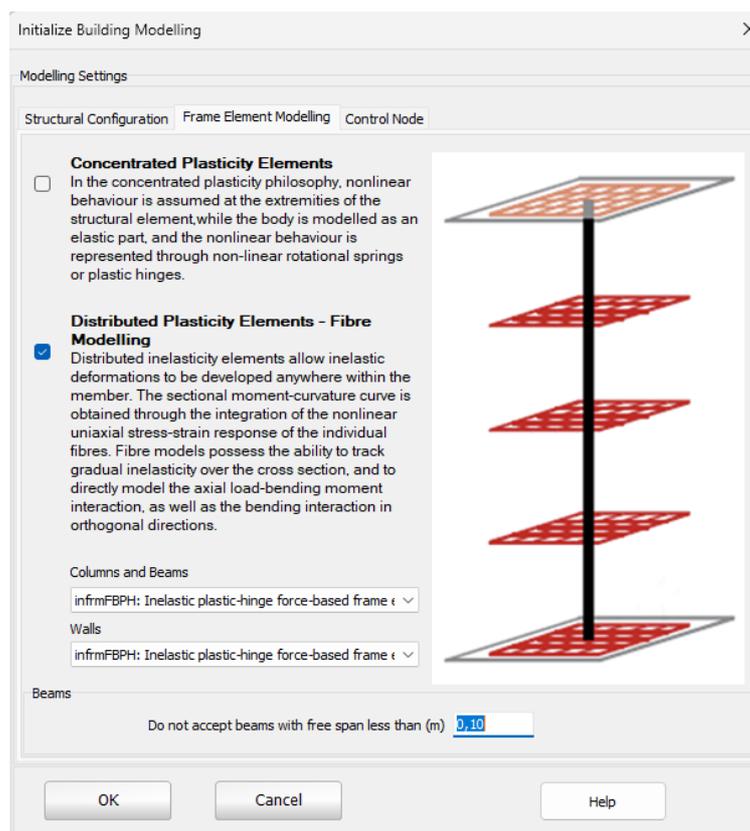
Ajustes de Modelaje –Configuración Estructural

Modelaje Estructural

Se especifica el enfoque de modelado que se utilizará para los elementos de marco de la estructura. Se pueden seleccionar Elementos de Plasticidad Concentrada o Elementos de Plasticidad Distribuida – Modelado con Fibras. En los Elementos de Plasticidad Concentrada, se asume que el comportamiento no lineal de cada miembro estructural ocurre únicamente en sus extremos. El cuerpo principal del miembro se modela como un elemento elástico, mientras que la acción inelástica se representa mediante resortes rotacionales no lineales o rótulas plásticas predefinidas. En cambio, en los Elementos de Plasticidad Distribuida – Modelado con Fibras, se permite que las deformaciones inelásticas se desarrollen en cualquier punto a lo largo del miembro. La respuesta momento–curvatura de la sección se obtiene mediante integración numérica del comportamiento no lineal esfuerzo–deformación uniaxial de las fibras individuales. Mediante el modelado con fibras, se capta la propagación gradual de la inelasticidad a través de la sección, se representa la interacción carga axial–momento flector y se simula la flexión alrededor de ambos ejes principales.

Cuando se selecciona esta opción, las formulaciones de modelado para las Columnas y Vigas, y para los Muros, se eligen mediante los menús desplegables correspondientes.

La opción de no aceptar vigas más cortas que una longitud específica también está disponible en esta pestaña para evitar la creación, por error, de vigas muy cortas (por ejemplo, al extender ligeramente el extremo de una viga más allá de la columna en su extremo). El valor predeterminado para esta opción es 0,1 m.

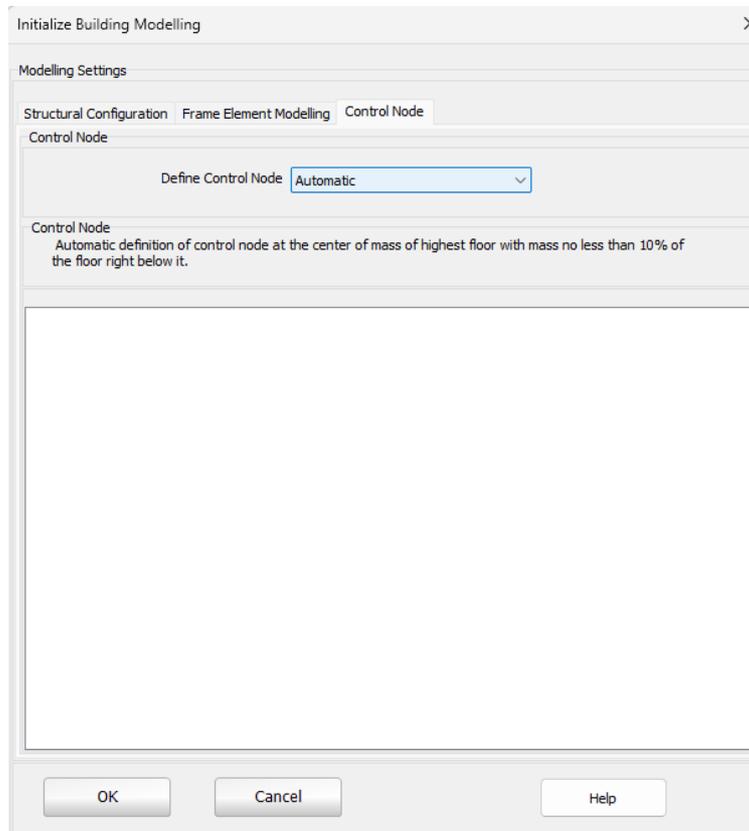


Ajustes de Modelado – Modelado de Elementos de Marco

Modelado Estructural

La definición del nodo de control se realiza dentro de este módulo. Los usuarios pueden seleccionar directamente el piso del nodo de control, o alternatively elegir la definición automática, en la cual el nodo de control se define en el centro de masa del piso superior o en el piso inferior a este (en el caso de

que la masa del piso superior sea menor del 10% de la del piso inferior), dependiendo de la opción seleccionada en Configuración Avanzada > Propiedades Avanzadas del Edificio.



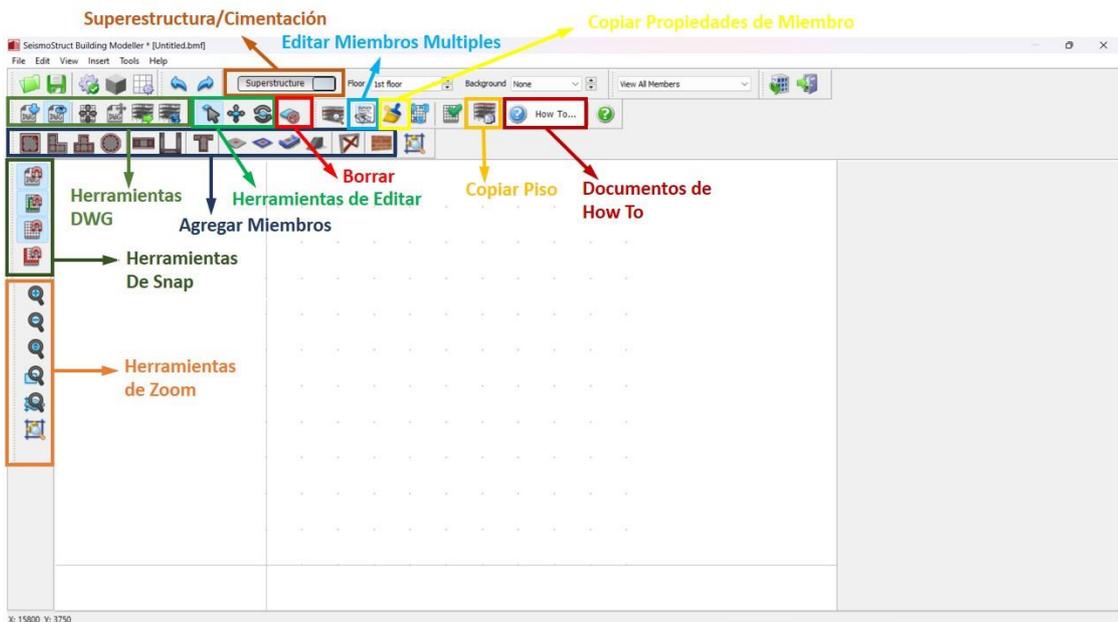
Ajustes de Modelaje- Modelado Estructural

Nótese que los Ajustes de Modelador de Edificio pueden cambiarse aún más usando el botón correspondiente de la barra de herramientas .

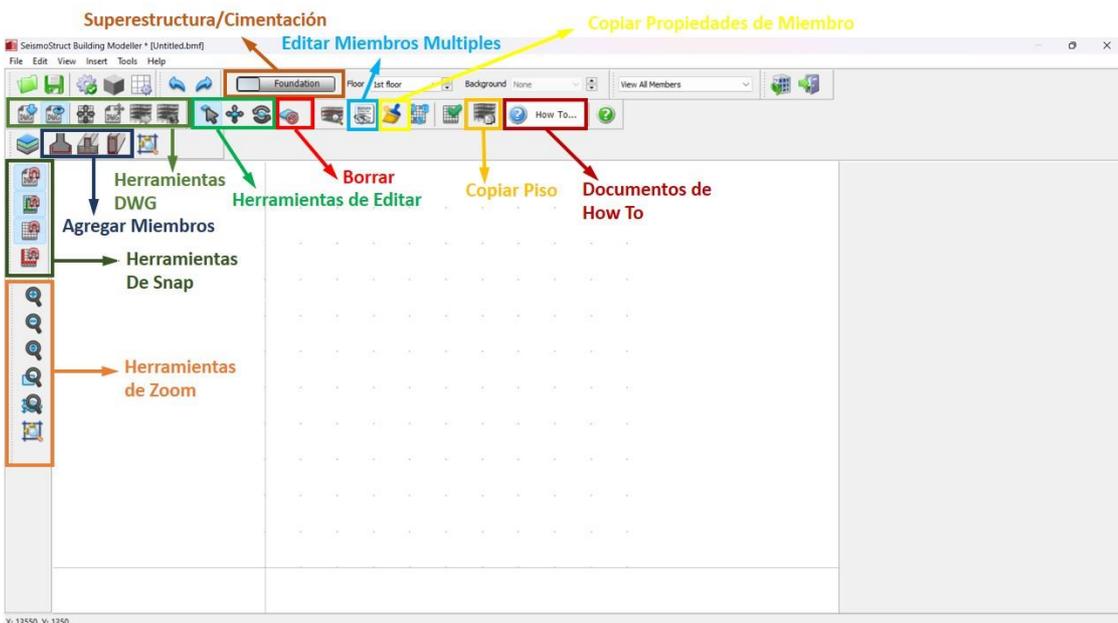
VENTANA PRINCIPAL DEL MODELADOR DE EDIFICIOS

Luego de seleccionar los ajustes principales la Ventana Principal del Modelador de Edificio aparecerá, como se muestra en la siguiente figura. El Modelador de Edificios incluye dos modos de trabajo diferentes, a saber, el modo de la Superestructura y el de la Cimentación. El usuario puede cambiar entre los dos modos a través del botón correspondiente en la barra de herramientas.

Los usuarios también pueden seleccionar qué tipo de miembros ver en el Modelador de Edificios. Las opciones disponibles son: (i) Ver estructura de hormigón, (ii) Ver rellenos y riostras de acero y (iii) Ver todos los miembros. Cuando se selecciona la primera opción, los rellenos y las riostras de acero ya importados en el modelo no se pueden seleccionar ni editar, mientras que cuando se selecciona la segunda opción, los miembros de viga o se pueden seleccionar ni editar.



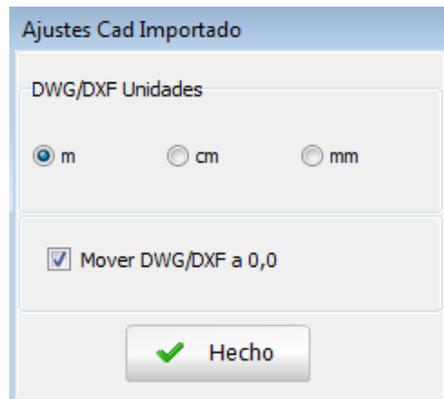
Ventana Principal del Modelador de Edificio (Superestructura)



Ventana Principal del Modelador de Edificio (Cimentación)

INSERTANDO UN FONDO DE PANTALLA

La posibilidad de insertar como fondo un dibujo CAD se ofrece desde el menú principal (*Archivo > Importar DWG...*) o a través del botón de la barra de herramientas correspondiente . Una vez insertado el dibujo, se pide al usuario que especifique las unidades de dibujo y que elija si desea mover el archivo DWG / DXF a (0,0), es decir, al origen del sistema de coordenadas. Al seleccionar esta casilla de verificación se mueve el borde inferior izquierdo del dibujo a las coordenadas (0,0), independientemente de sus coordenadas CAD iniciales.

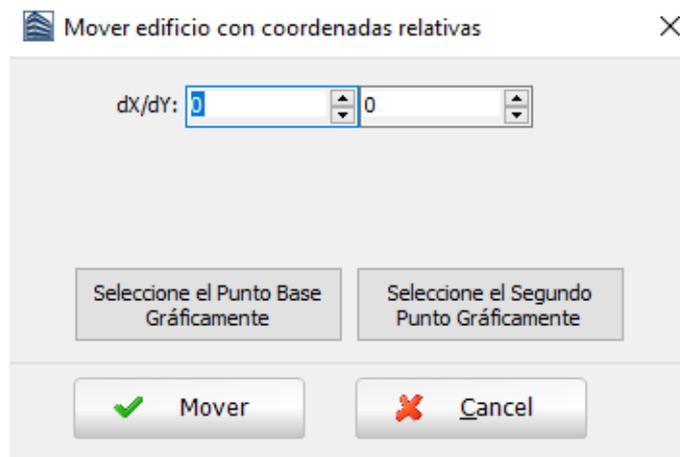


Ventana de Ajustes de CAD Importado

Tenga en cuenta que el origen de los ejes puede moverse a un punto diferente que podría ser más adecuado después de cargar el archivo CAD con el botón de barra de herramientas Mover Centro de Ejes () , también accesible desde el menú principal (*Visualizar > Mover Centro de Ejes*). Además, desde el menú principal (*Visualizar > Mostrar/Ocultar DWG*) o mediante el botón de la barra de herramientas  se define si el dibujo CAD estará visible o no.

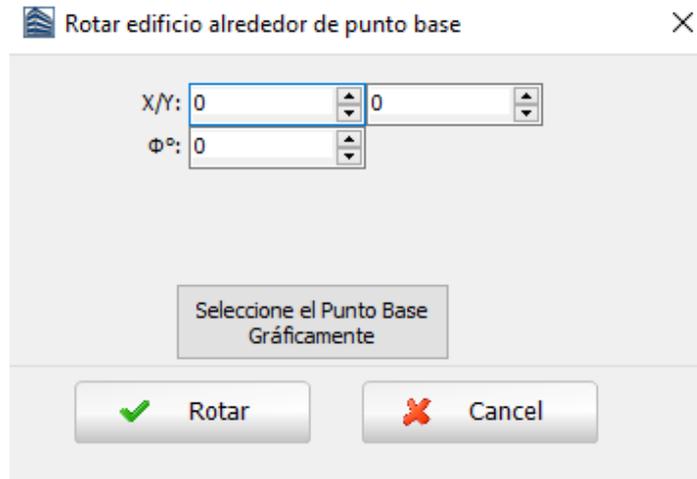
Tenga en cuenta que el origen de los ejes se puede mover a un punto diferente que podría ser más adecuado después de cargar el archivo CAD con el botón de la barra de herramientas Mover Centro de Ejes () , también accesible desde el menú principal (*Visualizar > Mover Centro de Ejes*). La opción de mover el archivo CAD importado también está disponible a través del botón de la barra de herramientas Mover DWG () o desde el menú principal (*Ver > Mover DWG*). Además, desde el menú principal (*Visualizar > Mostrar/Ocultar DWG*) o mediante el botón de la barra de herramientas  se define si el dibujo CAD estará visible o no.

Los usuarios también pueden mover el edificio en vista en planta desde el menú principal (*Herramientas > Mover Edificio*) o desde el botón correspondiente de la barra de herramientas  asignando las coordenadas relativas o seleccionando gráficamente el punto base y el segundo punto.

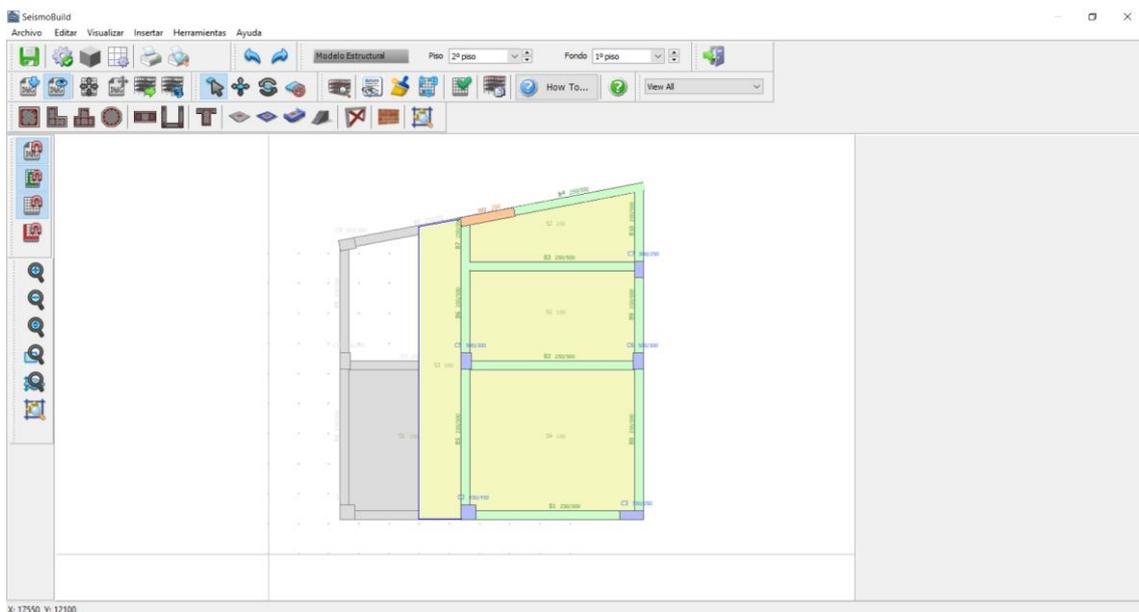


Ventana de Mover Edificio

La opción de girar el edificio en vista en planta también está disponible desde el menú principal (*Herramientas>Rotar edificio*) o desde el botón de la barra de herramientas . Los usuarios deben especificar el punto base por sus coordenadas o gráficamente y asignar el ángulo de rotación.



Ventana de Rotar Edificio



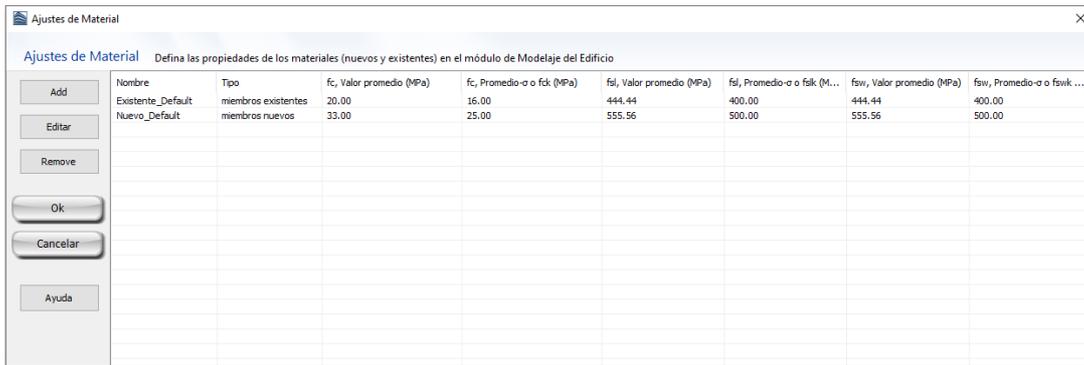
Piso Nuevo y Fondo de Pantalla

INSERTAR MIEMBROS ESTRUCTURALES

Los Conjuntos de Materiales, las cargas de los elementos, las Propiedades Avanzadas de los Miembros y los Parámetros de Modelado son comunes a todas las ventanas de propiedades de las secciones, mientras que el Envolturado con FRP está disponible solo para los elementos de hormigón armado y el Revestimiento (Jacket) está disponible para las columnas y vigas de hormigón armado. Tenga en cuenta que se ha incorporado una lista de documentos How-To para un acceso rápido a toda la información requerida relacionada con el modelado dentro del Building Modeller.

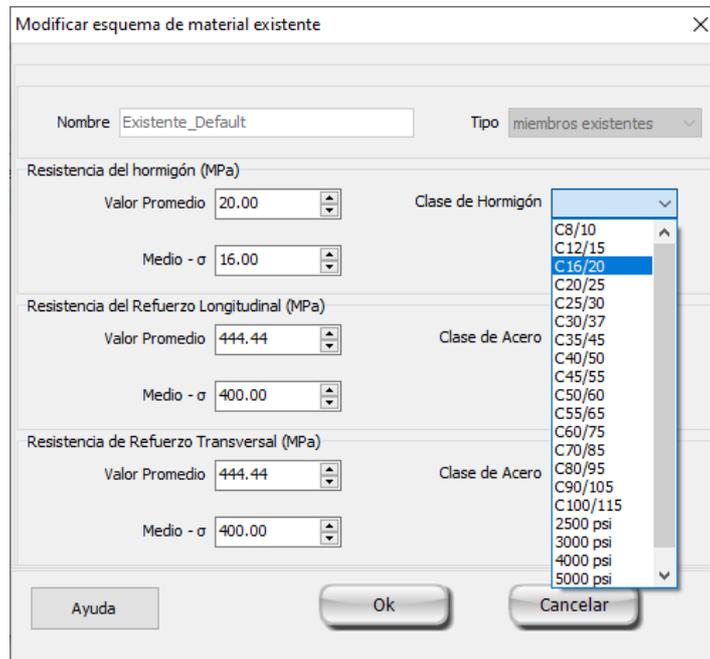
Ajustes de Materiales

Las propiedades de Ajustes de Materiales pueden definirse desde el Menú (*Herramientas > Definir Ajustes de Materiales*), a través del botón correspondiente de la barra de herramientas , o a través del botón de Definir Sets de Materiales dentro de la ventana de propiedades del elemento. Las propiedades requeridas de los materiales dependen del tipo de miembro, p. ej. existentes o nuevos. Para los existentes la resistencia promedio y la resistencia promedio menos una desviación estándar se requieren, mientras que en materiales nuevos los valores de resistencia característica y resistencia promedio deberán asignarse. De manera predeterminada hay dos esquemas de materiales, una para elementos existentes y otra para elementos nuevos. Los usuarios pueden modificar los valores de los sets predeterminados, pero también deben agregar un set nuevo de material para cubrir las necesidades de su modelo (p. ej. cuando varias resistencias de material se usan en el sistema estructural).



Nombre	Tipo	f _c , Valor promedio (MPa)	f _c , Promedio-σ o f _{ck} (MPa)	f _t , Valor promedio (MPa)	f _t , Promedio-σ o f _{tk} (M...	f _w , Valor promedio (MPa)	f _w , Promedio-σ o f _{wk} ...
Existente_Default	miembros existentes	20.00	16.00	444.44	400.00	444.44	400.00
Nuevo_Default	miembros nuevos	33.00	25.00	555.56	500.00	555.56	500.00

Ventana de Ajustes de Material



Nombre: Tipo:

Resistencia del hormigón (MPa)
 Valor Promedio:
 Medio - σ:

Resistencia del Refuerzo Longitudinal (MPa)
 Valor Promedio:
 Medio - σ:

Resistencia de Refuerzo Transversal (MPa)
 Valor Promedio:
 Medio - σ:

Clase de Hormigón: (dropdown menu open showing options: C8/10, C12/15, C16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60, C55/65, C60/75, C70/85, C80/95, C90/105, C100/115, 2500 psi, 3000 psi, 4000 psi, 5000 psi)

Clase de Acero:

Ayuda Ok Cancelar

Ventana Agregar Nuevo Esquema de Materiales

NOTA 1: Hay un límite para el número de esquemas de material definido igual a 10. Los conjuntos de material predeterminados no se pueden quitar.

NOTA 2: La opción de aplicar resistencias de material predefinidas, dependiendo del año de construcción del edificio, está disponible cuando esto está permitido por el Código seleccionado.

En las secciones de acero solo es necesario especificar la resistencia característica de fluencia y si el elemento es nuevo o existente.

Carga de Miembros

Se pueden definir cargas adicionales haciendo clic en el botón Cargas Distribuidas y en los Bordes para columnas y muros, y el botón Más Cargas para vigas. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformemente a lo largo de la longitud del miembro en las tres direcciones traslacionales X, Y o Z, y fuerzas o momentos en cualquier dirección traslacional o rotacional (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos bordes del miembro. Se pueden aplicar cargas permanentes adicionales G' (no asociadas con el peso propio de la estructura), cargas vivas Q y cargas de nieve S , siendo estas últimas aplicables solo a ASCE 41 y TBDY. Por defecto, todas las cargas son iguales a cero.

Ventana de Cargas Distribuidas y en los Borde

Propiedades Avanzadas de Miembro

Los ajustes basados en código del miembro pueden definirse desde la ventana de diálogo de Propiedades Avanzadas de Miembro, la cual puede accederse desde la Ventana de Propiedades. Aquí los usuarios pueden determinar la clasificación de un miembro (p. ej. miembro sísmico primario o secundario), si tiene o no provisiones y detallado para resistir terremotos, el espesor de su recubrimiento, el tipo de barras longitudinales (forjada en frío de acero frágil y varillas lisas sencillas longitudinales pueden asignarse), el tipo y longitud de traslape entre varillas longitudinales, la accesibilidad al área de intervención, así como el porcentaje medio de área del refuerzo longitudinal y transversal pérdida debido a la corrosión (los dos últimos parámetros son requeridos solo por el Código de Provisiones Sísmica Griego solamente). Nótese que la longitud de traslape puede definirse de tres maneras; (i) los miembros tienen una longitud de traslape relativa, comparada con el traslape mínimo para alcanzar deformación última (opción predeterminada); (ii) los miembros tienen una longitud relativa de traslape inadecuada (la razón entre la longitud de traslape aplicada y la longitud mínima de traslape para alcanzar la deformación última debe definirse); y (iii) los miembros tienen una longitud de traslape inapropiada (la longitud absoluta de traslape debe ser definirse).

Módulo de Propiedades Avanzadas de Miembro

Para los Miembros de Cimentación (es decir, Zapatas Aisladas y Zapatas Corridas) deben definirse dos parámetros adicionales, a saber: la Presión Admisible del Terreno y la Resistencia por Presión Pasiva del Suelo.

Parámetros de modelado de zapatas

Para los elementos de acero, los usuarios pueden definir varios parámetros relacionados con las verificaciones basadas en normativa, como la relación entre L_b (la longitud entre puntos arriostrados contra el desplazamiento lateral del ala comprimida o contra la torsión de la sección) y L (la longitud total del elemento), la cual no debe superar 1,00. Los usuarios también pueden especificar el número de rigidizadores transversales e indicar si las secciones huecas son laminadas en caliente o conformadas en frío. Para las secciones de Clase 4 según el Eurocódigo, los usuarios pueden definir la relación entre el área efectiva bajo compresión uniforme (A_{eff}) y el área total (A), así como las relaciones entre el módulo resistente efectivo ($W_{eff,min}$) y el módulo resistente total (W_{min}) para ambos ejes locales 2 y 3. Además, los usuarios pueden asignar el desplazamiento del eje centróide bajo compresión (en) para cada eje local. Finalmente, se dispone de un panel específico para referenciar las normativas de diseño correspondientes.

Módulo de Propiedades Avanzadas de los Miembros para Secciones de Acero

Parámetros Avanzados de Modelaje

Los parámetros de modelado avanzado del miembro se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros Avanzados de Modelaje, al que se accede mediante la Ventana de Propiedades. Aquí, los usuarios pueden definir los tipos de material de concreto y acero y el tipo de elemento de marco que se utilizará para modelar el miembro estructural en SeismoBuild, junto con otras opciones de modelado, como el número de fibras de secciones y la asignación de liberaciones de Momento/Fuerza.

Los materiales y los tipos de elementos de marco que se utilizarán en un proyecto de SeismoBuild vienen definidos en la pestaña Modelaje Avanzado del Edificio del módulo Configuración Avanzada. Las elecciones realizadas en la pestaña Modelaje Avanzado del Edificio son las opciones "Predeterminadas" en la pestaña Propiedades Avanzadas de Miembro.

Catorce tipos de materiales están disponibles en SeismoBuild, seis tipos para concreto y ocho para acero. La lista completa de materiales se propone a continuación:

- Mander et al. modelo de concreto no lineal - con_ma
- Modelo concreto trilineal - con_tl

- Modelo concreto no lineal Chang-Mander - con_cm
- Modelo concreto no lineal Kappos y Konstantinidis - con_hs
- Modelo para Hormigón Flexible – con_ecc
- Modelo para hormigón de Kent-Scott y Park – con_ksp
- Modelo de acero Menegotto-Pinto - stl_mp
- Modelo de acero Giuffre-Menegotto-Pinto - stl_gmp
- Modelo de acero bilineal - stl_bl
- Modelo de acero bilineal con endurecimiento por deformación isotrópico- stl_bl2
- Modelo de acero Ramberg-Osgood - stl_ro
- Modelo de acero Dodd-Restrepo - stl_dr
- Modelo de acero Monti-Nuti - stl_mn
- Modelo por Riostras de Acero Restringidos al Pandeo – stl_brb

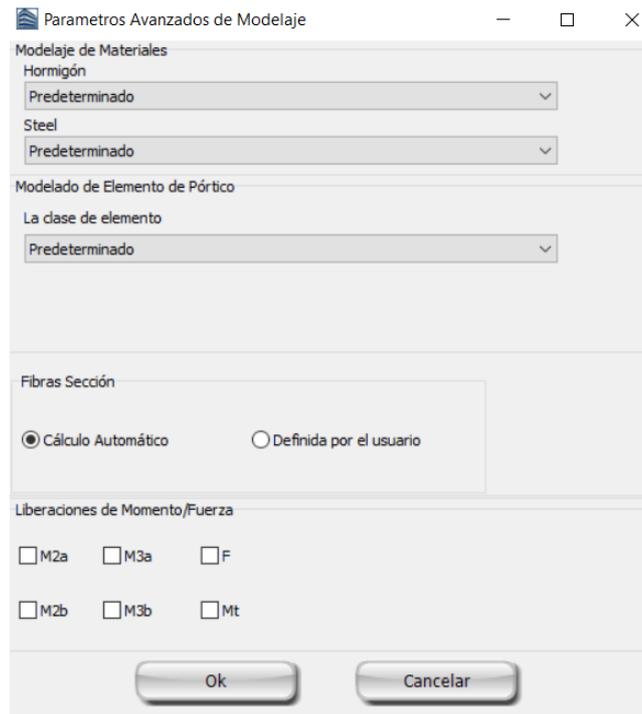
Para obtener una descripción completa de los tipos de materiales, consulte el Apéndice C – Materiales.

Se pueden emplear diferentes tipos de elementos de marco o pórtico dentro de los miembros estructurales. Los usuarios pueden seleccionar entre elementos inelásticos de pórtico con formulación basada en fuerzas (infrmFB), elementos de inelásticos de pórtico de rótula plástica con formulación basada en fuerzas (infrmFBPH), elementos inelásticos de pórtico de rótula plástica con formulación basada en desplazamientos (infrmDBPH), elementos inelásticos de pórtico con formulación basada en desplazamientos (infrmDB) y elementos elásticos de pórtico (elfrm). Se sugiere que el tipo de elemento inelástico de pórtico con formulación basada en desplazamientos (infrmDB) se emplee para miembros cortos, una elección que mejora tanto la precisión como la estabilidad del análisis.

NOTA: Las verificaciones basadas en normativa no se ejecutan para los elementos del tipo de elemento de marco elástico (elfrm). Por lo tanto, este tipo de elemento puede emplearse únicamente en casos especiales de modelado, cuando se espera un comportamiento elástico del miembro.

Además, debe definirse el número de fibras de sección utilizadas en los cálculos de equilibrio llevados a cabo en cada una de las secciones de integración del elemento. El usuario puede asignar el número de fibras de su elección o puede seleccionar el cálculo automático, según el cual se definen 50 fibras para el área de concreto de un miembro de menos de 0.1 m^2 y 200 fibras para el área de concreto de un miembro de más de 1 m^2 , mientras que la interpolación lineal se ejecuta para los valores intermedios. Cada barra de refuerzo longitudinal se define con 1 fibra adicional; añadido al número de fibras de concreto antes mencionado.

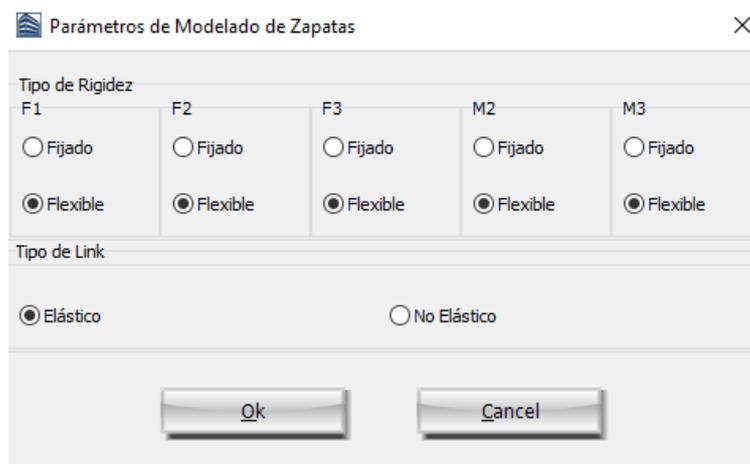
Finalmente, los usuarios también pueden 'liberar' uno o más de los grados de libertad del elemento (fuerzas o momentos) de las articulaciones.



Módulo de Parámetros Avanzados del Modelo

Parámetros de Modelado de Zapatas

Los parámetros de modelado para los miembros de cimentación se pueden especificar en Parámetros de Modelado Avanzados para Miembros de Cimentación. En particular, para Zapatas Individuales y Zapatas Corridas donde la conexión al suelo se modela mediante links. Se puede especificar el tipo de Link (Elástico o Inelástico) a utilizar y también existe la opción de Fijar o definir como Flexible cualquiera de los seis grados de libertad del Link.



Parámetros de Modelado de Zapatas

Encamisado

El Encamisado de hormigón armado se puede asignar a columnas y vigas a través del Módulo del Encamisado. Los usuarios, dependiendo de la sección, pueden seleccionar insertar un encamisado completo, de 3 caras, de 2 caras o de una cara.

Se puede definir el conjunto de materiales de las secciones encamisadas, así como el refuerzo longitudinal y transversal del encamisado.

Módulo del Encamisado

Aislador

Los aisladores también pueden añadirse en diferentes ubicaciones de las secciones de columnas y muros. Se asignan a las columnas/muros a través del módulo de Aisladores, donde los usuarios pueden seleccionar la geometría (ubicación —inferior, superior o punto intermedio— y la altura del aislador), su tipo (elastomérico, con núcleo de plomo o de superficie curva deslizante) y los parámetros del aislador: las rigideces vertical y horizontal, y la resistencia a fluencia al corte y la relación de endurecimiento por deformación (para aisladores elastoméricos y con núcleo de plomo) o el coeficiente de fricción y el radio del péndulo (para los deslizadores de superficie curva, también conocidos como Sistema de Péndulo por Fricción, FPS).

Módulo Aislador

Envoltura FRP

Los recubrimientos con FRP pueden asignarse a columnas, muros y vigas a través del módulo de Envolturado con FRP. Los usuarios pueden seleccionar la lámina de FRP de una lista de los productos más comunes del mercado o, alternativamente, introducir valores definidos por el usuario.

También puede definirse el número de capas aplicadas, así como si en los cálculos deben emplearse las propiedades del FRP en estado seco o en forma laminada. El usuario puede además especificar si el recubrimiento de FRP es continuo, o definir el espaciamiento entre las láminas y el ancho de la lámina. Asimismo, puede seleccionarse la configuración de envolturado alrededor del miembro existente (para columnas solo está disponible la opción de envoltura completa, mientras que para vigas se proporcionan opciones adicionales como envoltura por 3 lados y por 2 lados, incluyendo el uso de anclajes mecánicos en los extremos abiertos). Dado que se consideran secciones rectangulares, también puede definirse el radio de redondeo de esquinas R , un parámetro crítico en la aplicación de recubrimientos FRP. Finalmente, debe definirse el Factor de Conversión Ambiental.

Define FRP Sheet

FRP Sheet

No FRP wrapping
 Select from a List
 User-defined Values

Company Name: Sika

SikaWrap® Hex 103C
 SikaWrap® Hex 113C
 SikaWrap® Hex 115C (1)
 SikaWrap® Hex 115C (2)
 SikaWrap® Hex 117C
 SikaWrap®-160 CBI
 SikaWrap®-170C Mesh
 SikaWrap®-230 C
 SikaWrap® Hex 230C
 SikaWrap®-300 C
 SikaWrap®-300 Bi-C/30
 SikaWrap®-380C Quadri
 SikaWrap®-530 C
 SikaWrap®-600 C
 SikaWrap®-900 C
 SikaWrap®Hex 100 G (1)
 SikaWrap®Hex 100 G (2)
 SikaWrap®Hex 106 G
 SikaWrap®Hex 107 G (1)
 SikaWrap®Hex 107 G (2)
 SikaWrap®-430 G
 SikaWrap®Hex 430 G
 SikaWrap®-930 G

Technical Data

SikaWrap® Hex 103C

Company Name: Sika
 Type: Carbon
 Fiber Orientation: 0° (uniaxial)
 Application: Dry/Wet
 Resin: Sikadur® 300, Sikadur® Hex 300 or Sikadur® 301

Typical Fiber Properties (nominal values)

Fiber Thickness (mm)	0,3400
Tensile Strength (MPa)	3793,0
Tensile Modulus (MPa)	234500,0
Elongation (%)	1,50
Weight (gr/m2)	618,0

Cured Laminate Properties (design values)

Fiber Thickness (mm)	1,0160
Tensile Strength (MPa)	1055,0
Tensile Modulus (MPa)	64828,0
Elongation (%)	1,00

Use Laminate Properties in the Calculations
 (Both dry and laminate FRP sheet properties are available)

Continuous
 Spacing SF: 500,00 mm
 Width wf: 300,00 mm
 Fully wrapped
 Number of layers: 1
 Radius of Rounding Corners R: 40,0 mm

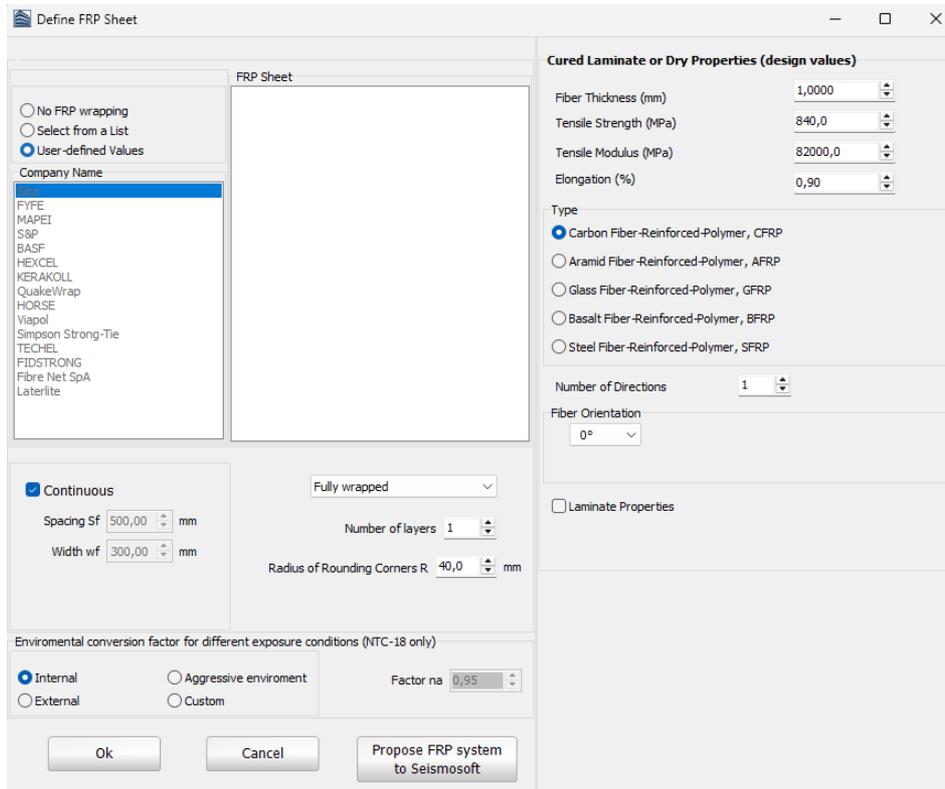
Environmental conversion factor for different exposure conditions (NTC-18 only)

Internal
 External
 Aggressive environment
 Custom
 Factor na: 0,95

Ok Cancel Propose FRP system to Seissoft

Módulo de selección desde una lista

Cuando los usuarios optan por especificar valores definidos por el usuario, la información requerida incluye: el tipo de lámina de FRP (fibras de carbono, aramida, vidrio, basalto o acero), sus propiedades en estado laminado o seco, el número de direcciones de fibras y su orientación relativa a la dirección longitudinal de la lámina, así como la configuración de envoltura alrededor del miembro existente. Los usuarios también deben definir si el recubrimiento de FRP es continuo o, en su defecto, especificar el espaciamiento entre las láminas y el ancho de la lámina, el número de capas y el radio de redondeo de las esquinas R.



Módulo de Valores Definidos por el Usuario

Finalmente, los sistemas FRP se pueden proponer a Seismosoft a través del botón “*Proponer sistema FRP a Seismosoft*” para incluir en las siguientes versiones del programa. Aquí, se le solicita al usuario asignar el nombre de sistemas FRP, el enlace donde la información del producto puede encontrarse y las propiedades técnicas de la hoja de FRP.



Ventana de Proponer Sistema FRP

Parámetros del Suelo para cimentación

- (1) Cuando se trabaja en el modo de Cimentación, el usuario puede definir los parámetros del suelo para la cimentación. Después de seleccionar el botón  en la barra de herramientas principal, aparecerán los Parámetros del suelo para la cimentación, donde se pueden definir explícitamente las siguientes propiedades:
 - Parámetros generales de modelado
 - Módulo de corte del suelo

- Coeficiente de Poisson del suelo
 - Ángulo de fricción interna del suelo
- (2) Parámetros del suelo para revisiones basados en códigos según EC8 parte 5 (es decir, empleados en Eurocódigo, NTC y KANEPE)
- Descripción del suelo
 - Parámetros de resistencia al corte del suelo que incluyen:
 - a. la resistencia no drenada al cortante, c_u , y,
 - b. el ángulo de diseño de la resistencia al cortante, Φ_d
 - La unidad de masa del suelo

Ventana Definir parámetros del suelo para cimentación

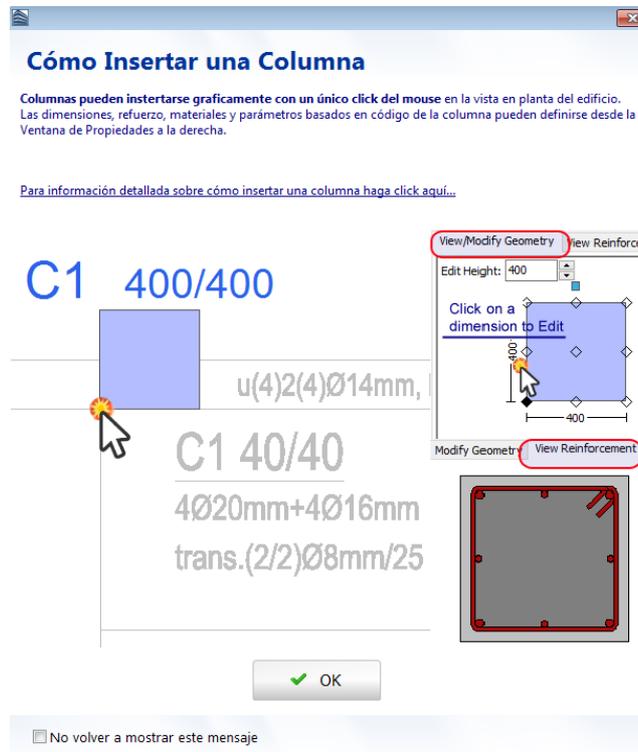
Miembros Tipo Columna

Las columnas pueden insertarse desde el menú principal (Insertar >...) o a través de los botones correspondientes de la barra de herramientas. La Ventana de Propiedades aparecerá donde las siguientes propiedades puede definirse explícitamente:

- (i) Geometría, es decir, las dimensiones (altura y ancho)
- (ii) Condiciones de borde, es decir, si es de longitud completa o de longitud libre, asignando la diferencia de longitud en el último caso y el nivel de fundación
- (iii) Los Materiales
- (iv) El Refuerzo
- (v) El Encamisado
- (vi) El Aislador
- (vii) FRP
- (viii) Modelado avanzado, que incluye las propiedades avanzadas del miembro y los parámetros de modelado.

Los miembros tipo columna pueden insertarse en el proyecto con único clic del mouse.

Una vez seleccionado el comando de Insertar Columna, un mensaje informativo aparecerá dando una breve información sobre cómo insertar una columna.



Ventana de Cómo-hacer para Insertar una Columna

Actualmente, trece tipos de sección están disponibles:

- *Columna Rectangular*
- *Columna en forma de L*
- *Columna en forma de T*
- *Columna Circular*
- *Columna Rectangular Encamisada*
- *Columna Rectangular con encamisado de 3 caras*
- *Columna Rectangular con encamisado de 2 caras*
- *Columna Rectangular con encamisado de 1 cara*
- *Columna encamisada en forma de L*
- *Columna encamisada de 3 caras en forma de L*
- *Columna encamisada en forma de T*
- *Columna encamisada de 3 caras en forma de T*
- *Columna encamisada Circular*

Para una discusión exhaustiva sobre la inserción de columnas en el Modelador de Edificio refiérase al Apéndice D–Insertando Miembros Estructurales.

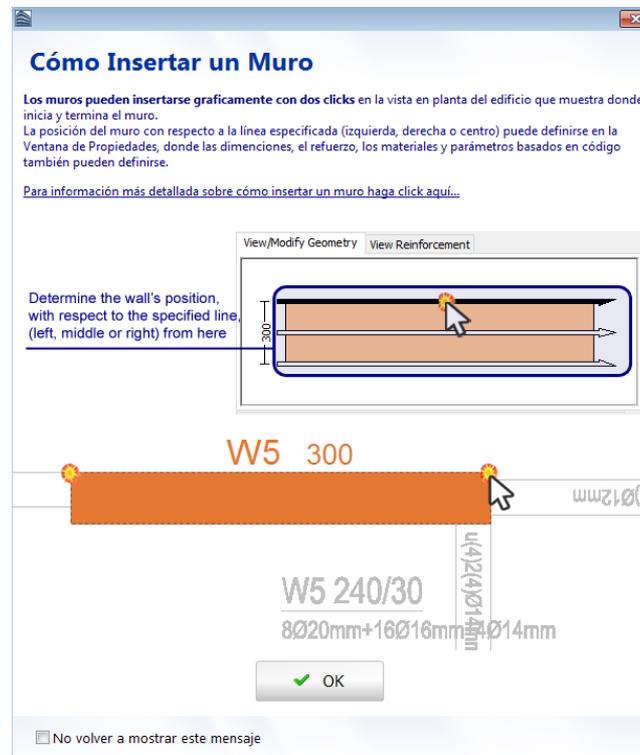
Miembros Tipo Muro

Los muros pueden insertarse desde el menú principal (insertar >...) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas. La Ventana de Propiedades aparecerá y las propiedades se definen de manera explícita de manera similar al de las columnas. Los muros apoden insertarse en el proyecto definiendo sus bordes, únicamente se necesitan dos clics del mouse.

Actualmente, los siguientes tipos de muro están disponibles en el Modelador de Edificios:

- *Muro*
- *Muro Compuesto*

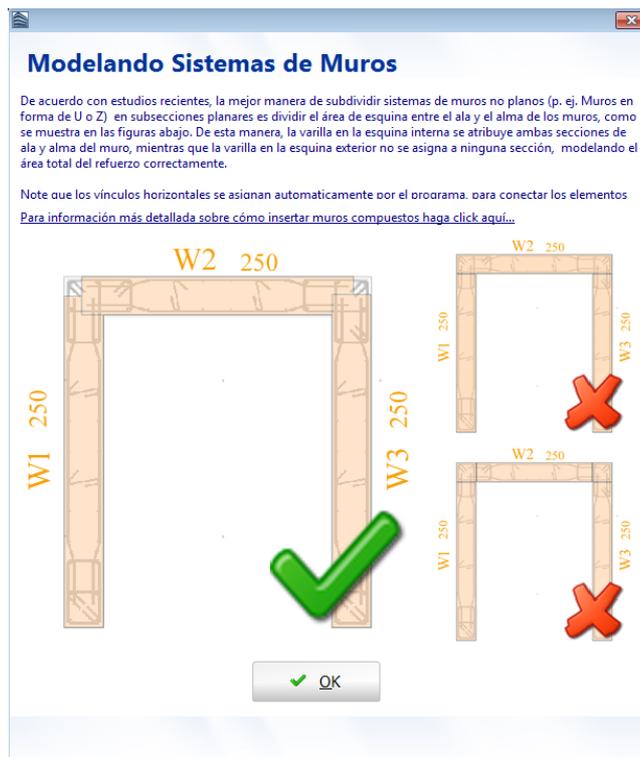
Una vez seleccionado el comando de Insertar Muro es seleccionado, un mensaje informativo aparecerá, dando información breve sobre cómo insertar un muro.



Ventana de Cómo-hacer para Insertar un Muro

Para una discusión exhaustiva sobre la inserción de muros en el Modelador de Edificio refiérase al Apéndice D–Insertando Miembros Estructurales.

Si se selecciona el botón  para insertar un Muro Compuesto, una ventana informativa aparecerá proponiendo la mejor manera de insertar secciones de muros compuestos. De acuerdo con investigaciones recientes (Beyer K., Dazio A., and Priestley M.J.N. [2008]), la mejor manera de subdividir sistemas no planares de muros en secciones es dividiendo el área de la esquina entre el ala y los muros. De esta manera, la varilla esquinera interna se atribuye a ambos el alma y el ala de la sección, mientras que la varilla exterior no se asigna a ninguna sección, modelando correctamente así el área total de refuerzo.



Modelaje de Sistemas de Muro

NOTA: Enlaces horizontales se asignan automáticamente por el programa para poder conectar los elementos verticales definidos.

Miembros de Tipo Viga

Las vigas pueden insertarse desde el menú principal (Insertar >...) o a través de los botones correspondientes de la barra de herramientas. Varios parámetros adicionales deben especificarse adicionalmente a aquellos requeridos para las columnas, p. ej. si es una viga inclinada (en este caso la altura de los dos extremos debe especificarse), la carga permanente adicional y las tres secciones de integración de la viga (en el centro y los dos extremos). Las vigas pueden insertarse en el proyecto definiendo sus bordes con dos clics del mouse. Luego de asignar las vigas y las losas, la decisión de incluir el ancho efectivo y personalizar su valor, así como si los miembros tipo viga serán invertidos, puede hacerse.

Actualmente, cuatro tipos están disponibles en el Modelador de Edificio:

- Viga
- Viga Encamisada
- Viga Encamisada de 3 caras
- Viga Encamisada de 1 cara

Una vez seleccionado el comando de Insertar Viga es seleccionado, un mensaje informativo aparecerá, dando información breve sobre cómo insertar una viga.

Cómo Insertar una Viga

Las vigas pueden insertarse gráficamente con dos clicks en la vista en planta del edificio que muestra donde inicia y termina la viga.
 La posición de la viga con respecto a la línea especificada (izquierda, derecha, o centro) puede definirse en la Ventana de Propiedades, donde las dimensiones, el refuerzo, los materiales y parámetros basados en código también pueden definirse.

[Para información más detallada sobre cómo insertar una viga haga click aquí...](#)



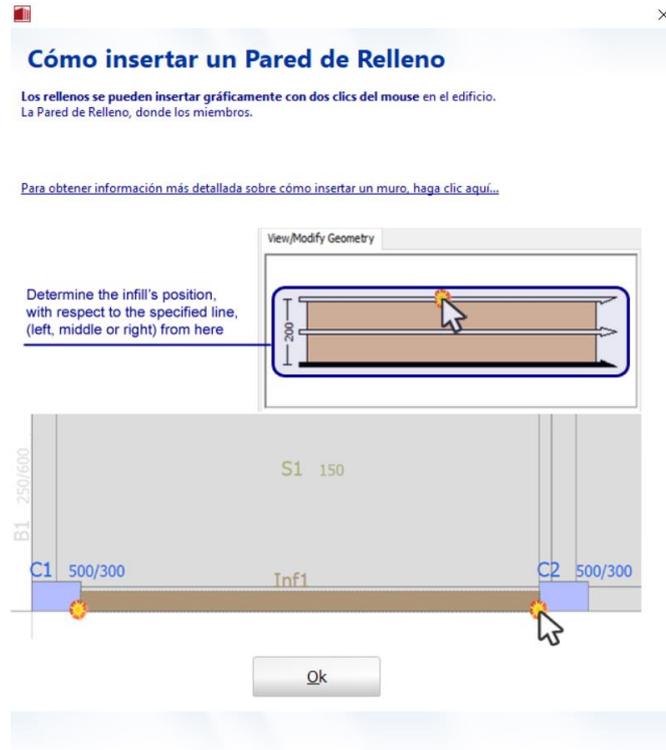
Ventana de Cómo-hacer para insertar una Viga

Para una discusión exhaustiva sobre la inserción de vigas en el Modelador de Edificio refiérase al Apéndice D-Insertando Miembros Estructurales.

Paredes de Relleno

Los paredes rellenos se pueden insertar desde el menú principal (Insertar>...) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas. Es necesario especificar los principales parámetros que afectan la resistencia del muro, cuales son, las principales características geométricas (porcentaje de aberturas y altura) y mecánicas de los ladrillos y del mortero (dimensiones del ladrillo, espesor del mortero, resistencia a la compresión del ladrillo, resistencia a la compresión del mortero), así como el porcentaje de las aberturas en la pared y el peso específico de la pared.

Cuando se selecciona el comando Insertar relleno, aparece un mensaje informativo que proporciona información sobre cómo insertar una Pared de Relleno.



Ventana de Como Insertar una Pared de Relleno

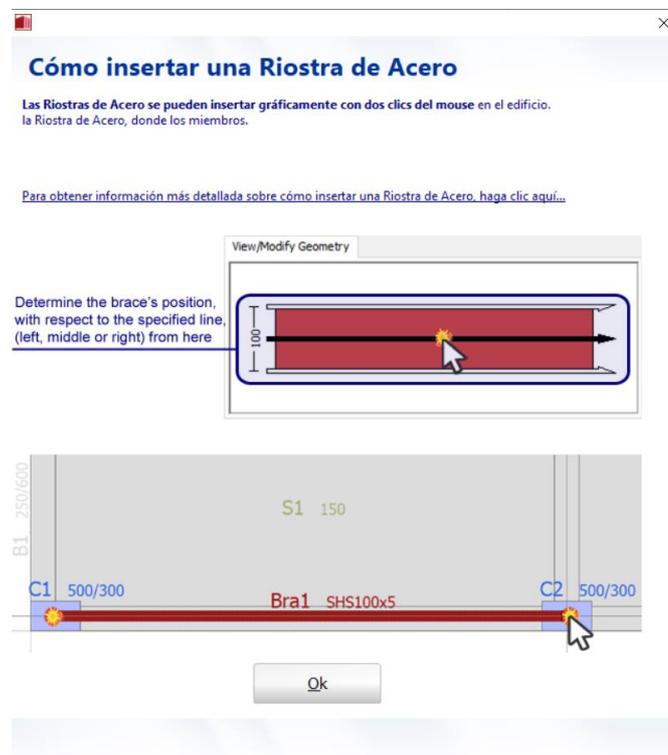
Para obtener una descripción completa sobre las inserciones de Paredes de Relleno en el Modelador de Edificio, consulte el Apéndice D: Inserción de Miembros Estructurales.

Riostras de Acero

Los arriostramientos de acero pueden insertarse desde el menú principal (Insertar > ...) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas. Aparecerá la Ventana de Propiedades, donde pueden definirse las siguientes propiedades del arriostramiento:

- Tipo de Riostra: Actualmente, los siguientes tipos están disponibles: (i) Riostra tipo tensor en X con diagonales conectadas, (ii) Riostra tipo tensor en X con diagonales desconectadas, (iii) Riostra Diagonal, (iv) Riostra diagonal invertida (v) Riostra de Tipo V y (vi) Riostra de Tipo V Invertida (Riostra de Chevron)
- La sección de acero de los miembros de la riostra
- El límite elástico del acero de la riostra
- El tipo de conexión al pórtico de (articulada o fija)
- Los parámetros de modelado

Cuando se selecciona el comando Insertar Riostra de Acero, aparece un mensaje informativo que proporciona información breve sobre cómo insertar una riostra.



Ventana de Como Insertar una Riostra de Acero

Para una descripción completa sobre la inserción de arriostramientos de acero en el Building Modeller, consulte el Apéndice D - Inserción de Miembros Estructurales.

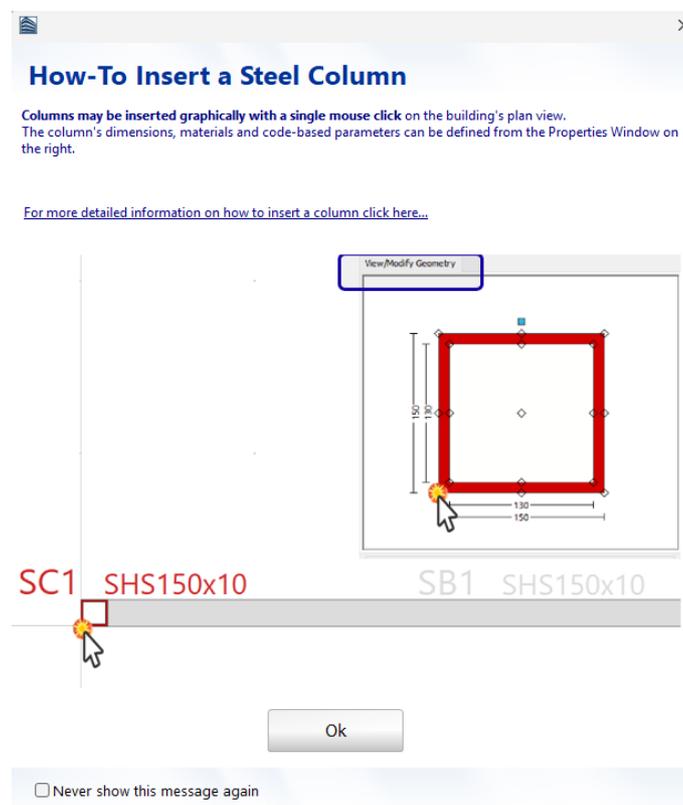
Columna de Acero

Las columnas de acero pueden insertarse desde el menú principal (Insertar > ...) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas. Aparecerá la Ventana de Propiedades de la columna de acero, donde pueden definirse explícitamente las siguientes propiedades:

- (i) Geometría, es decir, la sección de acero que se utilizará
- (ii) Condiciones de Contorno, es decir, si es de longitud completa o de longitud libre, asignando la diferencia de longitud en este último caso y el nivel de cimentación
- (iii) Materiales
- (iv) Cargas
- (v) Aislador
- (vi) Modelado Avanzado

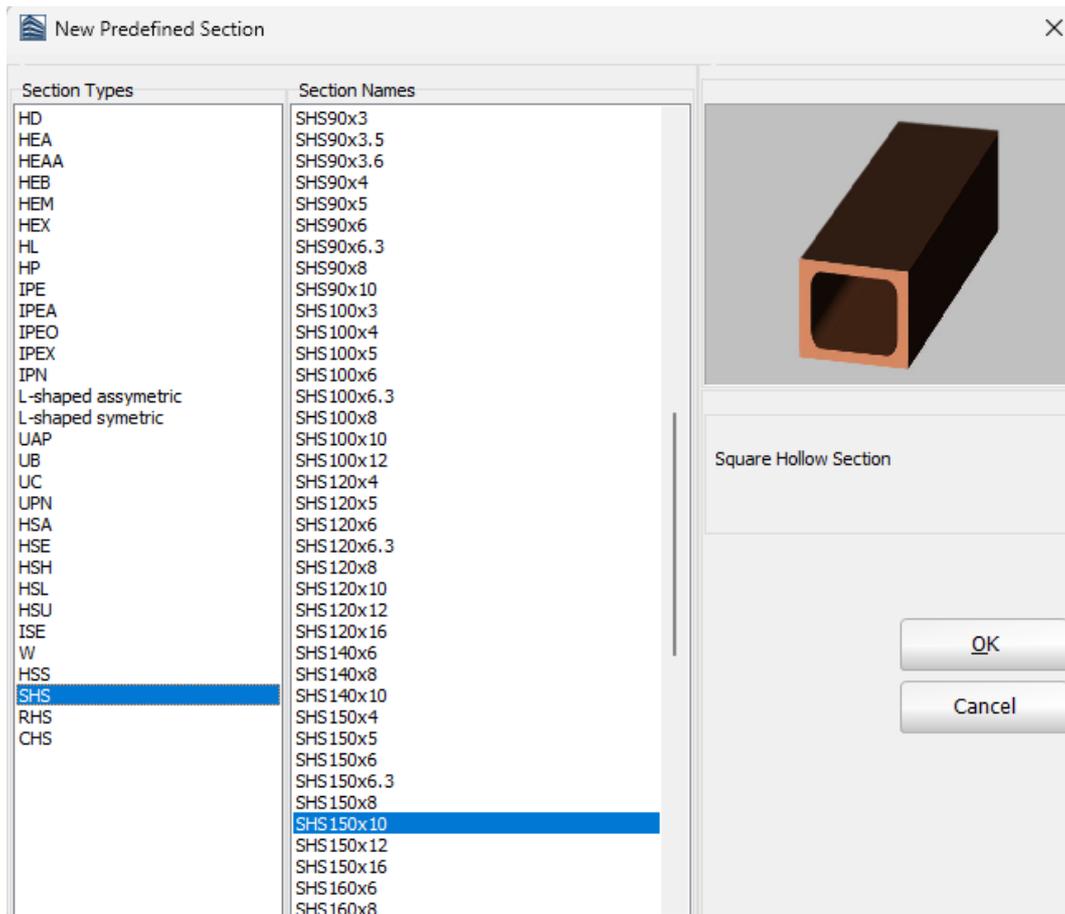
Los elementos de columnas de acero pueden insertarse en el proyecto con un solo clic del ratón.

Una vez que se selecciona el comando Insertar una Columna de Acero, aparece un mensaje informativo que proporciona una breve explicación sobre cómo insertar una columna de acero.



Ventana de Cómo Insertar una Columna de Acero

Está disponible una base de datos con las secciones de acero más comunes (p. ej., HEA, HEB, IPE, etc.), así como secciones W y HSS.



Para una descripción completa sobre la inserción de columnas de acero en el Building Modeller, consulte el Apéndice D - Inserción de Miembros Estructurales.

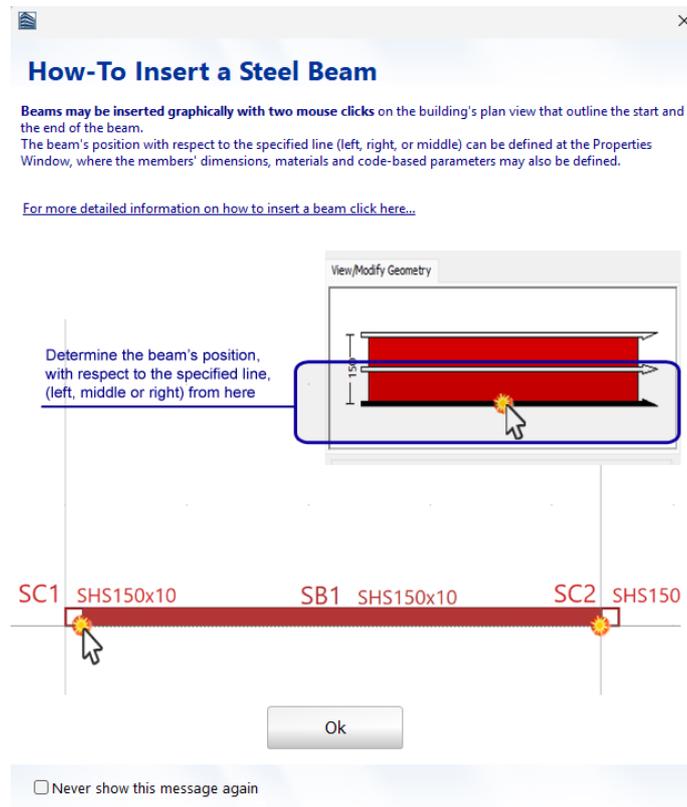
Viga de Acero

Las vigas de acero pueden insertarse desde el menú principal (Insertar > ...) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas. Aparecerá la Ventana de Propiedades de la viga de acero, donde pueden definirse explícitamente las siguientes propiedades:

- (i) Geometría, es decir, la sección de acero que se utilizará
- (ii) Materiales
- (iii) Cargas
- (vii) Modelado Avanzado

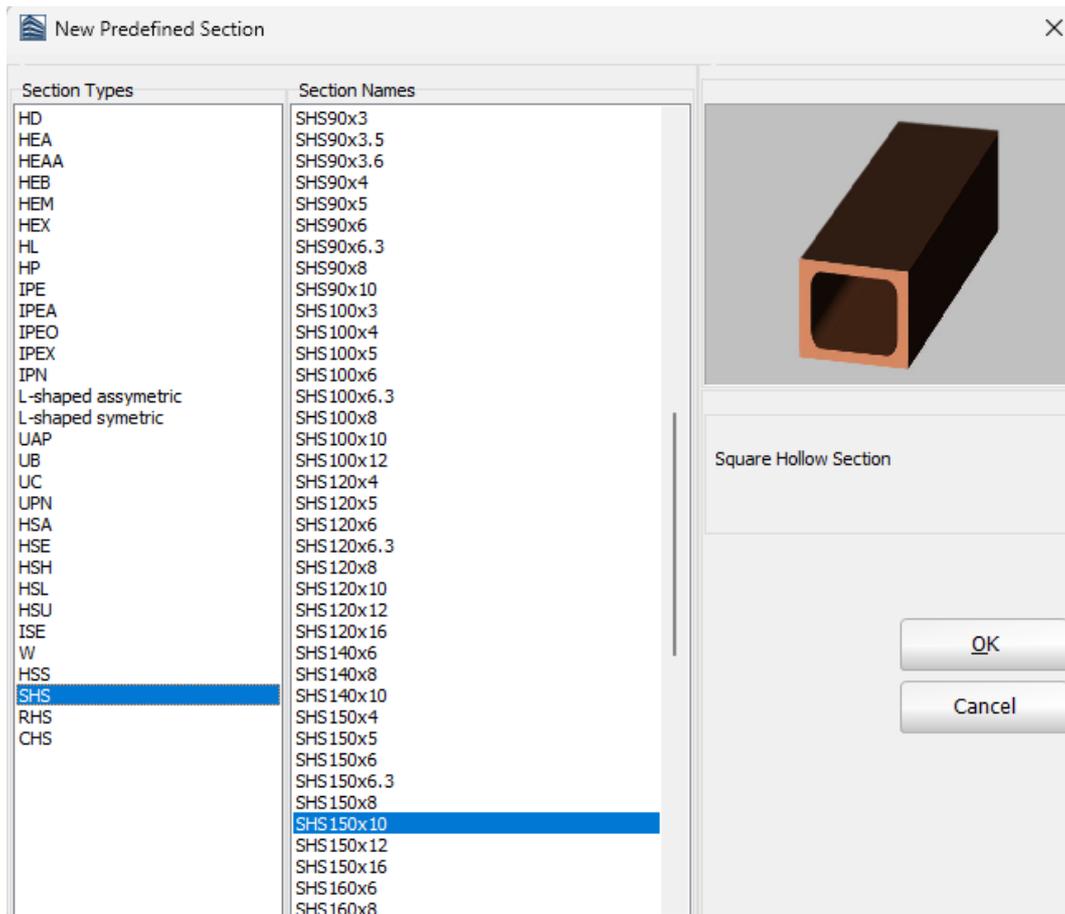
Los elementos de vigas de acero pueden insertarse en el proyecto definiendo sus extremos con dos clics del ratón.

Una vez que se selecciona el comando Insertar una Viga de Acero, aparece un mensaje informativo que proporciona una breve explicación sobre cómo insertar una viga de acero.



Ventana de Cómo Insertar una Viga de Acero

Está disponible una base de datos con las secciones de acero más comunes (p. ej., HEA, HEB, IPE, etc.), así como secciones W y HSS.



Para una descripción completa sobre la inserción de vigas de acero en el Building Modeller, consulte el Apéndice D - Inserción de Miembros Estructurales.

Losas

La inserción de losas puede hacerse a través del Menú (*Insertar > Losa*) o dando clic en el botón  de la barra de herramientas. Antes de agregar la losa, un mensaje informativo aparecerá, dando información breve sobre cómo insertar una losa.



Ventana de Cómo hacer para Insertar una Losa

Una losa puede definirse con un único clic del mouse en cualquier área rodeada por miembros estructurales (columnas, muros y vigas).

En la Ventana de Propiedades de la losa, los usuarios pueden definir (i) la altura de la sección, (ii) si se modelará como diafragma rígido, (iii) la armadura y su rotación respecto a los ejes X y Y, y (iv) su peso propio y las cargas adicionales permanentes, de uso y de nieve; estas últimas se requieren solo según ASCE 41-23 y TBDY. El peso propio de las losas puede calcularse e incluirse automáticamente en el modelo estructural, o puede utilizarse un valor definido por el usuario. Las cargas de uso de la losa se asignan automáticamente por el programa después de que el usuario seleccione el tipo apropiado de área cargada.

S 1

Height: 150

Edges:

Support Conditions

Model as a Rigid Diaphragm

Reinforcement

Angle(°) betw. slab local axes X'-Y' and global axes X-Y: 4

Lower reinforcement at midspan:

Along local X' axis: 10mm / 10 cm

Along local Y' axis: 10mm / 10 cm

Loads

Permanent Loads (G, G') and Live Loads (Q):

G (kN/m²): 3,60 Automatic Calculation

G' (kN/m²): 1,50

Q (kN/m²): 2,00

S (kN/m²): 0,00 (required only by ASCE 41-23 and TBDY)

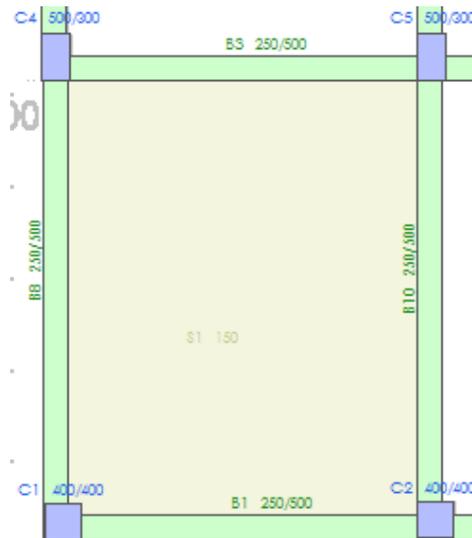
Slab Elevation / Inclination

Ventana de Propiedades de Losa

Categoría	Descripción	Valor de Q (kN/m ²)
Categoría A	Áreas Residenciales, General:	2.0
Categoría A	Áreas Residenciales, Escaleras:	4.0
Categoría A	Áreas Residenciales, Balcones:	4.0
Categoría B	Áreas de Oficinas, General:	3.0
Categoría C1	Congregación de Personas, Áreas con Mesas:	3.0
Categoría C2	Congregación de Personas, Áreas con Asientos Fijos:	4.0
Categoría C3	Congregación de Personas, Áreas sin Obstáculos para Personas Moviose:	5.0
Categoría C4	Congregación de Personas, Áreas con posibles Actividades Físicas:	5.0
Categoría C5	Congregación de Personas, Áreas susceptibles a Grandes Multitudes:	7.5
Categoría D1	Áreas de Compras, Áreas de Tiendas al Por Menor:	5.0
Categoría D2	Área de Compras, Áreas en Tiendas por Departamentos:	5.0
Categoría E1	Uso Industrial y de Almacenaje, Áreas susceptibles a Acumulación de Mercancía:	7.5
Categoría E2	Uso Industrial y de Almacenaje, Uso Industrial: Basado en el uso previsto	(7.5)
Categoría F	Áreas de Tráfico/Parqueo de Vehículos Livianos:	2.5

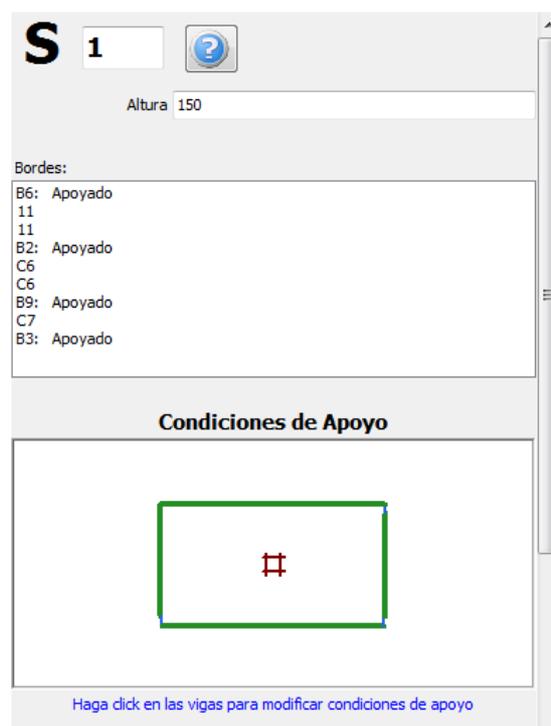
Los valores en negrita son los valores predeterminados/seleccionados

Tipo de Área Cargada



Inserción de Losa

Luego de definir una losa, los usuarios pueden modificar sus condiciones de apoyo, ajustando así las vigas en las cuales se distribuye la carga de las losas.



Condiciones de Apoyo de la Losa

Adicionalmente la inclinación de la losa puede modificarse, especificando la elevación en tres puntos que pueden seleccionarse gráficamente. La elevación de las vigas vecinas y la altura de columna se ajustarán automáticamente y las columnas se subdividirán en miembros cortos de requerirlo así el programa, p. ej. en casos donde dos o más vigas están apoyadas en la misma columna a niveles diferentes, creándose así columnas cortas.

Inclinación de Losa

Losa inclinada o elevada (definida por 3 puntos)

Selección Gráfica Punto 1 Punto 2 Punto 3

X1/Y1/Z1:	6637	9450	6000
X2/Y2/Z2:	6637	6669	6000
X3/Y3/Z3:	6687	6669	6000

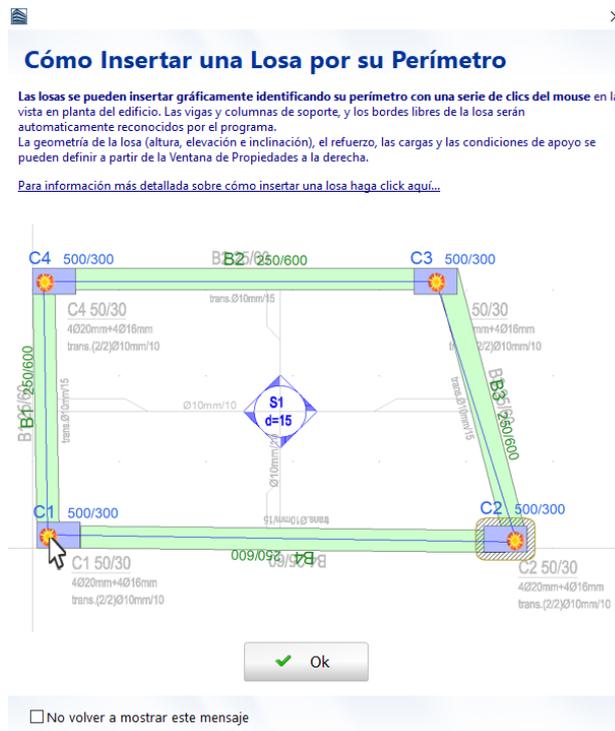
Inclinación de Losa

NOTA 1: El modelado de las losas se lleva a cabo, por defecto, utilizando diafragmas rígidos; por lo tanto, se asume una losa rígida en la configuración estructural, lo cual refleja el comportamiento típico de la gran mayoría de los edificios de hormigón armado. También está disponible la opción de excluir la suposición del diafragma rígido, desmarcando la casilla correspondiente. El refuerzo de la losa se aplica en el ancho efectivo de las vigas en el perímetro de la losa. Obviamente, cuando los usuarios no incluyen el ancho efectivo en el modelaje, los ajustes de dicho refuerzo se hacen redundantes.

NOTA 2: El modelaje de la losa se lleva a cabo mediante diafragmas rígidos; por tanto una losa rígida está implícitamente considerada en la configuración estructural, cuyo caso es el de la mayoría de los edificios de concreto reforzado. Las cargas de la losa (peso propio, cargas adicionales vivas y de gravedad multiplicadas por sus coeficientes correspondientes en el módulo de Ajustes de Modelador de Edificio de SeismoBuild) se transforman en masas, basándose en el valor g , y se aplican directamente a las vigas que sostienen la losa.

Losa por Perímetro

Las losas de cualquier geometría pueden definirse en el Modelador de Edificios seleccionando *Insertar> Insertar losa por perímetro* desde el menú (o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas ). Aparece un mensaje informativo que proporciona información breve sobre cómo insertar una losa por perímetro.



Cómo insertar una losa por su perímetro

Después de definir el perímetro de la losa identificando sus esquinas, se debe hacer clic en el botón "Aplicar e Insertar Losa". La losa se asigna automáticamente.



Dibujar losa por su perímetro

NOTA 1: Las losas se modelan en SeismoBuild como diafragmas rígidos que conectan las vigas, columnas y paredes en su perímetro y como cargas adicionales aplicadas a las vigas. Obviamente, en el caso de las losas en voladizo, no se crea diafragma rígido y una losa solo se considera como masa adicional en la viga de soporte; adicional se toma en cuenta para las cargas permanentes y vivas de las losas.

NOTA 2: Cuando el perímetro asignado no define un área cerrada, el primer punto se conecta automáticamente por el programa con el último para asignar la nueva losa.

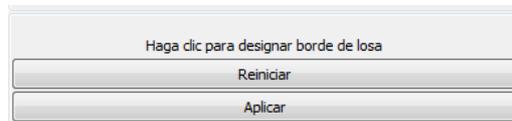
Borde Libre

Losas en voladizo también pueden definirse in el Modelador de Edificio. Para hacerlo, un Borde Libre debe agregarse desde el Menú (*Insertar > Borde libre*) o a través del botón correspondiente  de la barra de herramientas. Un mensaje informativo aparecerá dando información breve sobre cómo insertar un Borde Libre.



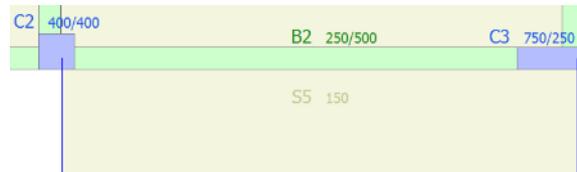
Ventana de Cómo hacer para Insertar una Losa

Luego de definir los puntos esquineros del Borde Libre, debe darse clic sobre el botón de “Aplicar”. Una vez dibujado, el Borde Libre se utiliza para delinear la forma de losa.



Dibujar Borde Libre

Después de la definición de los bordes libres necesarios para definir un área cerrada, los usuarios pueden insertar una nueva losa.



Crear una nueva losa en voladizo

NOTA: Las losas se modelan en SeismoBuild como diafragmas rígidos que conectan vigas, columnas y paredes en su perímetro y como cargas adicionales aplicadas a las vigas. Obviamente, en el caso de losas en voladizo no se crea un diafragma rígido y la losa se considera como una masa adicional en las vigas de apoyo; la masa adicional toma en cuenta la carga permanente y viva de la losa misma.

Escaleras

La inserción de escaleras puede hacerse a través del Menú (*Insertar > Escaleras*) o haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas. Un mensaje informativo aparecerá dando información breve sobre cómo insertar Escaleras.



Ventana de Cómo insertar Escaleras

Las escaleras pueden definirse fácilmente por su línea centro. Los descansos pueden aplicarse a través del botón de "Agregar Descansos" luego de insertar un miembro de escaleras en el proyecto. Los dos extremos de los descansos necesitan especificarse gráficamente en la línea centro. Los descansos definidos pueden removerse usando el botón "Remover Todos los Descansos".

En la Ventana de Propiedades, los usuarios pueden definir el ancho de las escaleras, la altura de las gradas, la profundidad mínima de las escaleras, la diferencia de elevación con respecto a la base y el nivel superior, así como el peso propio y cargas permanentes adicionales vivas y de nieve, esto último solo es requerido por ASCE 41-23 y TBDY. El peso propio de las escaleras puede calcularse automáticamente de acuerdo con la geometría de las escaleras, los materiales y el peso específico o se puede usar un valor definido por el usuario.

St 1 [?]

Reiniciar

Aplicar

Ancho de Escaleras: 1200 mm

Altura de Huella: 180 mm

Min Profundidad de Esc/ras: 150 mm

Piso Base dh: 0 mm Piso Superior dh: 0 mm

Agregar Descansos Remove Todos los Descansos

Carga

Cargas Permanentes (G) y Vivas (Q) adicionales :

G (kN/m²) 0.00 Automatic Calculation

G' (kN/m²) 1.50

Q (kN/m²) 0.00 Tipo de Área Cargada

S (kN/m²) 0.00 (requerido solo por ASCE 41-17 y TBDY)

Ventana de Propiedades de Escaleras

Fondo 1º p... Categorías de Áreas Cargadas [?] [?]

Categoría A, Áreas Residenciales, General:	1.5-2.0 kN/m ²
Categoría A, Áreas Residenciales, Escaleras:	2.0 -4.0 kN/m ²
Categoría A, Áreas Residenciales, Balcones:	2.5-4.0 kN/m ²
Categoría B, Áreas de Oficinas, General:	2.0- 3.0 kN/m ²
Categoría C1, Congregación de Personas, Áreas con Mesas:	2.0- 3.0 kN/m ²
Categoría C2, Congregación de Personas, Áreas con Asientos Fijos:	3.0- 4.0 kN/m ²
Categoría C3, Congregación de Personas, Áreas sin Obstáculos para Personas Movandose:	3.0- 5.0 kN/m ²
Categoría C4, Congregación de Personas, Áreas con posibles Actividades Físicas:	4.5- 5.0 kN/m ²
Categoría C5, Congregación de Personas, Áreas susceptibles a Grandes Multitudes:	5.0 -7.5 kN/m ²
Categoría D1, Áreas de Compras, Áreas de Tiendas al Por Menor:	4.0 -5.0 kN/m ²
Categoría D2, Área de Compras, Áreas en Tiendas por Departamentos:	4.0- 5.0 kN/m ²
Categoría E1, Uso Industrial y de Almacenaje, Áreas susceptibles a Acumulación de Mercancía:	7.5 kN/m ²
Categoría E2, Uso Industrial y de Almacenaje, Uso Industrial:	Basado en el uso previsto (7.5 kN/m ²)
Categoría F, Áreas de Tráfico/Parqueo de Vehículos Livianos:	1.5- 2.5 kN/m ²

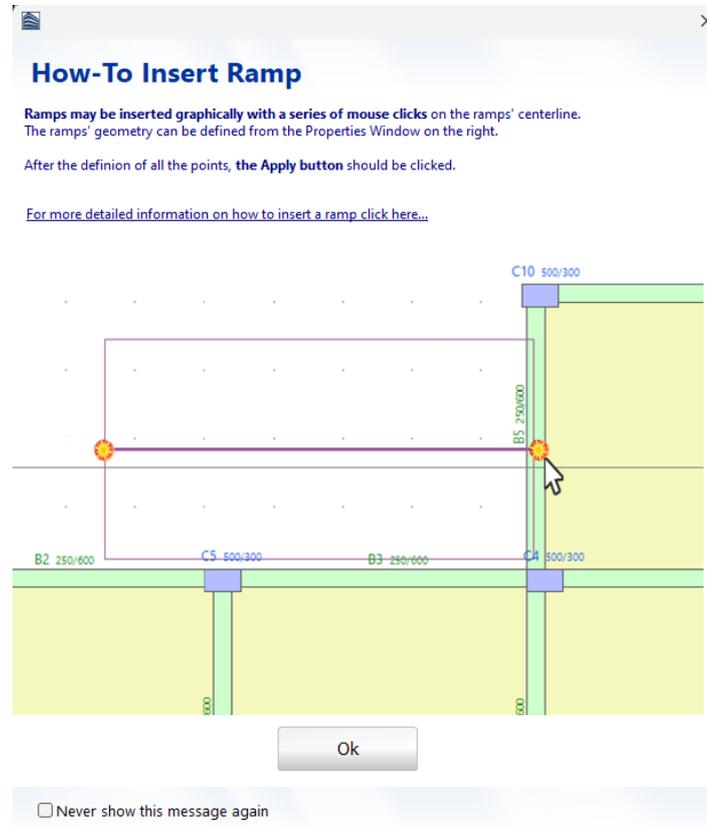
Los valores en negrita son los valores predeterminados/seleccionados

Tipo de Área Cargada

NOTA: Las losas en SeismoBuild se modelan con elementos elásticos del ancho y profundidad especificados.

Rampas

La inserción de rampas puede hacerse a través del Menú (*Insertar > Rampas*) o haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas. Un mensaje informativo aparecerá dando información breve sobre cómo insertar Rampas.



Ventana de Cómo insertar Rampas

Las rampas pueden definirse fácilmente por su línea centro. Los descansos pueden aplicarse a través del botón de *"Agregar Descansos"* luego de insertar un miembro de rampas en el proyecto. Los dos extremos de los descansos necesitan especificarse gráficamente en la línea centro. Los descansos definidos pueden removerse usando el botón *"Remover Todos los Descansos"*.

En la Ventana de Propiedades, los usuarios pueden definir el ancho de las rampas, la altura, la diferencia de elevación con respecto a la base y el nivel superior, así como el peso propio y cargas permanentes adicionales vivas y de nieve, esto último solo es requerido por ASCE 41-23 y TBDY. El peso propio de las rampas puede calcularse automáticamente de acuerdo con la geometría de las rampas, los materiales y el peso específico o se puede usar un valor definido por el usuario.

Ventana de Propiedades de Rampas

Categoría	Descripción	Valores (kN/m ²)
Categoría A	Áreas Residenciales, General:	1.5- 2.0
Categoría A	Áreas Residenciales, Escaleras:	2.0 -4.0
Categoría A	Áreas Residenciales, Balcones:	2.5 -4.0
Categoría B	Áreas de Oficinas, General:	2.0- 3.0
Categoría C1	Congregación de Personas, Áreas con Mesas:	2.0- 3.0
Categoría C2	Congregación de Personas, Áreas con Asientos Fijos:	3.0- 4.0
Categoría C3	Congregación de Personas, Áreas sin Obstáculos para Personas Movándose:	3.0- 5.0
Categoría C4	Congregación de Personas, Áreas con posibles Actividades Físicas:	4.5- 5.0
Categoría C5	Congregación de Personas, Áreas susceptibles a Grandes Multitudes:	5.0 -7.5
Categoría D1	Áreas de Compras, Áreas de Tiendas al Por Menor:	4.0 -5.0
Categoría D2	Área de Compras, Áreas en Tiendas por Departamentos:	4.0- 5.0
Categoría E1	Uso Industrial y de Almacenaje, Áreas susceptibles a Acumulación de Mercancía:	7.5
Categoría E2	Uso Industrial y de Almacenaje, Uso Industrial:	Basado en el uso previsto (7.5)
Categoría F	Áreas de Tráfico/Parqueo de Vehículos Livianos:	1.5- 2.5

Los valores en negrita son los valores predeterminados/seleccionados

Tipo de Área Cargada

NOTA: Las rampas en SeismoBuild se modelan con elementos elásticos del ancho y profundidad especificados.

INSERCIÓN DE CARGAS

En SeismoBuild, las cargas se definen de tres maneras: (i) a partir de la transformación de las masas de los miembros estructurales a cargas, basadas en el valor de la gravedad (g), lo cual se realiza automáticamente por el programa, (ii) en las Ventanas de Propiedades de Columnas, Muros, Vigas, Losa, Escaleras y Rampas, (iii) haciendo clic en Insertar Carga Puntual e Insertar Carga Lineal. Para más detalles sobre la segunda opción, los usuarios pueden consultar la descripción correspondiente del miembro.

Cargas Puntuales

Existen dos tipos de cargas puntuales disponibles. Cargas puntuales en losas, que pueden ser insertadas desde el menú (*Insertar > Carga Puntual en Losa*) o a través del botón correspondiente en la barra de herramientas . Cargas puntuales en Elementos de Marco, aplicadas en vigas, columnas y muros, que pueden ser insertadas desde el menú (*Insertar > Carga Puntual en Elementos de Marco*) o a través del botón correspondiente en la barra de herramientas .



Ventana de Inserción de Carga Puntual

Las cargas puntuales en las losas solo pueden insertarse en la dirección de la gravedad, mientras que las cargas puntuales en los elementos de marco pueden insertarse en cualquier dirección, es decir, X, Y, Z, RX, RY y RZ. Se pueden asignar cargas permanentes, variables y de nieve en ambos tipos de cargas puntuales.

PL 1 ?

Geometría

X/Y: 0 0

Valores

Tipo

Permanente (G)

Direcciones globales

X(kN): 0,00

Y(kN): 0,00

Z(kN): 0,00

RX(kNm): 0,00

RY(kNm): 0,00

RZ(kNm): 0,00

Ventana de Propiedades de Carga Puntual en Miembros de Marco

PL 1 ?

Geometría

X/Y: 7250 12900

Valores

Tipo

Permanente (G)

Dirección gravitacional(en la dirección - Z)

0,00 (kN)

Ventana de Propiedades de Carga Puntual en Losas

Después de definir todas las propiedades de la carga puntual, la nueva carga puntual puede ser añadida gráficamente con un simple clic del mouse en la vista del plano del edificio.

Una vez insertada la carga puntual, las coordenadas del punto aplicado y su valor pueden ser modificados desde su Ventana de Propiedades.

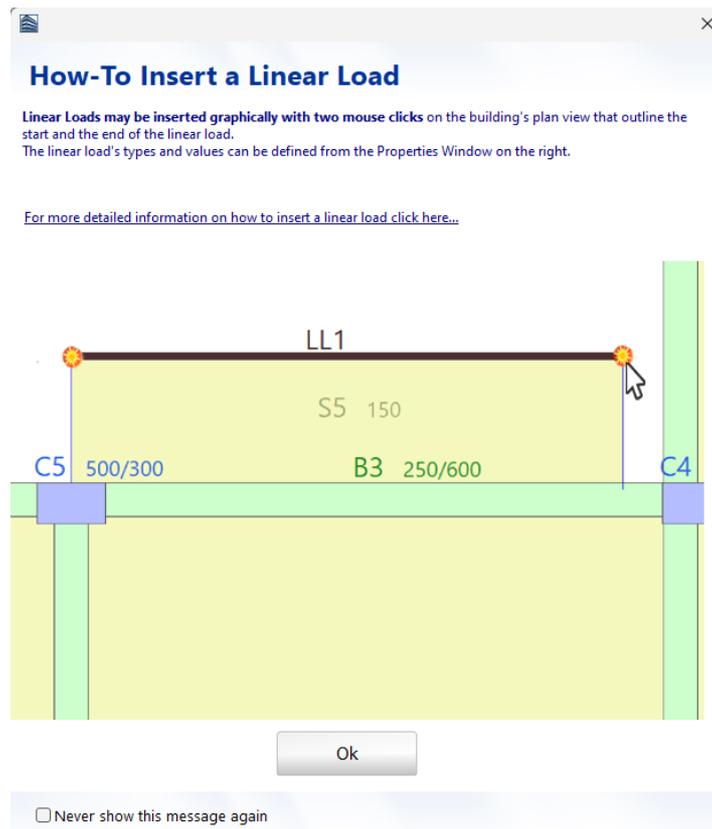
NOTA 1: Cuando se asigna una carga puntual a una viga, la viga se subdivide automáticamente, lo que da lugar a la creación de dos miembros. Si la carga puntual está cerca del inicio o del final de la viga, se aplica automáticamente en el borde de la viga.

NOTA 2: Cuando se asigna una carga puntual a un pilastro o una pared, se aplica automáticamente en el borde superior del pilastro/pared al nivel de la losa.

NOTA 3: Las cargas puntuales de la losa se transforman en masas, basadas en el valor de g, y se aplican directamente a la viga de soporte más cercana según la discretización de la losa.

Cargas Lineales

Las cargas lineales pueden insertarse desde el menú (*Insertar > Carga Lineal*) o a través del botón correspondiente en la barra de herramientas . Aparecerá un mensaje informativo proporcionando una breve explicación sobre cómo insertar una carga lineal.



Ventana de Inserción de Carga Lineal

Las cargas lineales pueden insertarse en la vista de planta en cualquier miembro de concreto armado y se aplican en la dirección de la gravedad. Se pueden asignar cargas permanentes, variables y de nieve.

Geometry	
X1/Y1:	4450 1300
X2/Y2:	8100 1250

Values

Type: Permanent (G)

Gravity Direction (in then -Z direction): 0,00 (kN/m)

Ventana de Propiedades de Carga Lineal

Después de definir todas las propiedades de la carga lineal, la nueva carga lineal puede ser añadida gráficamente con dos clics del ratón en la vista del plano del edificio, que definen el inicio y el final de la carga lineal.

Después de la inserción de la carga lineal, las coordenadas del punto de inicio y del punto final de la carga lineal, así como su valor, pueden ser modificados desde su Ventana de Propiedades.

NOTA: Las cargas lineales se transforman en masas, basadas en el valor de g, y se aplican directamente al elemento de soporte más cercano.

INSERCIÓN DE MIEMBROS DE LA CIMENTACIÓN

La cimentación de la superestructura se puede modelar introduciendo zapatas, vigas de conexión y zapatas corridas. Para activar la capacidad de insertar elementos de cimentación, los usuarios deben seleccionar trabajar en el modo de Cimentación en lugar del modo de superestructura. Cuando se trabaja en el modo de cimentación, los miembros verticales de la superestructura (es decir, columnas, muros, etc.) están visibles para que el usuario pueda definir su cimentación.

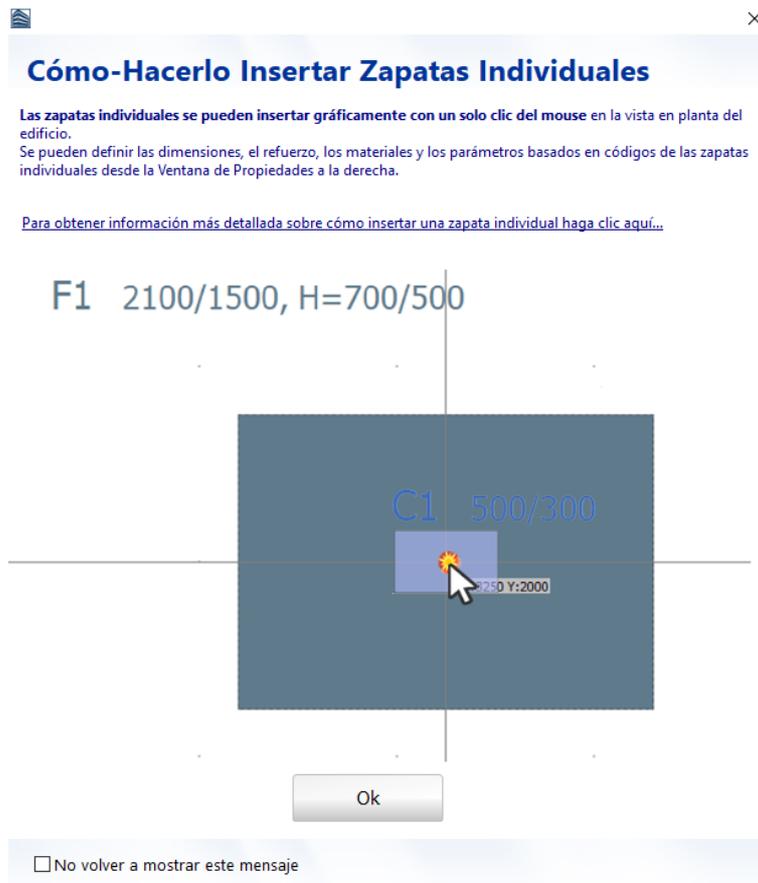
Zapatas Individuales

Las Zapatas Individuales se pueden insertar haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas correspondiente. Aparecerá la ventana de propiedades de las Zapatas Individuales, donde se pueden definir explícitamente las siguientes propiedades:

- (i) Geometría, es decir, las dimensiones (alto y ancho)
- (ii) Materiales
- (iii) Carga
- (iv) Modelado avanzado, que incluye las propiedades avanzadas de los miembros y los parámetros de modelado

Las Zapatas Individuales se pueden insertar en el proyecto con un solo clic del mouse siempre que una columna ya insertada esté completamente encerrada por la zapata individual en la posición donde se introduce la Zapata Individual.

Una vez que se selecciona el comando Insertar una Zapata Individual, aparece un mensaje informativo que brinda información breve sobre cómo insertar una Zapata Individual.



Ventana de Cómo insertar Zapatas Individuales

Para obtener una descripción completa sobre las inserciones de Zapatas Individuales en el Modelador de Edificios, consulte el Apéndice D: Inserción de miembros estructurales.

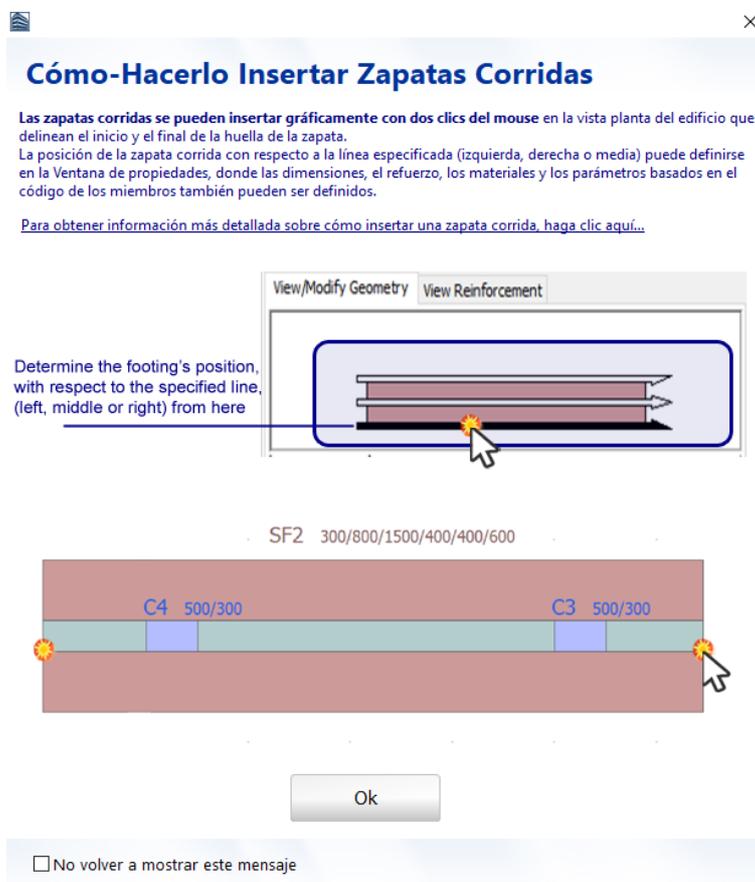
Zapatas Corridas

Las Zapatas Corridas se pueden insertar haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas correspondiente. Aparecerá la ventana de propiedades de las Zapatas Corridas, donde se pueden definir explícitamente las siguientes propiedades:

- (i) Geometría, es decir, las dimensiones (alto y ancho)
- (ii) Materiales
- (iii) Carga
- (iv) Modelado avanzado, que incluye las propiedades avanzadas de los miembros y los parámetros de modelado

Las Zapatas Corridas se pueden insertar en el proyecto con dos clics del mouse siempre que una columna ya insertada esté completamente encerrada por la zapata corrida.

Una vez que se selecciona el comando Insertar una Zapata Corrida, aparece un mensaje informativo que brinda información breve sobre cómo insertar una Zapata Corrida.



Ventana de Cómo insertar una Zapata Corrida

Para obtener una descripción completa sobre las inserciones de Zapatas Corridas en el Modelador de Edificios, consulte el Apéndice D: Inserción de miembros estructurales.

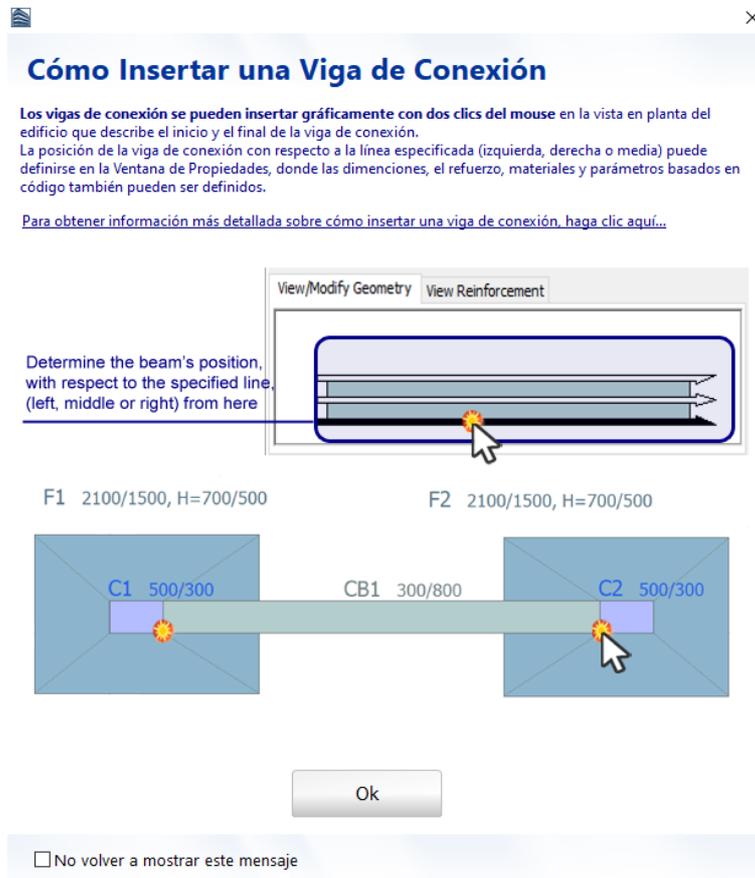
Vigas de Connexión

Las Vigas de Connexión se pueden insertar haciendo clic en el botón  de la barra de herramientas correspondiente. Aparecerá la ventana de propiedades de las Zapatas Corridas, donde se pueden definir explícitamente las siguientes propiedades:

- (i) Geometría, es decir, las dimensiones (alto y ancho)
- (ii) Materiales
- (iii) Carga
- (iv) Modelado avanzado, que incluye las propiedades avanzadas de los miembros y los parámetros de modelado

Las Vigas de Connexión se pueden insertar en el proyecto con dos clics del mouse.

Una vez que se selecciona el comando Insertar una Viga de Connexión, aparece un mensaje informativo que brinda información breve sobre cómo insertar una Viga de Connexión.



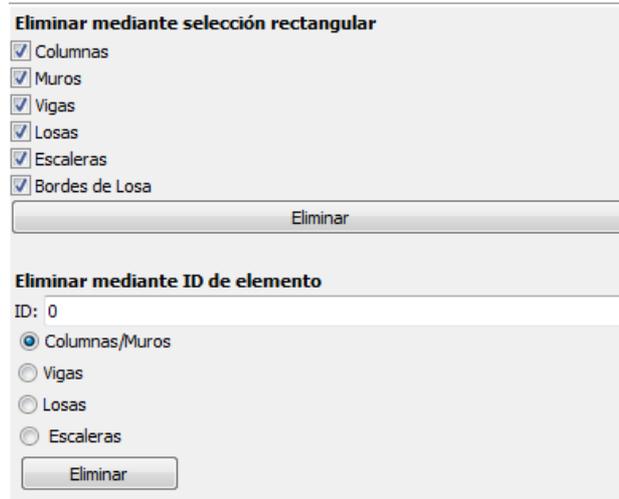
Ventana de Cómo insertar una Viga de Connexión

Para obtener una descripción completa sobre las inserciones de Vigas de Connexión en el Modelador de Edificios, consulte el Apéndice D: Inserción de miembros estructurales.

EDITANDO MIEMBROS ESTRUCTURALES

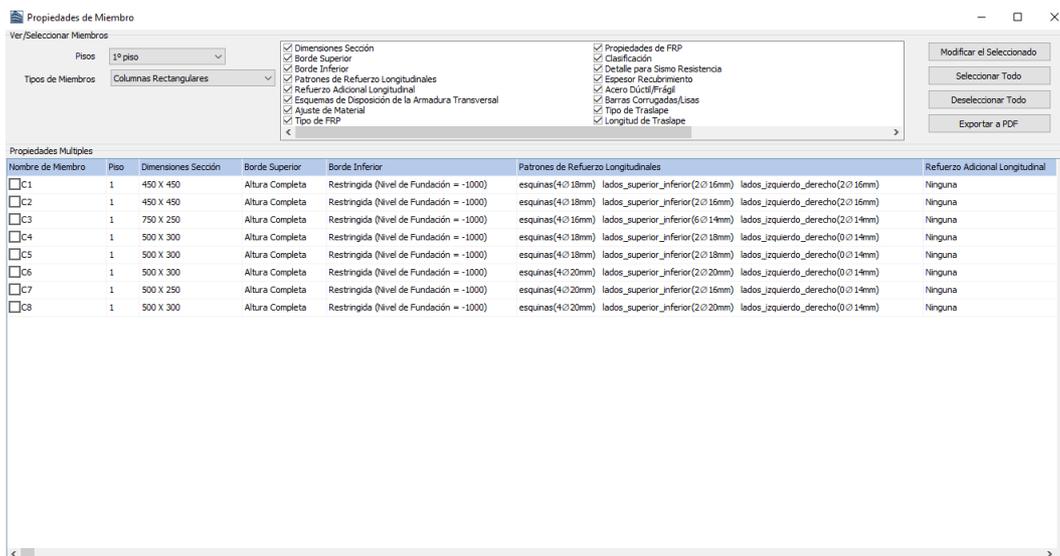
Usando las herramientas de edición del menú principal (*Herramientas >...*) o a través de los botones correspondientes de la barra de herramientas, los usuarios pueden seleccionar () un miembro para ver sus propiedades. Adicionalmente pueden moverlo  a una posición diferente, rotarlo  en la vista en planta o borrarlo .

Nótese que hay varias maneras de borrar elementos: (i) haciendo clic en el elemento (ii) por su nombre o (iii) seleccionando un área rectangular en la Ventana Principal.



Ventana de Borrar Elemento

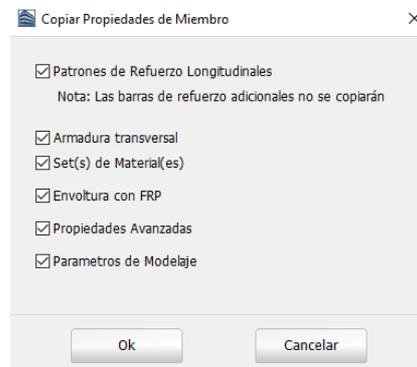
La opción de editar múltiples miembros estructurales está disponible desde el menú principal (*Herramientas > Ver / Modificar Propiedades de Miembros*) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas . Los usuarios pueden seleccionar varios miembros del mismo tipo de sección y modificar sus propiedades a la vez.



Ventana de Ver/Modificar Propiedades de Miembro

Las propiedades de un miembro pueden aplicarse a otras desde el menú principal (*Herramientas > Copiar propiedades de miembros*) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas . Aparecerá una ventana con una lista de las propiedades que se copiarán después de la selección del miembro. Los

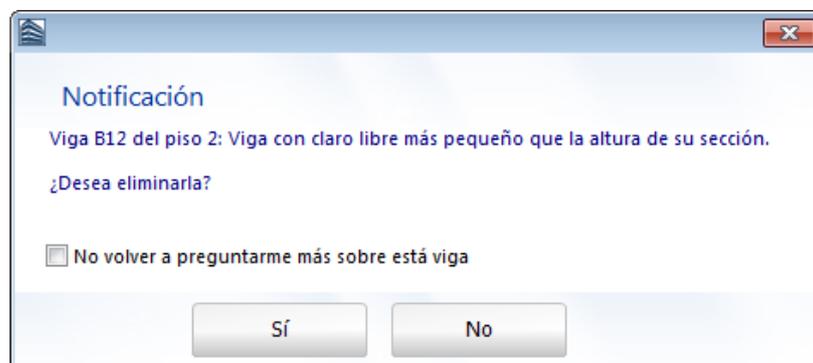
usuarios solo deben hacer clic en un miembro para cambiar sus propiedades. Se observa que las barras de refuerzo adicionales no se pueden copiar.



Ventana de Copiar Propiedades de Miembro

Adicionalmente, se ofrece la opción de reenumerar los miembros estructurales desde el menú principal (*Herramientas > Renumerar elementos*) o a través del botón correspondiente  de la barra de herramientas. Haciendo clic en el miembro el número seleccionado se le asigna y la enumeración de todos los miembros se cambia como corresponde.

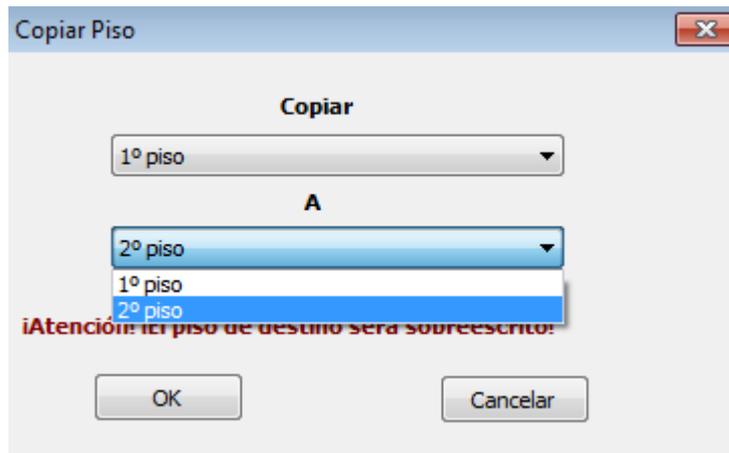
Luego de crear el modelo de un edificio, es relativamente común que una o más vigas cortas se creen inintencionalmente, debido a razones gráficas (p. ej. por extender el extremo de una viga más allá del borde de una columna). Por esta razón, un check en el menú principal (*Herramientas > Verificar Conectividad*) o a través el botón correspondiente  de la barra de herramientas, para revisar la existencia de cualquier viga con un claro libre menor que la altura de su sección debe llevarse a cabo. Si tal viga existe, el siguiente mensaje aparecerá, y el usuario puede seleccionar entre remover o mantener el elemento en el modelo.



Verificar Conectividad

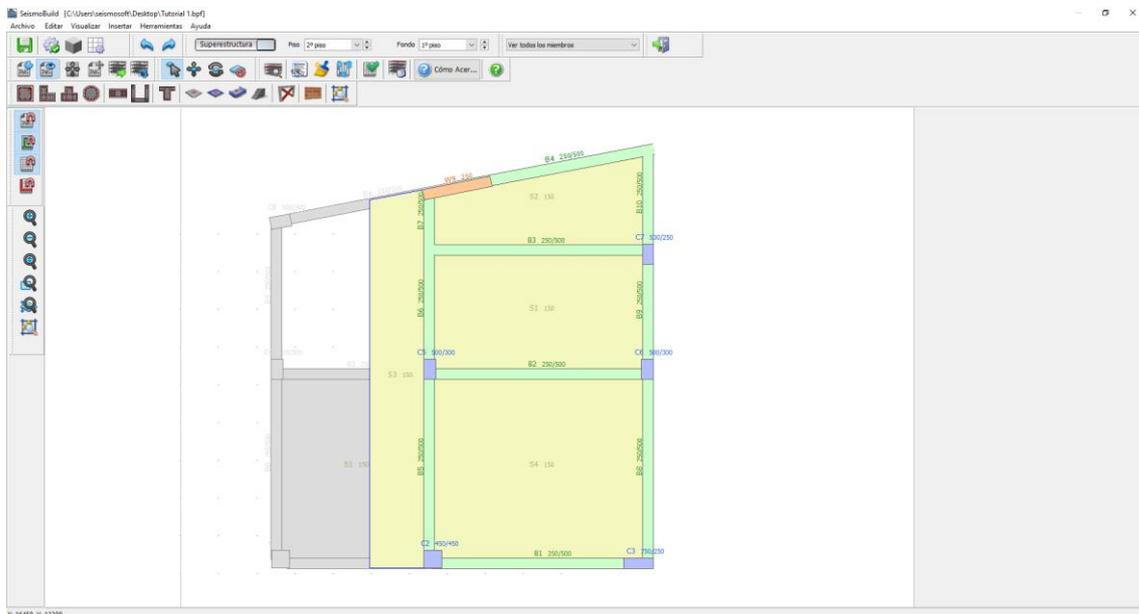
CREANDO NUEVOS PISOS

La posibilidad de crear nuevos pisos automáticamente, basado en los que ya han sido creados, se ofrece a través del menú principal (*Herramientas > Copiar Piso...*) o a través del botón correspondiente  de la barra de herramientas.



Copiar piso

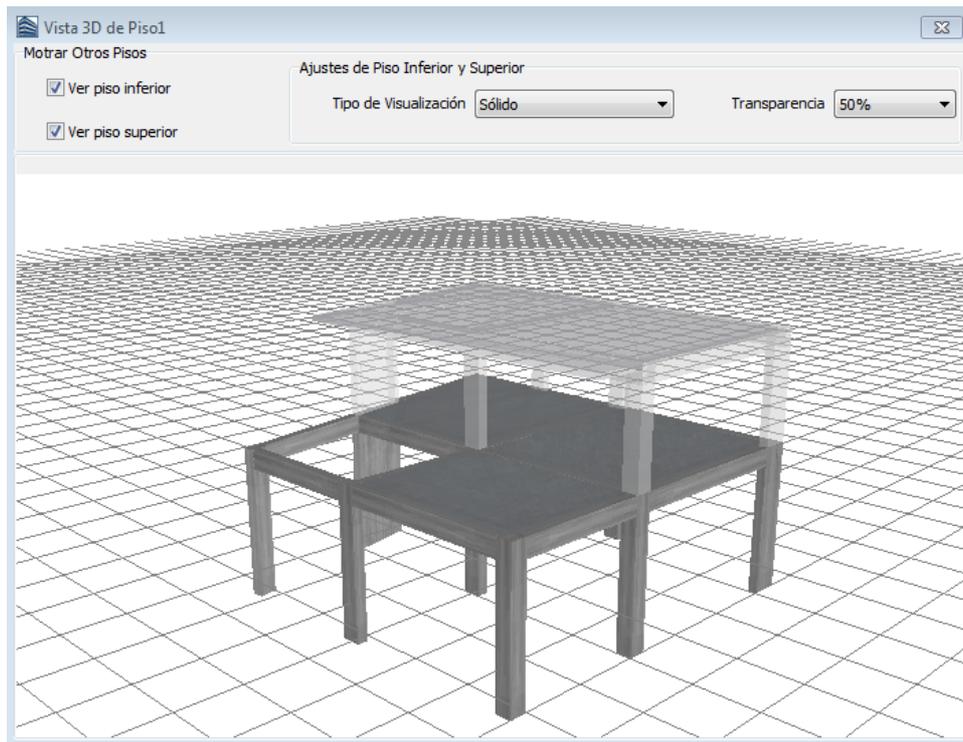
Nótese que los usuarios pueden usar la plantilla de un piso existente como fondo de pantalla, para poder así introducir fácilmente nuevos miembros en el otro piso.



Nuevo Piso y Fondo de Pantalla

VER MODELO 3D

La posibilidad de ver el modelo 3D del piso actual se ofrece a través del menú principal (*Ver > Modelo 3D de Pisos...*) o a través del botón  de la barra de herramientas.



Ventana de Vista de Pisos en 3D

OTRAS FUNCIONES DEL MODELADOR DE EDIFICIOS

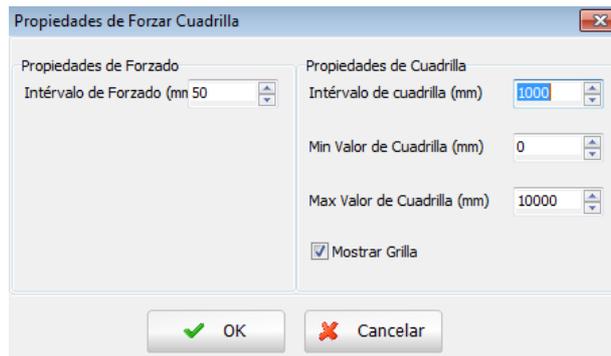
El Modelador de Edificios ofrece una variedad de herramientas para facilitar la introducción del diseño estructural:

- Diferentes niveles de zoom están disponibles para los usuarios (zoom in, zoom out, zoom dinámico, zoom a la ventana, centrar todo y zoom al miembro). Estas herramientas también están disponibles a través de los botones de la barra de herramientas del menú principal (*Ver >...*).



Herramientas de Zoom

- Mostrar o esconder el dibujo de CAD como fondo de pantalla puede hacerse desde el menú principal (*Ver > Mostrar/Ocultar DWG...*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas , luego de haber cargado el dibujo con el botón .
- Herramientas de forzado ofrecen la posibilidad de fijar el dibujo de CAD, el miembro y/o la cuadrilla. La cuadrilla (intervalo, valores máx y mín) y las propiedades de fijado (intervalo), así como si la cuadrilla es visible o no pueden definirse desde la ventana de diálogo de Propiedades de Forzado y Cuadrilla, accedida desde el menú (*Ver > Propiedades de Forzado y Cuadrilla*) o a través del botón  de la barra de herramientas.



Propiedades Fijado & Rejilla

Además, una herramienta de Ortho se provee; Ortho es la abreviatura en inglés de ortogonal, y permite la instrucción de elementos verticales y horizontales – pero no inclinados – miembros lineales (vigas o muros). De nuevo, todas estas herramientas pueden accederse desde el Menú (*Vista >...*) y a través de los botones correspondientes de la barra de herramientas.



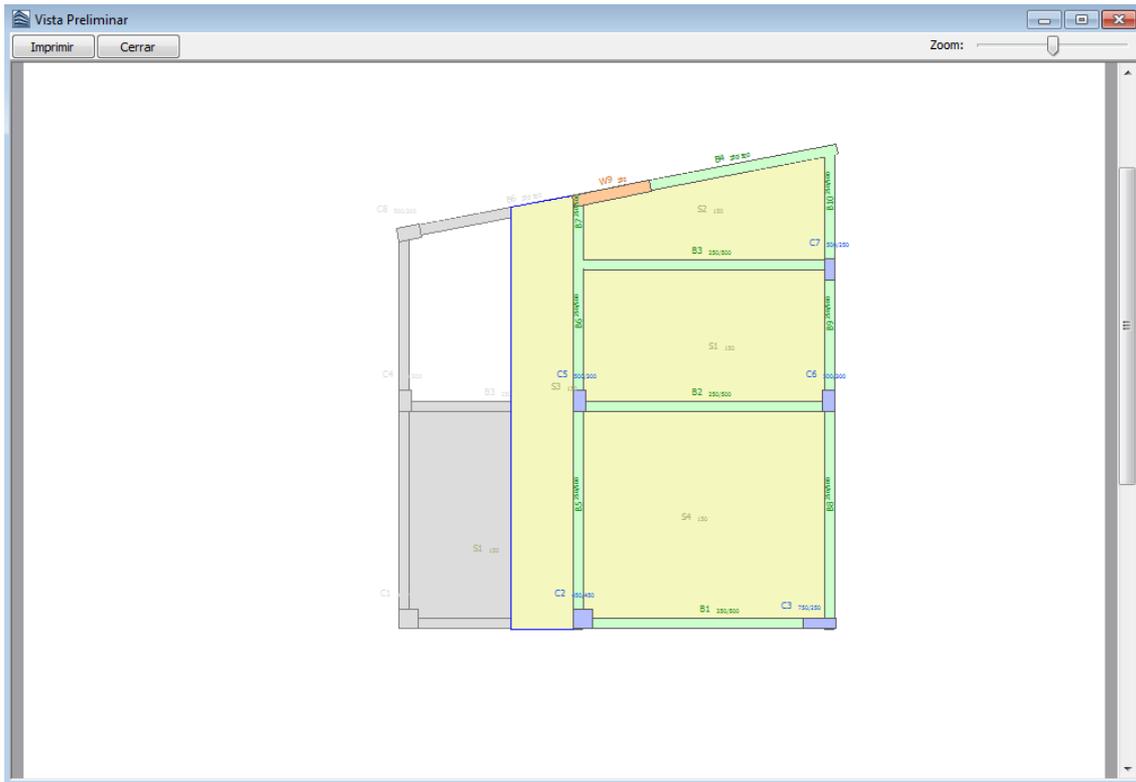
Herramientas de Forzado y Ortho

- Los ejes de origen del dibujo de CAD en el fondo de pantalla pueden moverse desde el menú principal (*Ver > Mover Centro de Ejes*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas



Mover centros de eje

- El edificio en la vista en planta también se puede mover desde el menú principal (Herramientas> Mover edificio) o mediante el botón de la barra de herramientas
- La opción de girar el edificio en vista en planta está disponible desde el menú principal (Herramientas> Mover edificio) o desde el botón de la barra de herramientas
- La posibilidad de deshacer y rehacer las últimas operaciones se ofrece desde el menú principal (*Editar > Deshacer*) / (*Editar > Rehacer*) o a través de los botones correspondientes de la barra de herramientas
- La vista en planta seleccionada puede imprimirse o ser prevista desde el menú principal (*Archivo > Imprimir... & Archivo > Imprimir Prevista*) o a través de los botones correspondientes de la barra de herramientas

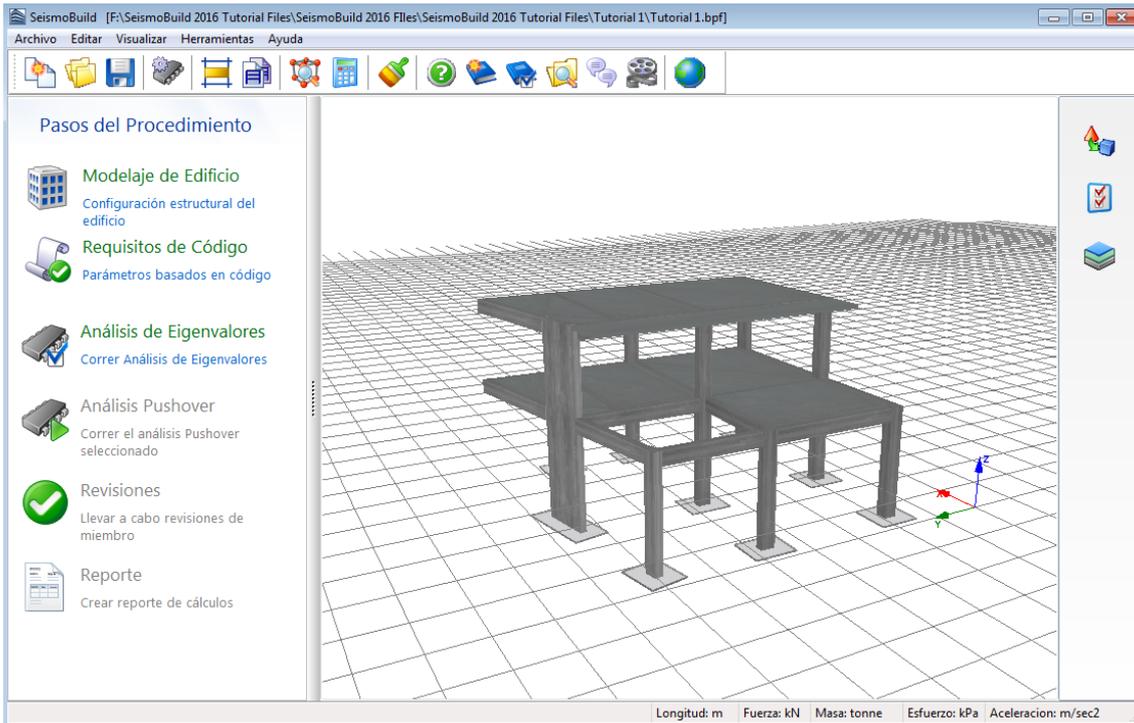


Vista Preliminar

SALVANDO Y GUARDANDO PROYECTOS DEL MODELADOR DE EDIFICIOS

El proyecto del Modelador de Edificio puede salvarse como un archivo de Modelador de Edificio (con la extensión *.bmf) desde el menú principal (*Archivo > Guardar Como...*) / (*Archivo > Guardar*) o a través del botón correspondiente  de la barra de herramientas. Nótese que este tipo de archivo no es un tipo de SeismoBuild (*.bpf), por tanto puede abrirse de nuevo solamente usando el Modelador de Edificio, desde el menú principal (*Archivo > Abrir*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas .

El modelo 3D de SeismoBuild puede visualizarse seleccionando el botón  o a través del menú principal (*Archivo > Salir y Crear Modelo 3D*).



Nuevo Modelo de SeismoBuild

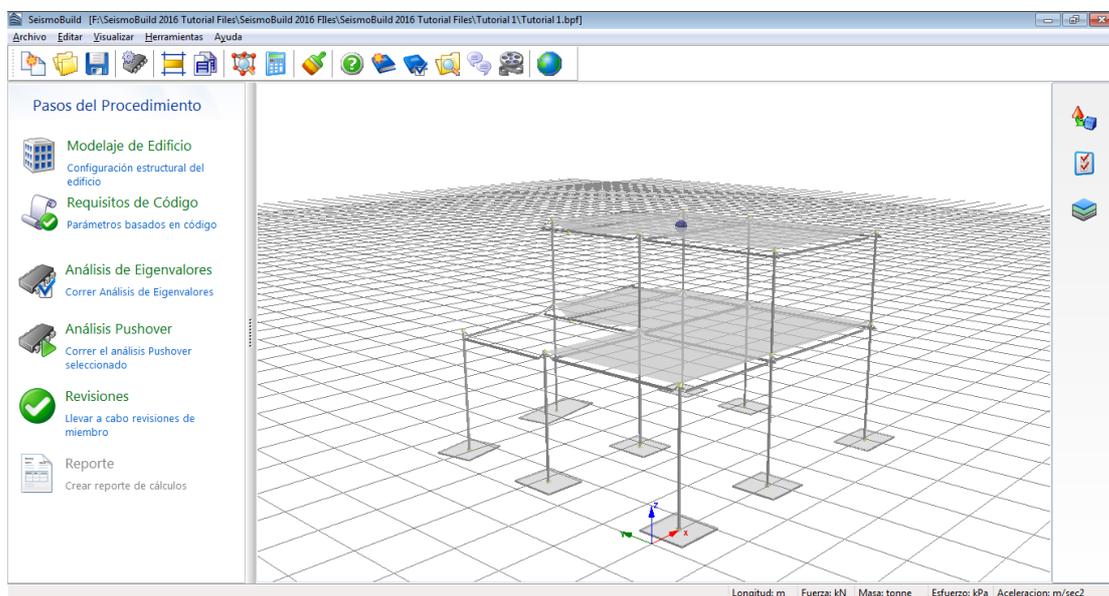
NOTA: Cuando se crea un archivo de proyecto desde el Modelador del Edificio, la masa estructural se modela mediante el peso específico del material y los parámetros de masa adicional de las secciones. El primero toma en cuenta la masa de las columnas, los muros y las vigas, mientras que los últimos toman en cuenta las masas que corresponden al peso propio de las losas, las cargas permanentes adicionales y vivas. Estas masas definidas son transformadas en cargas de gravedad, a través de los ajustes relevantes en el panel de Ajustes de Proyecto (Ajustes de Proyecto -> Masa y Gravedad), p. ej. "Cargas (SOLO en la dirección de la gravedad) se derivan a partir de las Masas, basándose en el valor g ".

Modelaje Estructural

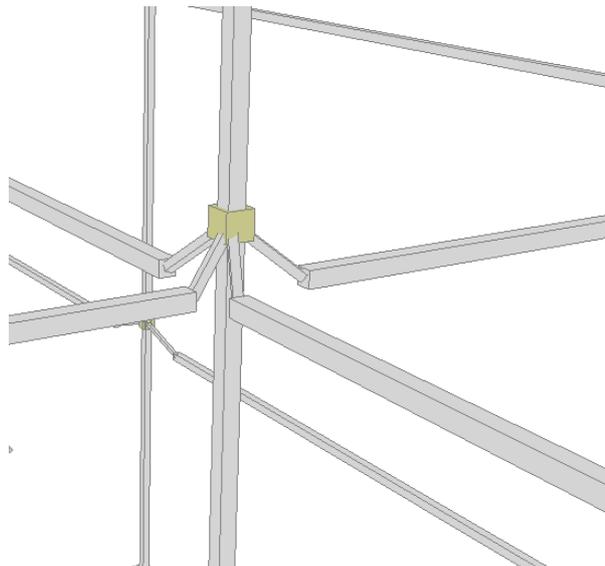
Después de que la entrada del modelo se define en el Modelador de Edificios, el programa crea automáticamente el modelo estructural de acuerdo con las siguientes reglas:

- Los miembros estructurales son modelados con elementos de pórtico inelásticos basados en fibra. Se consideran tanto las no linealidades geométricas como la inelasticidad material. Además, offsets en uniones de viga-columna se calculan automáticamente e incluyen en el modelo estructural.
- Existen once modelos de materiales no lineales para modelar el comportamiento del hormigón y del acero. El Mander et al. [1988] y el modelo Menegotto-Pinto [1973] se emplean por defecto para el hormigón y el acero, respectivamente. También está disponible un modelo especialmente creado para concreto de alta resistencia.
- Se dispone de cinco tipos de elementos, que consisten en una combinación de elementos basados en la fuerza y desplazados, con plasticidad distribuida o plasticidad agrupada (elementos de bisagra de plástico), además de uno elástico. En particular, los tipos de elementos disponibles son: (i) elemento de pórtico con formulación basada en fuerzas - infrmFB, (ii) elemento de pórtico con rótula plástica y formulación basada en fuerzas- infrmFBPH, (iii) elemento de pórtico con formulación basada en desplazamientos - infrmDBPH, (iv) elemento de pórtico con formulación basada en desplazamientos – infrmDB y (v) el elemento de pórtico elástico. El elemento de pórtico con formulación basada en desplazamientos debe usarse generalmente para miembros de longitud pequeña, por ejemplo para modelar columnas cortas.
- Con las formulaciones de plasticidad distribuidas (infrmFB e infrmDB), la propagación de la inelasticidad a lo largo de la longitud del miembro ya través de la profundidad de la sección se modela explícitamente, permitiendo una estimación precisa de la acumulación de daños. Esto tiene particular importancia en el modelado de las paredes de los pisos inferiores y especialmente a nivel del suelo, donde los grandes momentos de flexión y la distribución de la plasticidad no se concentran en los extremos de los miembros (en cuyo caso, un enfoque de rótula plástica sería adecuado), sino más bien a lo largo de toda la altura del piso. Teniendo en cuenta el papel dominante que desempeñan los muros de cortante en el comportamiento estructural general, esta característica separa SeismoBuild de otros paquetes de evaluación similares que modelan todos los miembros estructurales con rótula plástica y, por tanto, no simulan la distribución de inelasticidad a lo largo de toda la altura de la planta baja.
- Los tipos de elementos predeterminados empleados son los elementos con formulación basada en fuerza (rótula plástica) infrmFBPH para las columnas y vigas y los elementos de formulación basada en fuerza infrmFB para las paredes. Para elementos cortos se emplea la plasticidad distribuida con formulación en desplazamientos, para obtener una mejor estabilidad de análisis y mejor convergencia.
- Específicamente para las vigas, se consideran diferentes secciones transversales en las secciones de integración de elementos, de acuerdo con los patrones de refuerzo especificados (longitudinales y transversales) al inicio, centro y extremo del miembro. En las columnas y las paredes se emplea una sección transversal en toda la longitud del miembro.
- La acción de diafragma de las losas se modela a través de diafragmas rígidos.
- Las escaleras están modeladas con elementos elásticos de la anchura y profundidad especificadas.
- Las masas de columnas y vigas se incluyen directamente en el modelo.
- Las masas de losas se aplican a las vigas de apoyo como masas y cargas adicionales.
- La opción predeterminada para la ubicación del nodo de control se determinada automáticamente por el programa como el centro de masa del piso superior o del piso inferior a aquel (en el caso de tener una masa de piso superior inferior al 10% del piso inferior). Los usuarios pueden definir el nodo de control en un piso diferente.
- Los elementos de columna se consideran fijos en el nivel de cimentación. Se pueden emplear diferentes niveles de cimentación y en diferentes pisos para diferentes columnas de la misma estructura.

- Los aisladores elastoméricos y elastoméricos con núcleo de plomo se modelan como tipo de elemento aislador1 y los deslizadores de superficie curva se modelan como tipo de elemento aislador2.
- Las zapatas individuales se modelan como links con un nodo fijado al suelo y el otro nodo conectado a través de un vínculo rígido al elemento de columna basada en la zapata. El link que modela la zapata individual puede ser elástico o no elástico
- Las zapatas corridas se modelan utilizando elementos inelásticos basados en desplazamiento. En particular, las zapatas corridas se separan en partes lineales más pequeñas, cada una modelada como un elemento de marco inelástico basado en desplazamiento (infrmDB). En cada punto donde una columna o pared está conectada a la zapata corrida, se utiliza un link (ya sea lineal o no lineal) para simular la conexión al suelo. En particular, un nodo del link está fijo en el suelo y el otro nodo está conectado a la zapata corrida. La columna está conectada a la zapata continua a través de un vínculo rígido.
- Las vigas de conexión se modelan utilizando elementos de marco inelástico de rótula plástica basados en fuerzas (infrmFBPH).



Ventana Principal de - Mostrar Modelo FE



Offsets en los Elementos

Requisitos de Código

Los requisitos de código se pueden definir a través de un cuadro de diálogo  al que se accede en la ventana principal de SeismoBuild.

El área Requisitos de código incluye una serie de páginas en las que se puede determinar la configuración necesaria para los análisis y las comprobaciones de acuerdo con el Código o Estándar seleccionado. Los códigos disponibles en la versión actual de SeismoBuild son el Eurocódigo 8-Parte 3 con la mayoría de los anexos nacionales disponibles, el Código Americano de Evaluación Sísmica e Intervención de Edificios Existentes (ASCE 41-23), el Código Sísmico Nacional Italiano (NTC-18), el Código Griego de Intervenciones Sísmicas (KANEPE) y el Código de Construcción y Evaluación Sísmica de Turquía (TBDY) una vez seleccionado el código, las páginas se modifican respectivamente.



Códigos Disponibles

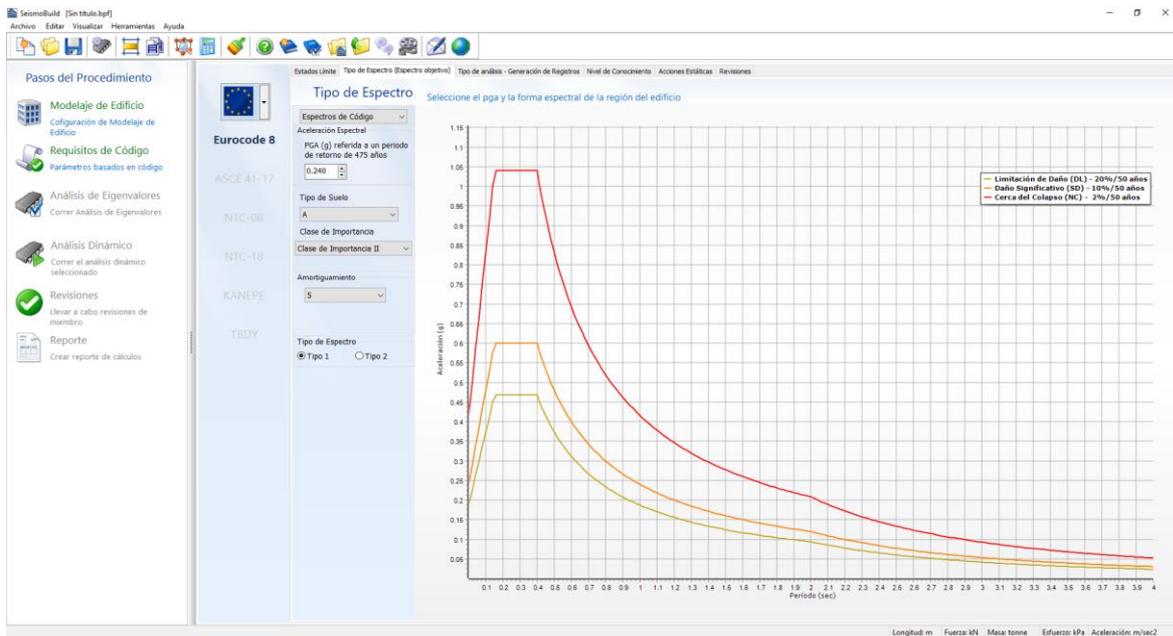
Las páginas disponibles dentro del área de Requisitos de Código se enumeran a continuación y se describirán en detalle en los siguientes párrafos:

- Estados Límite / Objetivos de Desempeño
- Acción Sísmica (Espectro Objetivo)

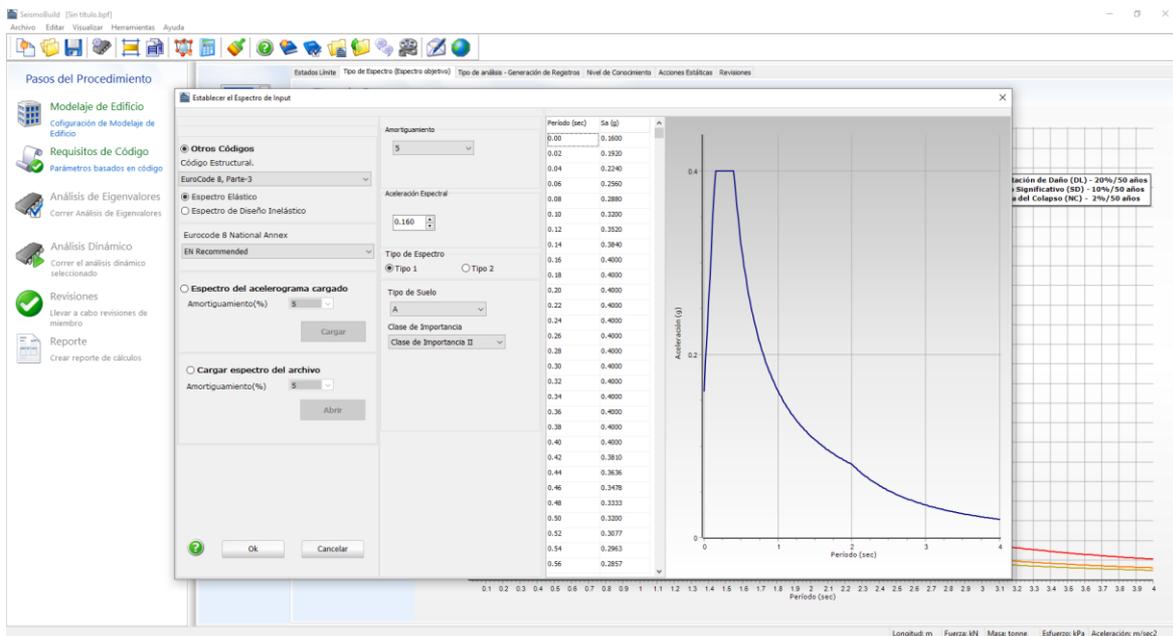
ACCIÓN SÍSMICA (ESPECTRO OBJETIVO)

Aquí se determina el espectro elástico de respuesta y se escala a los valores de la aceleración del terreno de diseño establecidos para los diferentes Estados Límite. El espectro elástico de respuesta puede derivarse del código utilizado en el proyecto específico (opción de espectro basado en código) o puede ser definido por el usuario (opción de espectro definido por el usuario). En el caso de espectros basados en código, los usuarios deben asignar los parámetros básicos necesarios para la generación del espectro (es decir, aceleración máxima del suelo, amortiguación, tipo de espectro, tipo de suelo y clase importante). Para obtener más información, puede consultar la correspondiente sección del Código seleccionado (Apéndice A.1 - EUROCODES, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC-18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY).

En el caso de espectros definidos por el usuario, los usuarios pueden seleccionar de una lista de 29 espectros definidos por varios códigos nacionales en todo el mundo (opción Spetrum Basado en Código), donde nuevamente deben proporcionar los parámetros básicos para la definición de la forma espectral. También existe la opción de cargar un acelerograma del cual se calculará el espectro elástico de respuesta (opción Espectro desde el acelerograma cargado) o cargar un espectro elástico desde un archivo (opción Cargar espectro desde el archivo).



Módulo de Acción Sísmica (Opción de Espectros Basados en Código)



Módulo de Acción Sísmica (opción de Espectros Definidos por el Usuario)

- Tipos de (Perfil de Carga Lateral o Generación de Registros)
- Nivel de Conocimiento
- Acciones Estáticas
- Límites de Deriva Entre Pisos
- Desplazamiento Objetivo
- Revisiones

NOTA: Los Códigos disponibles dependen de la edición de SeismoBuild. Los usuarios deben seleccionar la edición con los códigos requeridos.

ESTADOS LÍMITE

Aquí los usuarios pueden definir los estados límite que se utilizarán para revisar la estructura.

En los casos de los Eurocódigos, el estado de daño en la estructura se define a través de tres estados límite, a saber, Cercano al Colapso (NC), Daño Significativo (SD) y Limitación de Daño (DL). Se observa que la selección del estado o estados límite que deben controlarse en cada país se puede encontrar en el anexo nacional correspondiente. En consecuencia, la selección de un Anexo Nacional de los disponibles definirá si los tres Estados Límite, dos o uno de ellos serán empleados durante las Revisiones Basadas en Código.

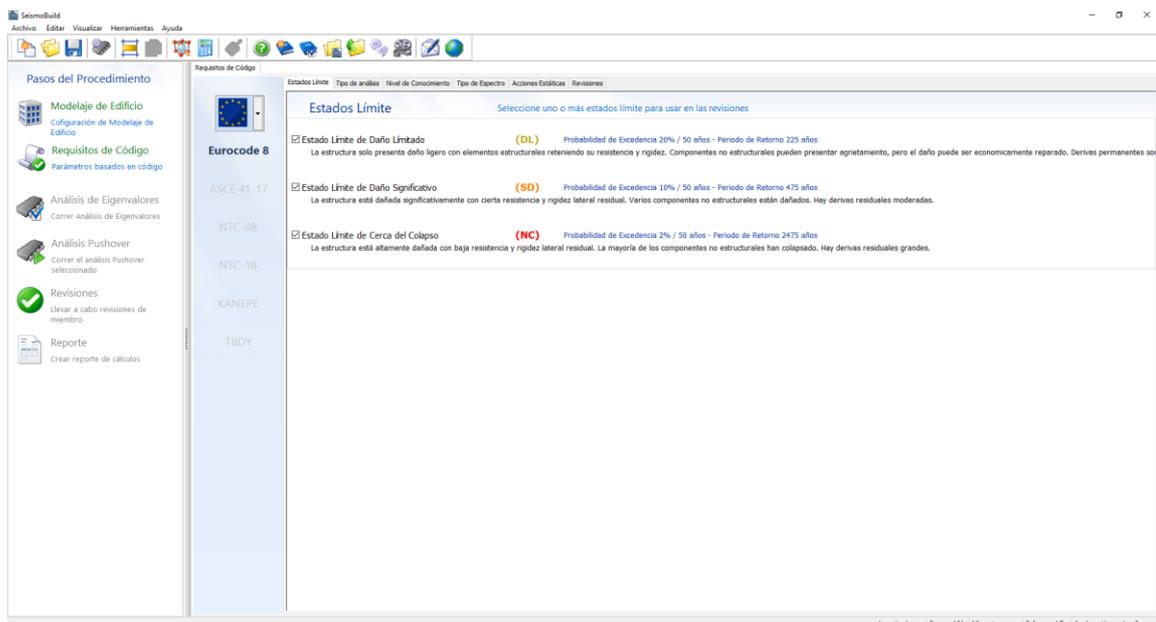
Los niveles de desempeño empleados en ASCE 41-23 consisten en combinaciones de los niveles de desempeño meta del edificio objetivo (nivel operacional, ocupación inmediata, seguridad de la vida y prevención del colapso) y acciones sísmicas (2%, 5%, 20% y 50% de probabilidades de superación de la acción sísmica dentro de un ciclo de vida convencional de 50 años).

Los estados límite correspondientes al Código italiano son cuatro, es decir, el estado límite de Nivel Operacional (OL), Limitación de Daño (DL), Seguridad de Vida (LS) y Prevención de Colapso (CP). Aparte de los estados límite considerados, los usuarios pueden especificar la ubicación de la estructura en el territorio italiano, el tiempo de vida de la estructura y su clase de importancia, y los parámetros necesarios para la derivación de espectros se calculan automáticamente.

Los objetivos de desempeño empleados en KANEPE consisten en la combinación de los requerimientos de desempeño (Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida y Prevención de Colapso) y sísmicas (10% y 50% de probabilidades de superación de la acción sísmica dentro de un ciclo de vida convencional de 50 años).

Los niveles de desempeño para TBDY consisten en combinaciones de los niveles de desempeño del edificio objetivo (uso continuo, ocupación inmediata, seguridad de vida y prevención de colapso) y acciones sísmicas (2%, 10%, 50% y 68% de probabilidades de superar la acción sísmica dentro de un ciclo de vida convencional de 50 años).

Una descripción detallada de los estados límite está disponible en el apéndice correspondiente para el código seleccionado (Apéndice A.1 - Eurocódigos, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC 18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY).

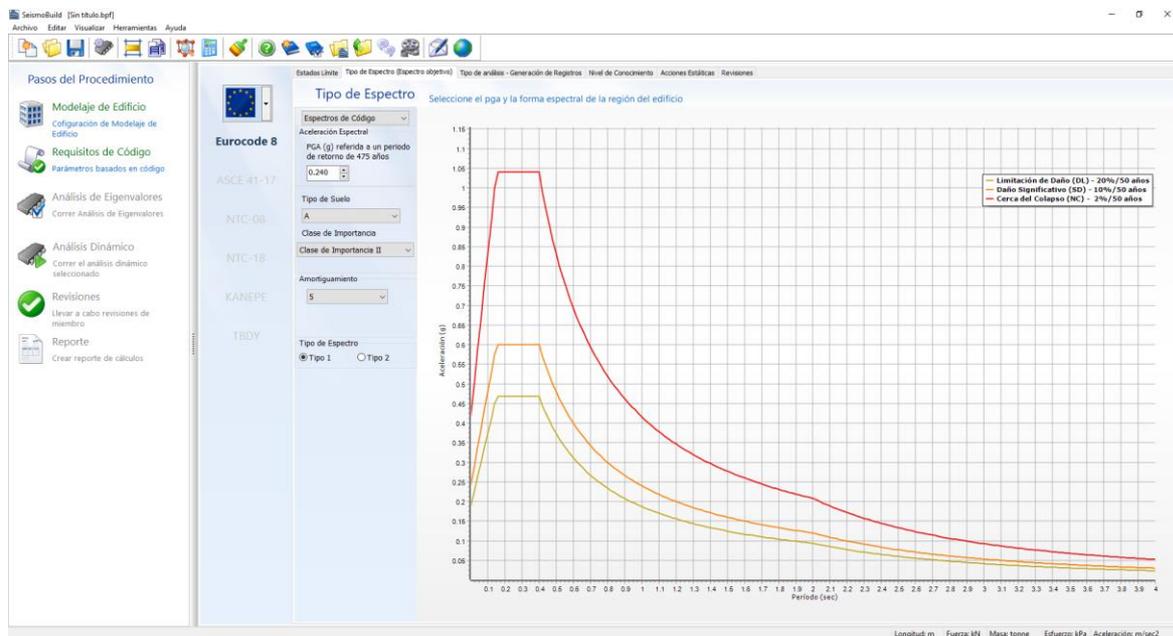


Módulo de Estados Límite

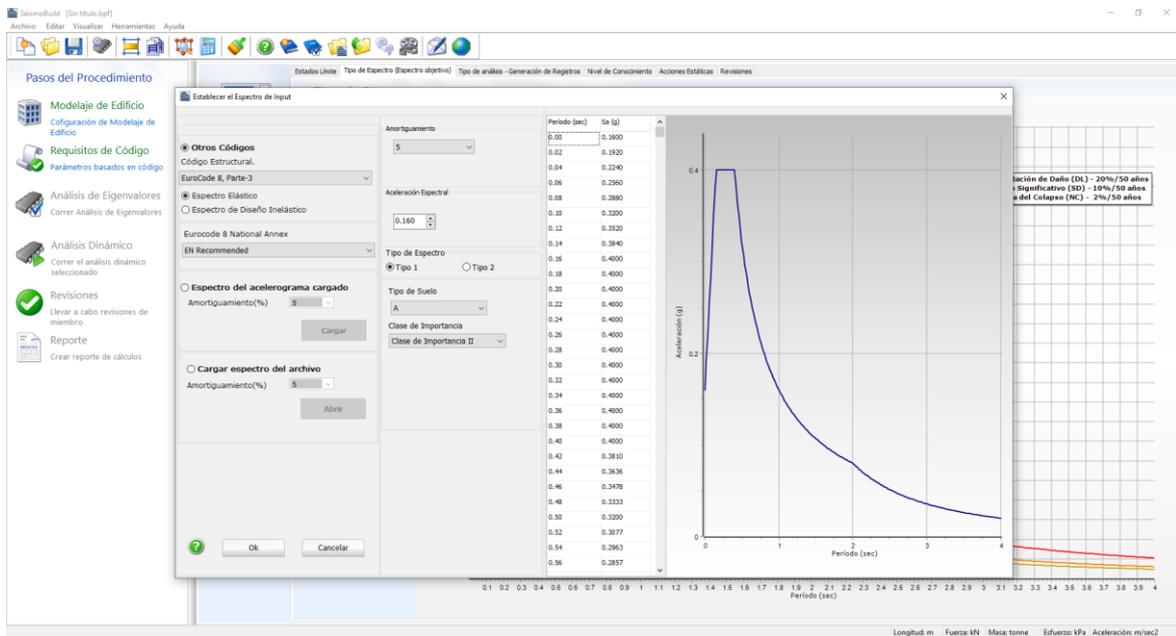
ACCIÓN SÍSMICA (ESPECTRO OBJETIVO)

Aquí se determina el espectro elástico de respuesta y se escala a los valores de la aceleración del terreno de diseño establecidos para los diferentes Estados Límite. El espectro elástico de respuesta puede derivarse del código utilizado en el proyecto específico (opción de espectro basado en código) o puede ser definido por el usuario (opción de espectro definido por el usuario). En el caso de espectros basados en código, los usuarios deben asignar los parámetros básicos necesarios para la generación del espectro (es decir, aceleración máxima del suelo, amortiguación, tipo de espectro, tipo de suelo y clase importante). Para obtener más información, puede consultar la correspondiente sección del Código seleccionado (Apéndice A.1 - EUROCODES, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC-18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY).

En el caso de espectros definidos por el usuario, los usuarios pueden seleccionar de una lista de 29 espectros definidos por varios códigos nacionales en todo el mundo (opción Spectrum Basado en Código), donde nuevamente deben proporcionar los parámetros básicos para la definición de la forma espectral. También existe la opción de cargar un acelerograma del cual se calculará el espectro elástico de respuesta (opción Espectro desde el acelerograma cargado) o cargar un espectro elástico desde un archivo (opción Cargar espectro desde el archivo).



Módulo de Acción Sísmica (Opción de Espectros Basados en Código)



Módulo de Acción Sísmica (opción de Espectros Definidos por el Usuario)

TIPOS DE ANÁLISIS (PERFIL DE CARGA LATERAL O GENERACIÓN DE REGISTRO)

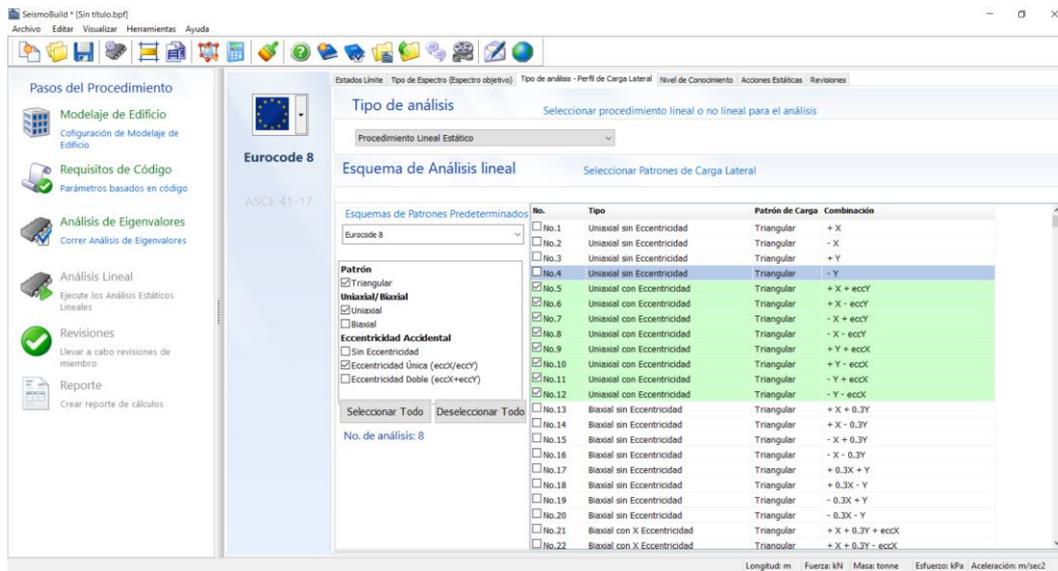
En SeismoBuild están disponibles métodos lineales y no lineales para la evaluación de edificios. Se puede seleccionar el procedimiento Linear Estático y Linear Dinámico, así como los dos métodos más precisos para la evaluación de edificios existentes, es decir, el análisis pushover estático no lineal y el análisis dinámico tiempo-historia no lineal.

Procedimiento Estático Lineal

Con el Procedimiento Estático Lineal (Método de Fuerza Lateral con las convenciones de nomenclatura EC8) se supone que una distribución de fuerza pseudo-sísmica lateral con un perfil triangular se aproxima a la carga sísmica. Las fuerzas se aplican a un modelo estructural elástico lineal, para calcular las fuerzas internas y los desplazamientos del sistema.

Los diferentes patrones de carga que se aplicarán a la estructura se definen en este módulo de dos formas:

- La primera forma incluye seleccionar uno de los esquemas de patrones definidos por los Códigos, es decir (i) Combinaciones básicas, (ii) Eurocódigo 8, (iii) ASCE 41-23, (iv) NTC- 18, (v) KANEPE y (vi) TBDY. Al elegir uno de estos esquemas, se seleccionarán los patrones de carga adecuados.
- La segunda forma incluye elegir patrones de carga individuales definidos por el usuario de las casillas de verificación correspondientes. Los usuarios pueden decidir sobre la aplicación simultánea o no de las cargas incrementales laterales en las dos direcciones horizontales (patrones de carga Uniaxial o Biaxial) y la existencia o no de Excentricidad Simple y / o Doble.

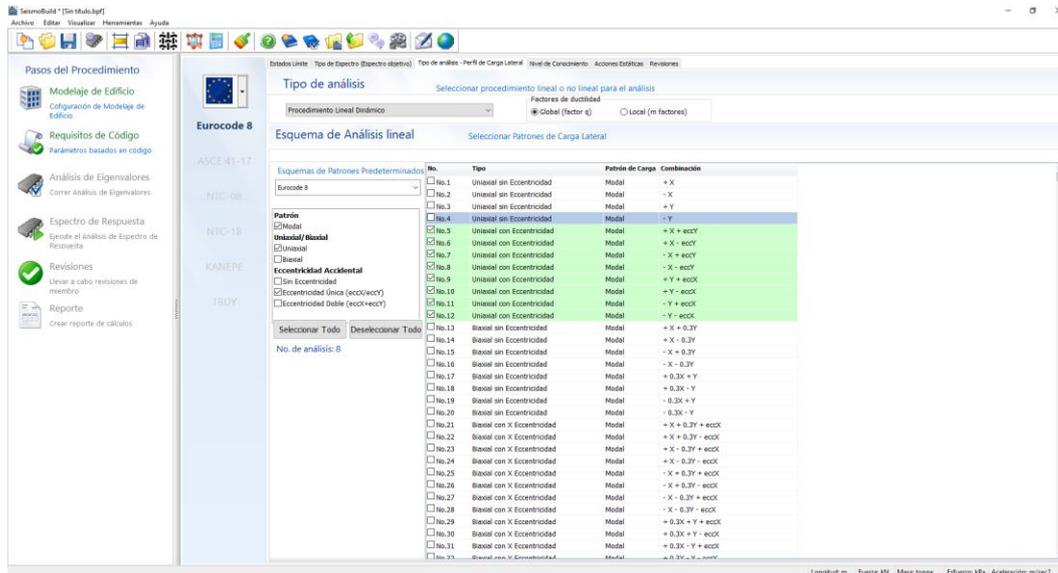


Módulo de tipo de análisis para el procedimiento Estático Lineal

Los usuarios pueden consultar la sección General del Procedimiento Estático Lineal de este manual para obtener más información sobre los patrones de carga.

Procedimiento Dinámico Lineal

El Procedimiento Dinámico Lineal (Análisis Modal de Espectro de Respuesta, de acuerdo con las convenciones de nomenclatura EC8) es similar al Procedimiento Estático Lineal, al menos en lo que respecta al enfoque de modelado. El modelo es elástico y no hay degradación de la rigidez durante el análisis. Sin embargo, el método es algo más sofisticado, ya que el perfil de las fuerzas laterales ya no es arbitrario, sino que se calcula como una combinación de las contribuciones modales de los diferentes modos de vibración de la estructura.



Módulo de tipo de análisis para el Procedimiento Dinámico Lineal

Procedimiento Estático No Lineal

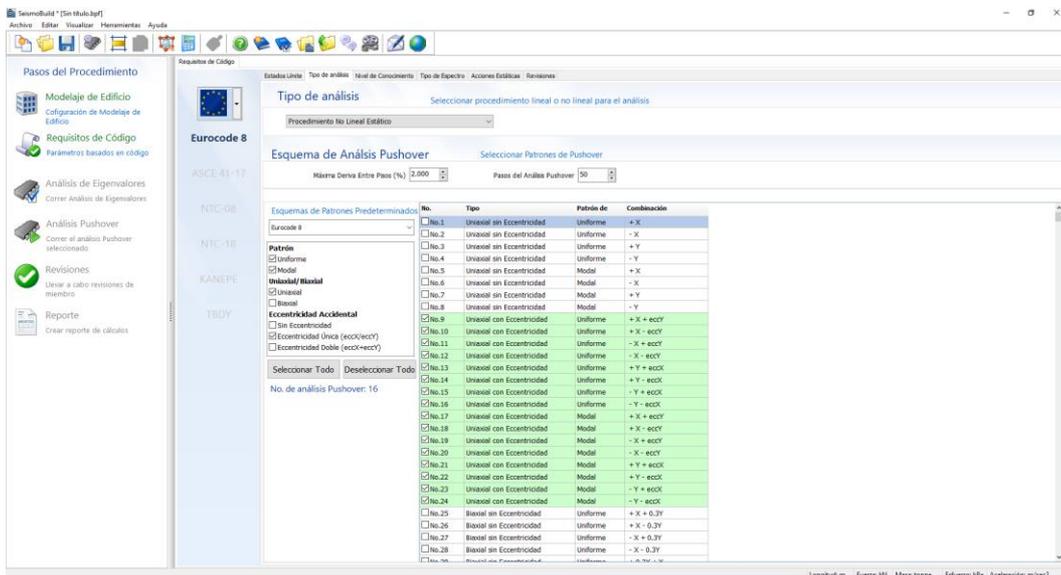
El análisis Pushover esta realizado bajo cargas de gravedad constante y fuerzas laterales incrementales aplicadas en la ubicación de las masas para simular las fuerzas de inercia inducidas por la acción sísmica.

Dado que el modelo puede tomar en cuenta la no linealidad tanto geométrica como mecánica, este método puede describir la evolución de los mecanismos plásticos esperados y el daño estructural.

Los diferentes patrones de carga que se aplicarán a la estructura se definen en este módulo de dos maneras:

- El primero es mediante la selección de uno de los esquemas de patrones definidos por los Códigos, es decir, (i) Combinaciones Básicas, (ii) Eurocódigo 8, (iii) NTC 2008 y (iv) KANEPE. Al elegir uno de estos esquemas, se seleccionarán los patrones de carga apropiados.
- La segunda forma es elegir los patrones de carga individuales definidos por el usuario en las casillas de verificación correspondientes. Los usuarios pueden decidir sobre la distribución vertical de las cargas (patrones uniformes y/o modales), la aplicación simultánea o no de las cargas incrementales laterales en las dos direcciones horizontales (patrones de carga uniaxial o biaxial) y la existencia o no de cargas individuales y/o excentricidad doble.

El desplazamiento máximo entre plantas en las direcciones X e Y, así como los pasos de análisis en las direcciones X e Y, también se definen aquí.



Módulo de Tipo de Análisis

Los usuarios pueden consultar la sección General de Pushover Análisis de este Manual para obtener más información sobre los patrones de carga.

Análisis Dinámico No Lineal

En el análisis dinámico tiempo-historia, un modelo matemático que incorpora directamente las características de carga-deformación no lineal de los componentes individuales del edificio está sujeto a movimientos sísmicos representados por aceleraciones del suelo.

En lugar de las distribuciones de fuerzas laterales que se utilizan en el análisis Pushover no lineal, en el caso del análisis dinámico, se aplica un registro de terremoto en el nivel de la cimentación del edificio en forma de tiempo-historias de aceleración. En SeismoBuild, los acelerogramas pueden ser (a) registros artificiales o sintéticos que coincidan con el espectro objetivo dado o (b) cargados directamente por el usuario.

La integración directa de las ecuaciones de movimiento se logra utilizando algoritmos de integración apropiados, como el algoritmo de integración α numéricamente disipativo (esquema Hilber-Hughes-Taylor HHT) o un caso especial del primero algoritmo, el conocido esquema de Newmark.

Al seleccionar este tipo de análisis, se debe especificar el método de generación de los acelerogramas que se utilizarán en el análisis. El usuario puede seleccionar el número de acelerogramas artificiales que

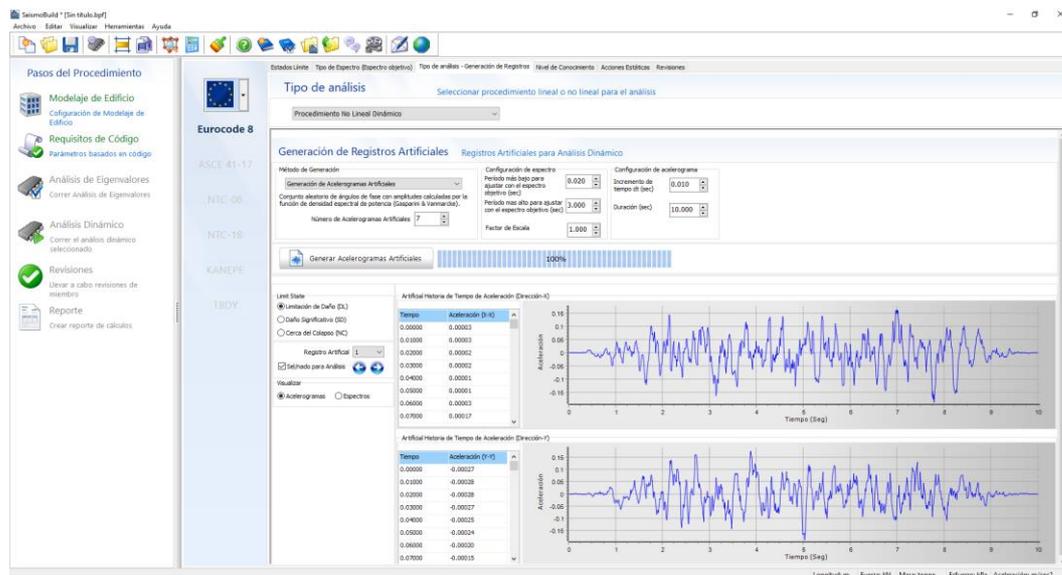
se generarán, la configuración del espectro objetivo (período mínimo y máximo para la coincidencia y el factor de escala para el espectro objetivo definido), la configuración de registro (paso de tiempo y duración), así como el algoritmo de generación.

Los tres métodos disponibles en SeismoBuild para la simulación de acelerogramas artificiales:

- Generación y ajuste de acelerogramas sintéticos [Hallodorsen & Papageorgiou, 2005]
- Generación de acelerogramas artificiales [Gasparini & Vanmarcke, 1976], que es la opción predeterminada
- Generación y ajuste de acelerogramas artificiales

Los métodos de Generación de Acelerograma Artificial y Generación y Ajuste de Acelerograma Artificial se basan en la adaptación de un proceso aleatorio a un espectro objetivo. La adaptación se basa en el contenido de frecuencias utilizando el método de transformación de Fourier, y el ajuste en el segundo método se realiza en el dominio de las frecuencias. Para la generación de un acelerograma en ambos casos solo se requiere el espectro objetivo.

Por el contrario, para la generación de acelerogramas sintéticos se requieren algunos conocimientos básicos del entorno geotectónico y las condiciones del suelo relativas a la región/sitio de interés. El acelerograma artificial se define de un acelerograma sintético y adaptando su contenido de frecuencia mediante el Método de Transformación de Fourier. Este método es capaz de proporcionar buenos resultados de manera eficiente, pero tiene la desventaja de entradas adicionales además de la forma del espectro objetivo (régimen de terremoto, campo cercano o lejano, la magnitud esperada del terremoto, la distancia desde la fuente y las condiciones del suelo).

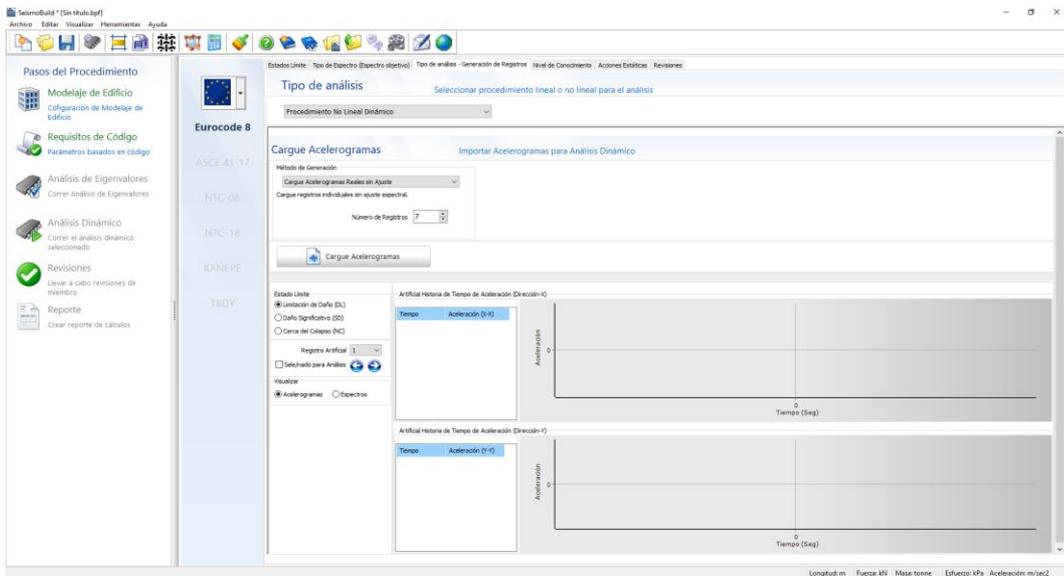


Módulo de tipo de análisis para análisis dinámico con módulo de generación de registros artificiales en exhibición

En lugar de seleccionar uno de los tres métodos de generación de acelerogramas artificiales mencionados anteriormente, existe la opción de cargar acelerogramas reales sin ajuste. Al seleccionar esta cuarta opción en el menú Método de generación, se muestra el módulo Cargar Acelerogramas Reales.

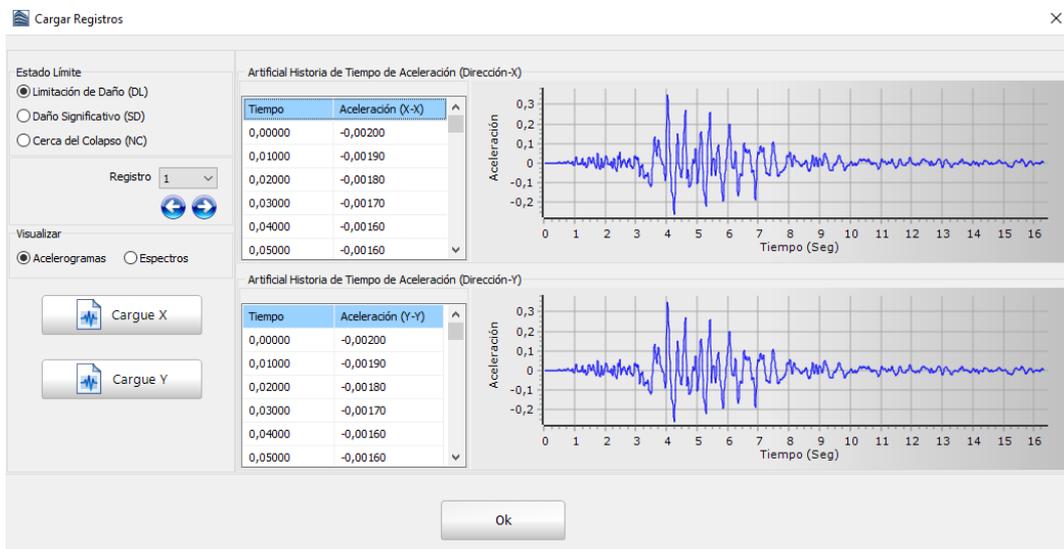
La visualización del espectro RotD100 también está disponible.

La capacidad de utilizar solo el componente X o solo el componente Y del acelerograma, al realizar un análisis de historial de tiempo dinámico en el Procedimiento Dinámico No Lineal, también está disponible en todos los métodos mencionados anteriormente.



Módulo de tipo de análisis para Análisis Dinámico No lineal con el módulo Cargar Acelerogramas seleccionado

Aquí se debe seleccionar el número de registros y luego seleccionar Cargar Acelerogramas y en la ventana Cargar Registros que aparece cargar los acelerogramas que se utilizarán en el análisis. Específicamente, seleccionando Cargar X y Cargar Y en la ventana Cargar Registros, se abre la ventana Parámetros del Archivo de Entrada donde se puede seleccionar y cargar el archivo de acelerograma para la dirección del terremoto correspondiente. En total, por cada registro especificado se deben cargar dos acelerogramas por Estado Límite. Después de cargar un acelerograma, no se pueden realizar más ajustes en SeismoBuild.



Ventana Cargar Registros

Parámetros de Archivo de Entrada

Primera Línea: 6
 Última Línea: 3638
 Incremento de tiempo: 0,01
 Factor de Escala: 1,0

Valor único de aceleración por línea
 Tiempo & Valores de aceleración por línea
 Múltiples valores de aceleración por línea
 ESM Formato
 SMC Formato
 PEER NGA Formato
 SHAKE Formato

Columna Aceleración: 2
 Columna de Tiempo: 1

Descripción del Registro: Friuli.dat

Frecuencia: 1
 Valores Iniciales Saltados: 0

Valores por Defecto del Programa

Archivo de Aceleración

```

The Friuli (Italy) earthquake of May 06, 1976.
Source: PEER Strong Motion Database
Recording station: TOLMEZZO(000)
Frequency range: 0.1-30.0 Hz
Time[s] Accel[g]
0.0000 -0.0020
0.0100 -0.0019
0.0200 -0.0018
0.0300 -0.0017
0.0400 -0.0016
0.0500 -0.0016
0.0600 -0.0015
0.0700 -0.0015
0.0800 -0.0015
  
```

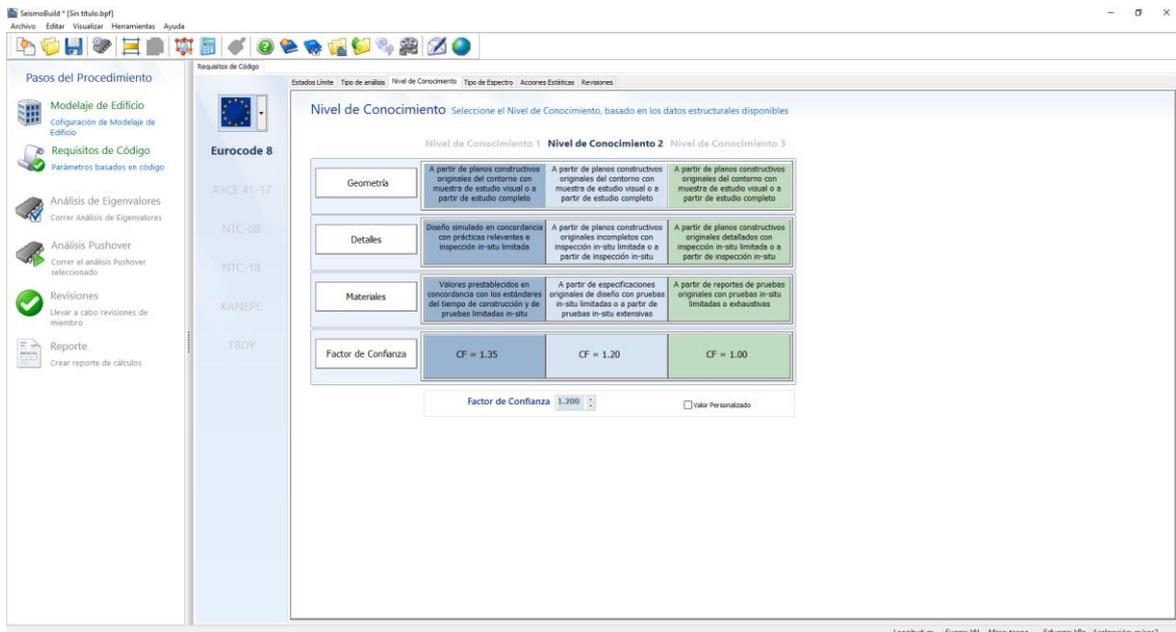
Línea:1 Pos:0

Ventana de parámetros del archivo de entrada

La visualización del espectro RotD100 también está disponible

Los usuarios pueden consultar la sección General del Análisis Pushover y Análisis Dinámico de este Manual para obtener más información sobre los patrones de carga. Nivel de Conocimiento

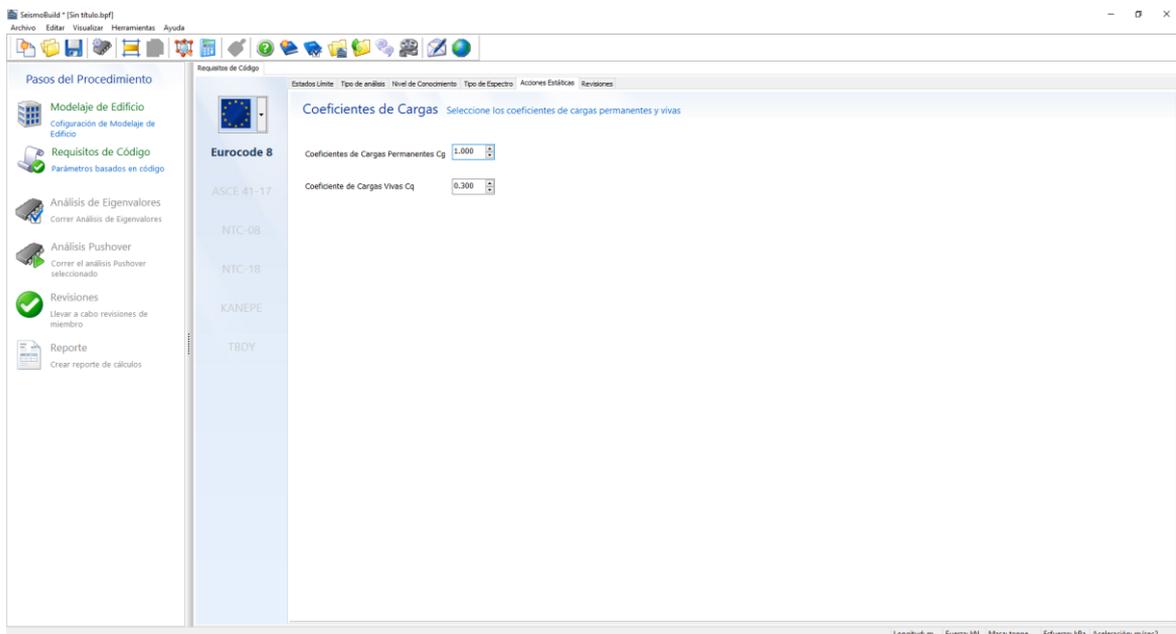
En este módulo los usuarios pueden seleccionar el Nivel de conocimiento que corresponde a los datos disponibles en la configuración estructural. Se definen tres niveles de conocimiento. En Apéndice A.1 - Eurocódigos, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC 18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY, se ofrece una descripción más detallada de los factores que determinan el nivel de conocimiento alcanzado. Los valores por defecto para el factor de confianza son los recomendados en el Código correspondiente, aunque también es posible asignar valores diferentes seleccionando la casilla de verificación Valor Personalizado (por ejemplo, según el Anexo nacional del país para el caso de los Eurocódigos).



Módulo de Nivel de Conocimiento

ACCIONES ESTÁTICAS

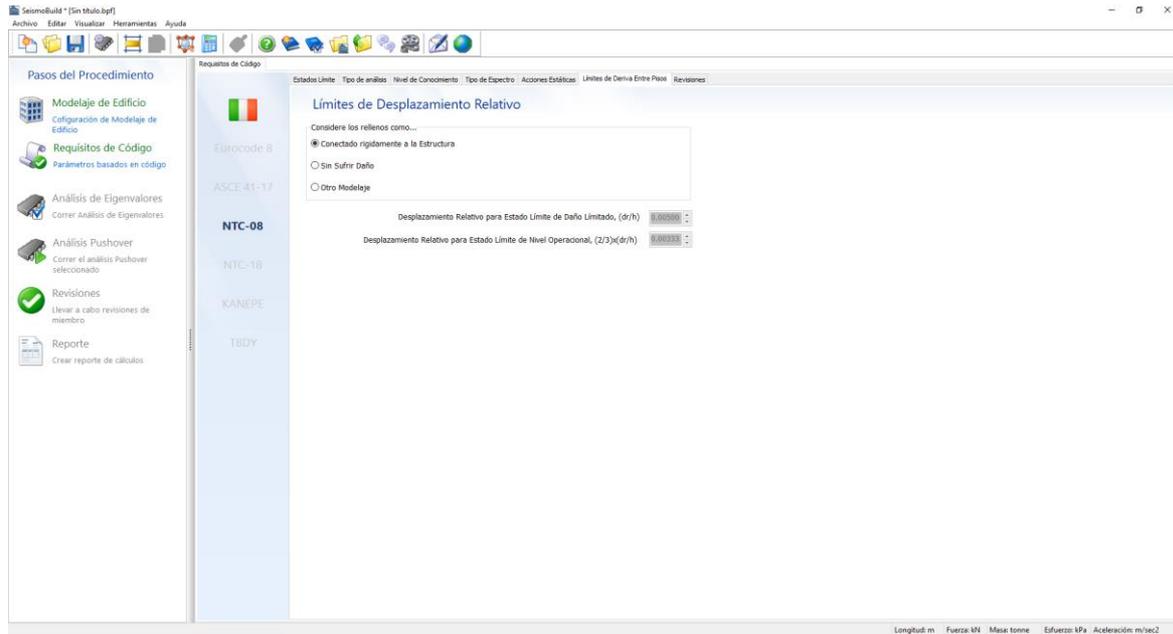
En este módulo se asignan los coeficientes de carga permanente y en vivo. Como se describe en la sección General del Análisis Lineal y, además de las cargas verticales introducidas en los análisis estáticos no lineales se aplican las cargas permanentes y vivas, que también se utilizan para la definición de la masa estructural en el Análisis de Eigenvalores. El coeficiente de carga de nieve también se asigna en el caso del código ASCE 41-23 o TBDY.



Módulo de Acciones Estáticas

LÍMITES DE DERIVA ENTRE PISOS

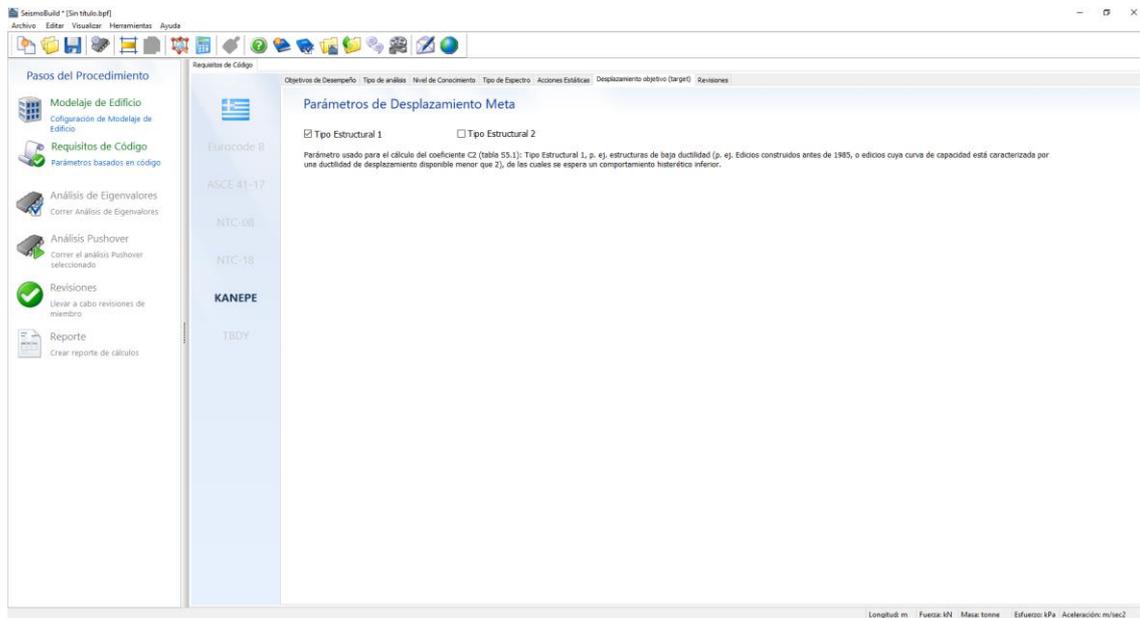
En el NTC se puede realizar una comprobación adicional para los estados límite de Nivel Operacional y Limitación de Daños, como se describe en la sección de Ductilidad de las Uniones del Apéndice A.3 – NTC 18. Los usuarios pueden definir a través de este módulo si los infills se considerarán rígidamente conectados a la estructura, o se espera que no sufran daños, para especificar la deformación relativa del objetivo en cada piso. Alternativamente, pueden asignar valores definidos por el usuario, seleccionando la otra opción de modelado.



Módulo de Derivas Entre Pisos

DESPLAZAMIENTO OBJETIVO

Aquí se especifica el tipo estructural del edificio para la definición correcta del factor C2, tomado en consideración en los cálculos de desplazamiento objetivo de KANEPE (ver la sección Desplazamiento objetivo del Apéndice A.3 – KANEPE). Se observa que el factor C2 tiene en cuenta la influencia de la forma de la curva de histéresis en el desplazamiento máximo.



Módulo de Desplazamiento Objetivo

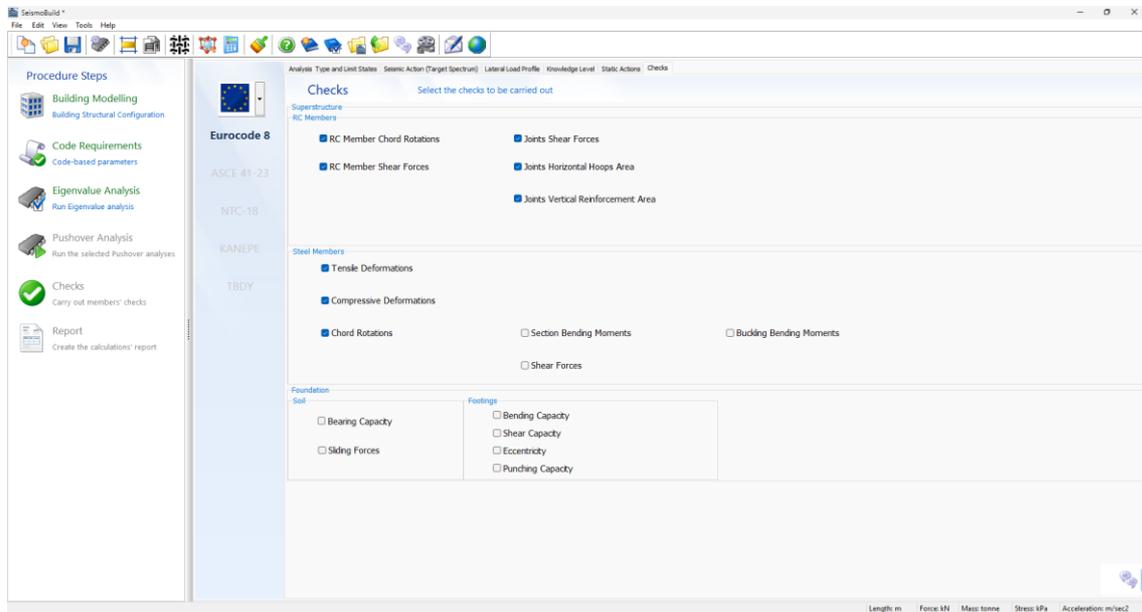
REVISIONES

En este caso, pueden seleccionarse las revisiones que deben realizarse de acuerdo con el Código seleccionado para miembros estructurales, uniones de viga-columna y cimentaciones. Las revisiones disponibles dentro de todos los códigos empleados son los siguientes:

- Rotaciones de Nudo de los Miembros
- Momentos Flectores de los Miembros
- Fuerzas Cortantes de los Miembros
- Deformaciones de los Miembros (solo para TBDY)
- Deformaciones Tensiles de los Miembros de Acero
- Deformaciones Compresivas de los Miembros de Acero
- Fuerzas de Tracción en los Miembros de Acero
- Fuerzas de Compresión en los Miembros de Acero
- Capacidad de Rotación de Nudo de los Miembros de Acero
- Momentos Flectores de los Miembros de Acero
- Fuerzas Cortantes de los Miembros de Acero
- Deformaciones por Corte en los Miembros de Acero
- Momento Flector Crítico por Pandeo de los Miembros de Acero
- Fuerzas Cortantes en las Juntas (Eurocódigo 8, ASCE 41-23 y TBDY)
- Área de Armadura Horizontal en Juntas (solo Eurocódigo 8)
- Área de Armadura Vertical en Juntas (solo Eurocódigo 8)
- Ductilidad de las Juntas
- Tracción Diagonal en Juntas (NTC y KANEPE)
- Compresión Diagonal en Juntas (NTC y KANEPE)
- Derivas entre Pisos (ASCE 41-23 y NTC)
- Capacidad Portante de Zapatas (Eurocódigo 8, NTC y KANEPE)
- Fuerzas de Deslizamiento en Zapatas (Eurocódigo 8, NTC y KANEPE)
- Capacidad de Momento de Balanceo en Zapatas (ASCE 41-23 y TBDY)
- Capacidad de Rotación de Balanceo en Zapatas (ASCE 41-23 y TBDY)
- Capacidad a Flexión de Zapatas
- Capacidad a Corte de Zapatas
- Capacidad a Punzonamiento de Zapatas

- Excentricidad de Zapatas

Una descripción más detallada de las revisiones y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en los Modelos de Capacidad y Revisiones del Apéndice A.1 - Eurocódigos, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC 18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY.



Módulo de Revisiones

Los valores de los factores de seguridad utilizados en las revisiones se pueden especificar mediante el botón correspondiente, así como las expresiones de código empleadas. Los factores predeterminados del programa son los definidos en el código seleccionado.

Factores de Seguridad
✕

Factores de Seguridad

Especifique los valores para los Factores de Seguridad de las revisiones

Eurocode 8, Parte-3

Factores de Seguridad

Factor γ_{el} para el cálculo de capacidad a cortante, miembros primarios (A.12)	1.150
Factor γ_{el} para el cálculo de capacidad a cortante, miembros secundarios (A.12)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones rectangulares & miembros primarios (A.1)	1.500
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones rectangulares & miembros secundarios (A.1)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u, pl , secciones rectangulares & miembros primarios (A.3)	1.800
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u, pl , secciones rectangulares & miembros secundarios (A.3)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones circulares & miembros primarios (A.1)	2.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones circulares & miembros secundarios (A.1)	1.000
Factor Parcial γ_c por concreto (A.12)	1.500
Factor Parcial γ_s por acero (A.12)	1.150
Factor γ_{RD} por uniones viga-columna (EN 1998-1:2004, Sección 5.5.2.3)	1.200
Factor Parcial γ_{fd} por polímeros reforzados con fibra, FRP (A.33)	1.500

Cálculo de Capacidad de Cedencia de Cuerda

De la ecuación (A.1) De las ecuaciones (A.3) y (A.10) o (A.11)

Cálculo de Rotación de Cedencia de Cuerda

De las ecuaciones (A.10a) y (A.11a) De las ecuaciones (A.10b) y (A.11b)

Cálculo de Área de Ref. Horiz. de Aros en Uniones

De la ecuación (5.35) De la ecuación (5.36)

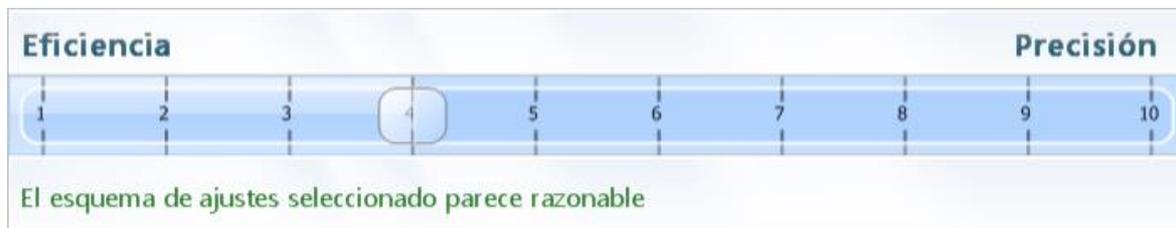
Módulo de Factores de Seguridad

Parámetros de Análisis y Modelaje

Los usuarios pueden definir todos los parámetros necesarios para los cálculos analíticos no lineales dentro de este módulo, seleccionando un esquema de configuración predefinido, haciendo clic en el botón Configuración Avanzada o haciendo doble clic en un valor específico para abrir la pestaña correspondiente en el módulo Configuración Avanzada.

ESQUEMAS DE AJUSTE

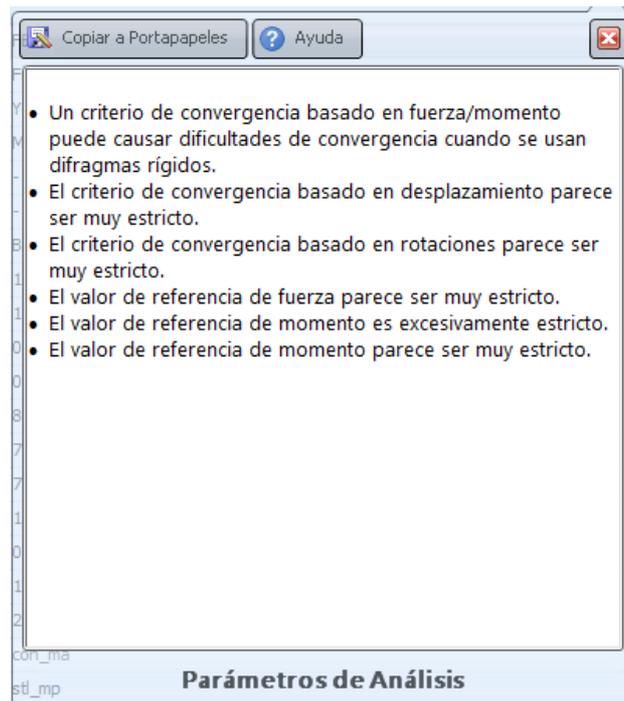
Debido al requisito de conocimientos avanzados y especializados para la mayoría de los parámetros de análisis (por ejemplo, modelos de material, tipo de elemento de marco, tolerancias de criterios de convergencia, modelado rígido de diafragma), existen diez esquemas predefinidos que definen los parámetros de análisis más importantes.



Barra de Esquemas de Ajuste

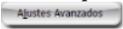
Estos esquemas de configuración predefinidos han sido elegidos para adaptarse a los requisitos de múltiples tipos de análisis y modelos, lo que conduce a soluciones optimizadas en términos de eficiencia y precisión de los resultados. Dependiendo de las características y demandas particulares de un modelo, diferentes esquemas de configuración podrían encajar en diferentes casos; el programa realiza una comprobación interna y se emite un mensaje de notificación, siempre que una o más de las configuraciones no parezcan adecuadas para las necesidades del proyecto específico. Los mensajes de notificación que pueden aparecer son los siguientes:

- **El esquema de ajustes seleccionado parece razonable**, lo que significa que con la combinación seleccionada los usuarios probablemente no enfrentarán dificultades de convergencia o problemas de precisión durante los análisis;
- **Criterios estrictos de convergencia. Pueden surgir problemas de convergencia**; el programa advierte de los posibles problemas de convergencia que puedan surgir debido a los estrictos criterios de convergencia elegidos;
- **Criterios de convergencia muy estrictos. Probablemente surgirán problemas de convergencia**; El programa advierte de posibles problemas de convergencia que probablemente surjan debido a los criterios de convergencia muy estrictos elegidos;
- **Criterios de convergencia bajos. Pueden surgir problemas de exactitud**; El programa advierte de posibles problemas de precisión que puedan surgir debido a los criterios de convergencia sueltos elegidos;
- **Criterios de convergencia muy bajos. Probablemente surgirán problemas de precisión**; El programa advierte de posibles problemas de precisión que probablemente surjan debido a los criterios de convergencia muy flojos elegidos.
- Cuando un esquema de configuración elegido no parece razonable, un botón de Ver Porqué aparece en el lado derecho de la barra. Al hacer clic en este botón, los usuarios pueden ver por qué el esquema de configuración seleccionado no debe aplicarse a su modelo y qué ajustes específicos deben cambiarse para mejorarlos.



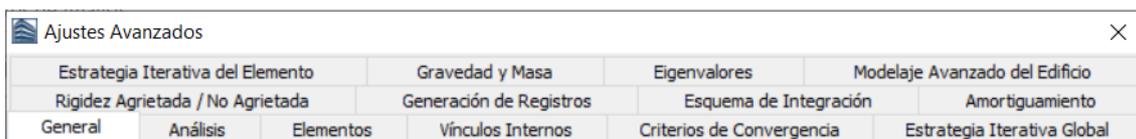
Ventana de Ver Porqué

AJUSTES AVANZADOS

Para cada proyecto SeismoBuild es posible personalizar tanto la usabilidad del programa como las características de desempeño de los procedimientos analíticos, de manera que se adapten mejor a las necesidades de cualquier modelo estructural dado y/o a las preferencias de un usuario particular. Esta herramienta de programa/proyecto está disponible en el módulo parámetros de análisis o en el panel de Configuración Avanzada, al que se puede acceder mediante el botón de Ajustes Avanzados .

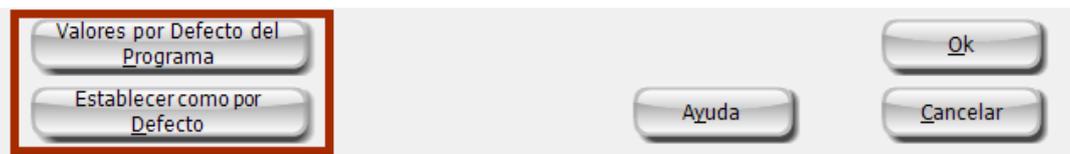
El panel Ajustes Avanzados incluye varias ventanas de pestañas que proporcionan acceso a diferentes tipos de configuración, como se describe a continuación:

- General
- Análisis
- Elementos
- Vínculos Internos
- Criterios de Convergencia
- Estrategia Iterativa Global
- Estrategia Iterativa del Elemento
- Gravedad y Masa
- Eigenvalores
- Modelaje Avanzado de Edificio
- Rigidez Agrietada/No Agrietada
- Generación de Registros
- Esquema de Integración
- Amortiguación



Ventana de Pestañas en los Ajustes Avanzados

Las opciones de "Valores Predeterminados" y "Establecer como por Defecto" se encuentran en la parte inferior del panel de Ajustes Avanzados. La opción " Establecer como por Defecto " se utiliza siempre que el usuario desee definir nuevas configuraciones predeterminadas personalizadas, que luego se utilizarán en todos los nuevos proyectos creados posteriormente. Por otro lado, los "Valores por Defecto del Programa" se pueden utilizar para volver a cargar, en cualquier momento, los valores predeterminados del programa original, tal como se definen en el momento de la instalación. Tenga en cuenta, sin embargo, que la opción Valores predeterminados del programa no cambia los ajustes predeterminados del programa; simplemente carga la configuración de instalación en el proyecto actual. Por lo tanto, si el usuario ha personalizado previamente los ajustes predeterminados del programa (utilizando la opción Establecer como por Defecto) y luego desea revertir los valores predeterminados del programa de nuevo a los valores predeterminados de instalación originales, primero debe cargar los valores predeterminados del programa y luego elegir La opción Establecer como por Defecto.



Valores por Defecto y Establecer como por Defecto

NOTA: Para la mayoría de las aplicaciones, no es necesario modificar los valores predeterminados de las Configuraciones Avanzadas, ya que los Esquemas de Configuración disponibles han sido elegidos para ajustarse a los requisitos de cualquier modelo de edificio, lo que conduce a soluciones optimizadas en términos de eficiencia de rendimiento y precisión de los resultados.

General

Los ajustes generales proporcionan la posibilidad de personalizar la usabilidad del programa según las preferencias del usuario.

Output de texto

Cuando se activa, la opción output de texto dará lugar a la creación, al final de cada análisis, de un archivo de texto (*.out) que contiene la salida de todo el análisis (tal como se da en el módulo de salida escalonada). Esta característica puede resultar útil para los usuarios que deseen sistematizar el post-procesamiento de los resultados utilizando sus propias instalaciones de post-procesamiento personalizadas. Para el acceso ocasional a la salida de texto, se recomienda a los usuarios utilizar las instalaciones disponibles en el módulo Output Paso a Paso.

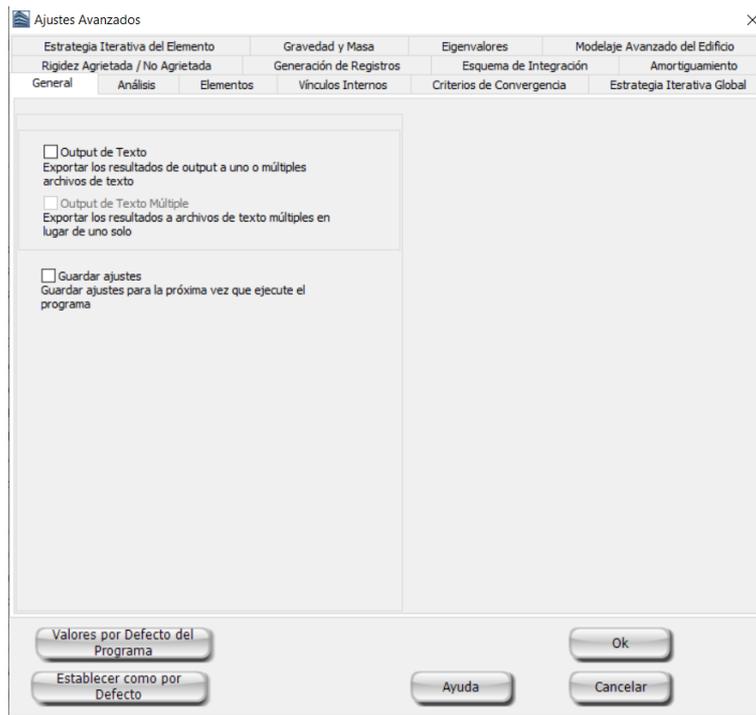
Output de texto múltiple

Cuando se activa, la opción de salida de texto múltiple dará lugar a la creación de varios archivos de texto (*.out), en lugar de uno solo. Esta característica puede resultar útil cuando se van a analizar modelos grandes.

Guardar ajustes

La opción Guardar configuración se utiliza cuando el usuario desea hacer siempre los ajustes de proyecto actuales los valores predeterminados para cada nuevo proyecto que se crea posteriormente. Con esta casilla de verificación seleccionada, cualquier cambio en la configuración del proyecto se convertirá en un valor predeterminado, sin necesidad de utilizar la opción Establecer como por Defecto.

NOTA: Normalmente, esta opción está deshabilitada para que los valores predeterminados sólo se cambien si el usuario lo solicita explícitamente (mediante la opción Establecer como por Defecto).



Ventana de pestaña General

Análisis

En la pestaña de la pestaña Análisis se pueden definir algunos ajustes relacionados con el análisis. En particular, es posible seleccionar el tipo de solucionador y si se deben tener en cuenta las no linealidades geométricas.

Solucionador

Aparte del solucionador de ecuaciones lineales, los usuarios pueden seleccionar si la carga inicial, por ejemplo las cargas estáticas estructurales, se aplicará en uno o más pasos en los tipos de análisis no lineal. La opción predeterminada es aplicar la carga en un paso solo.

Además, la opción de realizar Análisis de Eigenvalores en cada paso del análisis Pushover está disponible. Los usuarios pueden seleccionar de realizar el análisis de Eigenvalores solo al final o en múltiples ocasiones durante el análisis no lineal.

Los usuarios pueden elegir actualmente entre cuatro solucionadores diferentes:

- Un **Solucionador Skyline** (descomposición de Choles, algoritmo de orden de los nodos Cuthill-McKee, formato de almacenamiento Skyline);
- Un **Solucionador Frontal** para sistemas dispersos, introducido por Irons [1970] y con el algoritmo de ordenamiento automático propuesto por Izzuddin [1991].
- Un **Solucionador Disperso / De Perfil** para sistemas dispersos, presentado por Mackay et al. [1991] y presenta un esquema de almacenamiento en hileras compactas utilizando árboles de eliminación propuesto por Liu [1986].
- Un **Solucionador Paralelo Disperso / De Perfil** para sistemas dispersos, que es la versión paralela del algoritmo de Mackay et al. El método fue introducido por Law y Mackay [1992].

Los usuarios pueden seleccionar entre estas cuatro opciones, o dejar que el programa seleccione el solucionador más apropiado, dependiendo de las características del modelo estructural. Debe notarse que, en general, los solucionadores Dispersos / De Perfil son considerablemente más rápidos, especialmente en modelos más grandes. En particular, la versión paralela es más eficiente para modelos estructurales más

grandes de 500 nodos y más. En contraste, el método Skyline es generalmente más estable y es capaz de acomodar elementos de rigidez diagonal cero.

Cuando se selecciona la opción automática, que es la opción predeterminada, el programa realiza una verificación de estabilidad y tamaño antes del análisis. Si el modelo no es muy pequeño (por ejemplo más pequeño que 25 nodos), y si puede ejecutarse con el solucionador Disperso / De Perfil sin problemas de estabilidad, se utiliza este método; de lo contrario, se elige el solucionador Skyline, paralelo para más de 1000 nodos o de manera serial en caso contrario.

NOTA: Obviamente, se aconseja a los usuarios que se refieran a la literatura existente [p. Cook et al. 1989; Zienkiewicz y Taylor 1991; Bathe 1996; Felippa 2004] para más detalles sobre estos y otros solucionadores directos.

Finalmente, independientemente del solucionador seleccionado (en serie o paralelo), el usuario puede seleccionar ejecutar diferentes operaciones del análisis estructural (revisiones iniciales, ensamblaje de la matriz de rigidez, revisiones basadas en códigos y revisiones de los Criterios por Desempeño) en paralelo o no. Poner en paralelo estas operaciones puede ser significativamente más rápido en modelos más grandes, y esta es la opción predeterminada.

Parámetros de Pushover

El número de pasos del Análisis Pushover y Dinámica definido por el usuario en esta pestaña, así como la máxima deriva entre pisos de la estructura; la opción predeterminada para la deriva entre pisos máxima es de 2%, mientras que el número de pasos de análisis de pushover depende del esquema de ajustes predefinidos seleccionado. Para el esquema de configuración predeterminado (es decir, nº 4), el valor predeterminado es 50, lo cual es razonable para la mayoría de los casos. Se pueden emplear diferentes valores para los pasos de análisis y el desplazamiento máximo entre plantas en las direcciones X e Y.

No linealidades Geométricas

Al desmarcar esta opción se inhabilitará la formulación de no linealidad geométrica descrita en el Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje), haciendo que el análisis sea lineal, desde un punto de vista desplazamiento/rotación, que puede ser particularmente útil para los usuarios que desean comparar los resultados de análisis con cálculos manuales; para propósitos de verificación. Por defecto, esta opción está activa para elementos de marco y desactivada para elementos de mampostería.

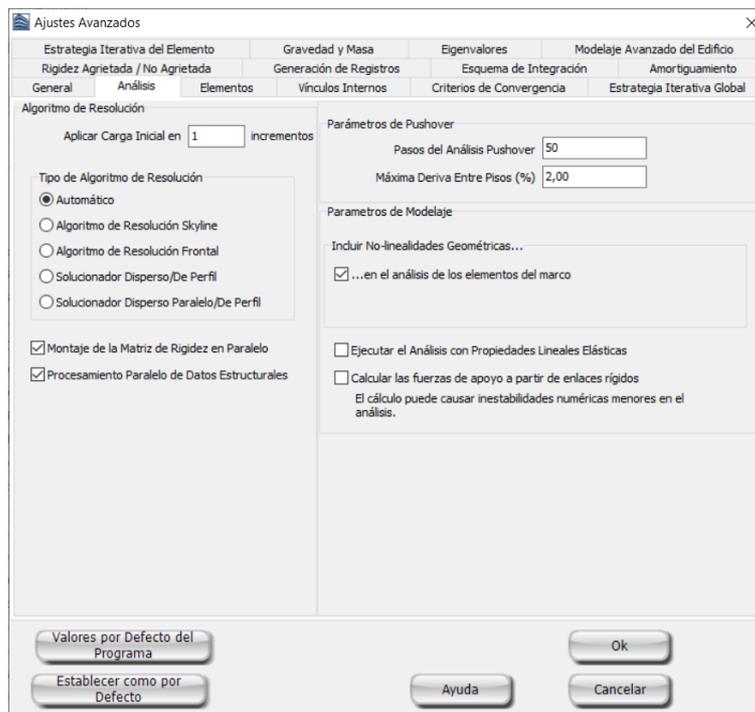
Ejecutar con propiedades elásticas lineales

Al marcar esta opción desactivará tanto la inelasticidad del material como las no linealidades geométricas, lo que conducirá a un análisis elástico totalmente lineal. De forma predeterminada, esta opción está inactiva, con la excepción del Análisis del Espectro de Respuesta, cuando es la opción predeterminada.

NOTA: Cuando los usuarios deciden ejecutar un análisis considerando las propiedades elásticas lineales de los materiales (ver la opción descrita arriba), deben tener en cuenta que, si los elementos se modelan usando secciones RC y elementos 'infrm', los elementos infrm tendrán en cuenta para el refuerzo; por el contrario, si se emplean elementos 'elfrm', sus propiedades se calculan utilizando el módulo de elasticidad del hormigón y las dimensiones de la sección, despreciando así el efecto de la armadura.

Calcule las fuerzas de apoyo a partir de Enlaces Rígidos

Al marcar esta opción, se habilita el cálculo de las fuerzas de apoyo en los casos en que algunos grados de libertad de una restricción (enlace rígido, diafragmas rígidos o grados de libertad iguales) se fijan con restricciones. De forma predeterminada, esta opción está inactiva, porque este cálculo puede causar inestabilidades numéricas menores.



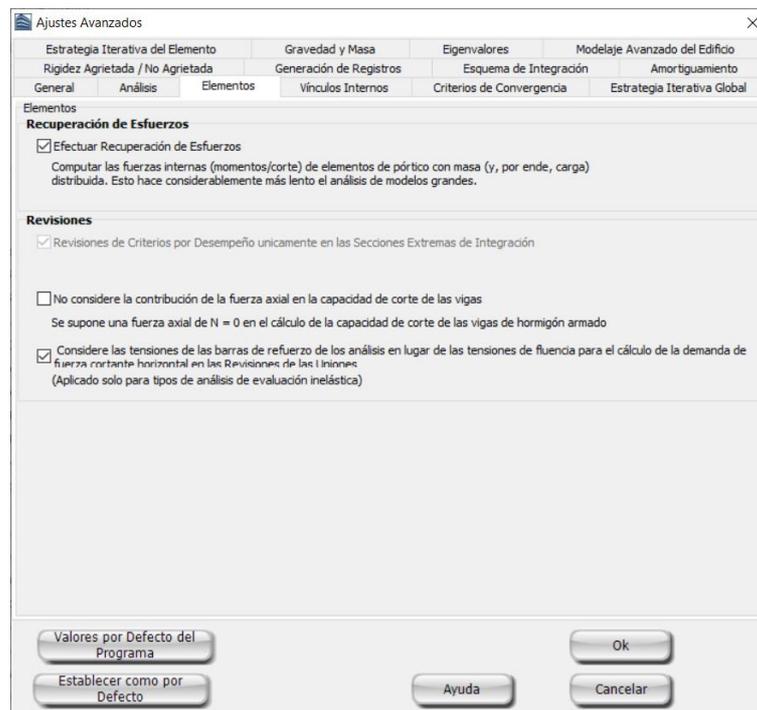
Ventana de la pestaña de Análisis

Elementos

Aquí se pueden definir ajustes relacionados con el análisis con elementos de marco

Efectuar Recuperación de Esfuerzos

Algunas formulaciones de elementos de viga, tales como las empleadas en SeismoBuild para los elementos de refuerzo inelásticos, presentan la desventaja de que si el desplazamiento nodal es cero, también se obtienen cero tensión, esfuerzo y fuerza interna (por ejemplo, si se modela una viga completamente empotrada con un solo elemento y se aplica una carga distribuida, los momentos finales saldrán como cero, lo cual es claramente erróneo). Para superar esta limitación, es común que los programas de Elementos Finitos utilicen los llamados algoritmos de recuperación de esfuerzos, que permiten recuperar las fuerzas internas correctas de un elemento sometido a carga distribuida incluso si sus nodos no se desplazan. Sin embargo, se observa que (i) tales algoritmos no sirven para recuperar los valores correctos de las deformaciones y los esfuerzos, dado que éstos se caracterizan por tener una respuesta no lineal, y (ii) harán considerablemente más lento el análisis de modelos grandes.



Ventana de pestaña de Elementos

No considere la contribución de la fuerza axial en la capacidad de corte de las vigas

Al activar esta opción, la capacidad de realizar revisiones de corte ignorando la fuerza axial real aplicada sobre el miembro de la viga está disponible. Esta característica es particularmente importante para las revisiones de la capacidad de corte de las vigas, cuando la interacción entre las vigas de hormigón armado modeladas con fibra y el diafragma rígido adoptado para simular la losa de hormigón (una configuración muy común en los edificios de hormigón armado) puede provocar el desarrollo de fuerzas axiales no deseadas.

Considere las tensiones de las barras de refuerzo a partir de análisis en lugar de tensiones de fluencia para el cálculo de la demanda de fuerza de corte horizontal en Verificaciones de juntas.

Ésta es una opción empleada sólo en los métodos de análisis no lineales. Si se marca esta opción, los cálculos para la demanda de fuerza de corte horizontal en las Verificaciones de juntas se llevan a cabo empleando las tensiones reales de las barras (calculadas a partir de los análisis no lineales), en lugar de las tensiones en el rendimiento, que se consideran en los cálculos típicos para análisis lineales que emplean la filosofía de diseño por capacidad.

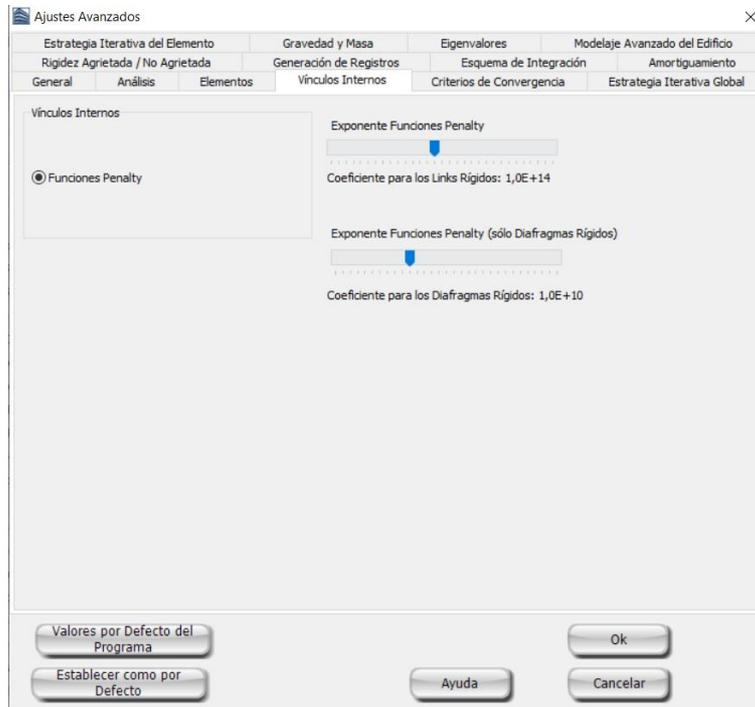
Vínculos Internos

Los vínculos internos se implementan típicamente en programas de análisis estructural mediante el uso de (i) **Transformaciones Geométricas**, (ii) **Funciones De Penalización**, o (iii) **multiplicadores de Lagrange**. En el análisis geométrico no lineal (grandes desplazamientos/rotaciones), sin embargo, el primero de estos tres tiende a conducir a dificultades en la convergencia numérica, razón por la cual sólo los dos últimos son empleados comúnmente. El segundo ha sido implementados en SeismoBuild.

NOTA: Se recomienda a los usuarios que se refieran a la literatura existente [p. Cook et al., 1989; Felippa, 2004] para obtener más información sobre este tema.

Aquí simplemente se observa que las **Funciones Penalty** tienen la ventaja de no introducir nuevas variables (y por lo tanto la matriz de rigidez no aumenta y permanece definida positiva), por eso no aumentan significativamente el ancho de banda de las ecuaciones estructurales [Cook et al., 1989].

NOTA: Felippa [2004] sugiere que el valor óptimo de las funciones de penalización debe ser el promedio de la rigidez máxima y la precisión de los procesadores ($1e20$, en el caso de SeismoBuild).



Ventana de Vínculos Internos

Criterios de Convergencia

Cuatro esquemas diferentes están disponibles en SeismoBuild para comprobar la convergencia de una solución al final de cada iteración:

- Basado en Desplazamientos/Rotaciones
- Basado en Fuerzas/Momentos
- Basado en Desplazamientos/Rotaciones Y Fuerzas/Momentos
- Basado en Desplazamientos/Rotaciones O Fuerzas/Momentos

NOTA: Los usuarios son alertados sobre el hecho de que no existe un conjunto de parámetros de criterios de convergencia que funcionen para cada tipo de análisis. Los valores por defecto de los esquemas predefinidos en SeismoBuild funcionarán bien para la gran mayoría de las aplicaciones, pero podrían necesitar ser ajustados y modificados para proyectos particularmente exigentes, donde irregularidades de respuesta fuertes (por ejemplo, grandes diferenciales de rigidez, pandeo de algunos miembros estructurales, cambio drástico en intensidad, etc.). Por ejemplo, tenga en cuenta que un control más estricto de la convergencia puede conducir a una mayor estabilidad numérica, al impedir que una estructura siga una trayectoria de respuesta menos estable e incorrecta, pero, si es demasiado estrecha, también puede hacer casi imposible la posibilidad de alcanzar la convergencia.

Basado en Desplazamiento/Rotación

Verificación, en cada grado de libertad individual de la estructura, que el desplazamiento/rotación iterativo actual es menor o igual que una tolerancia especificada por el usuario, proporciona al usuario un control directo sobre el grado de precisión o, inversamente, la aproximación adoptada en la solución del problema. Además, y para la gran mayoría de los análisis, tal verificación de precisión local es también suficiente para

garantizar la precisión global de la solución obtenida. Por lo tanto, este criterio de verificación de convergencia es la opción por defecto en SeismoBuild para la mayoría de los esquemas de configuración predefinidos con los valores por defecto de desplazamiento y tolerancia de rotación que varían entre diferentes esquemas de configuración. Para el esquema de ajustes por defecto, que conduce a soluciones precisas y estables en la mayoría de los casos, los valores para el desplazamiento y las tolerancias de rotación son 0,0001m y 0,0001 rad, respectivamente.

Ventana de la pestaña de Criterios de Convergencia – Basado en Desplazamientos/Rotaciones

Basado en Fuerzas/Momentos

Existen ocasiones en las que el uso de un criterio de convergencia basado en desplazamientos/rotaciones no es suficiente para garantizar una solución numéricamente estable y/o precisa, debido al hecho de que el equilibrio de desplazamientos/rotaciones no garantiza, en dichos casos especiales, el equilibrio de fuerzas/momentos. Este es el comportamiento típico, por ejemplo, de sistemas estructurales simples (como es el caso de una ménsula vertical) en los que la convergencia de desplazamientos/rotaciones es obtenida mediante unas pocas iteraciones, debido a la simplicidad del sistema y su deformada, lo cual puede no resultar suficiente para que los esfuerzos internos de los elementos resulten balanceados adecuadamente. Particularmente, para el caso de un muro de hormigón armado, la distribución de esfuerzos-deformaciones a lo largo de la sección puede adoptar patrones muy complejos, en virtud de sus notables dimensiones, y generar la necesidad de realizar un número de iteraciones mucho más alto para alcanzar el equilibrio. En dichos casos, si no se utiliza un criterio de convergencia basado en fuerzas/momentos, la respuesta de la estructura resulta altamente irregular, con variaciones abruptas irreales de los valores de fuerzas/momentos (por ej, una curva de respuesta fuerza-desplazamiento oscilante en un análisis de pushover). Como se describe en el Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje, una tolerancia global adimensional es utilizada en este caso, con un valor por defecto igual a $1e-3$.

NOTA: Los criterios basados en fuerza causarán problemas numéricos y dificultades de convergencia cuando se usen con funciones de penalización. En estos casos se debe emplear el método de los multiplicadores de Lagrange.

Ajustes Avanzados

Estrategia Iterativa del Elemento Gravedad y Masa Eigenvalores Modelaje Avanzado del Edificio

Rigidez Agrietada / No Agrietada Generación de Registros Esquema de Integración Amortiguamiento

General Análisis Elementos Vínculos Internos Criterios de Convergencia Estrategia Iterativa Global

Tipo de Criterio de Control de la Convergencia

basado en Fuerzas/Momentos

Criterio basado en Desplazamientos/Rotaciones

Tolerancia para el Desplazamiento (m): 0,0001

Tolerancia para las Rotaciones (rad): 0,0001

Criterio basado en Fuerzas/Momentos

Valor de Referencia de la Fuerza (kN): 0,001

Valor de Referencia del Momento (kNm): 0,001

General

Mostrar los Detalles de Convergencia en el Post-Procesador

Adaptación Automática de las Normas de Convergencia

Mayor Aumento Aceptable de las Normas: 100

Nota: Los criterios de Convergencia no son utilizados en el análisis de eigenvalores

Valores por Defecto del Programa

Establecer como por Defecto

Ayuda

Ok

Cancelar

Ventana de la pestaña de Criterios de Convergencia – Basado en Fuerzas/Momentos

Basados en Desplazamientos/Rotaciones Y Fuerzas/Momentos

Tomando en cuenta la discusión anterior, resulta claro que la precisión máxima y el control de la solución debería obtener combinando criterios de convergencia desplazamiento/rotación y fuerza/momento. Esta opción, sin embargo, no es la predeterminada debido a que la formulación basada en fuerza/momento en ocasiones crea dificultades en los modelos donde conexiones infinitamente rígidas se modelan con elementos tipo link, tal y como se discute en el Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje. Aun así, es el criterio de control de precisión y convergencia más estricto que tiene SeismoBuild, y se recomienda a los usuarios con experiencia tomar ventaja del esquema siempre y cuando la precisión sea primordial.

Ajustes Avanzados

Estrategia Iterativa del Elemento Gravedad y Masa Eigenvalores Modelaje Avanzado del Edificio

Rigidez Agrietada / No Agrietada Generación de Registros Esquema de Integración Amortiguamiento

General Análisis Elementos Vínculos Internos Criterios de Convergencia Estrategia Iterativa Global

Tipo de Criterio de Control de la Convergencia
basado en Desplazamientos/Rotaciones Y Fuerzas/Momentos

Criterio basado en Desplazamientos/Rotaciones

Tolerancia para el Desplazamiento (m): 0,0001

Tolerancia para las Rotaciones (rad): 0,0001

Criterio basado en Fuerzas/Momentos

Valor de Referencia de la Fuerza (kN): 0,001

Valor de Referencia del Momento (kNm): 0,001

Nota: Los criterios de Convergencia no son utilizados en el análisis de eigenvalores

General

Mostrar las Detalles de Convergencia en el Post-Procesador

Adaptación Automática de las Normas de Convergencia

Mayor Aumento Aceptable de las Normas: 100

Valores por Defecto del Programa

Establecer como por Defecto

Ayuda

Ok

Cancelar

Ventana Criterios de Convergencia – Basados Desplazamiento/Rotación Y Fuerzas/Momentos

Basados en Rotaciones/Desplazamientos O Fuerzas/Momentos

Este último criterio de convergencia provee a los usuarios con la máxima flexibilidad en lo referente a estabilidad en el análisis, ya que la convergencia se alcanza cuando uno de los dos criterios se revisa. Se recomienda esta opción cuando llegar a una solución estructural final es el objetivo primero del análisis y la exactitud se asume, al menos momentáneamente, en un papel secundario.

Ajustes Avanzados

Estrategia Iterativa del Elemento Gravedad y Masa Eigenvalores Modelaje Avanzado del Edificio

Rigidez Agrietada / No Agrietada Generación de Registros Esquema de Integración Amortiguamiento

General Análisis Elementos Vínculos Internos Criterios de Convergencia Estrategia Iterativa Global

Tipo de Criterio de Control de la Convergencia
basado en Desplazamientos/Rotaciones O Fuerzas/Momentos

Criterio basado en Desplazamientos/Rotaciones

Tolerancia para el Desplazamiento (m): 0,0001

Tolerancia para las Rotaciones (rad): 0,0001

Criterio basado en Fuerzas/Momentos

Valor de Referencia de la Fuerza (kN): 0,001

Valor de Referencia del Momento (kNm): 0,001

Nota: Los criterios de Convergencia no son utilizados en el análisis de eigenvalores

General

Mostrar las Detalles de Convergencia en el Post-Procesador

Adaptación Automática de las Normas de Convergencia

Mayor Aumento Aceptable de las Normas: 100

Valores por Defecto del Programa

Establecer como por Defecto

Ayuda

Ok

Cancelar

Ventana Criterios de Convergencia – Basados en Desplazamientos/Rotaciones O Fuerzas/Momentos

General

Los usuarios pueden seleccionar si las dificultades de convergencia que puedan surgir durante el análisis serán visibles en el Post-procesador. La opción predeterminada es mostrar las dificultades de convergencia en el Post-Procesador de análisis pushover.

Adaptación Automática de las Normas de Convergencia

Si se selecciona esta opción, en particular los pasos del análisis, donde la convergencia es difícil de lograr, el programa puede aumentar inteligentemente las normas de convergencia definidas, a fin de permitir la convergencia y permitir que el programa pase al siguiente paso del análisis. Para no permitir un aumento infinito en el valor de las normas de convergencia, se establece un límite por la opción en casilla de Mayor Incremento Aceptable para las Normas. La opción predeterminada es permitir la adaptación automática de la norma de convergencia.

Estrategia Iterativa Global

En SeismoBuild, todos los análisis son tratados como potencialmente no lineales (a excepción del cálculo de eigenvalores), por lo cual se aplica, en todos los casos, un procedimiento de solución iterativo incremental, mediante el cual las cargas son aplicadas en incrementos predefinidos y equilibradas a través de un procedimiento iterativo. La modalidad de funcionamiento y la base teórica del algoritmo de resolución son descritas en la sección Procedimiento para la Solución de Problemas No Lineales del Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje, a la cual pueden referirse los usuarios para profundizar en el significado de los parámetros descritos a continuación.

Número Máximo de Iteraciones

Este parámetro define el número máximo de iteraciones a realizar dentro de cada incremento de carga (paso del análisis). El **valor por defecto** es **40**, y es habitualmente apropiado para la mayoría de las aplicaciones prácticas. Sin embargo, cuando las estructuras son sometidas a niveles extremadamente elevados de no linealidad geométrica y/o inelasticidad de los materiales, puede que sea necesario aumentar este valor. Lo mismo ocurre cuando se utilizan elementos link con valores de rigidez demasiado altos o bajos, dado que éstos pueden generar la necesidad de realizar un mayor número de iteraciones para alcanzar el equilibrio estructural.

Número de actualizaciones de Rigidez

Este parámetro define el número de iteraciones, desde el inicio del incremento, en que la matriz de rigidez tangencial de la estructura es recalculada y actualizada. Resulta digno de mención que asignar un valor nulo a este parámetro significa, en efecto, adoptar el método modificado de Newton-Raphson (mNR), mientras que asignarle un valor igual al Número de Iteraciones transforma el procedimiento de solución en el método Newton-Raphson (NR).

Habitualmente, el número ideal de actualizaciones de la rigidez se encuentra comprendido entre el 50% y el 75% del número máximo de iteraciones dentro de un incremento, lo cual provee un equilibrio entre la reducción del tiempo de análisis y la estabilidad resultante de no actualizar la matriz de rigidez, y el aumento correspondiente en el esfuerzo computacional debido a la necesidad de un mayor número de iteraciones para alcanzar la convergencia. El **valor por defecto** de este parámetro (**35**) es, sin embargo, ligeramente más conservativo, y conlleva a la adopción de una solución híbrida entre los enfoques clásicos de NR y mNR (ver también Algoritmo Incremental Iterativo).

Iteración de Divergencia

Este parámetro define la iteración después de la cual se llevan a cabo las verificaciones de divergencia y predicción de la iteración (ver divergencia y predicción de la iteración por mayores detalles). En todas las iteraciones sucesivas del incremento actual, si la solución resulta divergente o si el número predicho de iteraciones requeridas para la convergencia excede el máximo número de iteraciones definido por el usuario, las iteraciones del incremento actual son interrumpidas, la magnitud del incremento de carga (o

de tiempo) es reducida y el análisis es recommenzado a partir del último punto de equilibrio (final del incremento anterior).

Si bien estas dos verificaciones pueden ser muy útiles para evitar el cálculo de iteraciones de equilibrio infructuosas en los casos en los cuales la falta de convergencia resulta evidente en una etapa muy temprana de un incremento de carga dado, es muy difícil, si no imposible, recomendar un valor ideal que funcione para todos los tipos de análisis. De hecho, si la iteración de divergencia es muy baja, es posible que haga imposible que problemas altamente no lineales converjan hacia una solución, mientras que si es demasiado elevada, puede permitir la evolución de la solución hacia un modo numéricamente espurio para el cual la convergencia nunca pueda ser alcanzada (caso típico de modelos en los que se utilizan elementos con valores de rigidez muy grandes para modelar vínculos rígidos). Un valor cercano al 75% del máximo número de iteraciones dentro de un incremento es, habitualmente, un buen punto de partida. El **valor del esquema de configuración predeterminado**, que debería funcionar bien para la mayoría de las aplicaciones prácticas, se establece igual a **35**.

Tolerancia Máxima

Como se explica en la sección acerca de la Inestabilidad Numérica, en cada iteración, desde el comienzo de cualquier incremento de carga dado, se verifica la posibilidad de que la solución devenga numéricamente inestable, al comparar la norma euclidiana de las cargas no equilibradas (ver el Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje, por mayores detalles) con una tolerancia máxima predefinida (fijada **por defecto** en **1e20**), varios órdenes de magnitud mayor que el vector de carga aplicado. Si la norma no equilibrada supera esta tolerancia, entonces se asume que la solución es numéricamente inestable, las iteraciones del incremento actual son interrumpidas, la magnitud del incremento de carga (o de tiempo) es reducida y el análisis es recommenzado a partir del último punto de equilibrio (final del incremento o paso anterior).

Reducción Máxima del Paso

En caso de falta de convergencia, divergencia de la solución o inestabilidad numérica, el algoritmo de ajuste automático del incremento de SeismoBuild impone una reducción al incremento de carga o de tiempo antes de que el análisis sea recommenzado desde el último punto de equilibrio (final del incremento o paso anterior). Sin embargo, con el fin de evitar que análisis mal definidos (que nunca alcanzan la convergencia) continúen ejecutándose indefinidamente, se impone y verifica luego de cada reducción automática del incremento un factor de máxima reducción del incremento. En otras palabras, el nuevo incremento del análisis resultante de la reducción automática es comparado con el incremento de carga o de tiempo inicial definido por el usuario al comienzo del análisis y, si la razón del primero respecto del último es menor al valor de la máxima reducción del incremento, el análisis es entonces interrumpido. El **valor por defecto** para este parámetro es **0.001**, lo cual significa que si dificultades de convergencia llevan a que se adopte una magnitud del incremento 1000 veces menor que el incremento inicial especificado por el usuario, se considera que el problema está mal definido y el análisis es interrumpido.

Número Mínimo de Iteraciones

Este parámetro define el mínimo número de iteraciones a realizar dentro de cada incremento de carga. El **valor por defecto** es **1**. A través de este parámetro es posible alcanzar una mejor convergencia cuando el criterio basado en desplazamientos es holgado y, el basado en fuerzas, demasiado estricto (esto ocurre con pequeños modelos, en el rango altamente inelástico).

Multiplicadores de Aumento y Reducción del Valor del Incremento

En SeismoBuild, el algoritmo de ajuste automático del incremento presenta la posibilidad de utilizar reducciones adaptativas de la magnitud del incremento, las cuales dependen del nivel de no-convergencia que se verifique. Cuando la solución no convergente obtenida se encuentra muy lejos de la convergencia, se utiliza un multiplicador grande de reducción del incremento (por defecto=0.125, es decir, el incremento actual del análisis es subdividido en 8 incrementos iguales antes de retomar el análisis). Si, por el otro lado, la solución no convergente obtenida se encuentra muy cercana a la convergencia, se utiliza entonces un multiplicador pequeño de reducción del incremento (por defecto=0.5, es decir, el incremento actual del

análisis es aplicado consecuentemente en 2 incrementos). Para los casos intermedios, se utiliza un *multiplicador* intermedio de reducción del incremento (por defecto=0.25, es decir, el incremento actual del análisis es dividido en cuatro).

Como se describe también en la sección acerca del ajuste automático del incremento, una vez alcanzada la convergencia, el incremento de carga o de tiempo puede ser incrementado gradualmente hasta un valor máximo posible igual al especificado inicialmente por el usuario. Esto es llevado a cabo mediante el uso de los factores de aumento del incremento. Cuando el análisis converge de manera eficiente (ver detalles en Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje), se utiliza un multiplicador pequeño de aumento del incremento (por defecto=1.0, es decir que el incremento actual se mantendrá inalterado en los pasos sucesivos). Si, por el otro lado, la solución convergente es obtenida en forma altamente ineficiente (ver detalles en el Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje), se emplea entonces un multiplicador grande de aumento del incremento (por defecto=2.0, es decir, la magnitud del incremento actual se duplica). Para los casos intermedios, se utiliza un multiplicador intermedio de aumento del incremento (por defecto=1.5, es decir, se aplica un aumento del 50% sobre la magnitud actual del incremento).

Ventana Estrategia Iterativa Global

NOTA: Se recuerda a los usuarios que no existe un conjunto de parámetros incrementales/iterativos que funcione para todo tipo de análisis. En SeismoBuild, los valores por defecto serán habitualmente apropiados para la gran mayoría de las aplicaciones, pero pueden necesitar retoques y modificaciones para proyectos particularmente demandantes, en los que ocurren importantes irregularidades en la respuesta (por ej., grandes diferencias de rigidez, pandeo de alguno/s de los miembros estructurales, cambios drásticos en los patrones de carga e intensidad, etc.). Como ejemplo, debe notarse que un incremento de carga más pequeño puede conducir a una mayor estabilidad numérica, al evitar que la estructura siga una trayectoria de respuesta incorrecta y menos estable pero, si el incremento es demasiado pequeño, puede también llevar a que alcanzar la convergencia resulte prácticamente imposible. Se invita a los usuarios que experimenten dificultades a consultar el [Foro de Soporte Técnico](#) en el cual se proveen ulteriores sugerencias.

Estrategia Iterativa del Elemento

Tipo de Elemento de Formulación Basada en Fuerzas / Tipo de Elemento de Rótula Plástica de Formulación Basada en Fuerzas

Los elementos de marco individuales basados en la fuerza requieren que se realicen varias iteraciones para alcanzar el equilibrio interno [por ej., Spacone et al. 1996; Neuenhofer and Filippou 1997]. El número máximo de estas iteraciones del bucle de elementos, junto con el criterio de convergencia (fuerza) o tolerancia correspondiente, se puede definir como:

- **Tolerancia de convergencia del bucle de elementos.** El valor predeterminado es $1e-5$ (los usuarios pueden necesitar relajarlo, por ejemplo, $1e-4$, en caso de dificultades de convergencia)
- **Iteraciones máximas del bucle de elementos (elm_ite).** El valor predeterminado es 300 (aunque ya es un valor muy grande (normalmente no se requieren más de 30 iteraciones para alcanzar la convergencia), los usuarios pueden necesitar aumentarlo a 1000 en caso de mensajes de error persistentes de elm_ite)

Mientras se realiza un análisis, se pueden mostrar mensajes de indicador elm_inv y elm_ite en el registro de análisis, que significa, respectivamente, que la matriz de rigidez del elemento no se pudo invertir o que se alcanzó el número máximo permitido de iteraciones de bucle de elementos. En ambos casos, el incremento de carga global se subdivide, como se describe en el Apéndice A, a menos que el usuario haya desactivado la opción "No permitir fuerzas de elementos desbalanceadas en caso de elm_ite" que se describe a continuación.

Los usuarios también tienen la posibilidad de permitir que las fuerzas del elemento se salen y envían al vector de fuerzas internas globales cuando se han alcanzado las iteraciones máximas, incluso si no se alcanza la convergencia. Esta opción no predeterminada puede facilitar la convergencia del análisis a nivel global/de estructura, ya que evita la subdivisión del incremento de carga (debe notarse que las fuerzas desbalanceadas del elemento deben ser equilibradas en las iteraciones posteriores).

Tipo de Elemento de Rótula Plástica de Formulación Basada en Desplazamientos

Dado que el elemento está formado por una serie de tres subelementos (dos elementos de link en los extremos del miembro y un elemento de marco elástico en el medio), se requiere un procedimiento iterativo para alcanzar el equilibrio interno.

Los parámetros requeridos para la estrategia iterativa del elemento son las iteraciones permitidas máximas y mínimas, y el valor para la norma de convergencia. Se observa que se da un valor preestablecido relativamente pequeño para el número máximo de iteraciones, ya que se ha observado que normalmente se alcanza la convergencia entre un número limitado de iteraciones. Entonces, si la convergencia no se alcanza relativamente temprano, es muy probable que no se alcanza en general.

Ajustes Avanzados

Rigidez Agrietada / No Agrietada Generación de Registros Esquema de Integración Amortiguamiento

General Análisis Elementos Vinculos Internos Criterios de Convergencia Estrategia Iterativa Global

Estrategia Iterativa del Elemento Gravedad y Masa Eigenvalores Modelaje Avanzado del Edificio

Tipo de Elemento Basado en Fuerzas (infrmFB)

Tol/ncia de Conv/ncia del Bude del Elemento: 1,0000000E-005 No permitir fuerzas de elemento desb/adas en caso de elm_ite

Máx No. de Iter/nes del Bude del Elemento: 300

Elemento Tipo Rótula Plástica Basado en Fuerzas (infrmFBPH)

Tol/ncia de Conv/ncia del Bude del Elemento: 1,0000000E-005 No permitir fuerzas de elemento desb/adas en caso de elm_ite

Máx No. de Iter/nes del Bude del Elemento: 300

Elemento Tipo Rótula Plástica Basado en Desplazamientos (infrmDBPH)

Máx No. de Iter/nes del Bude del Elemento: 20 Tol/ncia de Conv/ncia del Bude del Elemento: 1,0000000E-005

Mín No. de Iter/nes del Bude del Elemento: 1

Valores por Defecto del Programa Ok

Establecer como por Defecto Ayuda Cancelar

Ventana Estrategia Iterativa del Elemento

Gravedad y Masa

Como se indica en el módulo de **Materiales**, los usuarios tienen la posibilidad de definir los pesos específicos de los materiales, con los cuales puede ser calculada la masa propia distribuida de la estructura. Además, en el módulo **Secciones** es posible indicar masa distribuida adicional, la cual puede ser utilizada para representar cualquier masa que no esté asociada al peso propio de la estructura (por ej., la losa, terminaciones, paneles divisorios, carga viva, etc.). Finalmente, en el módulo **Clases de Elementos** es posible definir elementos de masa concentrada y distribuida, que pueden agregarse al modelo en el módulo **Conectividad de Elementos** y que tienen como fin modelar distribuciones de masa que no pueden ser representadas utilizando las herramientas previamente mencionadas en los módulos de *Materiales/Secciones* (por ej., la masa de un tanque de agua en la cima del edificio).

En esta pestaña, los usuarios pueden definir si y cómo la masa debe ser transformada en cargas y qué grados de libertad deben ser considerados en el análisis dinámico.

Ajustes de Masa

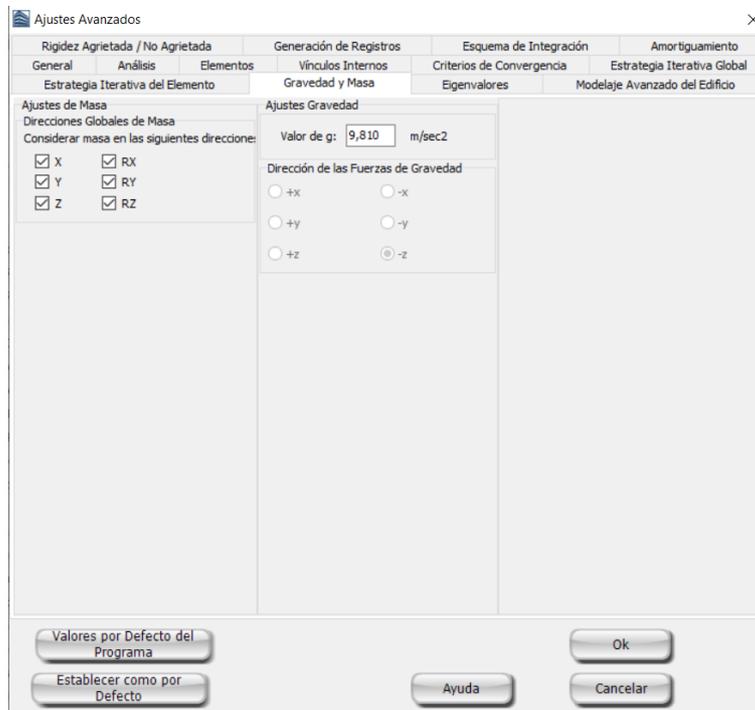
Al ejecutar los análisis, a veces puede resultar práctico tener la posibilidad de restringir los grados de libertad dinámicos sólo a unas pocas direcciones de interés, con el fin de acelerar los análisis o evitar el desarrollo de modos de respuesta no deseados en aquellas direcciones donde la malla estructural intencionalmente no fue adecuadamente ideado o refinado. Esto se puede hacer aquí, desmarcando aquellos g.d.l que no son de interés (de forma predeterminada, todos los g.d.l se activan, es decir, se comprueban).

Ajustes de Gravedad

En SeismoBuild las cargas se definen explícitamente en los módulos de **Losas** y **Vigas** del Modelador de Edificios.

El usuario puede definir el valor de la aceleración de la gravedad 'g' (que se multiplicará por las masas para obtener las cargas permanentes). Es evidente que, para la gran mayoría de las aplicaciones estándar, no es necesario modificar el valor por defecto ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). La dirección de las fuerzas de gravedad se considera en la dirección -z.

NOTA: Recuperación de Esfuerzo (*Ajustes Avanzados > Elementos > Efectuar Recuperación de Esfuerzos*,) puede utilizarse para corregir fuerzas internas cuando se definen cargas distribuidas (a través de la definición de peso específico de material o de carga adicional de sección / elemento).



Ventana de la pestaña de Gravedad y Masa

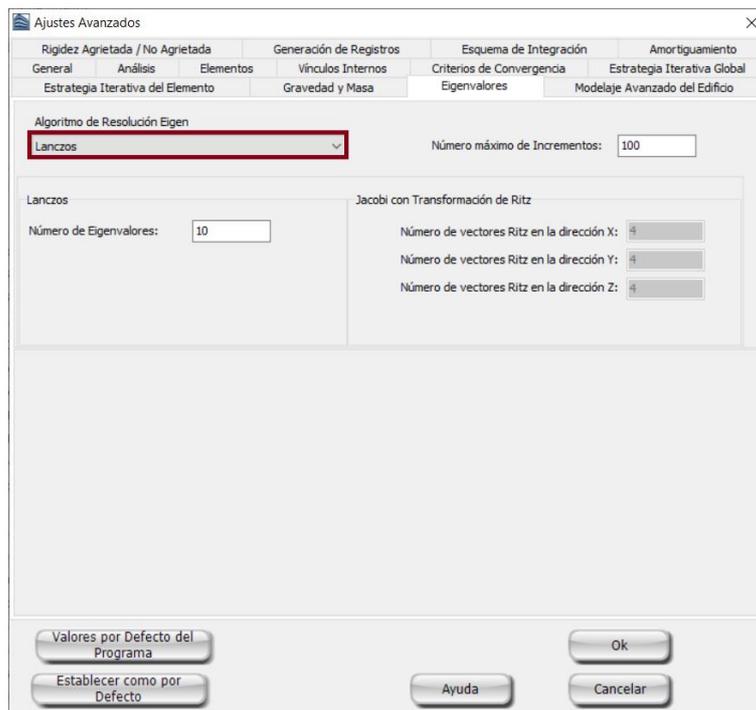
Eigenvalores

Los usuarios pueden elegir entre dos eigensolvers diferentes, el Algoritmo de Lanczos presentado por Hughes [1987]) o el algoritmo de Jacobi con la transformación de Ritz, con el fin de determinar los modos de vibración de una estructura. Cuando se selecciona la opción automática, se utilizará el eigensolver más apropiado dependiendo del número de grados de libertad del edificio. Cada algoritmo se describe en detalle a continuación.

Algoritmo de Lanczos

Los parámetros enumerados a continuación se utilizan para controlar la forma en que funciona este eigensolver:

- **Número de valores propios.** El número máximo de soluciones de valores propios requeridas por el usuario. El valor predeterminado para el esquema de configuración predefinido predeterminado es igual a 10, lo que normalmente garantiza que, al menos para las configuraciones estructurales estándar, todos los modos de interés se capturan adecuadamente. Es posible que los usuarios deseen aumentar este parámetro cuando analizan edificios 3D irregulares, donde se pueden encontrar modos de interés más allá de la décima eigensolución.
- **Número máximo de pasos.** El número máximo de pasos necesarios para alcanzar la convergencia. El valor por defecto es 50, para todos los esquemas de configuración predefinidos, suficientemente grandes para asegurar que, para la gran mayoría de las configuraciones estructurales, siempre se obtendrán soluciones.



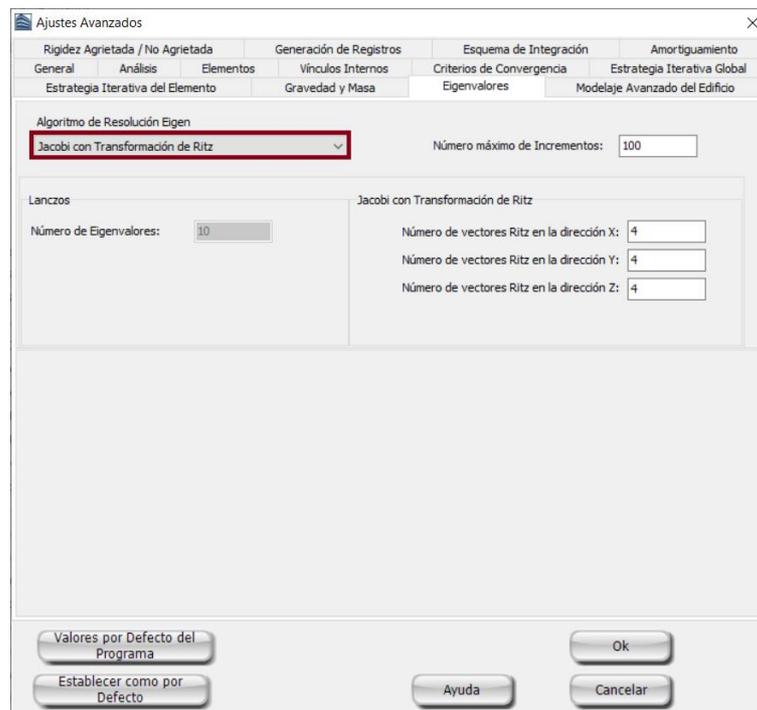
Ventana de la pestaña de Eigenvalores – Algoritmo de Lanczos

Algoritmo de Jabobi con Transformación de Ritz

El usuario puede especificar:

- **Número de vectores Ritz** (es decir, modos) que se generarán en cada dirección (X, Y Z). Este número no puede exceder el número de grados de libertad del modelo.
- **Número máximo de pasos**. El valor por defecto de 50 puede, en general, permanecer sin cambios.

NOTA: Los usuarios deben asegurarse de que el número total de vectores Ritz en las diferentes direcciones no exceda el número correspondiente de grados de libertad (o de modos estructuralmente significativos), de lo contrario se generarán formas y valores de modos no realistas.



Ventana de la pestaña de Eigenvectores – Jacobi con Transformación de Ritz

Modelaje Avanzado de Edificio

Se definen aquí los tipos de material de hormigón y acero y los tipos de elementos de pórtico que se utilizarán para modelar los elementos estructurales en SeismoBuild, junto con otras opciones de modelado, como el modelado de offsets en las uniones entre vigas y columnas, la discretización de las losas, y la determinación del nodo de control.

Modelaje de Materiales

Los materiales que se van a utilizar dentro de un proyecto de SeismoBuild vienen definidos en la pestaña Modelaje Avanzado de Edificio. Ocho tipos de material están disponibles en SeismoBuild, cuatro tipos para hormigón y cuatro para acero. La lista completa de materiales se propone a continuación:

- Modelo no lineal para hormigón de Mander et al. - con_ma
- Modelo para hormigón trilinear - con_tl
- Modelo para hormigón no lineal de Chang-Mander - con_cm
- Modelo para hormigón no lineal de Kappos y Konstantinidis - con_hs
- Modelo para Hormigón Flexible (ECC) - con_ecc
- Modelo para Hormigón de Kent Scott Park - con_ksp
- Modelo de acero Giuffre-Menegotto-Pinto - stl_gmp
- Modelo para acero bilineal - stl_bl
- Modelo para acero con endurecimiento isotrópico por deformación- stl_bl2
- Modelo para acero Ramberg-Osgood -stl_ro
- Modelo para acero de Dodd-Restrepo - stl_dr
- Modelo para acero de Monti-Nuti - stl_mn
- Modelo por Riostras de Acero Restringidas al Pandeo - stl_br

Para una descripción completa de los tipos de materiales, consulte el Apéndice C– Materiales.

Modelaje de Elementos de Pórtico

Pueden emplearse diferentes tipos de elementos de pórtico para columnas/vigas y paredes. Los usuarios pueden elegir entre elementos de pórtico con formulación basada en fuerzas (infrmFB), elementos de

pórtico inelásticos con formulación basada en fuerzas y rótula plástica (infrmFBPH) y elementos de pórtico inelásticos con formulación basada en desplazamientos y rótula plástica (infrmDBPH). Además, es posible asignar el tipo de elemento pórtico inelástico con formulación basada en desplazamientos (infrmDB) a miembros cortos, una elección que mejora tanto la precisión como la estabilidad del análisis. Los usuarios pueden determinar la longitud máxima de los miembros cortos (1.0m por defecto). Los usuarios también pueden determinar la longitud máxima de los miembros, por debajo de la cual se emplea el tipo de elemento elfrm (0,4 m por defecto). Para las columnas/vigas y el elemento de infrmFBPH para muros en los ajustes de esquemas predeterminados, que debería funcionar bien para la mayoría de las aplicaciones prácticas. La longitud máxima del elemento de portico para la discretización de zapatas corridas se define en esta pestaña (1,0 m por defecto).

Definición de Cachos Rígidos

La elección de incluir o no extremos rígidos en los elementos de pórtico para modelar juntas de viga-columna también se hace aquí. Se observa que estos extremos rígidos se incluyen en el modelo, sólo cuando la longitud del extremo rígido de un miembro es mayor que el valor especificado, de lo contrario la viga se conecta directamente al nodo de la columna.

Discretización de las Losas

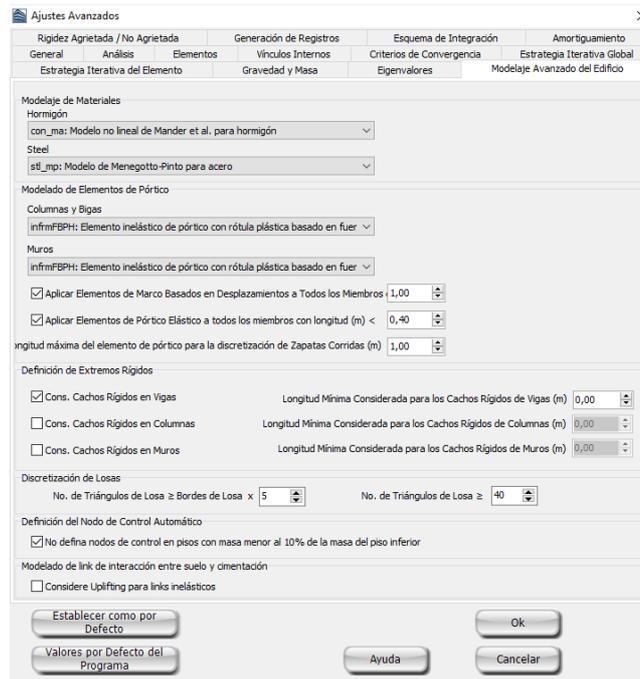
Los usuarios pueden seleccionar el número de triángulos a los que se van a subdividir los bloques, de modo que su peso y masa estén distribuidos apropiadamente en las vigas y columnas de apoyo. Esto puede hacerse de dos maneras, ya sea asignando el número exacto de triángulos o proporcionándolo como un multiplicador de los bordes de las losas, lo cual es una indicación de la complejidad de la losa. Obviamente, un número creciente de triángulos conduce a una distribución mejor y más precisa de las cargas a los miembros verticales, sin embargo también conduce a un análisis más largo de la losa.

Definición del Nodo de Control

Se proporciona la elección de definir el nodo de control en el piso superior o en el piso inferior (en los casos donde la masa del piso superior es menor al 10% de la masa del piso inferior).

Modelado del link de interacción suelo-cimentación

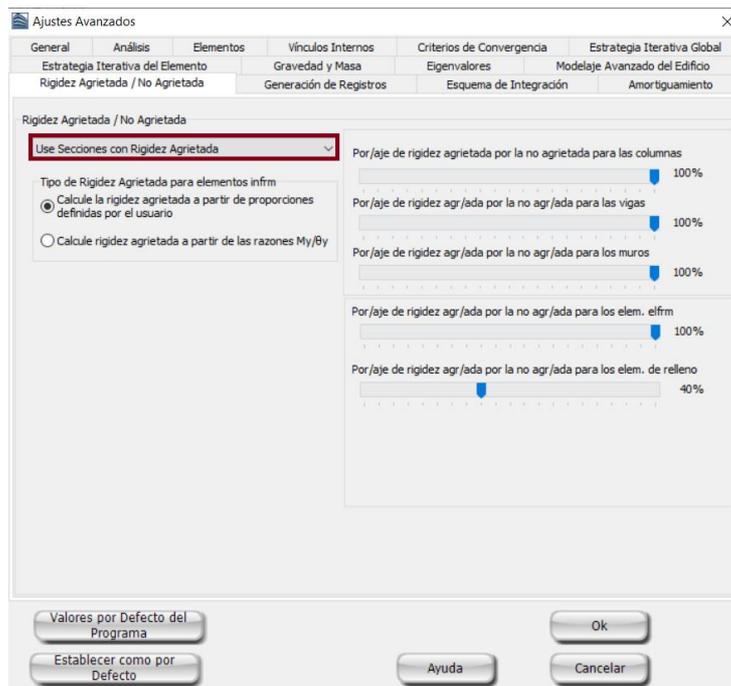
Cuando se selecciona la casilla de verificación Considerar Levantamiento para Links inelásticos, el elemento Link de cimentación tiene rigidez cero durante el levantamiento de la zapata.



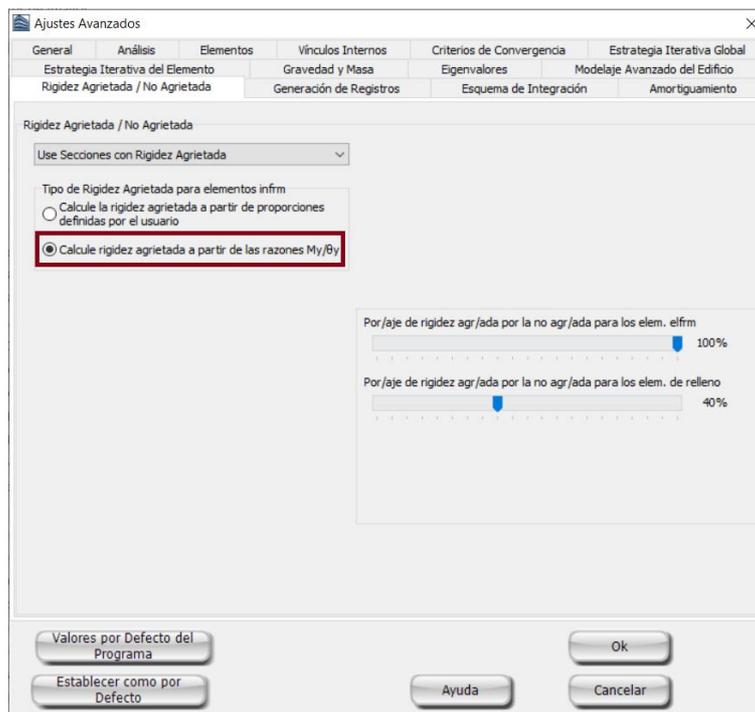
Ventana de Modelaje Avanzado del Edificio

Rigidez Agrietada/No Agrietada

Los usuarios pueden tener en cuenta el efecto del agrietamiento durante los análisis lineales, es decir, los análisis de valores propios y del espectro de respuesta, al seleccionar las secciones con rigidez agrietada. La rigidez agrietada se puede definir como un porcentaje de la rigidez no agrietada correspondiente o, en el caso de elementos de marco no elásticos solamente, de la sección M_y/θ_y (momento de flexión en la fluencia/capacidad de rotación de cuerda en la fluencia). En este último caso, los usuarios deben seleccionar el Código empleado para el cálculo de la capacidad de rotación de cuerda en la fluencia.



Ventana de pestaña de rigidez agrietada – valores de relaciones definidas por el usuario

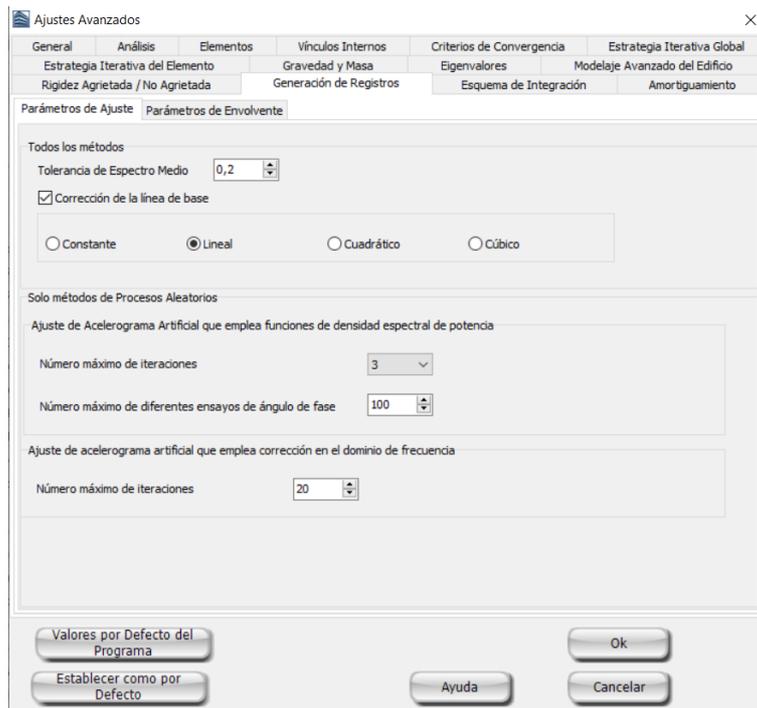


Ventana de pestaña de rigidez agrietada – relaciones M_y/θ_y

Generación de Registros

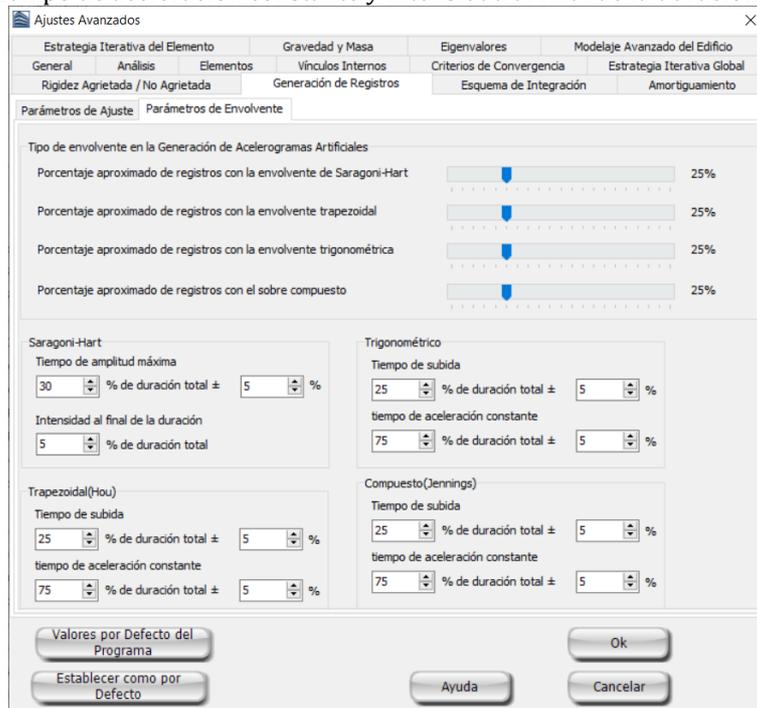
En esta sección, el usuario puede definir la configuración básica para el proceso de generación de registros en el análisis dinámico no lineal. Hay dos páginas disponibles.

En la primera página (Parámetros de Ajuste) se establecen los parámetros para el algoritmo de ajuste del espectro objetivo. La tolerancia del espectro (es decir, la diferencia aceptada entre el espectro del acelerograma generado y el del espectro objetivo, calculado como la media de los valores absolutos de las diferencias positivas y negativas) se puede modificar aquí. Los usuarios también pueden decidir si realizar o no la corrección de la línea base en la generación de los acelerogramas artificiales. De forma predeterminada, se selecciona una corrección de línea base cuadrática. Además, los usuarios también pueden personalizar los parámetros utilizados en los métodos de procesos aleatorios (Generación de acelerograma artificial y Generación y ajuste de acelerograma artificial), a saber: iniciador de proceso aleatorio, número máximo de iteraciones, número máximo de diferentes pruebas de ángulo de fase y el número de puntos utilizados para el cálculo de la Densidad Espectral de Potencia (DEP). La única configuración con importancia práctica es la tolerancia del espectro medio; No es necesario modificar otros parámetros, a menos que exista una causa específica.



Ventana de la página de Generación de registros – Parámetros de Ajuste

En la segunda página (Parámetros de envolvente) se establecen los tipos de formas de envolvente que se emplearán en los métodos “Generación de acelerograma artificial” y “Generación y ajuste de acelerograma artificial”. Los usuarios pueden elegir el porcentaje de cada tipo de sobre en todos los registros, teniendo en cuenta, sin embargo, que el programa ejecuta internamente un proceso aleatorio; por tanto, estos ajustes se refieren literalmente a la probabilidad de que se emplee tal envolvente. Finalmente, también se definen aquí los ajustes básicos para la definición de las formas de la envolvente (tiempo de máxima amplitud, tiempo de subida, tiempo de aceleración constante e intensidad al final de la duración).



Ventana de la página de Generación de registros – Parámetros de Envolvente

Esquema de Integración

En los análisis dinámicos no lineales debe utilizarse un esquema de integración numérica directa para resolver el sistema de ecuaciones de movimiento [por ej., Clough and Penzien, 1993; Chopra, 1995]. En SeismoBuild, dicha integración puede ser llevada a cabo mediante dos algoritmos de integración implícitos diferentes: (i) el **esquema de integración de Newmark** [Newmark, 1959] o (ii) el **algoritmo de integración de Hilber-Hughes-Taylor** [Hilber et al., 1977].

NOTA: El algoritmo de integración de Hilber-Hughes-Taylor es la opción por defecto.

Esquema de Integración de Newmark

El **esquema de integración de Newmark** requiere de la definición de dos parámetros: beta (β) y gama (γ). Es posible obtener una estabilidad incondicional, independientemente de la magnitud del incremento de tiempo utilizada, para valores de $\beta \geq 0.25(\gamma + 0.5)^2$. Por otra parte, si se adopta $\gamma = 0.5$, el esquema de integración se reduce a la conocida regla trapezoidal no disipativa, en la cual no se introduce amortiguamiento numérico, condición que puede resultar ventajosa para muchas aplicaciones. Los valores por defecto son, entonces, $\beta = 0.25$ y $\gamma = 0.5$.

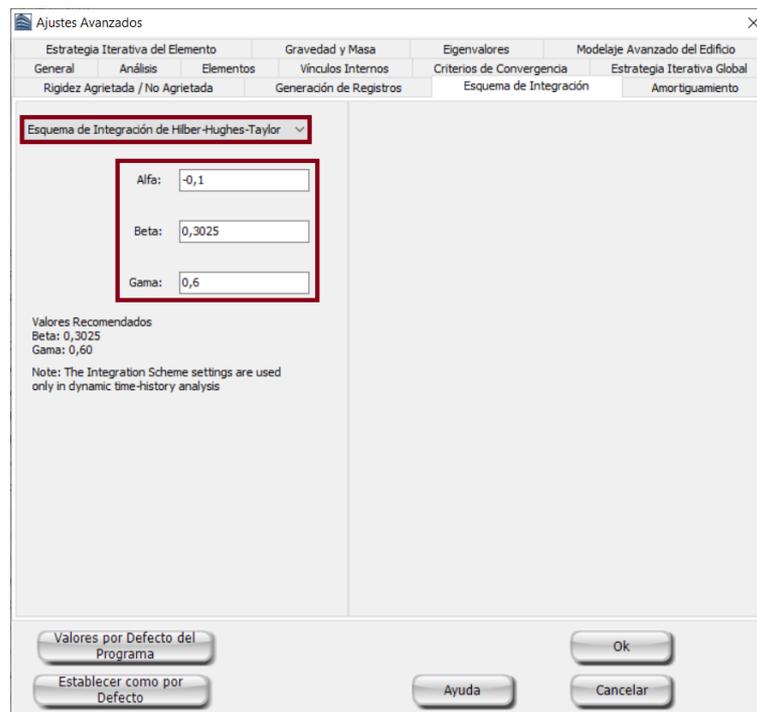
The screenshot shows the 'Ajustes Avanzados' dialog box with the following settings:

- Esquema de Integración de Newmark (selected in the dropdown)
- Alfa: (empty text box)
- Beta: 0,25 (text box)
- Gama: 0,5 (text box)
- Valores Recomendados: Beta: 0,25; Gama: 0,5
- Note: The Integration Scheme settings are used only in dynamic time-history analysis
- Buttons: Valores por Defecto del Programa, Establecer como por Defecto, Ayuda, Ok, Cancelar

Ventana Esquema de Integración – Newmark

Esquema de Integración de Hilber-Hughes-Taylor

El **algoritmo de Hilber-Hughes-Taylor**, por su parte, requiere la caracterización de un parámetro adicional alfa (α) utilizado para controlar el nivel de disipación numérica. El mismo puede jugar un rol beneficioso en los análisis dinámicos, principalmente a través de la reducción de la contribución de modos altos espurios a la solución (los cuales se manifiestan típicamente en forma de picos muy altos y de breve duración), aumentando tanto la precisión de los resultados como la estabilidad numérica del análisis. De acuerdo con sus autores [Hilber et al., 1977], y como ha sido confirmado en otros estudios [por ej., Broderick et al., 1994], se obtienen soluciones óptimas, en términos de precisión de la solución, estabilidad numérica y amortiguamiento numérico, para valores de $\beta = 0.25(1 - \alpha)^2$ y $\gamma = 0.5 - \alpha$, con $-1/3 \leq \alpha \leq 0$. En SeismoBuild, los valores por defecto son $\alpha = -0.1$, $\beta = 0.3025$ y $\gamma = 0.6$.



Ventana Esquema de Integración - Hilber-Hughes-Taylor

NOTA: Para una mayor profundización en los temas de procedimientos de solución paso-a-paso, métodos explícitos versus métodos implícitos, condiciones de estabilidad, amortiguamiento numérico, etc., se recomienda a los usuarios referirse a la literatura disponible, como los trabajos de Clough and Penzien [1993], Cook et al. [1988] y Hughes [1987], por citar algunos.

Amortiguamiento

En los análisis dinámicos no lineales, el amortiguamiento histerético, que es habitualmente responsable de la disipación de la mayoría de la energía sísmica, se encuentra incluido implícitamente en la formulación del modelo con fibras no lineales de los elementos inelásticos de pórtico (infrm, infrmPH) o dentro de la curva de respuesta fuerza-desplazamiento no lineal utilizada para caracterizar la respuesta de los elementos link. Existe, sin embargo, una cantidad relativamente pequeña de amortiguamiento no histerético que es también movilizado durante la respuesta dinámica de las estructuras, a través de fenómenos como la fricción entre elementos estructurales y no estructurales, fricción en las fisuras abiertas del hormigón, radiación de energía a través de las fundaciones, etc., y que puede no haber sido modelado en el análisis. Tradicionalmente, dichas fuentes modestas de disipación energética han sido consideradas mediante el uso del amortiguamiento de Rayleigh [por ej., Clough and Penzien, 1993; Chopra, 1995] con valores de amortiguamiento viscoso equivalente (ξ) de entre 1% y 8%, dependiendo de la tipología estructural, los materiales utilizados, los elementos no estructurales, el período y magnitud de la vibración, el modo de vibración considerado, etc. [por ej., Wakabayashi, 1986].

En la ventana de diálogo *Amortiguamiento*, el usuario puede optar por:

- no utilizar amortiguamiento viscoso;
- utilizar **amortiguamiento proporcional a la rigidez**;
- introducir **amortiguamiento proporcional a la masa**;
- utilizar el **amortiguamiento de Rayleigh**.

Ventana de Amortiguamiento

Amortiguamiento proporcional a la Rigidez

Para el **amortiguamiento proporcional a la rigidez**, el usuario debe especificar el valor del multiplicador de la matriz de rigidez (α_K) que desea utilizar.

Típicamente, aunque no de manera exclusiva, dicho valor es calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$\alpha_K = \frac{T\xi}{\pi}$$

El usuario debe también especificar si el amortiguamiento es proporcional a (i) la rigidez inicial o (ii) la rigidez tangencial.

NOTA 1: El valor de la matriz de *amortiguamiento proporcional a la rigidez tangencial* es actualizado con cada incremento de carga, no en cada iteración, ya que esto ocasionaría mayor inestabilidad numérica y aumento del tiempo de ejecución.

NOTA 2: Si surgieran dificultades numéricas por el uso del *amortiguamiento proporcional a la rigidez tangencial*, se recomienda al usuario utilizar entonces *amortiguamiento proporcional a la rigidez inicial*, utilizando un coeficiente de amortiguamiento viscoso equivalente reducido, a fin de evitar la introducción de efectos de amortiguamiento viscoso exageradamente elevados. En otras palabras, mientras un amortiguamiento viscoso del 2-3% puede ser una suposición razonable para una estructura de hormigón armado que haga uso del *amortiguamiento proporcional a la rigidez tangencial*, un valor mucho menor (0.5-1%) debe ser especificado si se utiliza, en cambio, el *amortiguamiento proporcional a la rigidez inicial*.

Amortiguamiento proporcional a la Masa

Para el **amortiguamiento proporcional a la masa**, el usuario debe especificar el valor del multiplicador de la matriz de masa (α_M) que desea utilizar.

Típicamente, aunque no de manera exclusiva, dicho valor es calculado utilizando la siguiente ecuación:

$$\alpha_M = \frac{4\pi\xi}{T}$$

Amortiguamiento de Rayleigh

Para el **amortiguamiento de Rayleigh**, el usuario debe especificar los valores del período (T) y amortiguamiento (ξ) del primer y último modo de interés (llamados aquí modo 1 y 2).

Los multiplicadores de la matriz de masa (α_M) y rigidez (α_K) son calculados por el programa, utilizando las expresiones dadas a continuación, que aseguran que el verdadero amortiguamiento de Rayleigh sea obtenido (si se utilizaran coeficientes definidos arbitrariamente, se estaría empleando, en efecto, amortiguamiento matricial en lugar de amortiguamiento de Rayleigh):

$$\alpha_M = 4\pi \frac{\xi_1 T_1 - \xi_2 T_2}{T_1^2 - T_2^2} \quad \text{and} \quad \alpha_K = \frac{T_1 T_2}{\pi} \frac{\xi_2 T_1 - \xi_1 T_2}{T_1^2 - T_2^2}$$

NOTA 1: Existe una amplia variedad de tipos de amortiguamiento matricial que son utilizados en diferentes programas de elementos finitos. Estas variaciones pueden presentar ventajas respecto al tradicional amortiguamiento de Rayleigh (por ejemplo, la reducción del nivel de amortiguamiento introducido en los modos altos, etc). Sin embargo, consideramos que dicho nivel de refinamiento no es necesariamente requerido por la mayoría de los análisis, razón por la cual sólo las tres modalidades de amortiguamiento viscoso presentadas anteriormente se encuentran disponibles en SeismoStruct.

NOTA 2: Existe una dispersión significativa en las diferentes propuestas respecto a los valores efectivos de *amortiguamiento viscoso equivalente* a ser utilizados en la ejecución de análisis dinámicos, por lo que se recomienda al usuario investigar en profundidad este asunto con el fin de determinar los valores más adecuados para su análisis en particular. Éstos dependen del tipo de material (típicamente, se utilizan mayores valores para el hormigón que para el acero, por ejemplo), configuración estructural (un pórtico de varios pisos con paneles divisorios/de cerramiento puede presentar valores mayores que una pila de un puente de un solo GDL), nivel de deformación (para bajos niveles de deformación, puede resultar justificable la utilización de valores de amortiguamiento viscoso equivalente mayores que aquellos utilizados en análisis en los que los edificios son llevados hasta altos niveles de respuesta inelástica, dado que es probable que en este último caso la contribución de los elementos no estructurales resulte de menor importancia, por ejemplo), estrategia de modelado (por ejemplo, en el modelado con fibras la fisuración es tenida en cuenta en forma explícita y, por ende, no necesita ser representada mediante el amortiguamiento viscoso equivalente, como en el caso del modelado con plasticidad concentrada utilizando relaciones bi-lineales de momento-curvatura).

NOTA 3: Las fuerzas de amortiguamiento en modelos que presenten elementos con una rigidez muy elevada (por ej., puentes con estribos rígidos, edificios con muros rígidos, etc.) pueden resultar irreales - el amortiguamiento general en el modelo de un puente puede introducir fuerzas de amortiguamiento significativas, debido, por ejemplo, a la elevada rigidez de los estribos.

Análisis de Eigenvalores

PARÁMETROS DE EIGENVALORES

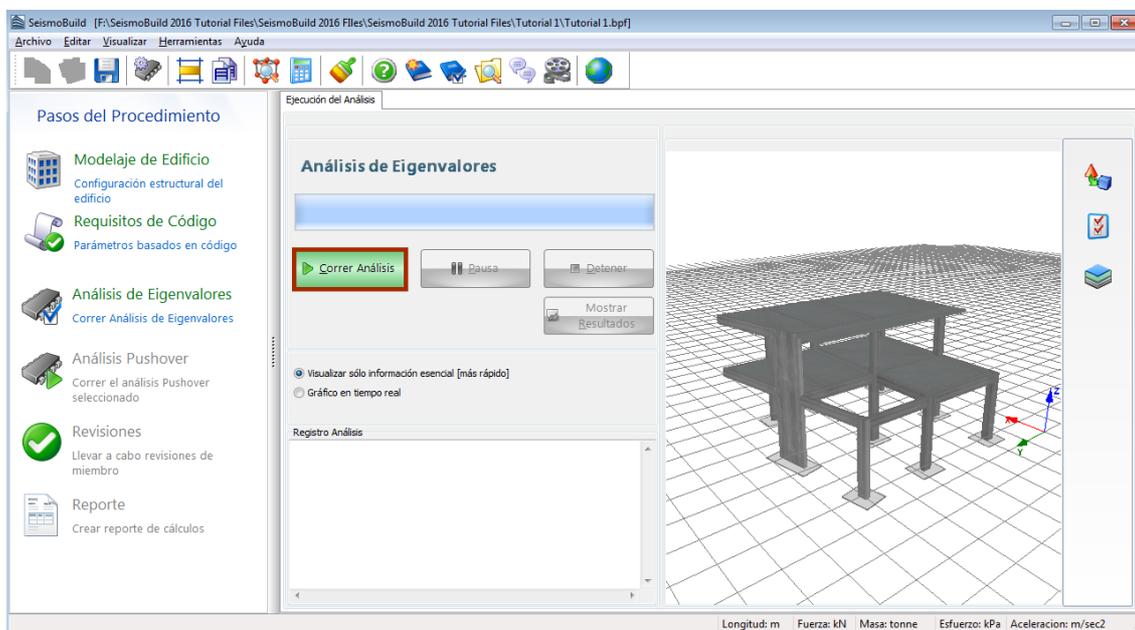
El eficiente **algoritmo de Lanczos** [Hughes, 1987] se utiliza por defecto para la evaluación de las frecuencias naturales estructurales y formas de los modos. Sin embargo, **el algoritmo de Jacobi con la transformación de Ritz** también puede ser elegido por el usuario en el módulo de Ajustes Avanzados.

El análisis de Eigenvalores es un tipo de análisis estructural puramente elástico, ya que las propiedades del material se toman como constantes a lo largo de todo el procedimiento de cálculo. Sin embargo, en SeismoBuild elementos de pórtico inelásticos se utilizan, que se emplearán en todos los análisis, incluido el eigenvalor uno. Por lo tanto, se emplean diferentes tipos de materiales y secciones en la caracterización de las propiedades mecánicas de los elementos, no definidas por el usuario, sino internamente determinadas por el programa, utilizando fórmulas clásicas que se pueden encontrar en cualquier libro o publicación sobre los fundamentos de Mecánica Estructural [ej. Gere y Timoshenko, 1997; Pilkey, 1994].

NOTA: El confinamiento del concreto aumentará la resistencia a la compresión del material, y por lo tanto la rigidez del miembro, conduciendo así a períodos de vibración más cortos.

PROCESADOR

Una vez definidos los parámetros de análisis de Eigenvalores en el módulo de Ajustes Avanzados, el usuario está listo para ejecutar el análisis. Esto se lleva a cabo en el área **Análisis de Eigenvalores** de SeismoBuild, seleccionando el botón **Correr Análisis**.



Área del Procesador

A medida que el análisis se está ejecutando, una barra de progreso proporciona al usuario una indicación porcentual de hasta dónde ha avanzado el primero. Los usuarios pueden, de esta manera, evaluar rápidamente el tiempo de espera necesario para que el análisis se complete y, por lo tanto, planificar

rápidamente su horario de trabajo posterior, aunque el análisis de los eigenvalores tarda sólo unos segundos en completarse.

Cuando se completa el análisis, aparece un mensaje informativo que sugiere comprobar las formas deformadas de los diferentes modos para posibles problemas de conectividad entre los haces y las columnas.



Verificación de Conectividad en el Análisis de Eigenvalores

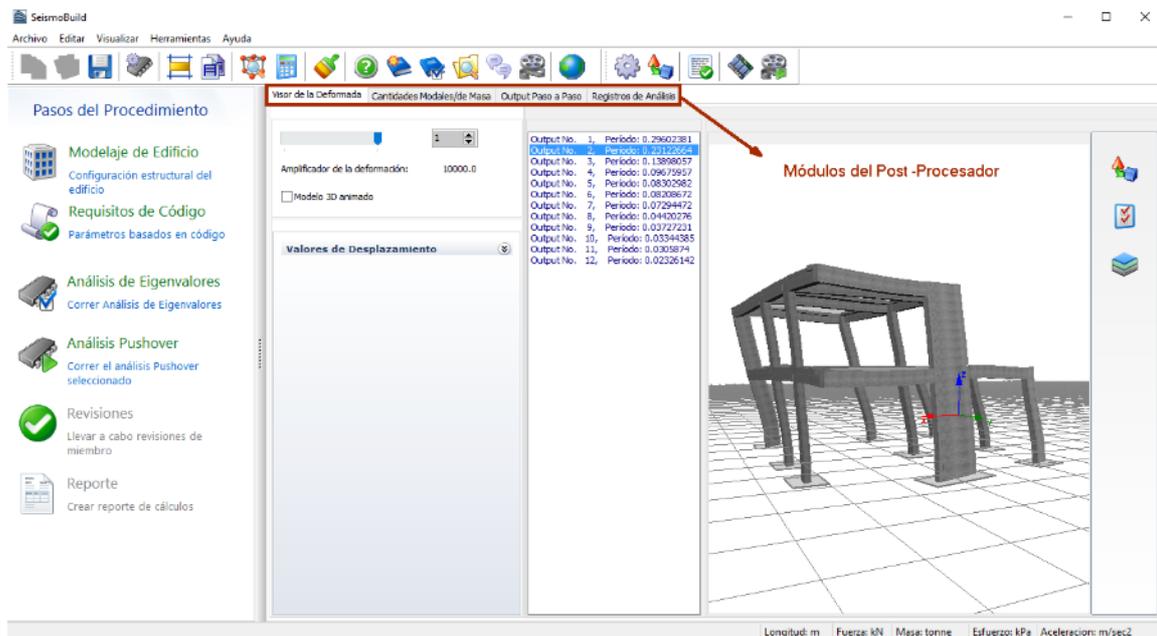
POST-PROCESADOR

Después de ejecutar el análisis de eigenvalores, los usuarios pueden ir a ver los resultados haciendo clic en el botón **Mostrar Resultados**. Los resultados del análisis se guardan en un archivo de resultados SeismoBuild, distinguible por su extensión *_Eig.brf, con el mismo nombre que el archivo de proyecto de entrada.

El área de resultados muestra una serie de módulos donde los resultados del análisis de Eigenvalores se pueden ver en formato gráfico o de tabla y luego se copian en cualquier otra aplicación de Windows (por ejemplo, los resultados presentados se pueden copiar en una hoja de cálculo como Microsoft Excel; o copiados en una aplicación de procesamiento de textos, como Microsoft Word).

Los módulos disponibles se enumeran a continuación y se describirán en los párrafos siguientes:

- Visor de la Deformada
- Cantidades Modales/de Masa
- Output Paso a Paso
- Registros de Análisis

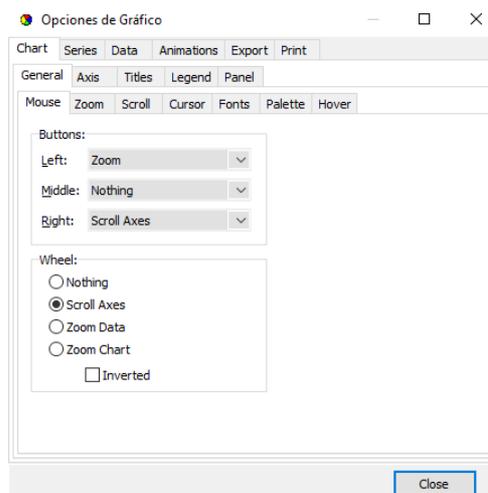


Módulos del Post-Procesador

Hay algunas operaciones generales que se aplican a todos los módulos del post-procesador. Por ejemplo, la forma en que los componentes del modelo (por ejemplo, nodos, secciones, elementos, etc.) aparecen en todos los cuadros de diálogo del post-procesador.

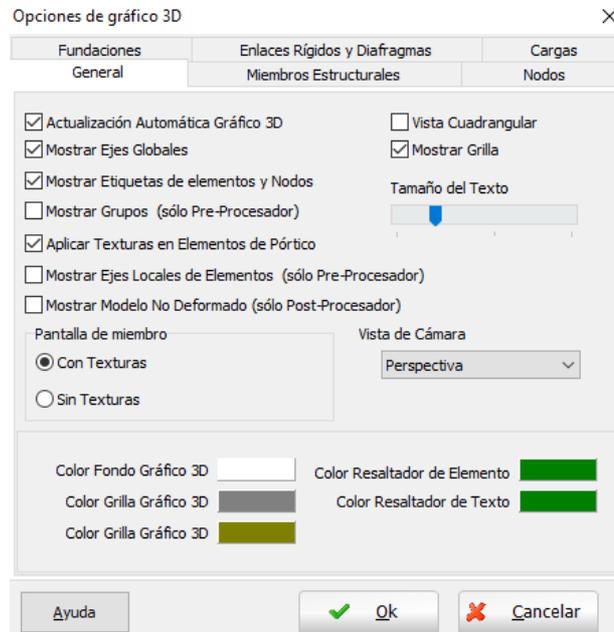
Opciones de Gráfico

Todas las gráficas que se muestran en los módulos del Post-Procesador pueden modificarse y personalizarse utilizando la opción Opciones de Gráfico, disponible en el menú principal (*Herramientas > Opciones de Gráfico...*), en el botón de la barra de herramientas  o en el menú desplegable del botón derecho. El usuario puede cambiar las características de las líneas (color, grosor, estilo, etc.), el fondo (color, degradado), los ejes (color, tamaño de letra y estilo de las etiquetas, etc.) y los títulos de la gráfica. A través de *Salvar Ajustes de Gráfico...* y *Cargar Ajustes de Gráfico...*, disponibles en el menú emergente con el botón derecho del ratón, los ajustes de trazado se pueden guardar y recuperar, respectivamente, para aplicarlos a otros gráficos.



Opciones de Gráfico - General

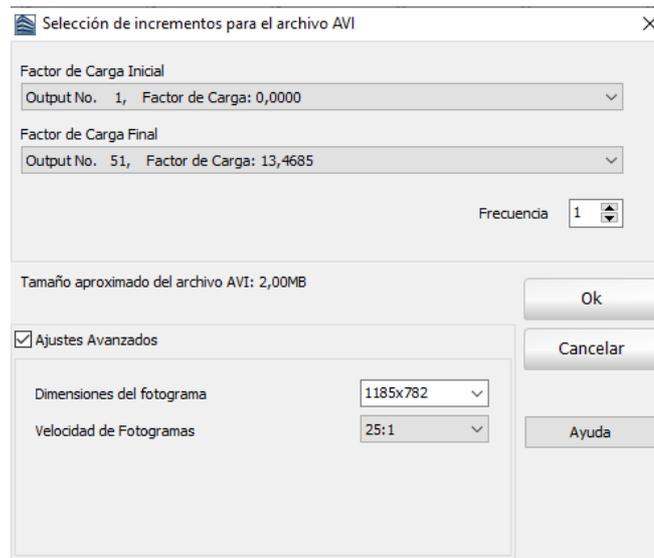
Además, dentro del menú Opciones de Gráfico 3D, accesible cuando el modelo 3D es visible, hay una serie de submenús de los que los usuarios no sólo pueden seleccionar qué componentes del modelo (nodos, miembros estructurales, etc.) mostrar en el gráfico, sino también cambiar una gran variedad de configuraciones como el color/transparencia de los elementos, los ejes de trazado y los paneles de fondo, el color/transparencia de los símbolos de carga, el color de los textos, etc.



Opciones de Gráfico 3D – General

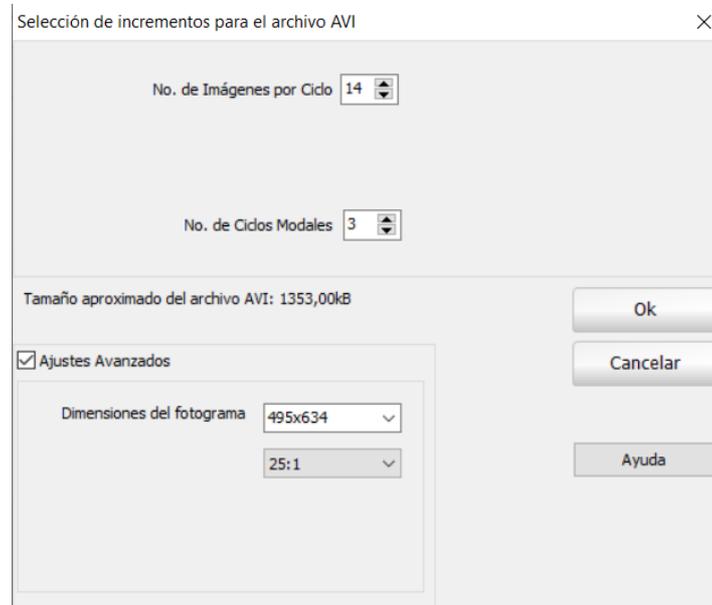
Crear una película del análisis

SeismoBuild proporciona a los usuarios la posibilidad de crear una película donde el modo de vibración de una estructura (como se obtiene del análisis de los eigenvalores) se representa de forma animada. Se puede acceder a esta herramienta a través del menú principal del programa (*Herramientas > Crear archivo AVI...*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas .



Selección de los pasos para el archivo AVI

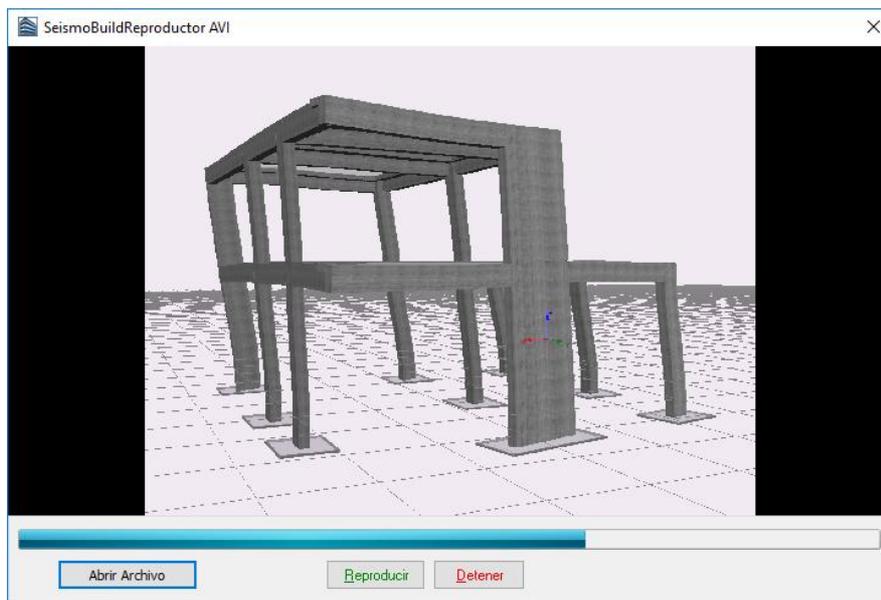
Si un usuario desea crear una película que ilustra un modo de vibración determinado de una estructura particular, entonces debe definir el número de ciclos de modo que se va a crear (es decir, cuántas veces se repetirá la animación modal) y el número de imágenes/fotogramas por ciclo. Evidentemente, cuanto más alto sea el número de fotogramas provisionales, más suave será la animación, pero también más grande será el archivo de película.



Selección de pasos para el archivo AVI

Antes de crear la animación, se aconseja a los usuarios personalizar el gráfico 3D según sus necesidades y gustos, ya que estos ajustes reflejarán la apariencia de la película. En particular, se observa que durante la creación de la película, los ejes del gráfico no se actualizan automáticamente, lo que implica que, antes de iniciar el proceso de creación, los usuarios deben establecer los ejes a los valores necesarios más grandes. Esto último puede hacerse visualizando una deformada de salida donde las deformaciones están en su punto más alto.

Una vez creada la animación, los usuarios pueden comprobar su adecuación mediante el Visor de AVI incorporado en SeismoBuild, accesible desde el menú principal del programa (*Herramientas > Mostrar archivo AVI...*) o a través del respectivo botón de la barra de herramientas .

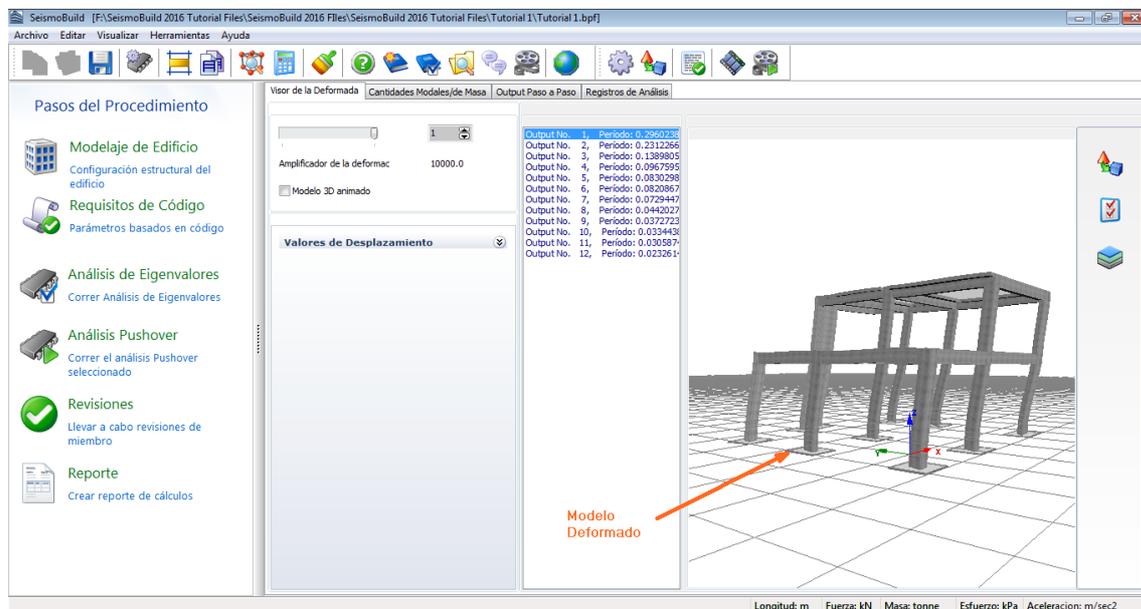


Reproductor de AVI de SeismoBuild

Las animaciones creadas en SeismoBuild (es decir, películas AVI) también pueden ser abiertas por otras aplicaciones de Windows, como Windows Media Player o, lo que es más importante, Microsoft PowerPoint, donde se pueden utilizar en presentaciones multimedia.

Visor de la Deformada

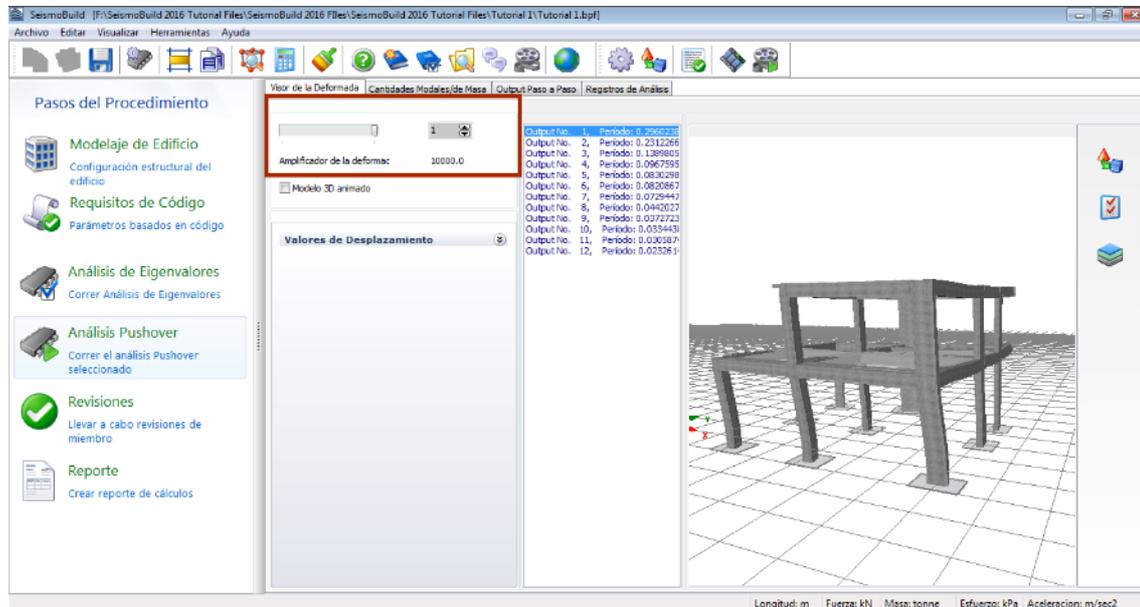
Con el Visor de la Deformada, los usuarios tienen la posibilidad de visualizar la forma deformada del modelo para cada período del modelo (haga clic en el identificador de salida deseado para actualizar la vista de la deformada).



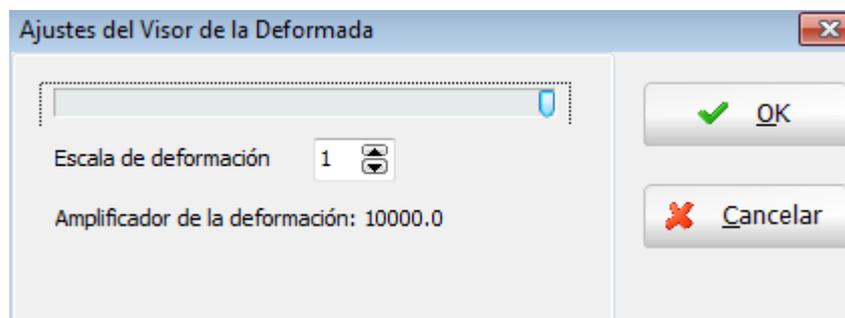
Visor de la Deformada

El diagrama de la deformada puede ser ajustado y personalizado usando las Opciones de Gráfico 3D y luego copiado a cualquier aplicación de Windows por medio de la instalación Copiar Gráfico 3D. Además, cuando la forma deformada en tiempo real de la estructura es difícil de interpretar (debido a que los

desplazamientos son demasiado grandes o demasiado pequeños), los usuarios pueden hacer uso del amplificador de deformación disponible a la izquierda de la pestaña de Visor de la Deformada o del multiplicador disponible en el menú contextual del botón derecho del ratón, el menú principal (*Herramientas > Configuración de la Deformada...*) o el botón de la barra de herramientas correspondiente  para adaptar mejor la gráfica.



Visor de la Deformada – Amplificador de Deformación

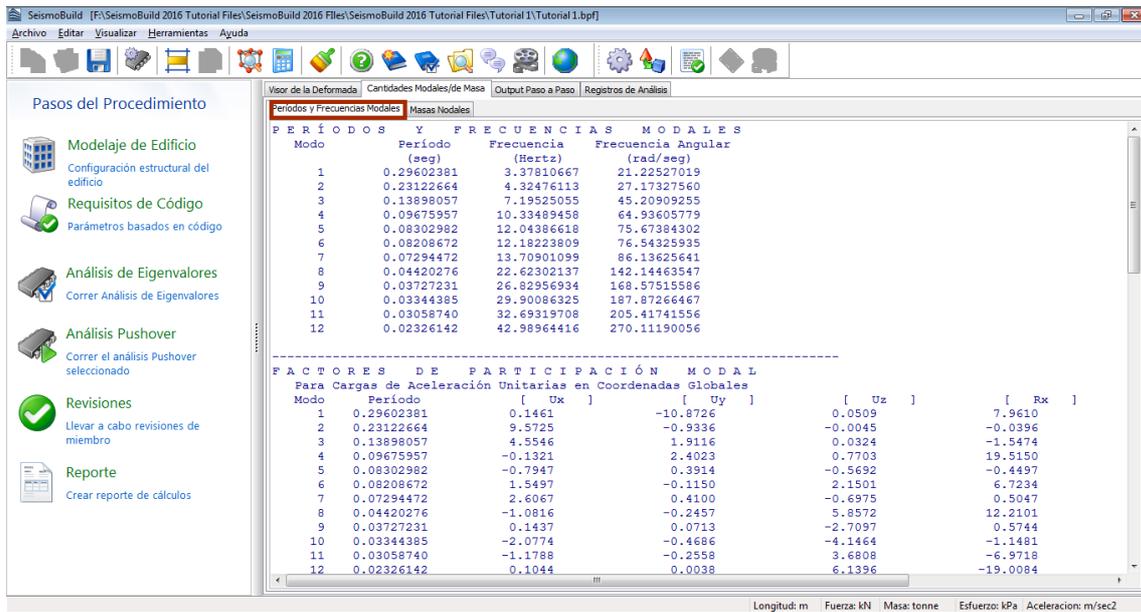


Ajustes del Visor de la Deformada

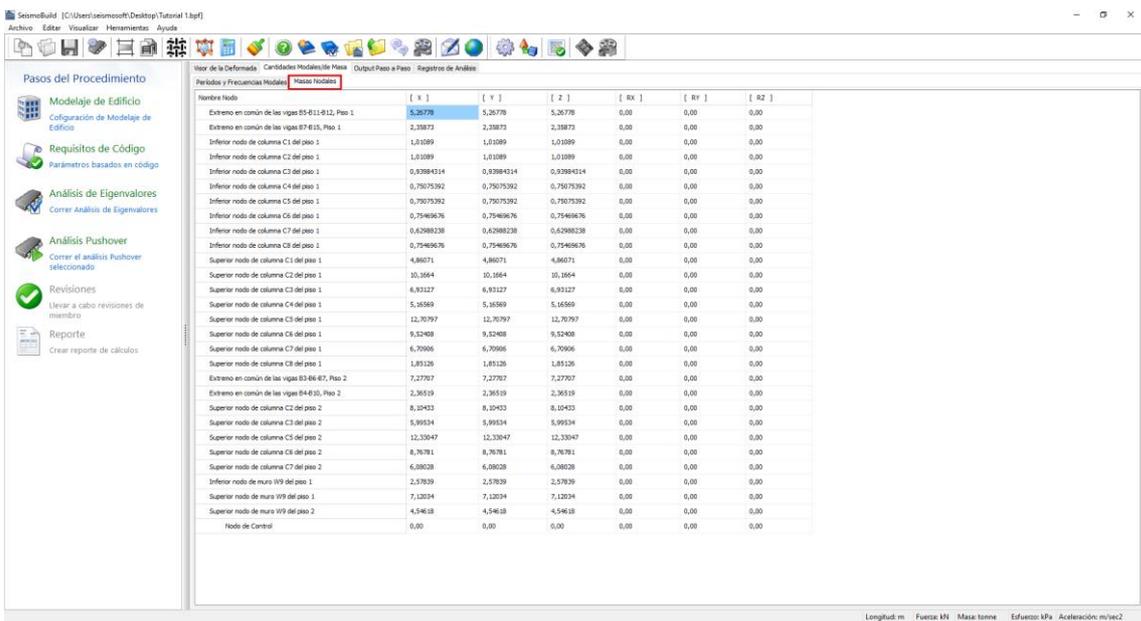
Finalmente, el modo de vibración de una estructura (como se obtiene del análisis de Eigenvalores) se representa animadamente mediante la selección de la casilla de verificación Modelo 3D Animado.

Cantidades Modales/de Masa

El módulo Cantidades Modales/de Masa proporciona un resumen de (i) los resultados del eigenvalor principal (es decir, el período natural/frecuencia de vibración de cada modo, los factores de participación modal y las masas modales efectivas) y (ii) las masas nodales. Estos resultados se pueden copiar fácilmente a un editor de texto, a través del menú contextual del botón derecho del ratón.



Módulo de Cantidades Modales /de Masa – Periodos Modales y Frecuencias



Módulo de Cantidades Modales/de Masa – Masas Nodales

Con respecto a las masas nodales, SeismoBuild provee una tabla en la cual se resumen las masas de los nodos para cada grado de libertad (incluso rotacionales). Para cada nodo, la masa rotacional es calculada como la suma entre la masa rotacional definida específicamente por el usuario para ese nodo y el producto de la masa traslacional del nodo por el cuadrado de la distancia al centro de gravedad del modelo.

Los **factores de participación modal**, obtenidos como la **razón** entre el **factor de excitación modal** ($L_n = \Phi_n^T * M$) y la **masa generalizada** ($M_n = \Phi_n^T * M * \Phi_n$), proveen una medida de cuán fuertemente participa un modo dado en la respuesta dinámica de una estructura. Sin embargo, dado que las formas modales Φ_n pueden ser normalizadas en formas diferentes, la magnitud absoluta del factor de participación modal no tiene significado alguno y es, en cambio, su magnitud relativa respecto de los restantes modos que resulta de importancia [Priestley et al., 1996].

Por este motivo, y en particular para el caso de los edificios sometidos a un input sísmico, es habitual que los ingenieros/analistas utilicen la masa modal efectiva ($m_{eff,n}=L_n^2/M_n$) como medida de la importancia relativa que cada uno de los modos de la estructura tiene sobre su respuesta dinámica. De hecho, dado que $m_{eff,n}$ puede interpretarse como la parte de la masa total M de la estructura que es excitada por un modo n dado, los modos que presenten valores altos de masa modal efectiva son propensos a contribuir significativamente en la respuesta.

NOTA 1: Por mayor información respecto del análisis modal y sus respectivos parámetros, se recomienda a los usuarios consultar la literatura disponible [por ej., Louth and Penzien, 1993; Chopra, 1995].

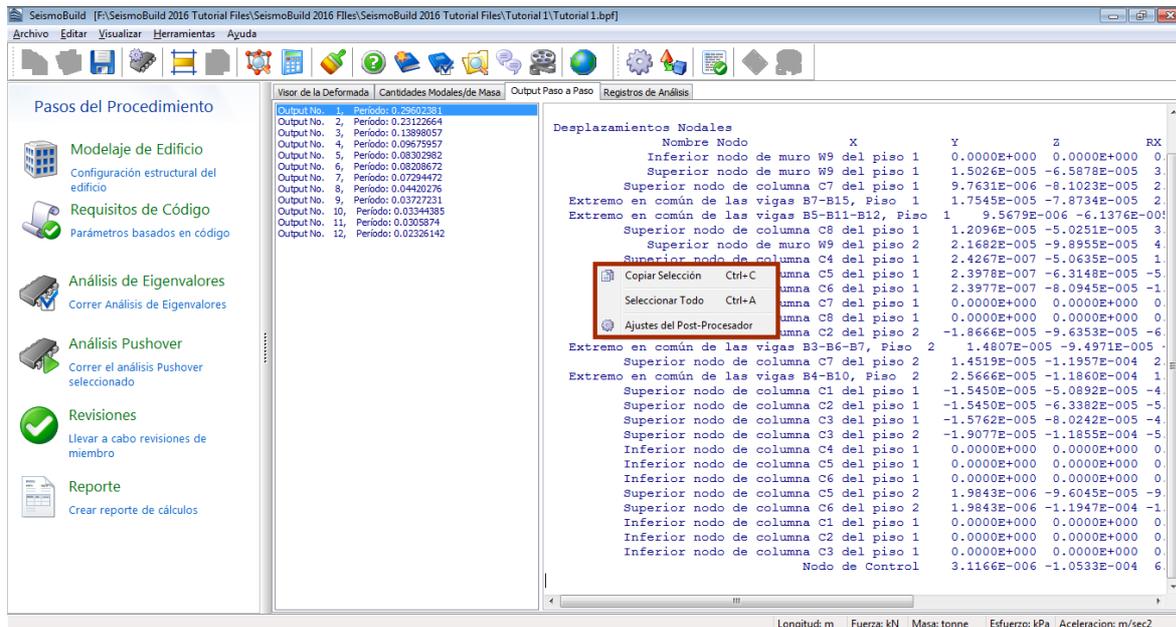
NOTA 2: Las formas modales se encuentran normalizadas respecto de la masa.

NOTA 3: Los Factores de Participación Modal (FPMs) para las rotaciones son calculados considerando una matriz de transformación definida de la siguiente manera (donde x_0, y_0, z_0 son las coordenadas del centro de masa), de forma tal que el factor de excitación modal se convierte en $L_n=\Phi_n^T*M*T_i$, a partir del cual la masa efectiva modal puede ser fácilmente obtenida (como para los grados de libertad traslacionales).

$$T_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & (z-z_0) & -(y-y_0) \\ 0 & 1 & 0 & -(z-z_0) & 0 & (x-x_0) \\ 0 & 0 & 1 & (y-y_0) & -(x-x_0) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Output Paso a Paso

Este módulo de post-procesamiento proporciona en formato de archivo de texto de salida todos los resultados analíticos (desplazamientos/rotaciones nodales, frecuencia natural y período natural) obtenidos por SeismoBuild. La salida completa del paso, o partes seleccionadas del mismo, se pueden copiar a los editores de texto para manipulación adicional, usando los comandos de menú correspondientes, atajos de teclado, botones de la barra de herramientas o menú desplegable del botón derecho.



Output Paso a Paso

En lugar de copiar y pegar el contenido de este módulo, los usuarios también pueden optar por utilizar simplemente la opción Exportar a Archivo de Texto, que también ofrece la posibilidad de elegir los números de interés de inicio y de fin, junto con un incremento de número de modo. Esta herramienta útil está disponible en el botón de la barra de herramientas .

Por último, y tal como se indica en *Ajustes Avanzados > General*, los usuarios también pueden activar la opción de crear, al final de cada análisis, un archivo de texto (*.out) que contenga la salida de todo el análisis (tal como se muestra en este módulo). Esta característica puede resultar útil para los usuarios, que desean de forma sistemática, en vez de ocasionalmente, post-procesar los resultados utilizando sus propias instalaciones de post-procesamiento personalizadas.

Registros de Análisis

Como se comentó anteriormente, durante un análisis dado, se crea y se guarda un registro de su progreso numérico y de la respuesta de rendimiento del modelo en el archivo de registro del proyecto (*.Eig.log). El contenido de dicho archivo se puede visualizar en el módulo de registros de análisis y, si es necesario, copiar y pegar en cualquier otra aplicación de Windows.

También se observa que, puesto que la fecha y la hora del último análisis se guardan en el **Archivo de Registro**, los usuarios pueden consultar este módulo cuando se requiere tal tipo de información.

Análisis Lineal y No Lineal

GENERAL

En SeismoBuild se han programado todos los métodos analíticos (tanto lineales como no lineales) que son propuestos por los diferentes Estándares, a saber (i) el Procedimiento Estático Lineal LSP, (ii) el Procedimiento Dinámico Lineal LDP, (iii) el Procedimiento Estático No Lineal NSP y (iv) el procedimiento dinámico no lineal NDP.

En general, los métodos no lineales se consideran numéricamente más avanzados y más precisos en la representación de la carga sísmica. Toman en cuenta explícitamente la concentración de daño en las ubicaciones más débiles del edificio y la redistribución de fuerzas sobre la formación de bisagras plásticas, considerando tanto la inelasticidad material como las no linealidades geométricas. Además, el método dinámico no lineal (aunque más complicado en su aplicación) se considera el método de análisis más preciso, ya que logra representar mejor la naturaleza dinámica de la carga sísmica con respecto a sus contrapartes estáticas. En consecuencia, los métodos no lineales son los que se emplean principalmente para la evaluación y refuerzo de edificios de hormigón armado existentes.

PROCEDIMIENTO ESTÁTICO LINEAL

Con el Procedimiento Estático Lineal (Método de Fuerza Lateral con las convenciones de nomenclatura EC8) se aplica una distribución de fuerza triangular, lateral, pseudo-sísmica que se supone que se aproxima a la carga sísmica a un modelo estructural elástico lineal, para calcular las fuerzas internas y los desplazamientos del sistema. Estos efectos de la acción se comparan luego con las capacidades de los miembros para el nivel de desempeño seleccionado, siempre en términos de fuerzas y, si las capacidades son mayores que las demandas, la estructura se considera segura.

El período fundamental de vibración del edificio para el movimiento lateral en la dirección considerada se calcula mediante análisis de eigenvalores o con métodos empíricos más aproximados, a partir de los cuales se calcula la ordenada del espectro de respuesta S_a . La fuerza lateral total es proporcional a la aceleración espectral S_a y al peso del edificio W :

$$V = C_1 \times C_2 \times C_m \times S_a \times W \rightarrow \text{en ASCE 41 o}$$

$$V = \lambda \times S_a \times W \rightarrow \text{en Eurocódigo 8}$$

C_1 , C_2 , C_m y λ son diferentes factores de modificación fácilmente calculados que están relacionados con efectos de modo superior y otros parámetros, tales como los desplazamientos inelásticos máximos esperados, el efecto de formas de histéresis pellizcadas, la rigidez y el deterioro de la resistencia. Esta fuerza total se distribuye luego en cada nivel del piso, de acuerdo con la distribución de masa del edificio y la forma modal del modo fundamental (en EC8) o una distribución triangular invertida (tanto en ASCE-41 como en EC8).

Debido a su naturaleza aproximada, el procedimiento estático lineal se permite solo en casos de construcciones muy regulares y de poca altura que sufren daños limitados y no sufren grandes deformaciones inelásticas. En particular:

- (i) Las relaciones de demanda por capacidad DCR deben ser pequeñas para todos los miembros estructurales. Para los tipos de falla frágil, deben estar por debajo de la unidad.
- (ii) No debe haber discontinuidades e irregularidades de rigidez o resistencia en el plano.
- (iii) No debe haber discontinuidades e irregularidades de rigidez o resistencia fuera del plano.
- (iv) No debe haber irregularidades de rigidez o resistencia en pisos débiles.
- (v) No debe haber resistencia a la torsión o irregularidades de rigidez.

(vi) El período fundamental no debe ser grande.

PROCEDIMIENTO DINÁMICO LINEAL

El Procedimiento Dinámico Lineal (Análisis Modal de Espectro de Respuesta, de acuerdo con las convenciones de nomenclatura EC8) es similar al LSP, al menos en lo que respecta al enfoque de modelado. El modelo es elástico y no hay degradación de la rigidez durante el análisis. Sin embargo, el método es algo más sofisticado, ya que el perfil de las fuerzas laterales ya no es arbitrario, sino que se calcula como una combinación de las contribuciones modales de los diferentes modos de vibración de la estructura. Los efectos de acción de los miembros estructurales se comparan nuevamente con las capacidades para el nivel de desempeño seleccionado en términos de fuerzas y, si las capacidades son mayores que las demandas, la estructura se considera segura. El procedimiento dinámico lineal se basa en el conocido análisis de Espectro de Respuesta (RSA) [por ejemplo, Rosenblueth, 1951; Chopra, 1995] y es el método de análisis que se emplea típicamente para el diseño de nuevas estructuras.

El análisis del espectro de respuesta es un método pseudodinámico, que es capaz de proporcionar los valores máximos de las cantidades de respuesta, como fuerzas y deformaciones, de una estructura bajo excitación sísmica con una serie de análisis estáticos, en lugar de un análisis dinámico de tiempo-historia. En este contexto, el tiempo-historia de aceleración impuesto a los soportes de la estructura es reemplazado por las fuerzas estáticas equivalentes, que se distribuyen a los DOF libres de la estructura y representan la contribución de cada modo natural de vibración. Estas fuerzas equivalentes se derivan para cada modo de vibración por separado como el producto de dos cantidades: (i) la distribución de la fuerza de inercia modal (por lo tanto, se necesita un análisis de valores propios), y (ii) la respuesta de pseudoaceleración por modo (obtenida de la 5 % espectro de respuesta amortiguado). Para cada modo de interés, se lleva a cabo un análisis estático, y luego cada cantidad de respuesta máxima final se obtiene mediante la superposición de las cantidades correspondientes a los modos.

Se debe considerar un número suficiente de modos, para capturar al menos el 90% de la masa participante del edificio en cada una de las dos direcciones horizontales principales ortogonales del edificio, descuidando así solo las formas menos significativas de vibración en términos de participante masa. EC8 también requiere que se consideren todos los modos con más del 5% de la masa participante en cualquier dirección.

Debido a que los picos en las respuestas de cada modo generalmente ocurren en diferentes instantes de tiempo y no se ha realizado un análisis riguroso del historial de tiempo, no es posible determinar los valores máximos exactos de las cantidades de respuesta. Por lo tanto, las aproximaciones deben introducirse implementando una de las reglas de combinación modal (estadística), como la suma absoluta (ABSSUM), la raíz cuadrada de la suma de cuadrados (SRSS) y la combinación cuadrática completa (CQC). Se sugiere CQC cuando los períodos están poco espaciados, con correlación cruzada entre las formas modales. SRSS se puede utilizar cuando los períodos difieren en más del 10%, mientras que ABSSUM ofrece un límite superior de respuesta muy seguro.

El mismo procedimiento se repite para cada dirección sísmica deseada EX, EY y EZ usando espectros de respuesta diferentes o iguales. Por lo general, se solicita que se consideren simultáneamente dos o tres direcciones de carga sísmica (EX, EY, EZ), junto con las cargas estáticas por gravedad (G + Q) de la estructura (la componente vertical EZ es obligatoria solo para los elementos, donde la vibración vertical se considera crítica, por ejemplo, grandes voladizos).

Las direcciones de carga sísmica se pueden combinar linealmente ($E = \pm EX \pm EY \pm EZ$) con factores diferentes f_{EX} , f_{EY} , f_{EZ} en cada dirección (por lo general $f_{EX}=f_{EY}=f_{EZ}=1.00$ o 0.30) o por la regla SRSS ($E = \pm \sqrt{EX^2 + EY^2 + EZ^2}$). La gravedad y las cargas vivas se definen y suman algebraicamente. Debido a que las cargas sísmicas se tienen en cuenta con ambos signos para cada dirección, los resultados de las combinaciones de carga RSA en términos de cualquier cantidad de respuesta se presentan como envolventes.

Al contrario que el Procedimiento Estático Lineal, el Procedimiento Dinámico Lineal es adecuado para edificios con un período fundamental mayor, donde los efectos de modo superior son importantes. Aparte de esto, todas las recomendaciones y limitaciones descritas para el LSP se aplican también al LDP.

- (i) Las relaciones de demanda por capacidad DCR deben ser pequeñas para todos los miembros estructurales. Para los tipos de falla frágil, deben estar por debajo de la unidad.
- (ii) No debe haber discontinuidades e irregularidades de rigidez o resistencia en el plano.
- (iii) No debe haber discontinuidades e irregularidades de rigidez o resistencia fuera del plano.
- (iv) No debe haber irregularidades de rigidez o resistencia en pisos débiles.
- (v) No debe haber resistencia a la torsión o irregularidades de rigidez.

PROCEDIMIENTO NOLINEAL ESTÁTICO

En la estimación de la capacidad horizontal de las estructuras que implican una respuesta dinámica que no se vea afectada de manera significativa por los niveles de deformación incurridos (es decir, la forma del patrón de carga horizontal, que tiene como objetivo simular la respuesta dinámica, se puede asumir como constante) se emplea el análisis convencional (no adaptativo).

Las cargas verticales introducidas aplicadas al modelo 3D, además de las cargas incrementales, son iguales a $C_gG + C_qQ$, donde C_g y C_q son los coeficientes de cargas permanentes y vivas, respectivamente, definidos en la pestaña de Acciones Estáticas del módulo Requisitos de Código. Se observa que la carga de nieve también se introduce cuando se requiere, es decir, $C_gG + C_qQ + C_sS$ para ASCE 41-23 y TBDY. El peso propio de los elementos de viga y columna se calcula automáticamente de acuerdo con el peso específico de los materiales y la geometría de las secciones. La gravedad adicional de las losas y las cargas vivas se introducen automáticamente como masa adicional en las vigas. El análisis estático no lineal se puede aplicar con dos distribuciones verticales de cargas:

- i. un "patrón uniforme", que intenta simular una respuesta inelástica dominada por un mecanismo de piso blanda (desarrollo de rótulas plásticas en los extremos superior e inferior de todas las columnas de un piso, en general la planta baja, que es sometida a las fuerzas laterales más altas);
- ii. un "patrón modal", proporcional a la forma fundamental del modo de traslación elástico. Las cargas incrementales se pueden aplicar tanto en direcciones positivas como negativas. Además, las cargas incrementales aplicadas en X y en dirección Y, pueden tomarse como actuando simultáneamente empleando las dos combinaciones siguientes:
 - I. $\pm F_x \pm 0.30F_y$
 - II. $\pm 0.30F_x \pm F_y$

Con F_x y F_y representando las cargas incrementales aplicadas en la dirección X e Y de la estructura, respectivamente.

Por último, para tener en cuenta las incertidumbres en la ubicación de las masas y en la variación espacial del movimiento sísmico, el centro de masa calculado en cada piso puede considerarse desplazado de su ubicación nominal en cada dirección por una excentricidad accidental igual a 5% de la dimensión de la planta perpendicular a la dirección de la acción sísmica.

La carga incremental aplicada P se mantiene proporcional al patrón de cargas nominales (P°) definido por defecto por el programa de acuerdo con los requisitos del Código: $P = \lambda (P^\circ)$. El factor de carga λ se incrementa automáticamente por el programa hasta que se alcanza un límite definido por el código o fracaso numérico. Para el incremento del factor de carga se emplea una estrategia de control de desplazamiento, que se refiere al incremento directo del desplazamiento global del nodo de control y al cálculo del factor de carga que corresponde a este desplazamiento.

PROCEDIMIENTO NOLINEAL DINÁMICO

El procedimiento Dinámico No Lineal constituye un enfoque sofisticado para examinar las demandas inelásticas producidas en una estructura por un conjunto específico de historias de tiempo de aceleración del movimiento del suelo. Al ser el método de análisis numéricamente más avanzado, es el más preciso en la representación de la naturaleza dinámica de la carga sísmica. Como el análisis dinámico

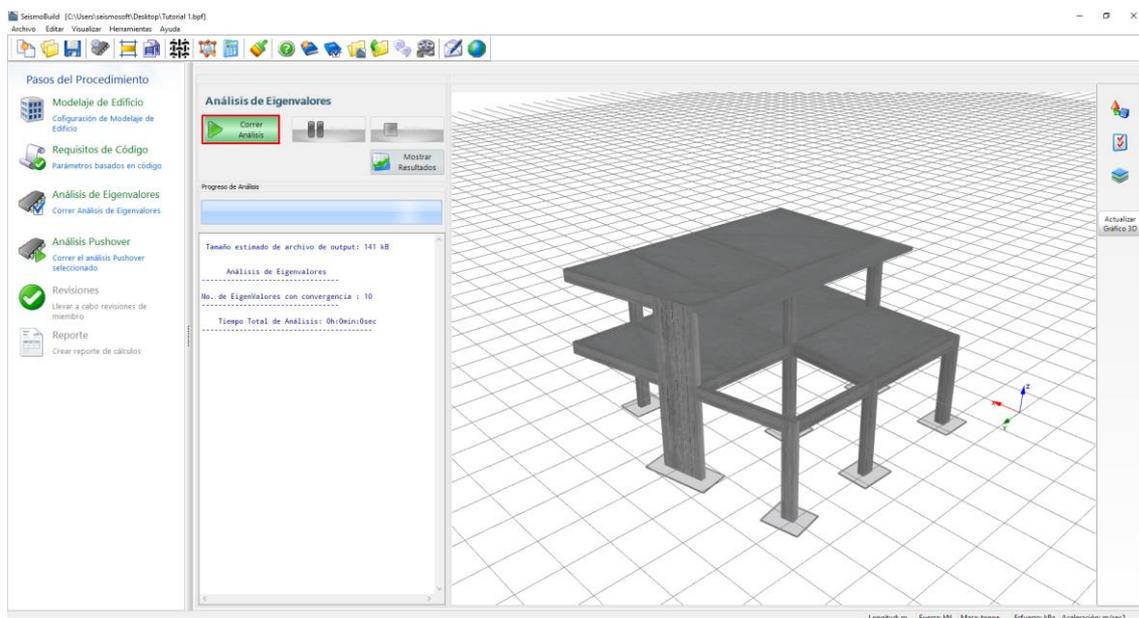
no lineal implica menos supuestos que el procedimiento estático no lineal, está sujeto a menos limitaciones que el procedimiento estático no lineal. Toma en cuenta automáticamente los efectos de modo superior y los cambios en los patrones de carga inercial a medida que se produce el ablandamiento estructural. Además, produce resultados fiables incluso para estructuras muy irregulares o con acción sísmica irregular (por ejemplo, movimiento de tierra cercano a la falla o carga en 2 o 3 direcciones simultáneamente). Como resultado, el Análisis Dinámico No Lineal es el único método que se puede utilizar para cualquier configuración estructural y cualquier tipo de carga. En la práctica, podemos analizar con la precisión adecuada cualquier configuración estructural sometida a cualquier tipo de acción sísmica.

De manera similar al Análisis Pushover, las cargas verticales aplicadas al modelo 3D son iguales a C_gG+C_qQ (or $C_gG+C_qQ+C_sS$ por ASCE 41-23 y TBDY). Los coeficientes C_g , C_q y C_s son los coeficientes de cargas permanentes, vivas y de nieve definidos en la pestaña Acciones estáticas. El peso propio de vigas y columnas se calcula automáticamente según el peso específico de los materiales y la geometría de las secciones. La gravedad adicional y las cargas vivas de las losas se introducen automáticamente como masa adicional de las vigas.

El análisis dinámico no lineal se realiza aplicando en la base del edificio conjuntos de tiempo-historias de aceleración. En SeismoBuild, los movimientos del suelo consisten en pares de componentes de movimiento del suelo horizontales ortogonales. Ambos componentes son compatibles con registros artificiales (para el nivel de peligro sísmico seleccionado) con el espectro objetivo dado. En EC8, NTC-18 y KANEPE, cuando se especifican 7 o más pares de registros, se debe considerar la respuesta promedio; en cambio, cuando se consideran menos registros, el valor más desfavorable de la cantidad de respuesta entre los análisis debe usarse en las verificaciones de verificación. De manera similar, de acuerdo con ASCE 41 y TBDY, se seleccionará un conjunto de no menos de 11 movimientos de tierra para cada espectro objetivo y se verificará la respuesta media.

PROCESADOR

Después de introducir la configuración del modelo y llevar a cabo el análisis de eigenvalores, el usuario está listo para ejecutar el análisis. Esto se lleva a cabo en el área del **Análisis Lineal del Espectro de Respuesta, el Análisis de Pushover o Análisis Dinámico** de SeismoBuild seleccionando el botón **Correr Análisis**.

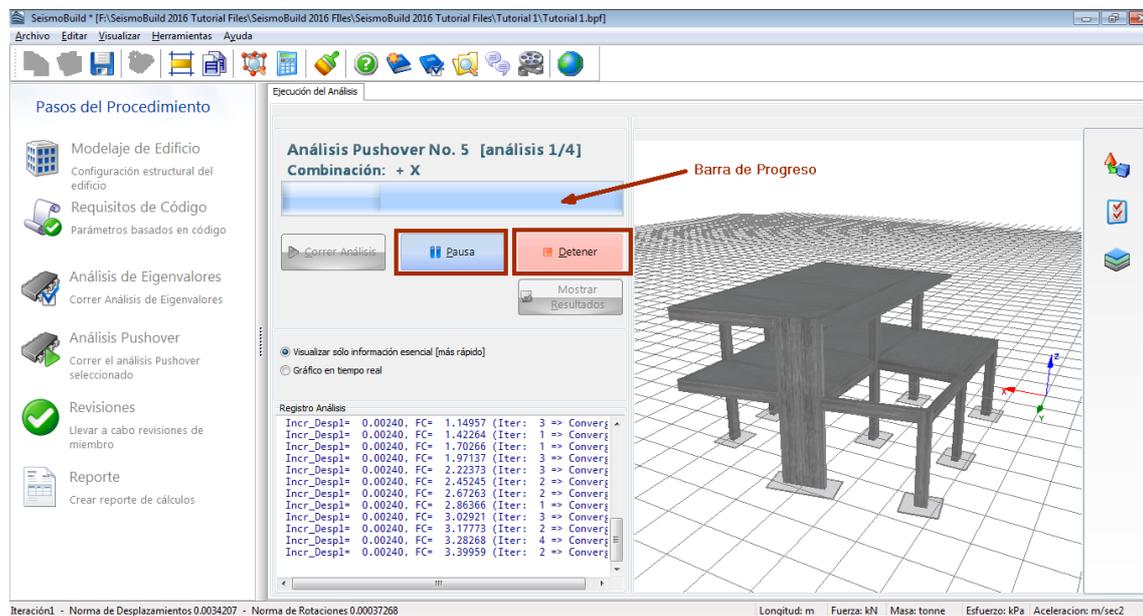


Área del Procesador

Dependiendo del tamaño de la estructura, el tipo de elementos de pórtico seleccionado, las cargas aplicadas y la capacidad de procesamiento del ordenador que se está utilizando, el análisis puede durar de unos segundos a varios minutos.

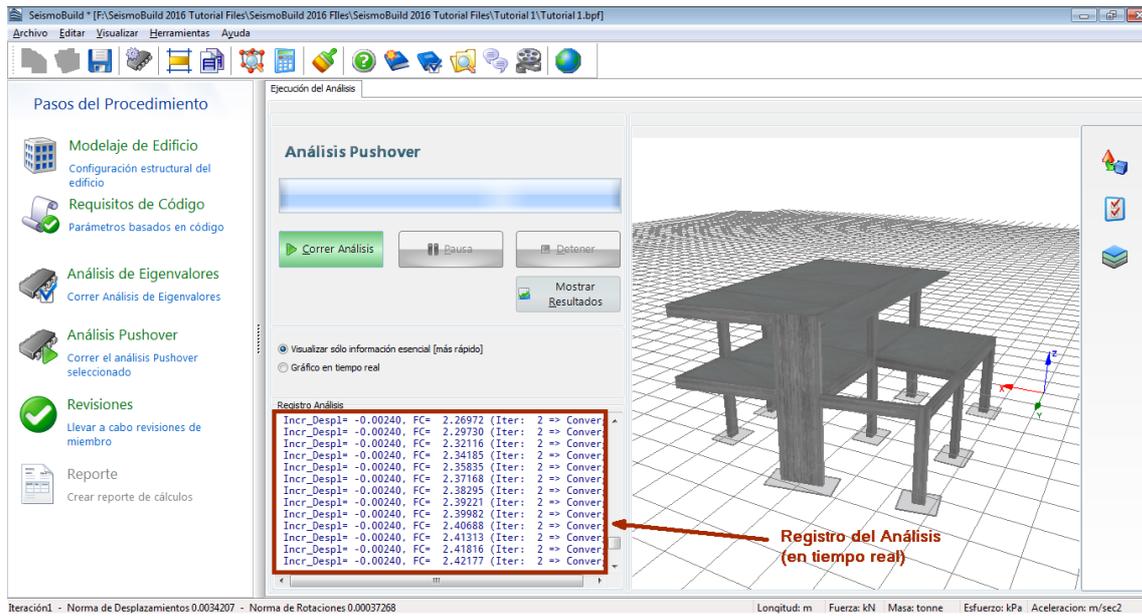
A medida que el análisis se está ejecutando, una barra de progreso proporciona al usuario una indicación porcentual de hasta qué punto ha avanzado el primero y un mensaje situado encima de la barra de progreso informa sobre el número de análisis que se está ejecutando. Los usuarios pueden de esta manera evaluar rápidamente el tiempo de espera requerido para que el análisis se complete y, por lo tanto, planificar rápidamente su horario de trabajo posterior.

El análisis también puede interrumpirse, lo que permite a los usuarios (i) liberar momentáneamente los recursos informáticos para llevar a cabo una tarea prioritaria urgente o (ii) comprobar los resultados obtenidos hasta ese punto, lo que puede ser útil para decidir la utilidad de progresar los análisis subsiguientes. Si el usuario presiona de nuevo el botón Ejecutar Análisis, el análisis puede continuar.



Barra de Progreso y botones de “Pausa” y “Detener”

El registro de análisis también se muestra al usuario, en tiempo real, proporcionando información oportuna sobre el progreso del análisis, el control de carga y las condiciones de convergencia (para cada incremento de carga global).



Área de Análisis en Tiempo Real

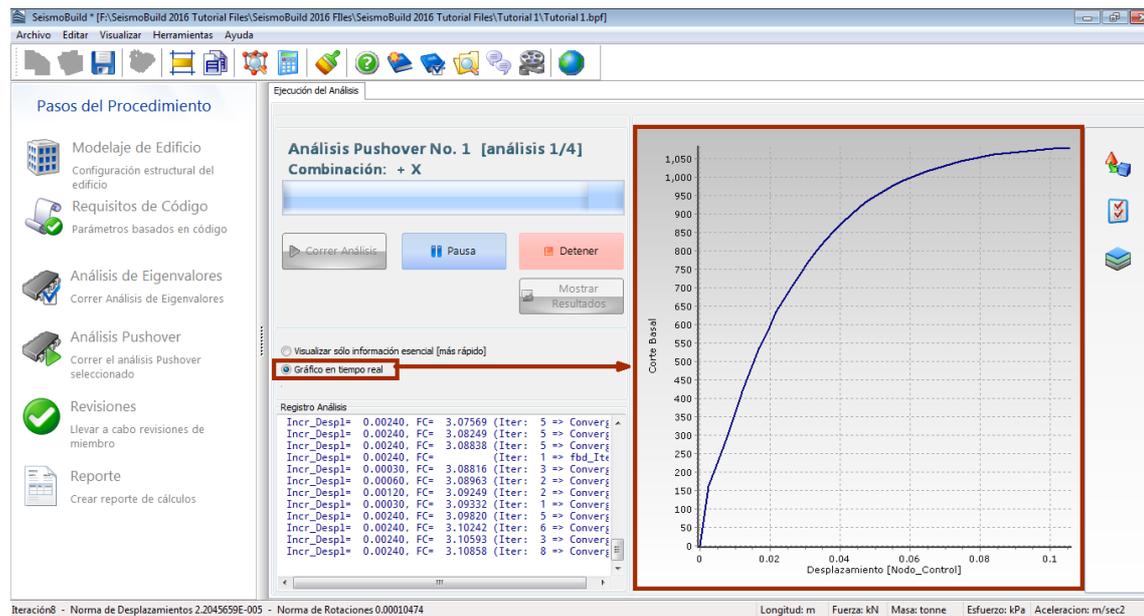
Este registro se guarda en un archivo de texto (*_Push (número de análisis) .log) que tiene el mismo nombre que el archivo de proyecto, así como el nombre y el número del análisis e indica la fecha y hora de cuando el análisis fue ejecutado (el tipo de información no técnica que es muy útil en ocasiones). Además, el registro en tiempo real correspondiente se muestra durante el análisis y se guarda en el mismo archivo .log de *_Push (número de análisis).

En la parte inferior de la ventana, se muestran las normas de convergencia al final de un incremento de carga (global) dado.

Iteración2 - Norma de Desplazamientos 0.00038713 - Norma de Rotaciones 0.00016985

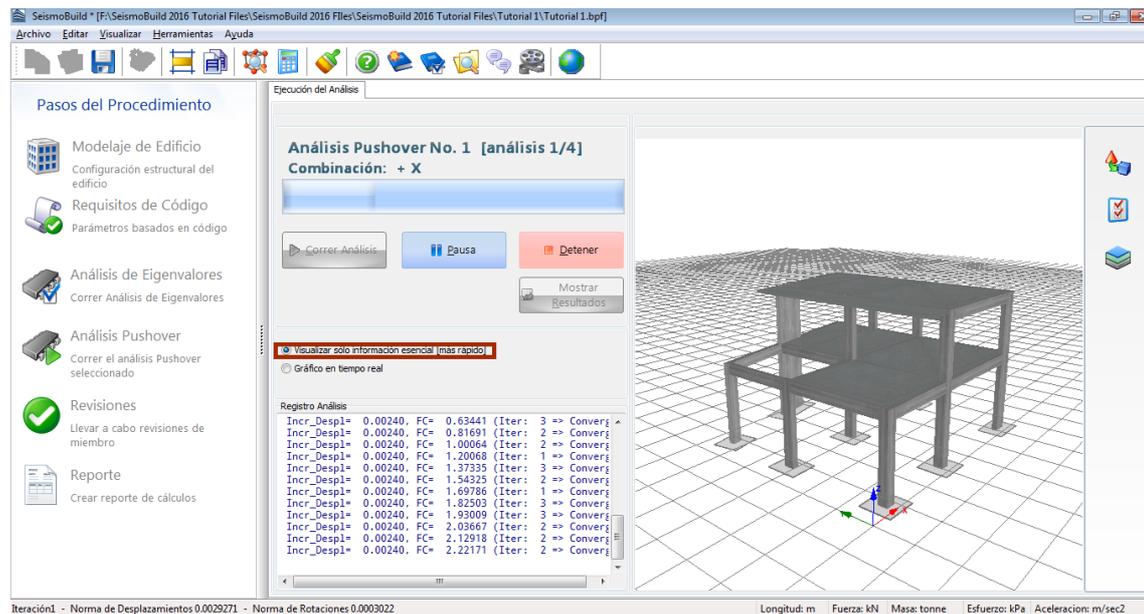
Normas de convergencia

Además, el usuario tiene también la opción de observar gráficamente el gráfico en tiempo real de una curva de capacidad (empuje estático) del nodo de control y su respectivo grado de libertad: el diagrama de desplazamiento del piso superior vs. tiempo (análisis dinámico).



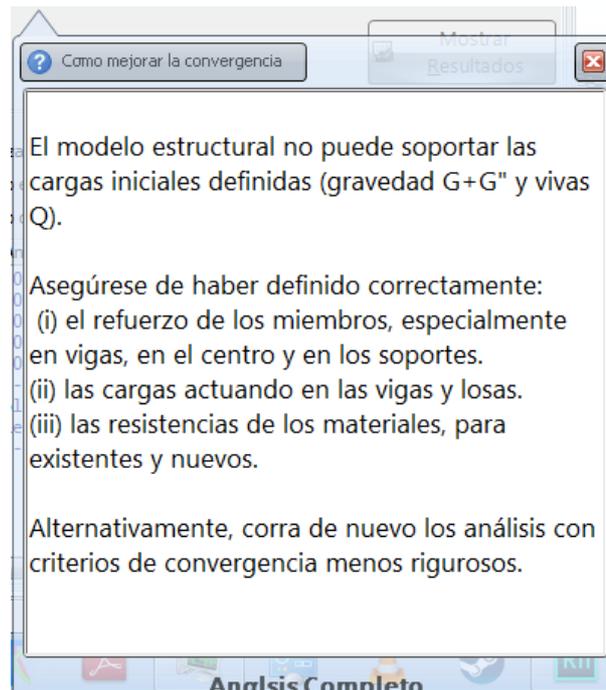
Opción de gráfico en tiempo real

Ambas opciones, sin embargo, pueden hacer más lento el análisis y aumentar su tiempo de ejecución cuando se utilizan en equipos relativamente lentos, por lo que el usuario también tiene la posibilidad de simplemente desactivar cualquier gráfico en tiempo real, eligiendo seguir sólo los registros de análisis.



Opción de ver solo información esencial

Cuando se completan los análisis, aparece un mensaje que proporciona información sobre la ejecución de los análisis. En particular, el mensaje informa si todo el proceso se completó satisfactoriamente (es decir, todos los análisis han alcanzado el desplazamiento máximo especificado o se han completado todos los pasos de las tiempo-historias definidos en el análisis dinámico) o si el solucionador SeismoBuild no pudo ejecutar todos los análisis hasta el final, debido a dificultades de convergencia. En el último caso, el mensaje informa sobre el porcentaje del desplazamiento máximo alcanzado al finalizar el análisis.



Mensaje Informativo

NOTA 1: Cuando la deformada en tiempo real de la estructura es difícil de interpretar (porque los desplazamientos son demasiado grandes o demasiado pequeños), los usuarios pueden hacer clic con el botón derecho en la ventana del gráfico y ajustar los respectivos multiplicadores de la deformada. Las opciones de Gráfico 3D también están disponibles para ajustes adicionales (por ejemplo, en algunos casos, puede resultar útil fijar el eje del gráfico, en lugar de tenerlos actualizados automáticamente por el programa). Consulte la sección Visor de la Deformada para obtener más sugerencias e información sobre la visualización en tiempo real de la forma deformada de un modelo.

NOTA 2: La versión actual de SeismoBuild no es capaz de aprovechar el hardware de computación multiprocesador; por lo tanto, la velocidad de un solo análisis se puede aumentar sólo aumentando la velocidad de la CPU (junto con las velocidades de la caché de la CPU, el bus frontal, los módulos de RAM, la RAM de vídeo, el disco duro (rotación y acceso)). Tener más de una CPU, sin embargo, reducirá los tiempos de ejecución de múltiples análisis paralelos, ya que en tales casos "procesamiento paralelo" puede tener lugar.

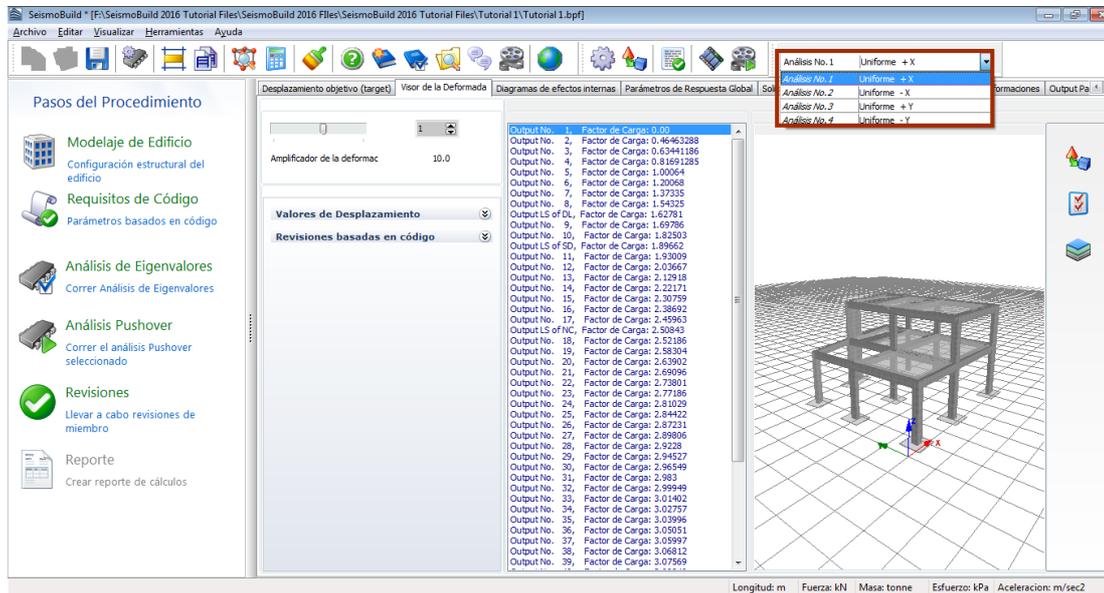
NOTA 3: Hay una limitación de RAM en SeismoBuild (4 GB en sistemas Windows de 64 bits y 3 GB en sistemas Windows de 32 bits).

POST-PROCESADOR

Después de ejecutar el o los análisis los usuarios pueden ver los resultados haciendo clic en el botón Mostrar Resultados. Los resultados del análisis se guardan en un archivo de resultados SeismoBuild, y se identifican con la extensión *.brf, con el mismo nombre que el archivo de proyecto de entrada y el análisis.

El área de resultados muestra una serie de módulos donde los resultados de todos los análisis se pueden ver en formato gráfico o de tabla y luego se copian en cualquier otra aplicación de Windows (por ejemplo, los resultados presentados se pueden copiar en una hoja de cálculo como Microsoft Excel; o ser

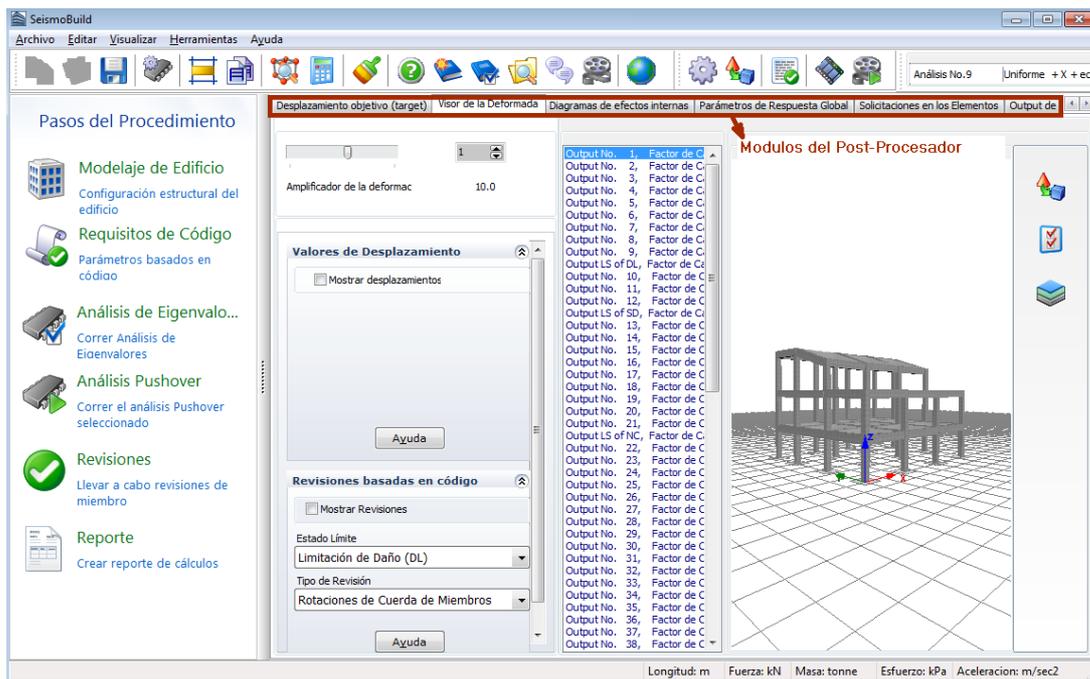
copiado en una aplicación de procesamiento de textos, como Microsoft Word). Los usuarios pueden elegir qué resultados de análisis ver a través de un menú desplegable disponible en la parte superior derecha del programa.



Selección de los análisis a visualizar

Los módulos disponibles en el post-procesador se enumeran a continuación y se describen en los siguientes párrafos:

- Desplazamiento objetivo (disponible en los resultados de los análisis de Pushover)
- Visor de la Deformada
- Detalles de Convergencia
- Diagramas de Fuerzas Internas
- Parámetros de Respuesta Global
- Solicitaciones en los Elementos
- Output Paso a Paso
- Registros de análisis



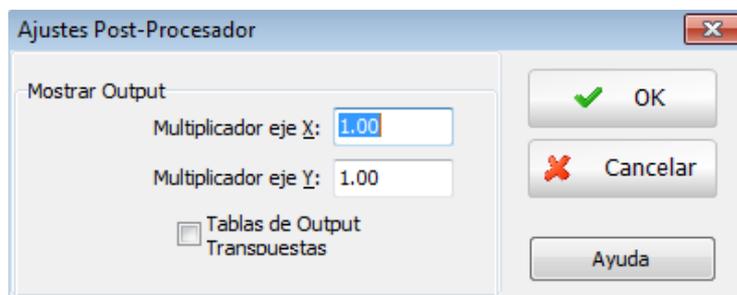
Módulo del Post-Procesador

Hay algunas operaciones generales que se aplican a todos los módulos post-procesador. Por ejemplo, la forma en que los componentes del modelo (por ejemplo, nodos, secciones, elementos, etc.) aparecen en todos los cuadros de diálogo del post-procesador.

Ajustes del Post-Procesador

A menudo, la posibilidad de aplicar un factor o coeficiente multiplicador a los resultados es muy útil. Por ejemplo, si el análisis se ha llevado a cabo utilizando kNm como las unidades para las cantidades de momentos, que son las unidades por defecto, los usuarios pueden desear multiplicar los resultados correspondientes por $1e+06$, para obtener los momentos expresados en Nmm en su lugar. Alternativamente, y como otro ejemplo, los usuarios también podrían desear multiplicar los valores de curvatura de un elemento con un factor de -1, de modo que las tensiones de compresión y las deformaciones vienen trazadas en el cuadrante x-y positivo, tal como se presenta habitualmente. Por lo tanto, los usuarios tienen la posibilidad de aplicar multiplicadores a todas las cantidades que se procesan posteriormente.

Se puede acceder a esta facilidad a través del menú del programa (*Herramientas > Ajustes del Post-Procesador*), o a través del menú emergente con el botón derecho del ratón o mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente .



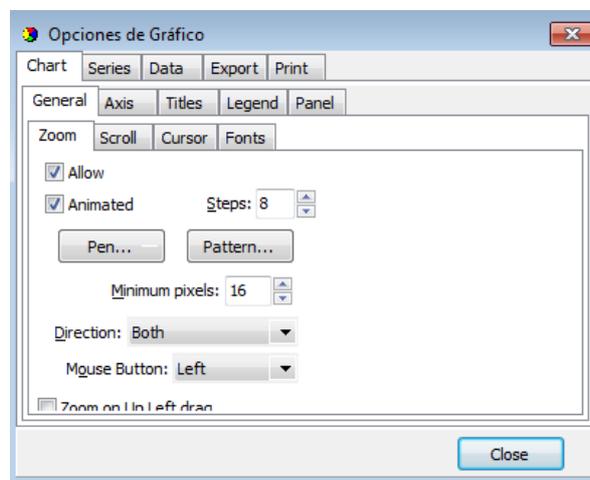
Ajustes del Post-Procesador

Además, los ajustes de post-procesador proporcionan a los usuarios también la posibilidad de transponer las tablas de resultados. Esto puede resultar muy útil en casos en los que, por ejemplo, un modelo presenta varios miles de nodos / elementos, lo que a su vez conduce a tablas de salida predeterminadas con un número igualmente grande de columnas, que tal vez no pueda copiar a una hoja de cálculo Aplicaciones (por ejemplo, Microsoft Excel) que cuentan con un límite relativamente estricto en el número de columnas (máx = 16384). Mediante la transposición de las tablas, los nodos / elementos se enumeran entonces en filas, superando así la limitación descrita anteriormente (en general, las aplicaciones de hoja de cálculo mencionadas anteriormente para tablas pueden tener hasta 1.048.576 filas).

NOTA: El postprocesador se aplica a todos sus módulos. Por lo tanto, los usuarios deben tener en cuenta que si, por ejemplo, aplican un coeficiente -1 a los valores de cortante de base total de la estructura (trazado como una cantidad en el módulo de curvashisteréticas), entonces los valores de las tensiones en los materiales también será modificado por este multiplicador -1.

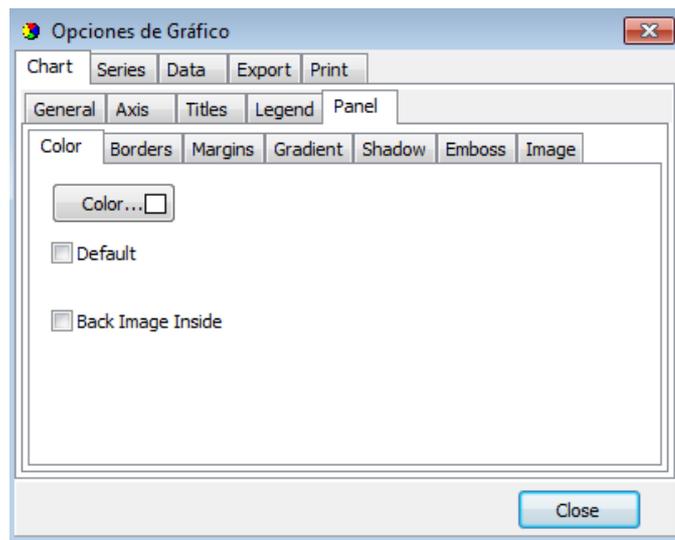
Opciones de Gráfico

Todos los gráficos que se muestran en los módulos de post-procesador pueden modificarse y personalizarse utilizando la Opción de Gráfico, disponible en el menú principal (*Herramientas > Opciones de Gráfico...*), en el botón de la barra de herramientas  o en el menú emergente del botón derecho del ratón. El usuario puede cambiar las características de las líneas (color, grosor, estilo, etc.), el fondo (color, degradado), los ejes (color, tamaño de letra y estilo de las etiquetas, etc.) y los títulos de la gráfica. A través de *Salvar Ajustes de Gráfico...* y *Cargar Opciones de Gráfico...*, disponibles en el menú contextual del botón derecho, la configuración del trazado se puede guardar y recuperar, respectivamente, para aplicarla a otros gráficos.



Opciones de Gráfico - General

NOTA: antes de copiar los resultados en otras aplicaciones de Windows, los usuarios pueden desear eliminar el degradado del fondo de pantalla, que se ve bien en la pantalla pero sale muy mal en los documentos impresos. Esto se puede hacer fácilmente en la pestaña Panel del cuadro de diálogo Opciones de trazado.

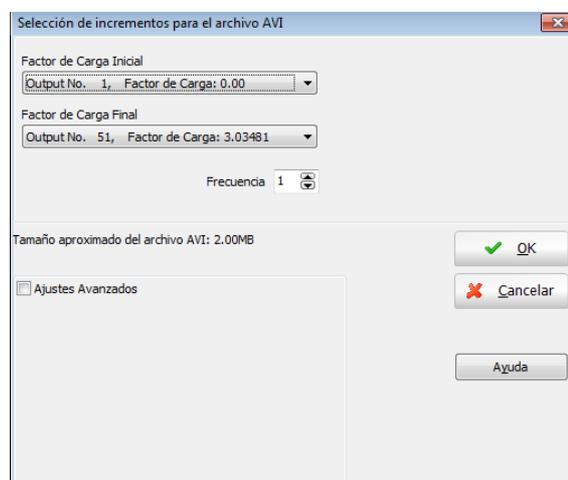


Opciones de Gráfico - Panel

Además, el acercamiento y la salida se puede hacer arrastrando el mouse sobre el área del gráfico (una selección de esquina superior izquierda a esquina inferior derecha, hace un acercamiento, mientras que una selección de esquina inferior derecha a esquina superior izquierda hace un alejamiento).

Creando una película del análisis

SeismoBuild proporciona a los usuarios la posibilidad de crear una película donde el modo de vibración de una estructura (como se obtiene del análisis de los eigenvalores) se representa de forma animada. Se puede acceder a esta herramienta a través del menú principal del programa (*Herramientas > Crear archivo AVI...*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas .

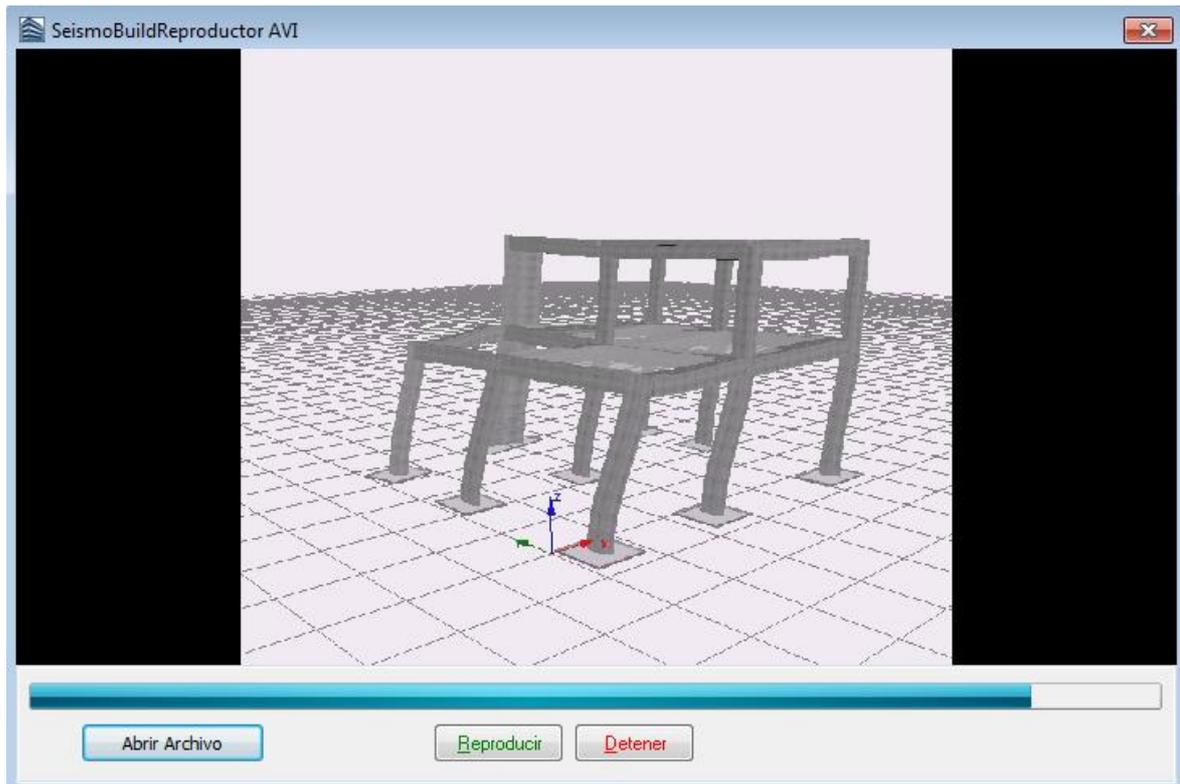


Selección de los pasos para una película AVI

Para el caso de las animaciones de análisis estático, los usuarios sólo necesitan definir el nombre del archivo de película que se va a crear (*.avi), las formas deformadas de inicio y fin y la frecuencia en la selección de imagen de forma. Evidentemente, cuanto menor sea la frecuencia, se utilizará el mayor número de imágenes en la creación de la película y, por lo tanto, mayor será la calidad (suavidad de la secuencia en movimiento), pero también el tamaño más alto del archivo resultante. El valor de frecuencia más pequeño posible es 1, lo que significa que todas las formas deformadas que se han emitido se utilizarán en la creación de la película.

Antes de crear la animación, se aconseja a los usuarios personalizar el gráfico 3D según sus necesidades y gustos, ya que estos ajustes reflejarán la apariencia de la película. En particular, se observa que durante la creación de la película, los ejes del gráfico no se actualizan automáticamente, lo que implica que, antes de iniciar el proceso de creación, los usuarios deben establecer los ejes a los valores necesarios más grandes. Esto último puede hacerse visualizando una deformada de salida donde las deformaciones están en su punto más alto.

Una vez creada la animación, los usuarios pueden comprobar su adecuación mediante el Visor de AVI incorporado en SeismoBuild, accesible desde el menú principal del programa (*Herramientas > Mostrar archivo AVI...*) o a través del respectivo botón de la barra de herramientas .

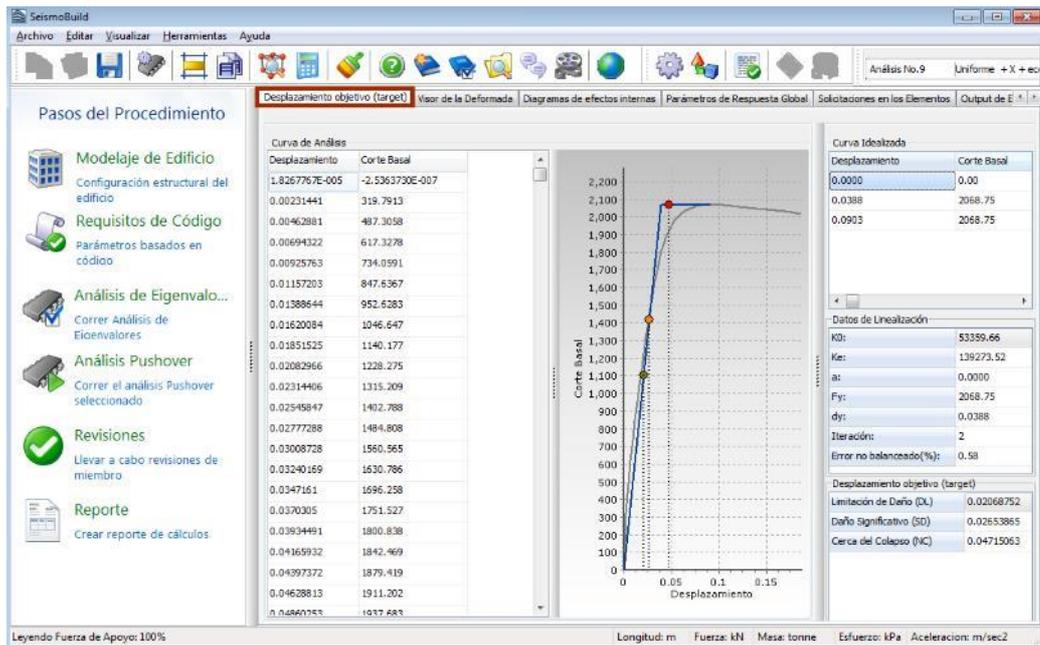


Reproductor de AVI de SeismoBuild

Las animaciones creadas en SeismoBuild (es decir, películas AVI) también pueden ser abiertas por otras aplicaciones de Windows, como Windows Media Player o, lo que es más importante, Microsoft PowerPoint, donde se pueden utilizar en presentaciones multimedia.

Desplazamiento Objetivo

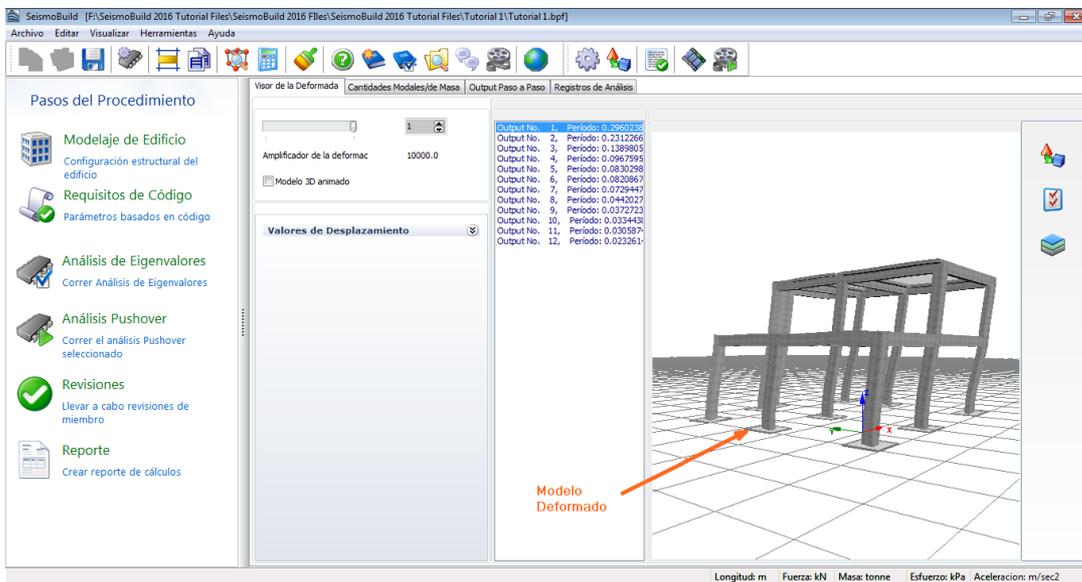
En el módulo de desplazamiento de objetivo se muestran las curvas de capacidad antes y después de la linealización que corresponde al análisis pushover seleccionado, así como los desplazamientos objetivo para los estados límite seleccionados en la ventana Requisitos de código. También se proporcionan datos sobre el procedimiento de linealización en este módulo. Los usuarios pueden consultar el Apéndice A.1 - Eurocódigos, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC 18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY para obtener más información sobre el cálculo del desplazamiento objetivo.



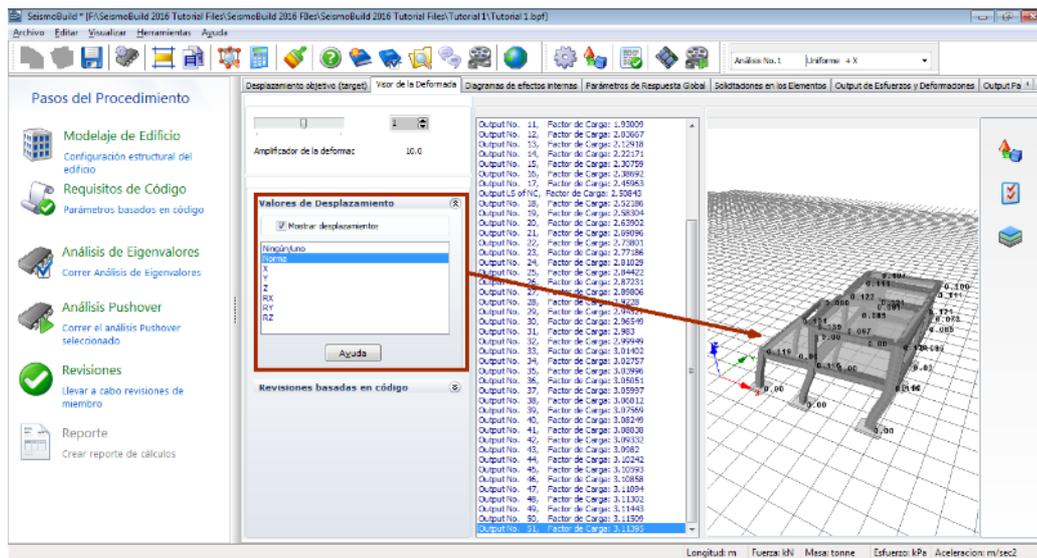
Desplazamiento Objetivo

Visor de la Deformada

Con el Visor de la Deformada, los usuarios tienen la posibilidad de visualizar la deformada del modelo en cada paso del análisis (haga clic en el identificador de salida deseado para actualizar la vista de la deformada), identificando así fácilmente los mecanismos de deformación y finalmente el colapso.

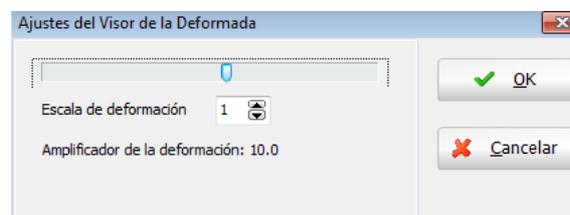


Visor de la Deformada



Visor de la Deformada – Opción de mostrar los valores de desplazamiento

El diagrama de la deformada puede ser ajustado y personalizado usando las opciones de trazado 3D y luego copiado a cualquier aplicación de Windows por medio de la herramienta Copiar Gráfico 3D. Además, y siempre que la forma deformada en tiempo real de la estructura sea difícil de interpretar (porque los desplazamientos son demasiado grandes o demasiado pequeños), los usuarios pueden hacer uso del amplificador de deformación disponible en el lado izquierdo de la pestaña Visor de la Deformada, a través del menú del programa (*Herramientas > Configuración de forma deformada...*) o a través del menú desplegable correspondiente.

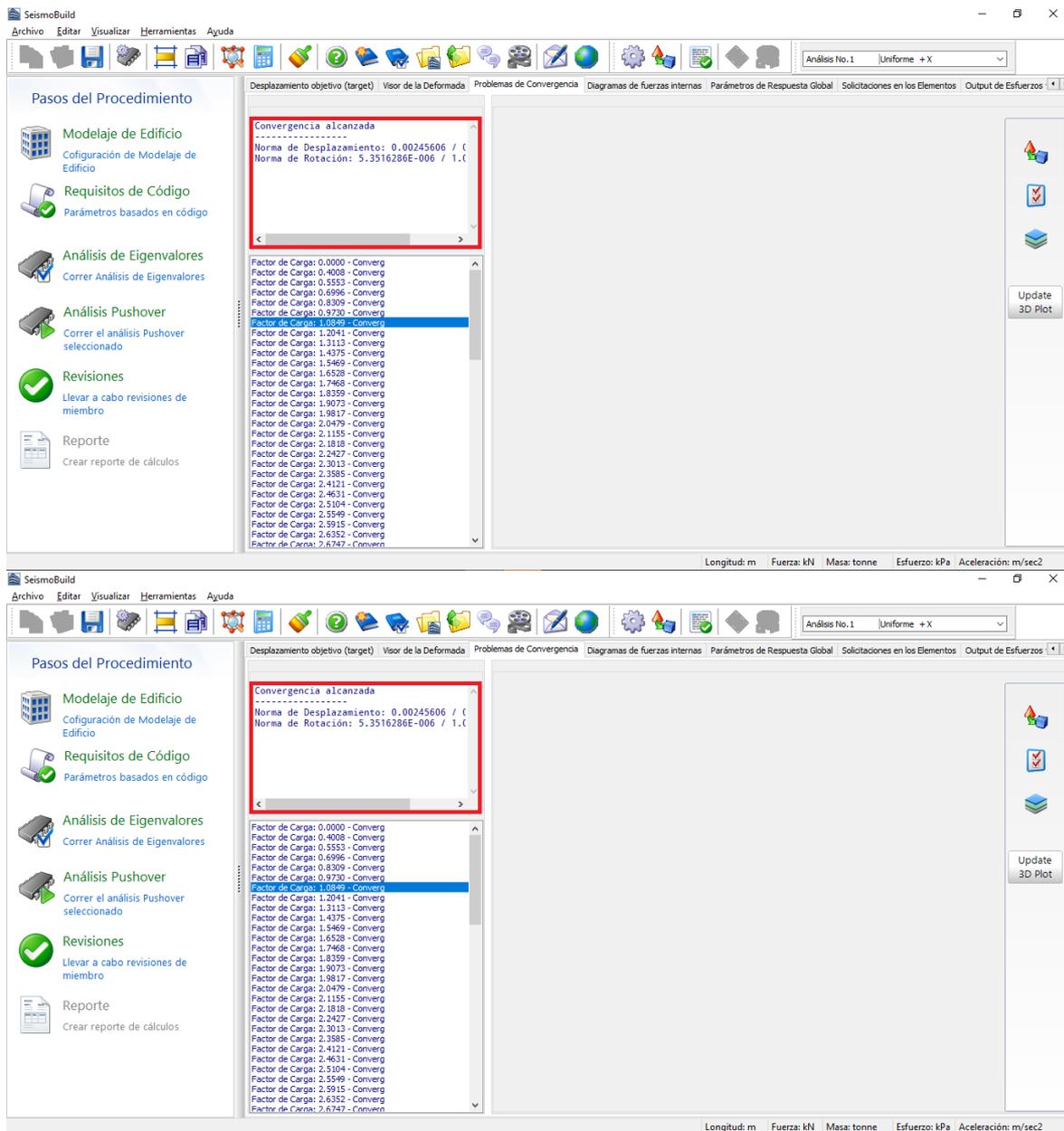


Ajustes del Visor de la Deformada

La opción de actualizar automáticamente el modelo 3D después de cambiar los multiplicadores está disponible. Los usuarios pueden desactivar esta opción y actualizarla manualmente haciendo clic en el botón Actualizar gráfico 3D a la derecha.

Detallas de Convergencia

Siempre que surgen problemas de convergencia, los usuarios pueden ser informados sobre los elementos que causan las soluciones divergentes. Los elementos o las ubicaciones de la estructura donde se producen los problemas de convergencia se marcan en formato de vista 3D, mientras que la información sobre el tipo de divergencia (valor de las normas de convergencia y sus límites, mensaje de divergencia y los elementos o nodos correspondientes) se muestra en la esquina superior izquierda de la pantalla.

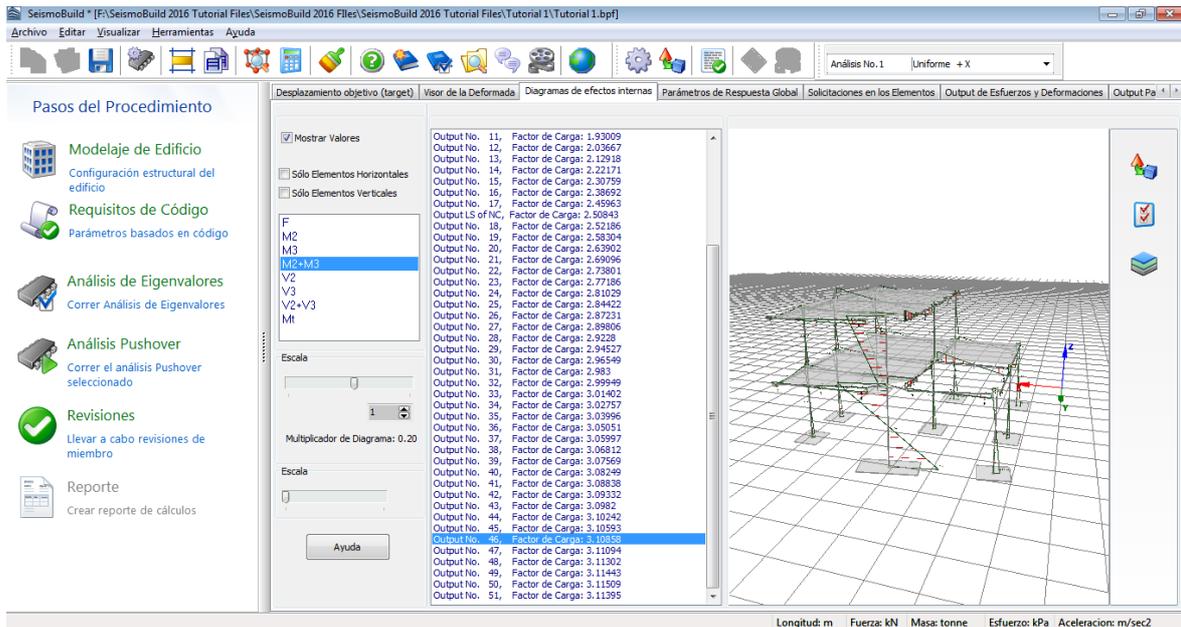


Problemas de Convergencia

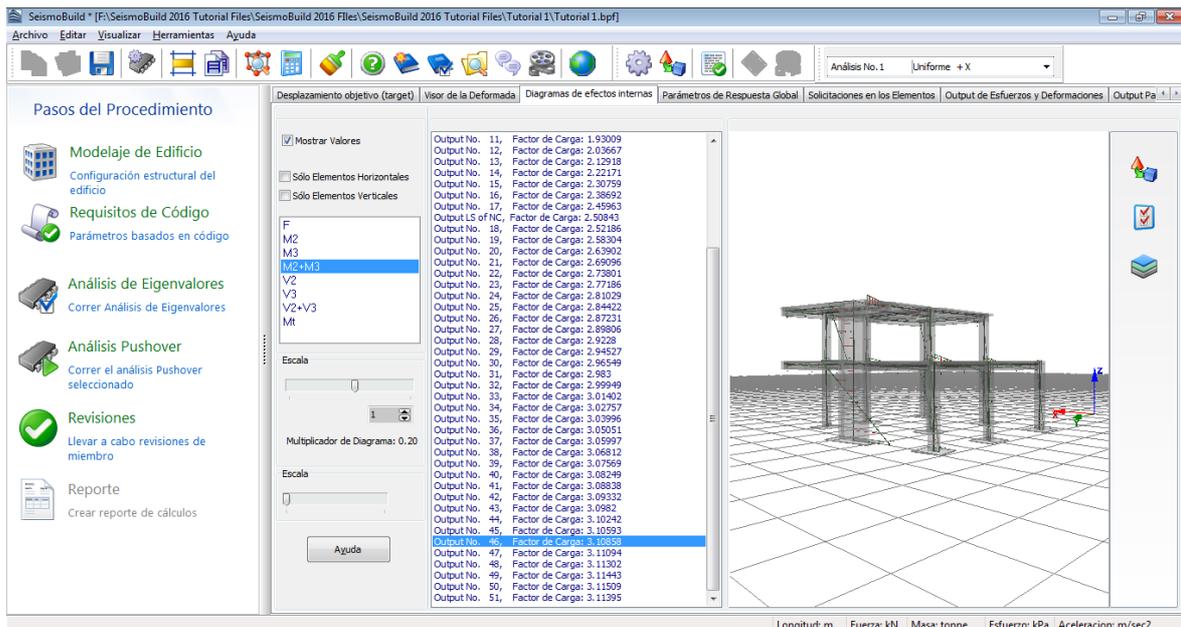
NOTA: los usuarios deben activar en Opciones Avanzadas> Criterios de Convergencia la opción de mostrar las dificultades de convergencia en el postprocesador para poder ver la pestaña Problemas de convergencia en el postprocesador.

Diagramas de Fuerzas Internas

Los diagramas de fuerzas internas (axial y de cortante) y momentos (flexión y torsión) se proporcionan en la vista de Gráfico 3D. De forma predeterminada, los diagramas de los elementos horizontales y verticales se muestran en la misma gráfica. Si los usuarios desean obtener los diagramas por separado (sólo para elementos horizontales o verticales), deben marcar la casilla correspondiente. También está disponible la posibilidad de escalar los diagramas y el grosor de las líneas.

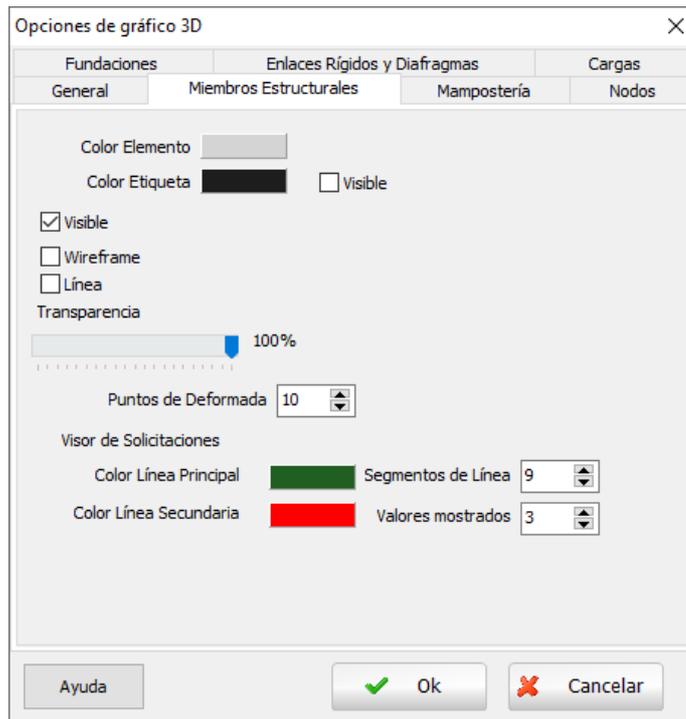


Diagramas de Fuerzas Internas (Elementos como líneas)



Diagramas de Fuerzas Internas

Los usuarios pueden personalizar el aspecto de los diagramas cambiando la configuración de "Miembros Estructurales" en el menú Opciones de Gráfico 3D (es decir, líneas principales y secundarias, número de líneas de sección y número de valores).



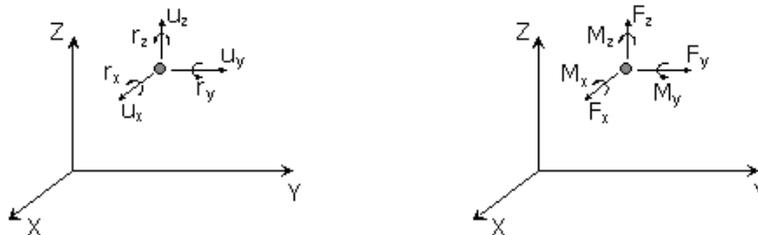
Opciones de trazado 3D - miembros estructurales

Parámetros de Respuesta Global

Para el análisis pushover, se pueden generar en este módulo cuatro tipos diferentes de resultados de parámetros de respuesta globales:

- Desplazamientos Estructurales
- Fuerzas y Momentos en los Apoyos
- Curvas Históricas
- Revisiones Basadas en Código

Aparte de este último, todos los demás resultados se definen en el sistema global de coordenadas, como se ilustra en la figura siguiente, donde se observa que las variables de rotación/momento definidas con respecto a un eje particular, se refieren siempre a la rotación/momento alrededor, no a lo largo, ese mismo eje.

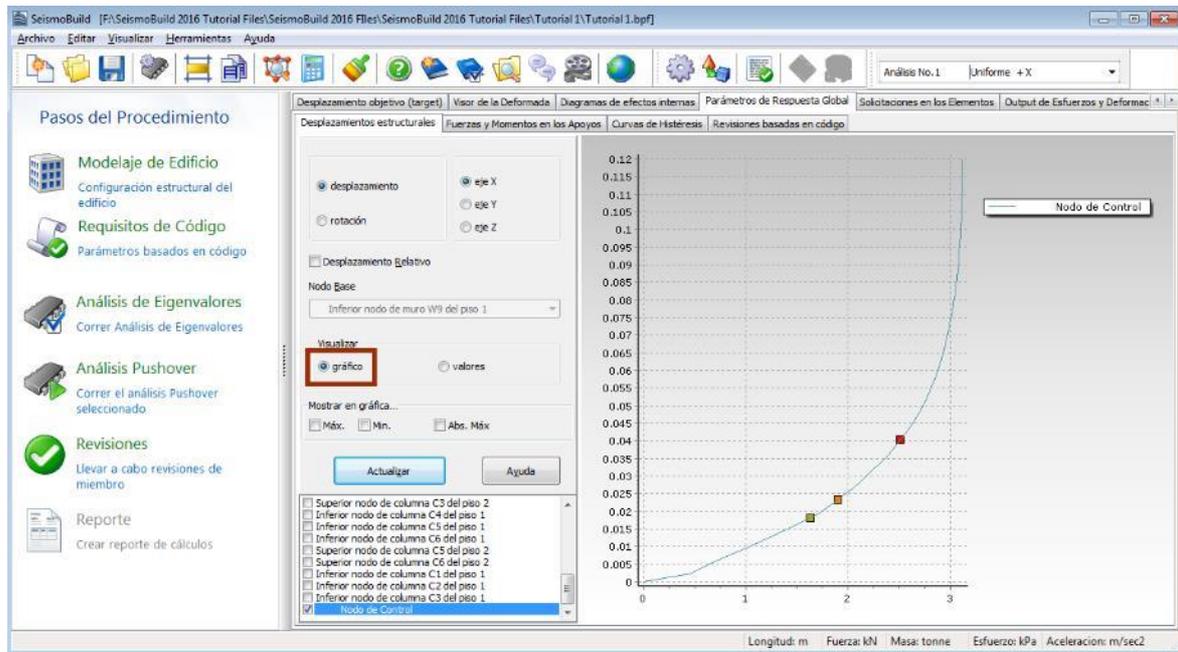


NOTA: Las reacciones de los soportes deben ser, evidentemente, iguales a las fuerzas internas de los elementos de base que están conectados a los nodos de la fundación. En otras palabras, se podría esperar que los valores obtenidos en Fuerzas y Momentos en Apoyos sean idénticos a los dados en el Solicitaciones en los Elementos para los elementos conectados a las fundaciones. Sin embargo, algunos factores pueden conducir realmente a diferencias en estos dos parámetros de respuesta, p. ej. Las fuerzas internas se dan en el sistema de referencia local de cada elemento, mientras que las reacciones en los soportes se proporcionan en el sistema de coordenadas global. Por lo tanto, en los casos en los que se producen grandes desplazamientos/rotaciones de la estructura, pueden observarse diferencias en el cortante de los elementos y en las reacciones horizontales de los apoyos.

A continuación, se describen brevemente todos estos parámetros:

Desplazamientos Estructurales

El usuario puede obtener los resultados de desplazamiento de cualquier número dado de nodos incluyendo el nodo de control, para cualquiera de los seis grados de libertad globales. También está disponible la posibilidad de salida de desplazamiento relativo, así como la opción de mostrar en el gráfico los valores máximos, mínimos y máximos absolutos.

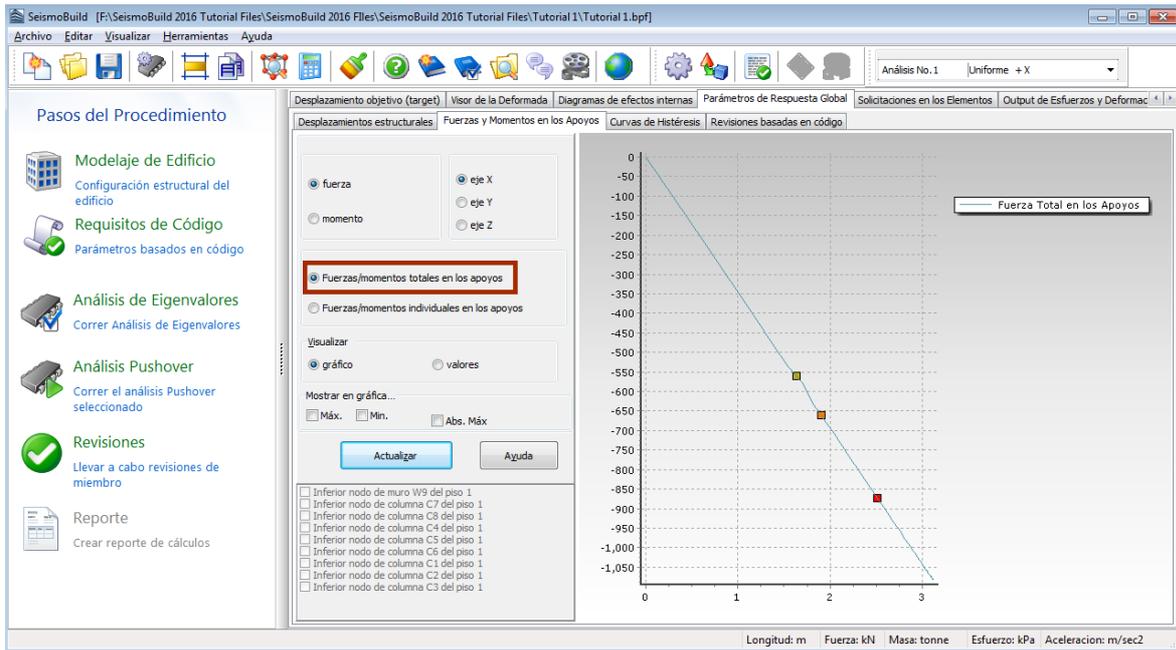


Parámetros de Respuesta Global - Desplazamientos Estructurales

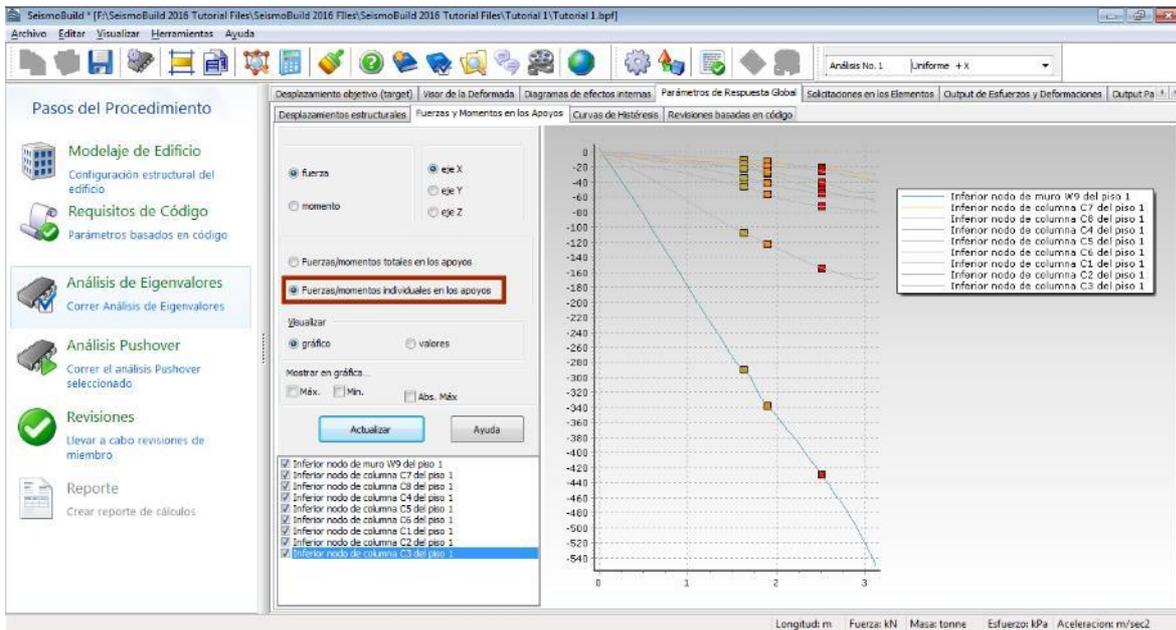
Fuerzas y Momentos en los Apoyos

De forma similar a las deformaciones estructurales, se pueden obtener las fuerzas de soporte y los momentos en todas las direcciones para todos los nodos retenidos. La posibilidad de emitir la fuerza/momento total de los apoyos en la dirección especificada, en lugar de valores individuales, permite también el cálculo y trazado de los valores de esfuerzo de cortante total, por ejemplo. Finalmente, los valores máximos, mínimos y máximos absolutos se pueden mostrar en el gráfico seleccionado.

NOTA: Evidentemente, la reacción de apoyo de momento total no incluye efectos de vuelco, que consisten simplemente en la suma de momentos en los soportes de la estructura.



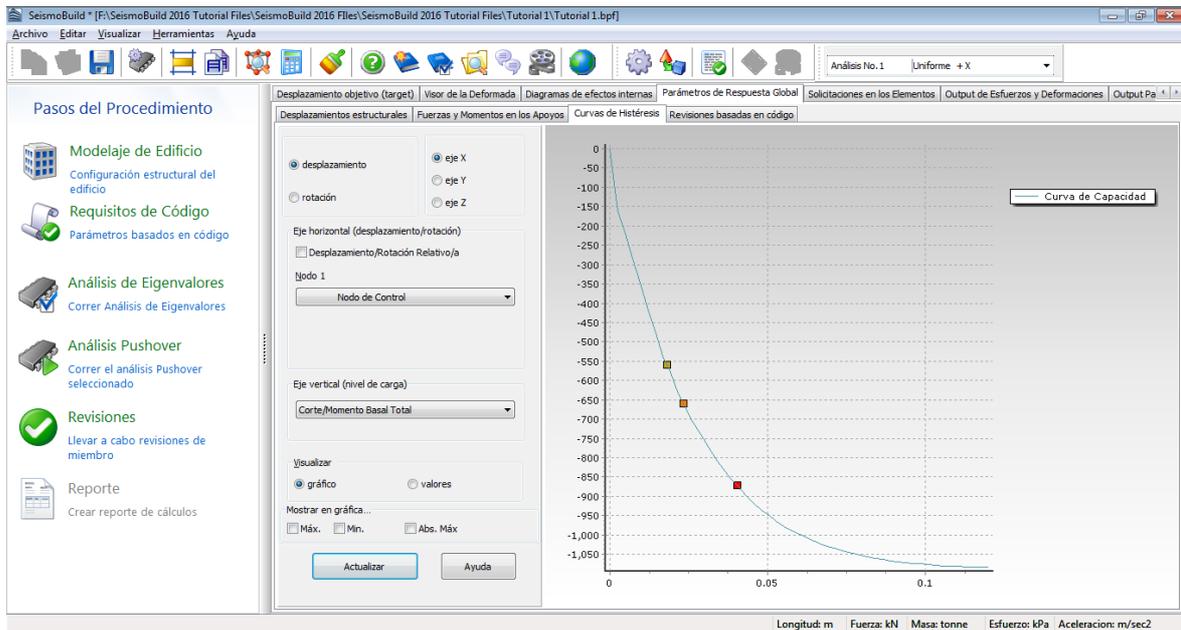
Parámetros de Respuesta Global Fuerzas y Momentos en los Apoyos (Totales)



Parámetros de Respuesta Global Fuerzas y Momentos en los Apoyos (Individuales)

Curvas Histeréticas

El usuario puede especificar un grado de libertad de traslación/rotación global que se va a graficar contra el correspondiente momento total de cortante en la base/momento en la base o factor de carga (análisis de pushover). En el análisis estático no lineal, este gráfico representa la curva de capacidad de la estructura. También está disponible la posibilidad de salida de desplazamiento relativo, así como la opción de mostrar en el gráfico los valores máximos, mínimos y máximos absolutos.



Parámetros de Respuesta Global – Curvas Histeréticas

Revisiones Basadas en Código

Aquí, es posible que el usuario realice las revisiones basadas en código en cada paso del análisis. Los usuarios pueden seleccionar el nombre de la revisión en el menú desplegable relevante y el paso del análisis, y hacer clic en el botón Actualizar. Los resultados se pueden mostrar para todos los miembros estructurales o sólo para aquellos miembros que han alcanzado el cheque seleccionado.

The screenshot shows the 'Revisiones Basadas en Código' window in SeismoBuild. The window displays a table with columns for Member (Miembro), Edge (Borde - Eje), Value (Valor), Condition (Condición), and Status (Estado). The table lists various structural members and their corresponding values and conditions. The 'Estado' column shows '***ALC' for most members, indicating they have passed the code-based revision check. The window also includes a list of 'Output No.' and 'Factor de Carga' for each member.

Miembro	Borde - Eje	Valor	Condición	Estado
columna C1 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.00728381	0.0060345	***ALC
columna C1 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.02744962	0.00669187	***ALC
columna C1 del piso 1	Final - Eje(2)	0.00844049	0.00698301	***ALC
columna C1 del piso 1	Final - Eje(3)	0.01243808	0.00630619	***ALC
columna C2 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.00361217	0.00652056	No alca
columna C2 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.02744103	0.00670817	***ALC
columna C2 del piso 1	Final - Eje(2)	0.00387833	0.00687693	No alca
columna C2 del piso 1	Final - Eje(3)	0.02414412	0.00668653	***ALC
columna C3 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.00134935	0.0191657	No alca
columna C3 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.02752181	0.00570283	***ALC
columna C3 del piso 1	Final - Eje(2)	3.0803307E-005	0.00705273	No alca
columna C3 del piso 1	Final - Eje(3)	0.02145152	0.00572789	***ALC
columna C4 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.02284256	0.0096143	***ALC
columna C4 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.00737101	0.00608882	***ALC
columna C4 del piso 1	Final - Eje(2)	0.01167242	0.00934333	***ALC
columna C4 del piso 1	Final - Eje(3)	0.00608753	0.00613573	No alca
columna C5 del piso 1	Comienzo - Eje(2)	0.02284823	0.00968554	***ALC
columna C5 del piso 1	Comienzo - Eje(3)	0.00369281	0.00713507	No alca
columna C5 del piso 1	Final - Eje(2)	0.01310111	0.00962373	***ALC
columna C5 del piso 1	Final - Eje(3)	0.00102648	0.00608826	No alca

Parámetros de Respuesta Global – Revisiones Basadas en Código

Solicitaciones en los Elementos

Para el tipo de elemento de marco no elástico empleado en el modelo estructural, pueden existir tres tipos de resultados de solicitaciones internas (subdivididos en tres categorías), que se describen con detalle a continuación.

NOTA 1: Los grados de libertad rotacionales definidos respecto a un eje en particular, se refieren siempre a la rotación alrededor de (y no según) ese mismo eje. Por lo tanto, esta es la convención que debe ser aplicada en la interpretación de los resultados de rotaciones/momentos obtenidos en este módulo.

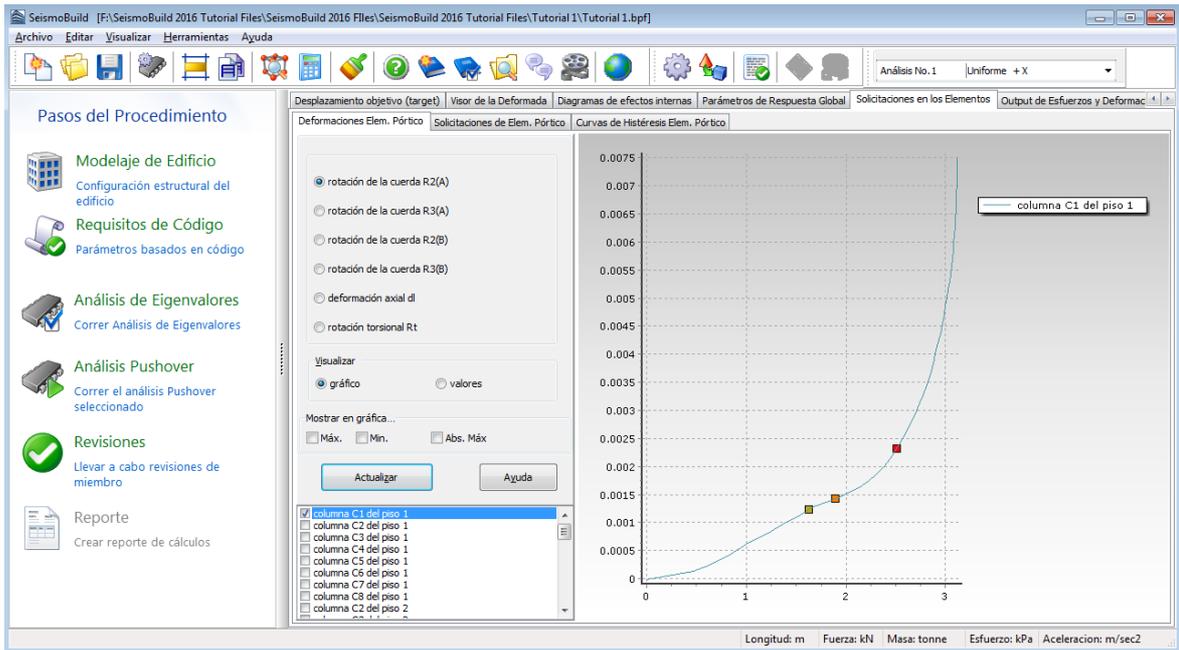
NOTA 2: Las rotaciones de cuerda de los elementos en este módulo corresponden a las rotaciones de cuerda de miembros estructurales, permitiendo el empleo directo de rotaciones de cuerda de elementos en las verificaciones de códigos sísmicos (ver, por ejemplo, el Eurocódigo 8, el Código Nacional de Sísmica NTC-18, ,Etc).

NOTA 3: En presencia de grandes desplazamientos, las fuerzas de corte en los elementos de la base pueden resultar bastante diferentes de las reacciones en los apoyos a los cuales dichos elementos están conectados, dado que las primeras están definidas en el sistema (significativamente rotado) de ejes locales del elemento, mientras que las últimas están definidas respecto del sistema global de referencia fijo.

NOTA 4: SeismoBuild no provee automáticamente como output los valores de energía disipada. Sin embargo, los usuarios pueden obtener dichos valores en forma muy simple, realizando el producto/la integral de la respuesta fuerza-desplazamiento.

Deformaciones de Pórtico

Se proporcionan las deformaciones incurridas por los elementos de pórtico inelásticos (infrm, infrmPH), tal como se calculan en su sistema de referencia local de co-rotación. Los valores se refieren a las rotaciones de cuerda en los nodos finales de cada elemento (denominados A y B, como se indica en el Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje), la deformación axial y la rotación torsional. Finalmente, los valores máximos, mínimos y máximos absolutos se pueden mostrar en el gráfico seleccionado.



Solicitaciones en los Elementos –Deformación de Elementos de Pórtico

Solicitaciones en los Elementos de Pórtico

Aquí se proveen las solicitaciones internas desarrolladas en los elementos inelásticos (infrm, infrmPH), calculadas en su sistema de referencia local co-rotacional. Los valores se refieren a las fuerzas internas (axial y corte) y momentos (flectores y torsores) desarrollados en los nodos extremos de cada elemento, denominados A y B (Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje). La posibilidad de obtener resultados acumulativos, en contraposición a resultados individuales, resulta útil cuando el usuario está interesado en sumar la respuesta de un cierto número de elementos (por ej., para obtener el corte total de un determinado piso del pórtico, dado por la sumatoria de las fuerzas internas de corte de todos los elementos en ese nivel).

The screenshot shows the 'Solicitaciones en los Elementos' window in SeismoBuild. The window displays a table of internal forces for various elements. The table has columns for 'Factor de Carga' and 'columna C1 del piso' through 'columna C8 del piso'. The data is as follows:

Factor de Carga	columna C1 del piso	columna C2 del piso	columna C3 del piso	columna C4 del piso	columna C5 del piso	columna C6 del piso	columna C7 del piso	columna C8 del piso
0.00	3.54516	4.71905	1.64864	-1.74846	-0.84678287	4.77901		
0.46463288	12.21007	9.61103	0.62328332	11.03111	8.33407	16.3047		
0.63441186	14.72524	8.47346	0.04441188	12.0793	17.69869	25.4559		
0.81691285	17.37233	11.65824	-0.52827525	12.38636	26.87525	27.6856		
1.00064	24.13435	14.63871	-0.69267423	15.01887	30.91035	31.8954		
1.20068	28.85398	18.18801	-0.9297912	17.64169	33.19912	35.6922		
1.37335	34.34242	21.04605	-0.93748438	20.31719	36.14975	39.5314		
1.54325	39.76332	23.08455	-1.09602	23.19968	38.8232	43.5402		
1.62781	42.1734	24.26461	-1.00871	24.89247	40.54638	45.9246		
1.69786	44.17002	25.24222	-0.93637465	26.29484	41.97394	47.9000		
1.82503	45.8135	26.64441	-0.87619302	29.47746	44.93731	52.7185		
1.89662	45.69246	26.80129	-0.71981819	31.55983	47.10171	55.9722		
1.93009	45.63588	26.87463	-0.64671431	32.53332	48.11354	57.4933		
2.03667	45.97084	26.86956	-0.56476561	35.72816	51.08697	62.0512		
2.12918	46.22525	27.17537	-0.38263125	38.87976	54.19727	66.6027		
2.22171	47.3334	26.75949	-0.36530661	42.03483	57.10235	71.2460		
2.30759	48.56466	27.85507	-0.42323448	44.87025	60.36194	75.8845		
2.38692	49.97109	28.48913	-0.56910713	47.29081	63.61344	80.5162		
2.45963	51.24396	29.10631	-0.8100029	49.41801	66.88898	85.0075		
2.50843	51.95917	29.6684	-0.9656143	50.78568	69.34598	88.4158		

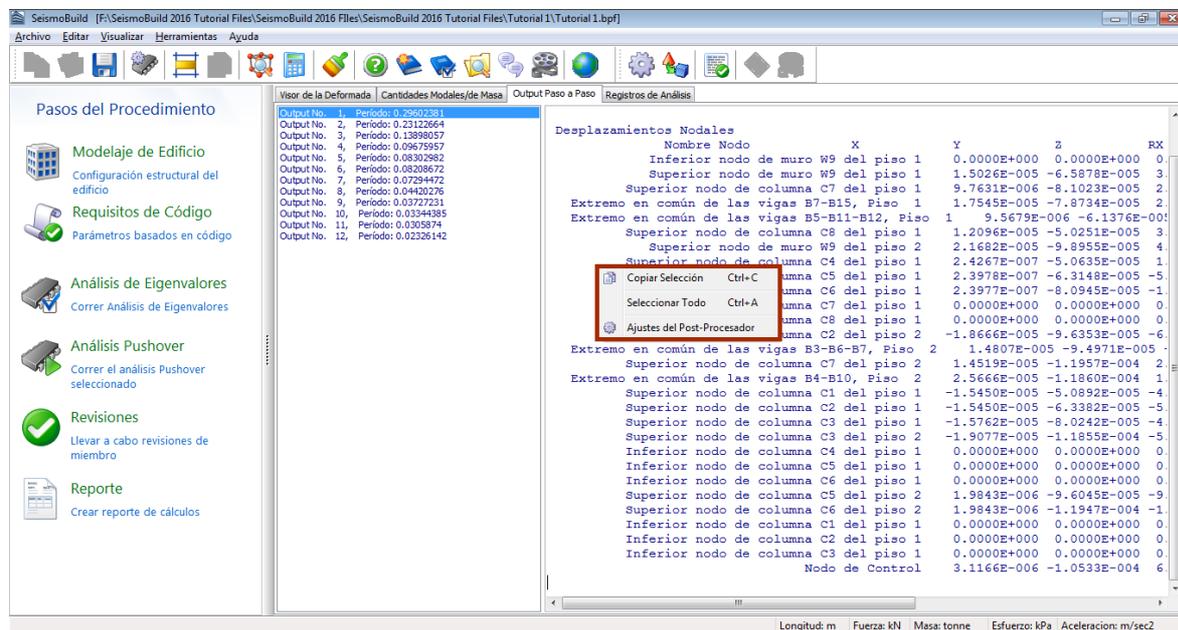
Solicitaciones en los Elementos – Fuerzas en Elementos de Pórtico

Curvas Histeréticas en Elementos de Pórtico

En este módulo se proporcionan las curvas histeréticas de deformaciones versus esfuerzos internos desarrollados por elementos inelásticos (infrm, infrmPH), calculados en su sistema de referencia local co-rotacional.

Output Paso a Paso

Este módulo de postprocesamiento proporciona, en el tipo de archivo de texto de salida, todos los resultados analíticos (desplazamientos/rotaciones nodales, fuerzas y momentos en elementos, y esfuerzo y deformaciones en elementos) obtenidos por SeismoBuild en cualquier paso de análisis más los resultados analíticos para el (los) estado(s) límite seleccionado(s). La salida completa del paso, o partes seleccionadas del mismo, se pueden copiar a los editores de texto para manipulación adicional, utilizando los comandos de menú correspondientes, los atajos de teclado, los botones de la barra de herramientas o el menú emergente del botón derecho del ratón.



Output Paso a Paso

En lugar de copiar y pegar el contenido de este módulo, los usuarios también pueden optar por utilizar simplemente la opción Exportar a Archivo de Texto, que también da la posibilidad de elegir los pasos de inicio y fin de interés, junto con un incremento de paso. Esta herramienta útil está disponible en el botón de la barra de herramientas .

Por último, y tal como se indica en Configuración Avanzada> General, los usuarios también pueden activar la opción de crear, al final de cada análisis, un archivo de texto (*.out) que contenga la salida de todo el análisis (tal como se muestra en este módulo). Esta característica puede resultar útil para los usuarios, que desean sistemáticamente, en vez de ocasionalmente, post-procesar los resultados usando su propia instalación de post-procesamiento a medida.

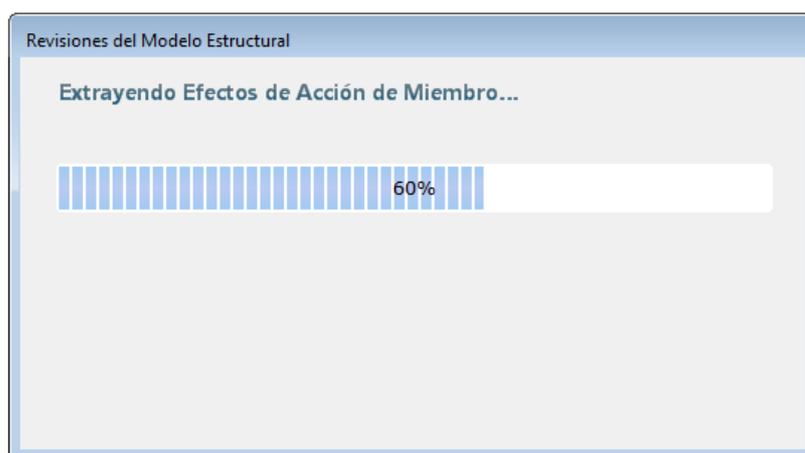
Registros de Análisis

Como se discutió anteriormente, durante un análisis dado, se crea y se guarda un registro de su progreso numérico y de la respuesta de rendimiento del modelo en el archivo de registro del proyecto (*.log). El contenido de dicho archivo se puede visualizar en el módulo de registros de análisis y, si es necesario, copiar y pegar en cualquier otra aplicación de Windows.

También se observa que, puesto que la fecha y la hora del último análisis se guardan en el archivo de registro, los usuarios pueden consultar este módulo cuando se requiere tal tipo de información.

Revisiones

Los resultados de las revisiones basadas en código se pueden acceder a través del módulo correspondiente en la ventana principal del programa. Una vez que se selecciona el botón de Revisiones, aparece una ventana de información con una barra de progreso, proporcionando una indicación porcentual de hasta qué punto el modelo estructural ha comprobado el proceso.



Ventana informativa de las Revisiones Estructurales

El módulo de **Revisiones** cuenta con una serie de pestañas en las que se pueden ver los resultados de diferentes tipos de comprobaciones en tabla o formato de vista 3D y luego copiarse en cualquier otra aplicación de Windows (es decir, los resultados presentados se pueden copiar en una hoja de cálculo como Microsoft Excel, mientras que los gráficos se pueden copiar en una aplicación de procesamiento de textos, como Microsoft Word). Aquí se muestran las revisiones ya seleccionadas en el módulo Revisiones de Requisitos de Código.

- Rotación de Cuerda de los Miembros
- Momentos Flectores de los Miembros
- Fuerza Cortante de Miembros
- Deformaciones Internas en los Elementos (TBDY solamente)
- Deformaciones por tracción de los miembros
- Deformaciones por compresión de los miembros
- Fuerzas de tracción de los miembros
- Fuerzas de compresión de los miembros
- Fuerza Cortante de las Uniones (Sólo Eurocódigos)
- Área de los Estribos de las Uniones (Sólo Eurocódigos)
- Refuerzo Vertical de las Uniones (Sólo Eurocódigos)
- Ductilidad de las Uniones
- Tensión Diagonal en las Uniones (NTC& KANEPE)
- Compresión Diagonal en las Uniones (NTC& KANEPE)
- Derivas Entre Pisos (ASCE 41-23 & NTC)
- Relaciones de PGA (Sólo NTC)
- Clasificación de Riesgo Sísmico (Sólo NTC)

Se observa que en el análisis pushover, las revisiones se llevan a cabo en el paso particular del análisis que corresponde al desplazamiento objetivo para el Estado límite seleccionado. Por el contrario, en el análisis dinámico se obtienen como demanda los máximos de los parámetros de

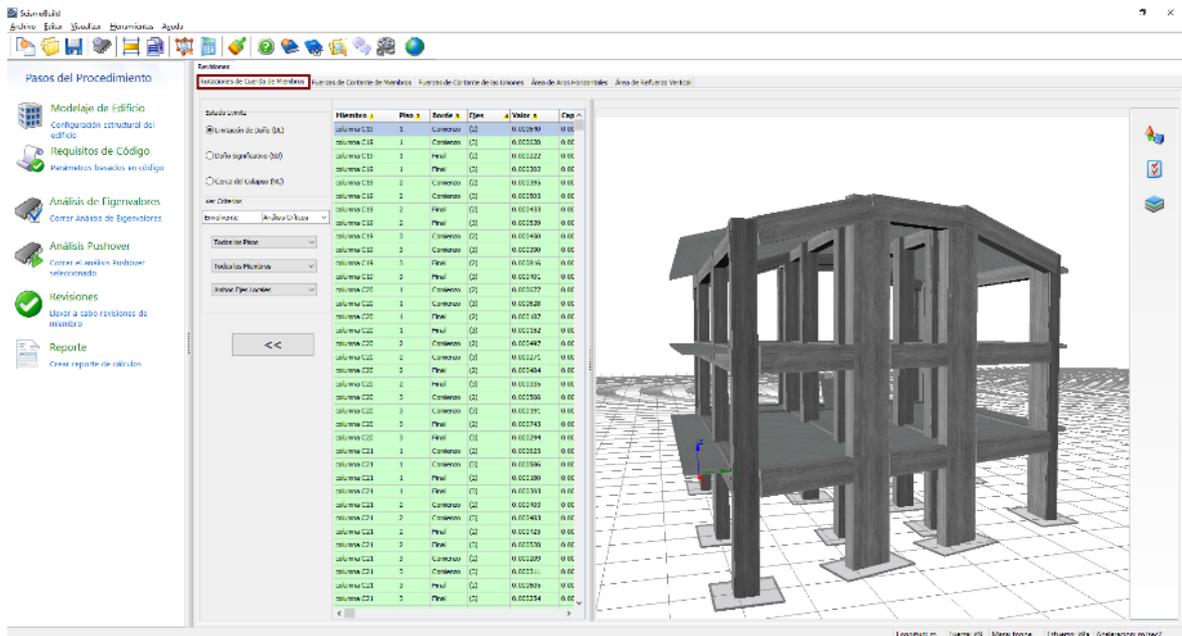
respuesta a lo largo de la historia del tiempo y se comparan con las capacidades de deformación o resistencia de los componentes. Si hay sobrepaso de la capacidad, no se cumplen los criterios de aceptación, si no, los criterios de aceptación se consideran cumplidos.

The screenshot displays the 'Revisión' (Review) module in SeismoBuild. The central table lists member data with columns for 'Miembro', 'Piso', 'Estado', 'Eje', 'Valor', 'Capacidad', 'Ratio de', and 'Análisis'. The table contains 48 rows of data for various members (e.g., columna C-1R, columna C-2R, etc.). The 'Estado' column shows values like 'Cansado' or 'Final', and the 'Análisis' column shows values like 'Placa -X', 'Uniforme -Y', etc. The 3D model on the right shows a building structure with a grid overlay, and the 'Revisión' module is highlighted in the sidebar.

Módulos de Revisión

ROTACIÓN DE CUERDA DE LOS MIEMBROS

Aquí se exportan los resultados de las revisiones de capacidad de deformación para vigas, columnas y muros, de acuerdo con el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué estado límite u objetivo de desempeño ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el piso, el tipo de miembros y el eje local. Los estados límite disponibles son los que ya fueron seleccionados en el módulo Estados Límite de Requisitos de Código. Además, en el menú desplegable para la selección de análisis, aparte de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de deformación están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, así como otras opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de desempeño de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Rotaciones de Cuerda de Miembros

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en modalidad 'full-screen'. Al hacer clic con el botón derecho en un elemento y seleccionar *Ver Revisiones en Miembros*, aparecerá una ventana con las revisiones de todos los análisis para ese elemento en particular.

Revisiones de miembro para columna C1 del piso 1

Rotaciones de Cuerda | Capacidad a Cortante

Estado límite
 Limitación de Daño (DL)
 Daño Significativo (SD)
 Cerca del Colapso (NC)

Análisis	Edge	Ejes Locales	Valor	Capacidad	Razón de
Envolvente	Comienzo	(2)	0.004537	0.006867	0.660680
Envolvente	Comienzo	(3)	0.005544	0.006679	0.830088
Envolvente	Final	(2)	0.003473	0.006393	0.543322
Envolvente	Final	(3)	0.004587	0.006593	0.695735
Uniforme + X	Comienzo	(2)	0.001225	0.006447	0.190023
Uniforme + X	Comienzo	(3)	0.003485	0.007322	0.476002
Uniforme + X	Final	(2)	0.001451	0.006574	0.220690
Uniforme + X	Final	(3)	0.001419	0.005764	0.246236
Uniforme - X	Comienzo	(2)	0.001553	0.007929	0.195876
Uniforme - X	Comienzo	(3)	0.004076	0.006778	0.601422
Uniforme - X	Final	(2)	0.000293	0.006145	0.047750
Uniforme - X	Final	(3)	0.003340	0.006464	0.516711
Uniforme + Y	Comienzo	(2)	0.004666	0.007559	0.617281
Uniforme + Y	Comienzo	(3)	0.000320	0.007006	0.045685
Uniforme + Y	Final	(2)	0.001513	0.005583	0.271064
Uniforme + Y	Final	(3)	0.000177	0.006059	0.029171
Uniforme - Y	Comienzo	(2)	0.004537	0.006867	0.660680
Uniforme - Y	Comienzo	(3)	0.000406	0.006444	0.063014
Uniforme - Y	Final	(2)	0.003473	0.006393	0.543322
Uniforme - Y	Final	(3)	0.000457	0.006787	0.067280
Modal + Y	Comienzo	(2)	0.001789	0.006434	0.278105

Módulo de Revisiones

Una descripción más detallada de las revisiones de rotación de cuerda de los miembros y de las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de Deformación del respectivo apéndice.

MOMENTOS FLECTORES DE MIEMBROS

Aquí se exportan los resultados de las revisiones de momentos flectores para vigas, columnas y muros, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite o Requisito de Desempeño, para ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el piso, el tipo de miembros y el eje local. Los Estados Límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo de Estados Límite en Requisitos del Código. Además, en el menú desplegable para la selección de análisis, además de los análisis ejecutados, hay una opción llamada Análisis Crítico, que es el sobre de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de momento flector están marcados en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar las razones de rendimiento de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, según el valor de su razón de rendimiento para el Estado Límite seleccionado.

The screenshot displays the 'Momentos Flectores de Miembros' window in SeismoBuild. The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar (Pasos del Procedimiento):** Contains navigation icons for 'Modelaje de Edificio', 'Requisitos de Código', 'Análisis de Eigenvalores...', 'Análisis Lineal', 'Revisiones', and 'Reporte'.
- Top Panel:** Shows the current analysis type: 'Momentos Flectores de Miembros'. Other options include 'Fuerzas de Cortante de Miembros', 'Fuerzas de Cortante de las Liniores', 'Área de Aros Horizontales', and 'Área de Refuerzo Vertical'.
- Table:** A data table with columns: 'Estado Límite', 'Miembro', 'Piso', 'Edge', 'Ejes', 'Demanda', 'Capacidad', 'Razón de', and 'Combinación'. The table lists results for various members (e.g., columna C1, C10, C11) across different floors and edges. Some rows are highlighted in red, indicating members that have exceeded their capacity.
- Right Panel:** A 3D model of the structural frame. A button labeled 'Actualizar Gráfico 3D' is visible.
- Bottom Panel:** A status bar showing units: 'Longitud: m', 'Fuerza: kN', 'Masa: tonne', 'Esfuerzo: kPa', and 'Aceleración: m/sec2'.

Módulo de momentos flectores de miembros

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad de 'pantalla completa'. Al hacer clic con el botón derecho en un elemento y seleccionar Ver revisiones de miembros, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis de ese elemento en particular.

Revisiones de miembro para viga B24 del piso 1

Momento Flector Capacidad a Corte

Estado Límite
 Limitación de Daño (DL) Daño Significativo (SD) Cerca del Colapso (NC)

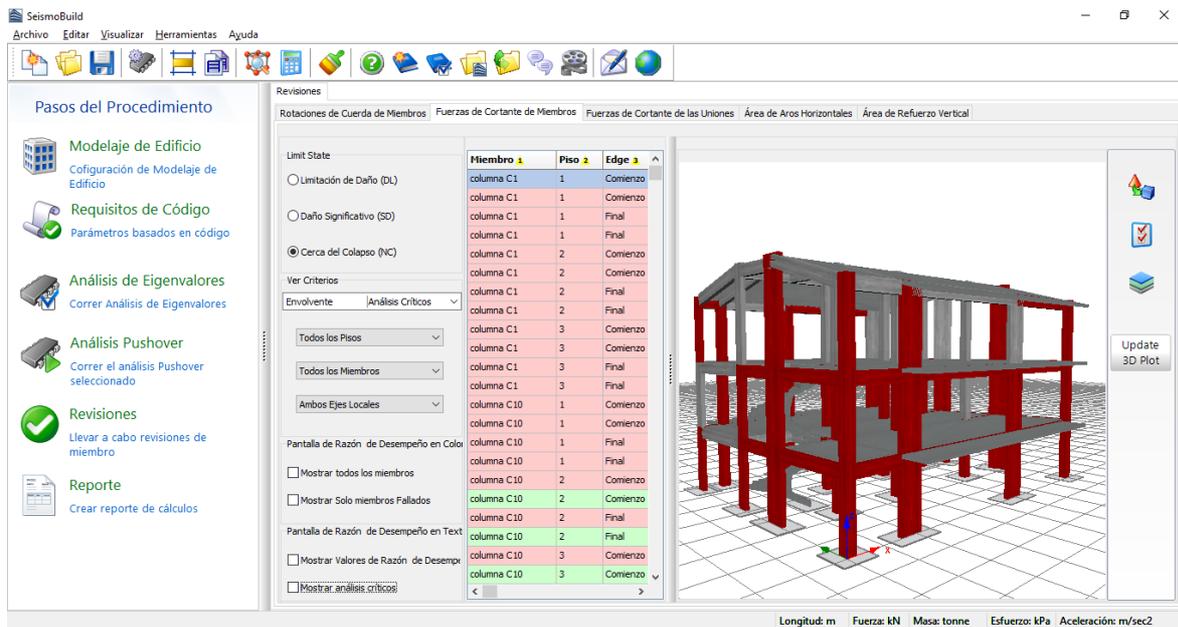
Análisis	Edge	Ejes Locales	Valor	Capacidad	Razón de
Triangular - Y - eccX	Final	(3)	11,340900	24,725514	0,458672
Triangular - Y - eccX	Final	(2)	71,366359	58,439189	1,221207
Triangular - Y - eccX	Comienzo	(3)	12,419215	24,725514	0,502283
Triangular - Y - eccX	Comienzo	(2)	67,310007	111,240614	0,605085
Triangular - Y + eccX	Final	(3)	13,222340	24,725514	0,534765
Triangular - Y + eccX	Final	(2)	83,595243	58,439189	1,430465
Triangular - Y + eccX	Comienzo	(3)	14,547573	24,725514	0,588363
Triangular - Y + eccX	Comienzo	(2)	78,405784	111,240614	0,704831
Triangular - X - eccY	Final	(3)	1,812777	25,215119	0,071892
Triangular - X - eccY	Final	(2)	3,086996	60,178035	0,051298
Triangular - X - eccY	Comienzo	(3)	1,378996	25,215119	0,054689
Triangular - X - eccY	Comienzo	(2)	3,605141	112,880492	0,031938
Triangular - X + eccY	Final	(3)	3,436662	25,591684	0,134288
Triangular - X + eccY	Final	(2)	13,643155	114,141896	0,119528

Módulo de Revisiones de Miembros

Una descripción más detallada de las revisiones del momento flector de los miembros y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de deformación del apéndice respectivo.

FUERZA CORTANTE DE MIEMBROS

Los resultados de las comprobaciones de capacidad de cortante para vigas, columnas y muros, de acuerdo con el código seleccionado, se pueden visualizar en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué estado límite u objetivo de desempeño ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el piso, el tipo de miembros y el eje local. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo Estados límites de Requisitos de Código. Además, en el menú desplegable de la selección de análisis, aparte de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido su capacidad de cortante están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, así como otras opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de desempeño de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Fuerzas de Cortante de Miembros

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en modalidad 'full-screen'. Al hacer clic con el botón derecho en un elemento y seleccionar *Ver Revisiones de miembros*, aparecerá una ventana con las revisiones de todos los análisis para ese elemento en particular.

Revisiones de miembro para columna C10 del piso 3

Rotaciones de Cuerda Capacidad a Corte

Estado Límite
 Limitación de Daño (DL) Daño Significativo (SD) Cerca del Colapso (NC)

Análisis	Edge	Ejes Locales	Valor	Capacidad	Razón de
Envolvente	Comienzo	(2)	167.469666	119.105175	1.406065
Envolvente	Comienzo	(3)	19.389595	20.801758	0.932113
Envolvente	Final	(2)	167.469666	109.051515	1.535693
Envolvente	Final	(3)	19.389595	20.801758	0.932113
Uniforme + X	Comienzo	(2)	105.741557	132.789491	0.796310
Uniforme + X	Comienzo	(3)	2.347444	24.787423	0.094703
Uniforme + X	Final	(2)	105.741557	114.504709	0.923469
Uniforme + X	Final	(3)	2.347444	24.787423	0.094703
Uniforme - X	Comienzo	(2)	138.895741	123.095826	1.128355
Uniforme - X	Comienzo	(3)	3.403162	22.645986	0.150277
Uniforme - X	Final	(2)	138.895741	107.382945	1.293462
Uniforme - X	Final	(3)	3.403162	22.645986	0.150277
Uniforme + Y	Comienzo	(2)	10.637171	107.611045	0.098848
Uniforme + Y	Comienzo	(3)	9.898431	20.735858	0.477358

Módulo de Revisiones del Miembro

Una descripción más detallada de las revisiones de fuerzas de cortante de los miembros y de las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de Cortante del respectivo apéndice.

DEFORMACIONES INTERNAS DE LOS MIEMBROS (SÓLO TBDY)

Los resultados de las revisiones de capacidad de deformaciones para vigas, columnas y paredes se pueden visualizar en este módulo (esta verificación se aplica solo a TBDY). Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u Objetivo de Desempeño, para ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el piso, el tipo de miembros y el eje local. Los estados límite disponibles son los que ya se seleccionaron en el módulo de estados límite en Requisitos de Código. Además, en el menú desplegable para la selección del análisis, aparte de los análisis ejecutados, hay una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido su capacidad de corte están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, mientras que las diferentes opciones de visualización están disponibles. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, dependiendo del valor de su relación de rendimiento para el estado límite seleccionado.

The screenshot displays the software interface for member deformation analysis. On the left, there is a 'Procedure Steps' sidebar with options like Building Modelling, Code Requirements, Eigenvalue Analysis, Pushover Analysis, Checks, and Report. The main window is divided into a table of results and a 3D model of a structure. The table lists member details and performance ratios.

Member	Floor	Edge	Material	Value	Capacity	Perf. Ratio	Analysis
column C1	1	End	Concrete	0.251004	0.007974	0.133137	Modal -0.3X
column C1	1	End	Steel	0.013960	0.025200	0.077775	Modal -X
column C1	1	Start	Concrete	0.001377	0.007974	0.181794	Modal -0.3X
column C1	1	Start	Steel	0.003902	0.025200	0.154833	Modal -X +
column C1	2	End	Concrete	0.000805	0.007974	0.186271	Modal -X -
column C1	2	End	Steel	0.002236	0.025200	0.088733	Modal -X -
column C1	2	Start	Concrete	0.000766	0.007974	0.201093	Modal -X -
column C1	2	Start	Steel	0.003028	0.025200	0.089484	Modal -X -
column C1	3	End	Concrete	0.000660	0.007974	0.087107	Modal -X -
column C1	3	End	Steel	0.002182	0.025200	0.086591	Modal -X -
column C1	3	Start	Concrete	0.000498	0.007974	0.063773	Modal -X -
column C1	3	Start	Steel	0.001812	0.025200	0.063971	Modal -X -
column C2	1	End	Concrete	0.001200	0.007974	0.170360	Modal -0.3X
column C2	1	End	Steel	0.002157	0.025200	0.085827	Modal -0.3X
column C2	1	Start	Concrete	0.001763	0.007974	0.232759	Modal -0.3X
column C2	1	Start	Steel	0.003495	0.025200	0.138897	Modal -X +
column C2	2	End	Concrete	0.001071	0.007974	0.141433	Modal -X -
column C2	2	End	Steel	0.002287	0.025200	0.091171	Modal -X -
column C2	2	Start	Concrete	0.000973	0.007974	0.138445	Modal -X -
column C2	2	Start	Steel	0.002032	0.025200	0.080617	Modal -X -
column C2	3	End	Concrete	0.000844	0.007974	0.111404	Modal -X -
column C2	3	End	Steel	0.001890	0.025200	0.079424	Modal -X -
column C2	3	Start	Concrete	0.000596	0.007974	0.091590	Modal -X -
column C2	3	Start	Steel	0.001464	0.025200	0.058097	Modal -X -
column C2	4	End	Concrete	0.000420	0.007974	0.033460	Modal -X -
column C2	4	End	Steel	0.001171	0.025200	0.046461	Modal -X -
column C2	4	Start	Concrete	0.000449	0.007974	0.039233	Modal -X -
column C2	4	Start	Steel	0.001195	0.025200	0.047421	Modal -X -
column C3	1	End	Concrete	0.001209	0.002333	0.338376	Modal -X +
column C3	1	End	Steel	0.002173	0.022396	0.007016	Modal -X +
column C3	1	Start	Concrete	0.002379	0.002333	1.155297	Modal -X +
column C3	1	Start	Steel	0.006270	0.022396	0.279498	Modal -X +
column C3	2	End	Concrete	0.000922	0.003807	0.203803	Modal -X +
column C3	2	End	Steel	0.001934	0.023023	0.077282	Modal -X +
column C3	2	Start	Concrete	0.000551	0.003807	0.211515	Modal -X +
column C3	2	Start	Steel	0.001091	0.025200	0.043275	Modal -0.3X

Módulo de Deformaciones de Miembro

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en la modalidad de "pantalla completa". Al hacer clic derecho en un elemento y seleccionar Ver Revisiones de Miembros, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis de ese elemento en particular.

Member checks for column C3 of floor 1

Members Strains Shear Capacity

Limit State
 Continuous Use (KK) Immediate Occupancy (HK) Life Safety (CG) Collapse Prevention (BP)

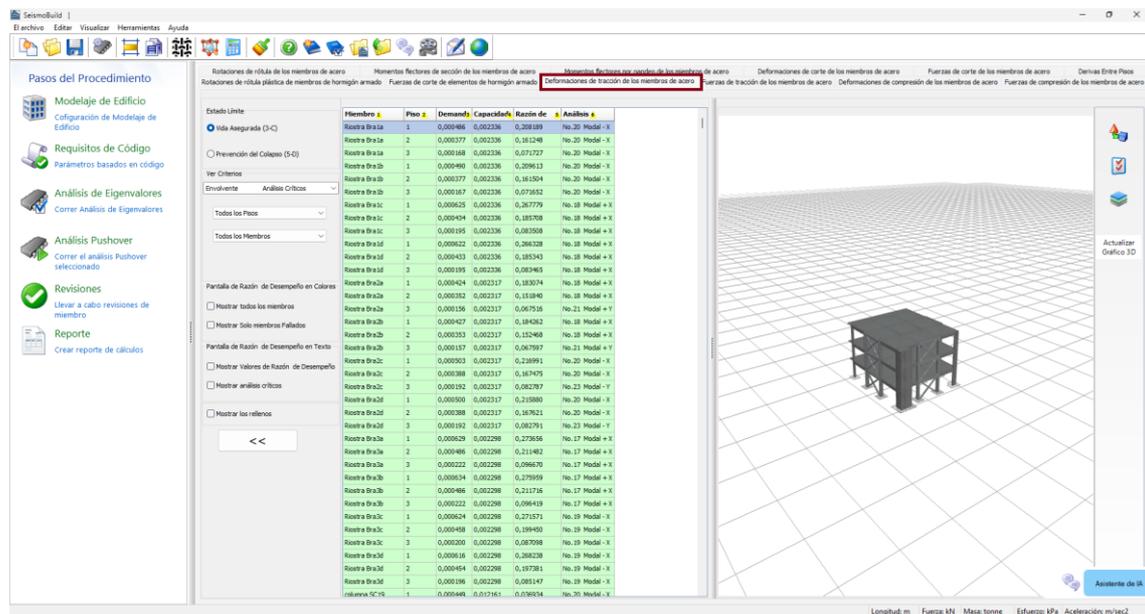
Analysis	Edge	Material	Value	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	Start	Concrete	0.002579	0.002333	1.105297
Envelope	Start	Steel	0.006270	0.022396	0.279948
Envelope	End	Concrete	0.001209	0.002333	0.518376
Envelope	End	Steel	0.002173	0.022396	0.097016
Modal + X + 0.3Y	Start	Concrete	0.002579	0.002333	1.105297
Modal + X + 0.3Y	Start	Steel	0.006270	0.022396	0.279948
Modal + X + 0.3Y	End	Concrete	0.001209	0.002333	0.518376
Modal + X + 0.3Y	End	Steel	0.002173	0.022396	0.097016
Modal - X - 0.3Y	Start	Concrete	0.001991	0.002625	0.758299
Modal - X - 0.3Y	Start	Steel	0.006298	0.025200	0.249939
Modal - X - 0.3Y	End	Concrete	0.000717	0.002625	0.272999
Modal - X - 0.3Y	End	Steel	0.001514	0.025200	0.060061
Modal + 0.3X + Y	Start	Concrete	0.001327	0.002625	0.505500
Modal + 0.3X + Y	Start	Steel	0.002810	0.025200	0.111511
Modal + 0.3X + Y	End	Concrete	0.000775	0.002625	0.295178
Modal + 0.3X + Y	End	Steel	0.001570	0.025200	0.062287
Modal - 0.3X - Y	Start	Concrete	0.001545	0.002625	0.588584
Modal - 0.3X - Y	Start	Steel	0.002933	0.025200	0.116402
Modal - 0.3X - Y	End	Concrete	0.000775	0.002625	0.295257
Modal - 0.3X - Y	End	Steel	0.001651	0.025200	0.065512

Módulo de Revisiones de Miembro

Una descripción más detallada de las revisiones y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild para las deformaciones internas en los elementos está disponible en la sección de Deformaciones Internas de Miembros del Apéndice A.6 - TBDY.

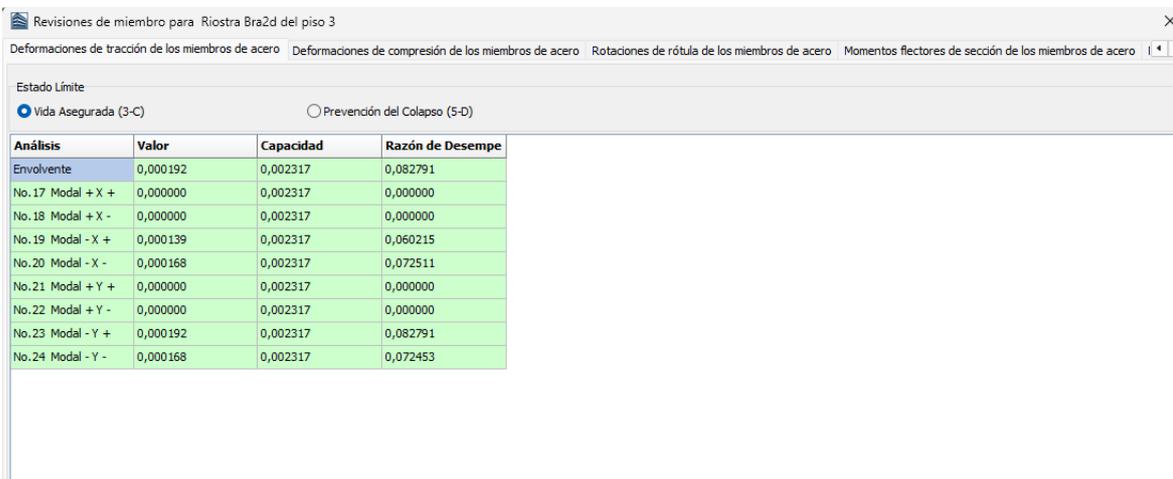
DEFORMACIONES DE TRACCIÓN DE LOS MIEMBROS DE ACERO

Los resultados de las revisiones de deformaciones de tracción de los miembros de acero, según el Código seleccionado se pueden visualizar en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite, o Objetivo de Desempeño, ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo de Estados Límite en Requerimientos del Código. Además, en el menú desplegable de selección de análisis además de los análisis ejecutados existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido su capacidad de deformación por tracción se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden optar por mostrar los índices de rendimiento de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, según el valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Deformaciones de Tracción de Miembros de Acero

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en la modalidad de "pantalla completa". Al hacer clic derecho en un elemento y seleccionar Ver Revisiones de Miembros, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis de ese elemento en particular.



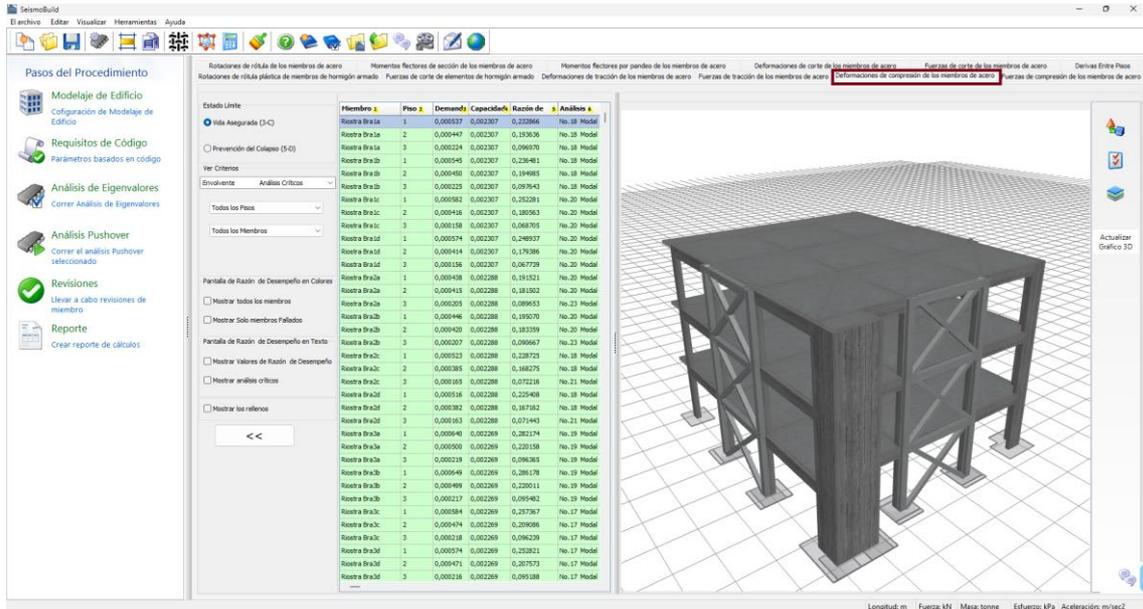
Módulo de Revisiones de Miembro

Una descripción más detallada sobre las verificaciones de las deformaciones tensiles de los miembros y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Deformaciones Axiales de Miembros de Acero del apéndice correspondiente.

DEFORMACIONES DE COMPRESIÓN DE LOS MIEMBROS DE ACERO

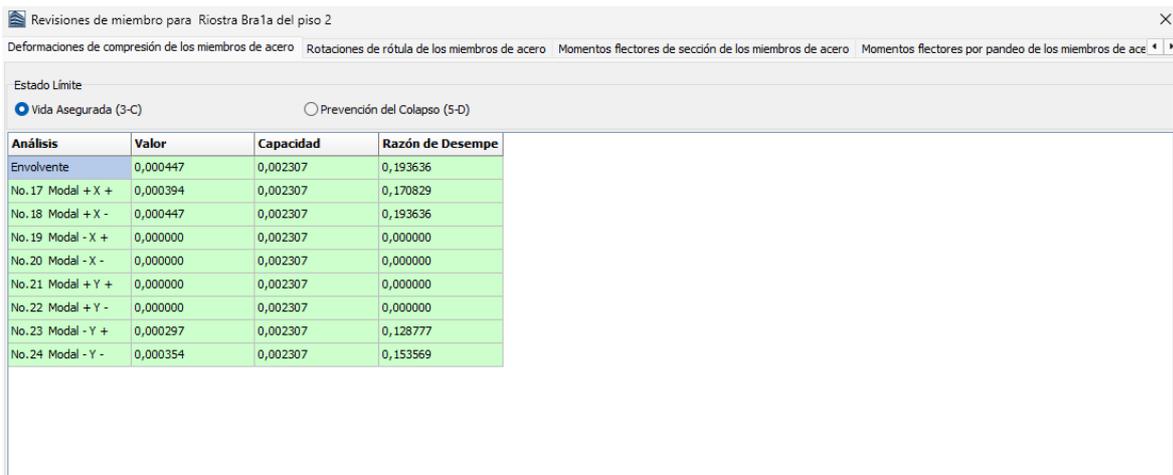
Los resultados de la verificación de las deformaciones de compresión para los miembros de acero, según el Código seleccionado se pueden visualizar en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite, o Objetivo de Desempeño, ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo de Estados

Límite en Requerimientos del Código. Además, en el menú desplegable de selección de análisis además de los análisis ejecutados existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido su capacidad de deformación por tracción se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden optar por mostrar los índices de rendimiento de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, según el valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Deformaciones de compresión de Miembros de Acero

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en la modalidad de "pantalla completa". Al hacer clic derecho en un elemento y seleccionar Ver Revisiones de Miembros, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis de ese elemento en particular.

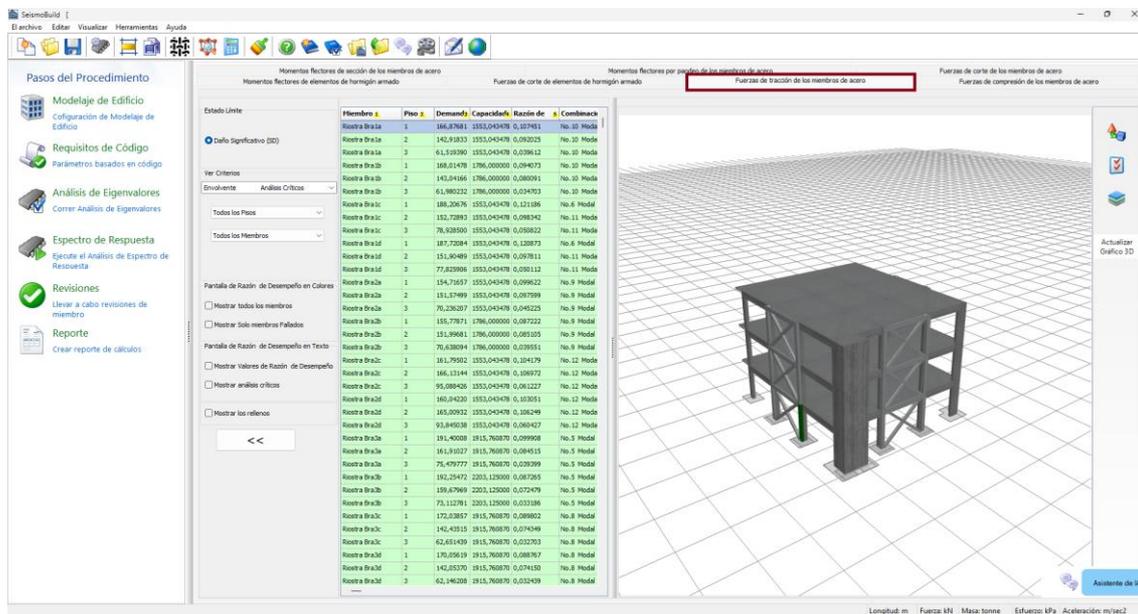


Módulo de Revisiones de Miembro

Una descripción más detallada de las revisiones y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild para las Deformaciones por Compresión de Riostras de Acero está disponible en la sección de Deformaciones Axiales de Riostras de Acero del anexo respectivo.

FUERZAS DE TRACCIÓN DE LOS MIEMBROS DE ACERO

Los resultados de las revisiones de fuerzas de tracción de los miembros de acero, según el Código seleccionado se pueden visualizar en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite, o Objetivo de Desempeño, ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo de Estados Límite en Requerimientos del Código. Además, en el menú desplegable de selección de análisis además de los análisis ejecutados existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido su capacidad de deformación por tracción se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden optar por mostrar los índices de rendimiento de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, según el valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Fuerzas de Tracción de los Miembros de Acero

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en la modalidad de "pantalla completa". Al hacer clic derecho en un elemento y seleccionar Ver Revisiones de Miembros, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis de ese elemento en particular.

Revisiones de miembro para Riostra Bra 1c del piso 1

Fuerzas de tracción de los miembros de acero Fuerzas de compresión de los miembros de acero Momentos flectores de sección de los miembros de acero Momentos flectores por pandeo de los miembros de acero Fuerzas de corte de los miembros de

Estado Límite

Daño Significativo (SD)

Análisis	Valor	Capacidad	Razón de Desempe
Envolvente	188,206763	1553,043478	0,121186
No.5 Modal +X +	153,961850	1553,043478	0,099136
No.6 Modal +X -	188,206763	1553,043478	0,121186
No.7 Modal -X +	0,000000	1553,043478	0,000000
No.8 Modal -X -ecc'	0,000000	1553,043478	0,000000
No.9 Modal +Y +	0,000000	1553,043478	0,000000
No.10 Modal +Y -	0,000000	1553,043478	0,000000
No.11 Modal -Y +	171,059764	1553,043478	0,110145
No.12 Modal -Y -	132,199901	1553,043478	0,085123

Módulo de Revisiones de Miembro

Una descripción más detallada de las revisiones y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild para las Fuerzas por Tracción de Riostras de Acero está disponible en la sección de Fuerzas Axiales de Riostras de Acero del anexo respectivo.

FUERZAS DE COMPRESIÓN EN LOS MIEMBROS DE ACERO

Los resultados de la verificación de las fuerzas de compresión para los miembros de acero, según el Código seleccionado se pueden visualizar en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite, o Objetivo de Desempeño, ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo de Estados Límite en Requerimientos del Código. Además, en el menú desplegable de selección de análisis además de los análisis ejecutados existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido su capacidad de deformación por tracción se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden optar por mostrar los índices de rendimiento de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, según el valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.

Módulo de Fuerzas de Compresión en los Miembros de Acero

Estado Límite: Daño Significativo (SD)

Miembro	Piso	Demanda	Capacidad	Razón de Desempeño	Combinación
Riostra Bra.1a	1	235,87293	1553,043478	0,151337	No.11 Modal
Riostra Bra.1a	2	198,62287	1553,043478	0,127692	No.11 Modal
Riostra Bra.1a	3	96,140999	1553,043478	0,061666	No.11 Modal
Riostra Bra.1b	1	240,49974	1796,000000	0,134030	No.11 Modal
Riostra Bra.1b	2	202,80501	1796,000000	0,113609	No.11 Modal
Riostra Bra.1b	3	100,51141	1796,000000	0,056280	No.11 Modal
Riostra Bra.1c	1	249,27296	1553,043478	0,160507	No.7 Modal
Riostra Bra.1c	2	187,88155	1553,043478	0,122028	No.10 Modal
Riostra Bra.1c	3	81,528331	1553,043478	0,052466	No.10 Modal
Riostra Bra.1d	1	244,84175	1553,043478	0,157853	No.7 Modal
Riostra Bra.1d	2	183,24081	1553,043478	0,117988	No.10 Modal
Riostra Bra.1d	3	76,532276	1553,043478	0,049279	No.10 Modal
Riostra Bra.1e	1	226,13993	1553,043478	0,145058	No.12 Modal
Riostra Bra.1e	2	130,23085	1553,043478	0,133654	No.12 Modal
Riostra Bra.1e	3	114,22517	1553,043478	0,075549	No.12 Modal
Riostra Bra.1f	1	235,12949	1796,000000	0,130468	No.12 Modal
Riostra Bra.1f	2	214,53054	1796,000000	0,120129	No.12 Modal
Riostra Bra.1f	3	118,70744	1796,000000	0,066477	No.12 Modal
Riostra Bra.1g	1	233,29331	1553,043478	0,150777	No.9 Modal
Riostra Bra.1g	2	182,63162	1553,043478	0,124035	No.9 Modal
Riostra Bra.1g	3	88,524555	1553,043478	0,057001	No.9 Modal
Riostra Bra.1h	1	217,45819	1553,043478	0,140021	No.9 Modal
Riostra Bra.1h	2	187,86638	1553,043478	0,120967	No.9 Modal
Riostra Bra.1h	3	83,426668	1553,043478	0,053719	No.9 Modal
Riostra Bra.1i	1	250,83995	1815,760870	0,139035	No.8 Modal
Riostra Bra.1i	2	199,47571	1815,760870	0,104223	No.8 Modal
Riostra Bra.1i	3	85,630497	1815,760870	0,046385	No.8 Modal
Riostra Bra.1j	1	257,94079	2035,125000	0,126571	No.8 Modal
Riostra Bra.1j	2	203,10963	2035,125000	0,092332	No.8 Modal
Riostra Bra.1j	3	86,762549	2035,125000	0,042352	No.8 Modal
Riostra Bra.1k	1	239,55648	1815,760870	0,132045	No.5 Modal
Riostra Bra.1k	2	182,74403	1815,760870	0,100610	No.5 Modal
Riostra Bra.1k	3	89,082320	1815,760870	0,046459	No.5 Modal
Riostra Bra.1l	1	232,04301	1815,760870	0,121123	No.5 Modal
Riostra Bra.1l	2	186,96429	1815,760870	0,097332	No.5 Modal
Riostra Bra.1l	3	83,364327	1815,760870	0,045993	No.5 Modal

Módulo de Fuerzas de Compresión en los Miembros de Acero

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en la modalidad de "pantalla completa". Al hacer clic derecho en un elemento y seleccionar Ver Revisiones de Miembros, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis de ese elemento en particular.

Revisiones de miembro para Riostra Braza del piso 2

Fuerzas de tracción de los miembros de acero Fuerzas de compresión de los miembros de acero Momentos flectores de sección de los miembros de acero Momentos flectores por pandeo de los miembros de acero Fuerzas de corte de los miembros de acero

Estado Límite

Daño Significativo (SD)

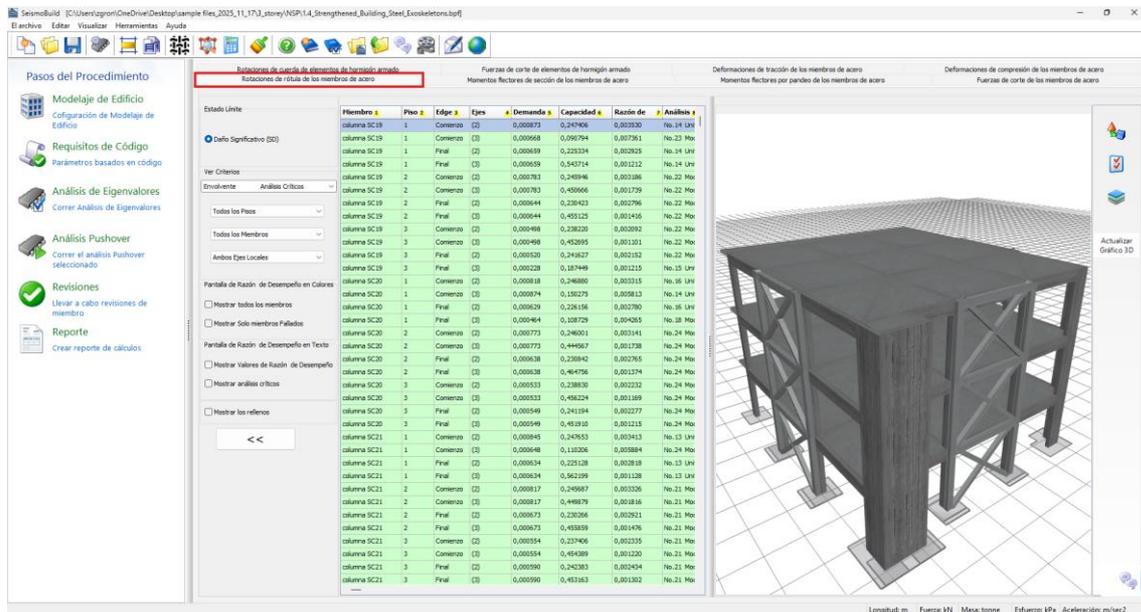
Análisis	Valor	Capacidad	Razón de Desempe
Envolvente	210,226858	1553,043478	0,135364
No.5 Modal +X +	0,000000	1553,043478	0,000000
No.6 Modal +X -	0,000000	1553,043478	0,000000
No.7 Modal -X +	166,606264	1553,043478	0,107277
No.8 Modal -X - eccv	142,070683	1553,043478	0,091479
No.9 Modal +Y +	0,000000	1553,043478	0,000000
No.10 Modal +Y -	0,000000	1553,043478	0,000000
No.11 Modal -Y +	183,526099	1553,043478	0,118172
No.12 Modal -Y -	210,226858	1553,043478	0,135364

Módulo de Revisiones de Miembro

Una descripción más detallada sobre las verificaciones de las fuerzas de compresión de los miembros y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Fuerzas Axiales de los Miembros de Acero del apéndice correspondiente.

ROTACIONES DE RÓTULA DE LOS MIEMBROS DE ACERO

Los resultados de la verificación de la capacidad de rotación de rótula en los miembros de acero, según el Código seleccionado, pueden visualizarse en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de desempeño desean ver los resultados y elegir filtros que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo de Estados Límite dentro de Requisitos del Código. Además, en el menú desplegable para la selección del análisis, además de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que corresponde al envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido su capacidad de rotación de nudo se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en la vista 3D, mientras que existen diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden elegir mostrar los índices de desempeño de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en la gráfica 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores dependiendo del valor de su índice de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Rotaciones de rótula de los miembros de acero

Es posible ocultar la tabla de introducción de datos mediante el botón correspondiente para visualizar la representación 3D del modelo estructural en modo de ‘pantalla completa’. Al hacer clic derecho sobre un elemento y seleccionar Ver Todas las Comprobaciones del Miembro, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis para ese elemento en particular.

Revisión de miembro para columna SC20 del piso 1

Deformaciones de tracción de los miembros de acero | Rotaciones de rótula de los miembros de acero | Momentos flectores de sección de los miembros de acero | Momentos flectores por pandeo de los miembros de acero | Fuerzas de corte de los miembros de acero

Estado Límite: Daño Significativo (SD)

Análisis	Edge	Ejes Locales	Valor	Capacidad	Razón de
Envolvente	Comienzo	(2)	0,000818	0,246880	0,003315
Envolvente	Comienzo	(3)	0,000874	0,150275	0,005813
Envolvente	Final	(2)	0,000629	0,226156	0,002780
Envolvente	Final	(3)	0,000464	0,108729	0,004265
No.9 Uniforme + X +	Comienzo	(2)	0,000445	0,250334	0,001779
No.9 Uniforme + X +	Comienzo	(3)	0,000445	0,660400	0,000674
No.9 Uniforme + X +	Final	(2)	0,000328	0,226087	0,001450
No.9 Uniforme + X +	Final	(3)	0,000328	0,214000	0,001532
No.10 Uniforme + X -	Comienzo	(2)	0,000539	0,248471	0,002169
No.10 Uniforme + X -	Comienzo	(3)	0,000539	0,676135	0,000797
No.10 Uniforme + X -	Final	(2)	0,000411	0,226963	0,001809
No.10 Uniforme + X -	Final	(3)	0,000411	0,187656	0,002188
No.11 Uniforme - X +	Comienzo	(2)	0,000420	0,259736	0,001616
No.11 Uniforme - X +	Comienzo	(3)	0,000420	0,529297	0,000793

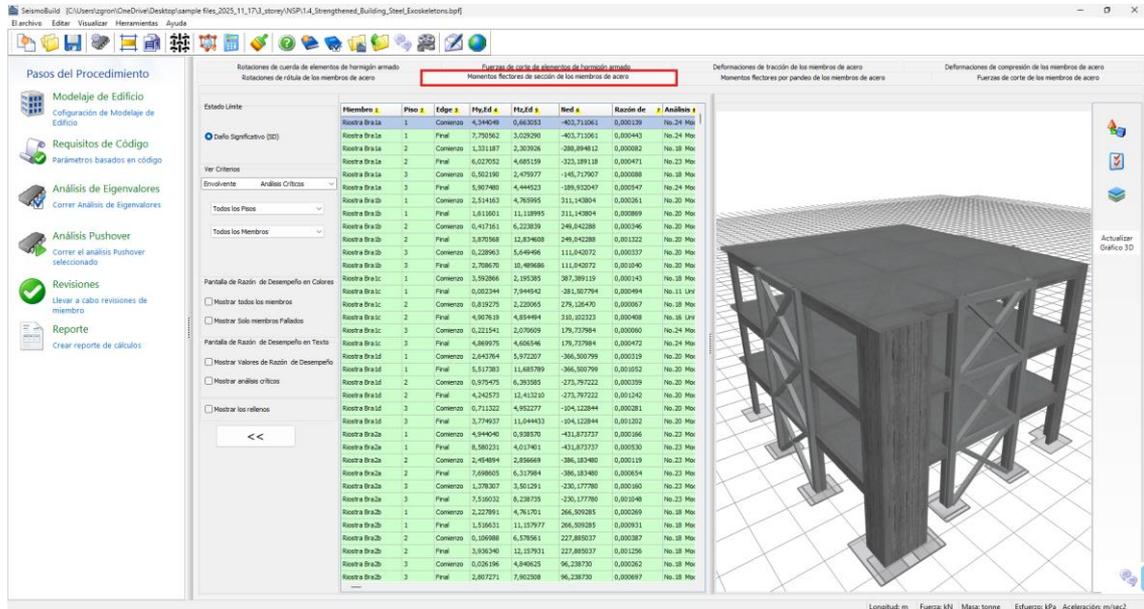
Módulo de Comprobaciones de Miembros

Una descripción más detallada sobre las verificaciones de las fuerzas de compresión de los miembros y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de Rotación de Nudo de los Miembros de Acero del apéndice correspondiente.

MOMENTOS FLECTORES DE SECCIÓN DE LOS MIEMBROS DE ACERO

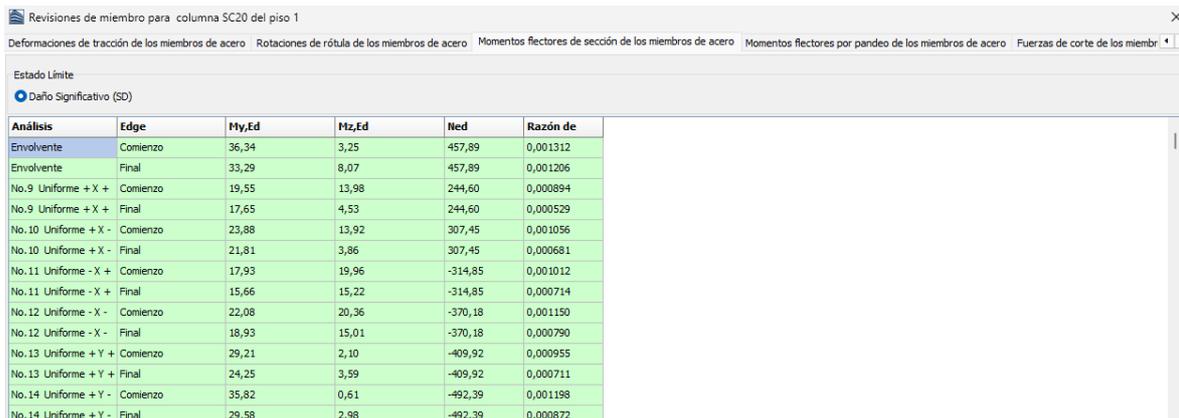
Los resultados de la verificación del momento flector para los miembros de acero, según el Código seleccionado, pueden visualizarse en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de desempeño desean ver los resultados y elegir filtros que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo de Estados Límite dentro de Requisitos del Código. Además, en el menú desplegable para la selección del análisis, además de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que corresponde al envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su

capacidad de momento flector se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en la vista en 3D, mientras que se ofrecen varias opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden elegir mostrar los índices de desempeño de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en la gráfica 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores según el valor de su índice de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Momentos Flectores de los Miembros de Acero

Es posible ocultar la tabla de introducción de datos mediante el botón correspondiente para visualizar la representación 3D del modelo estructural en modo de 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho sobre un elemento y seleccionar *Ver Todas las Comprobaciones del Miembro*, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis para ese elemento en particular.



Módulo de Comprobaciones de Miembros

Una descripción más detallada sobre las verificaciones de las fuerzas de compresión de los miembros y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Momento Flector de los Miembros de Acero del apéndice correspondiente.

FUERZAS DE CORTE DE LOS MIEMBROS DE ACERO

Los resultados de la verificación de las fuerzas de corte de los miembros de acero, según el Código seleccionado, pueden visualizarse en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de desempeño desean ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo de Estados Límite dentro de Requisitos del Código. Además, en el menú desplegable para la selección del análisis, además de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que corresponde al envoltorio de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad a fuerzas cortantes se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en la vista 3D, mientras que existen varias opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden elegir mostrar las razones de desempeño de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en la gráfica 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores según el valor de su razón de desempeño para el estado límite seleccionado.

The screenshot displays the SeismoBuild software interface. The main window is titled 'Fuerzas de corte de elementos de hormigón armado' and 'Fuerzas de corte de elementos de acero'. The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar:** 'Pasos del Procedimiento' (Modeling of Building, Code Requirements, Eigenvalue Analysis, Pushover Analysis, Revisions, Reports).
- Top Panel:** 'Estados Límite' (Default Significant [SD]), 'Ver Criterios' (Analysis Critical), 'Envoltorio' (All Floors, All Members), 'Pantalla de Razón de Desempeño en Colores' (Show all members, Show failed members only), 'Pantalla de Razón de Desempeño en Texto' (Show values of Reason of Performance, Show critical analysis), 'Mostrar los resultados'.
- Table:** A table with columns: Miembro #, Piso #, Edge #, Vy,Ed #, Vz,Ed #, Vy,Ed #, Vz,Ed #, Razón de. The table lists various structural members (e.g., Rostro Bra.A, Rostro Bra.B) across different floors and edges, showing their respective shear forces and performance ratios.
- Right Panel:** 'Deformaciones de tracción de los miembros de acero' (Member forces per section of the members of steel), 'Deformaciones de compresión de los miembros de acero' (Member forces of the members of steel), 'Actualizar Gráfico 3D'.
- 3D Model:** A 3D visualization of a building structure with a grid overlay, showing the distribution of forces and deformations.

Módulo de Fuerzas de corte de los miembros de acero

Es posible ocultar la tabla de introducción de datos mediante el botón correspondiente para visualizar la representación 3D del modelo estructural en modo de 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho sobre un elemento y seleccionar *Ver Todas las Comprobaciones del Miembro*, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis para ese elemento en particular.

Revisiones de miembro para Riostra Bra 1a del piso 2

Deformaciones de compresión de los miembros de acero | Momentos flectores de sección de los miembros de acero | Momentos flectores por pandeo de los miembros de acero | Fuerzas de corte de los miembros de acero

Estado Límite

Daño Significativo (SD)

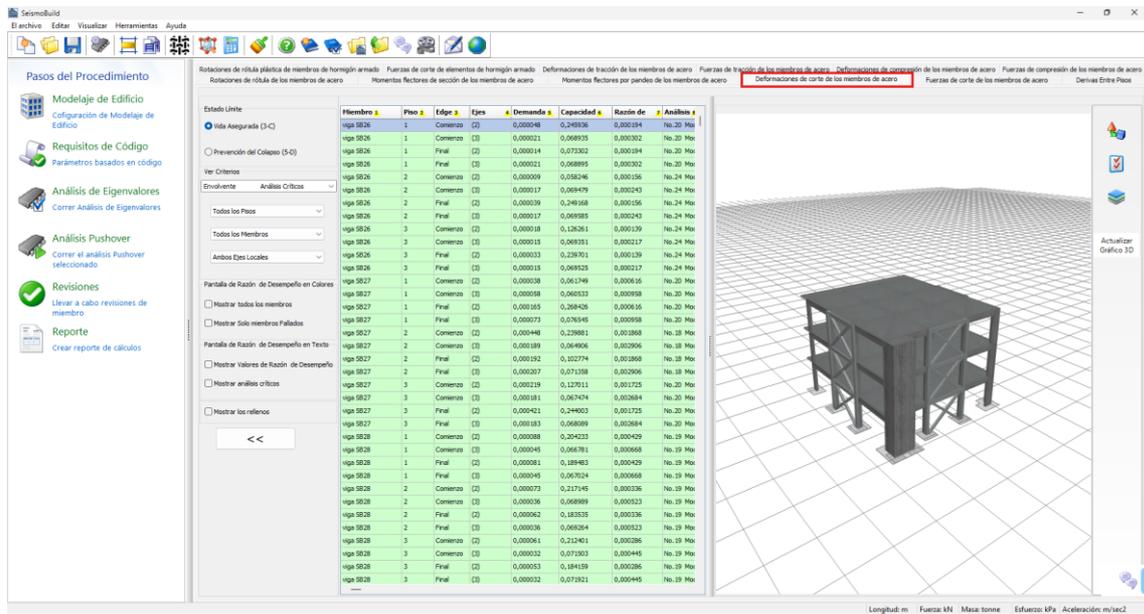
Análisis	Edge	Vy,Ed	Vz,Ed	Vcy,Rd	Vcz,Rd	Razón de
Envolvente	Comienzo	2,713188	3,012851	1546,721371	1546,721371	0,003702
Envolvente	Final	2,713188	4,050251	1546,721371	1546,721371	0,004373
No.9 Uniforme + X +	Comienzo	0,702933	0,460634	1546,721371	1546,721371	0,000752
No.9 Uniforme + X +	Final	0,702933	1,498034	1546,721371	1546,721371	0,001423
No.10 Uniforme + X -	Comienzo	0,942359	0,878700	1546,721371	1546,721371	0,001177
No.10 Uniforme + X -	Final	0,942359	1,916100	1546,721371	1546,721371	0,001848
No.11 Uniforme - X +	Comienzo	2,435506	1,479986	1546,721371	1546,721371	0,002531
No.11 Uniforme - X +	Final	2,435506	0,442586	1546,721371	1546,721371	0,001861
No.12 Uniforme - X -	Comienzo	2,276740	1,671686	1546,721371	1546,721371	0,002553
No.12 Uniforme - X -	Final	2,276740	0,634286	1546,721371	1546,721371	0,001882
No.13 Uniforme + Y +	Comienzo	1,079448	1,991370	1546,721371	1546,721371	0,001985
No.13 Uniforme + Y +	Final	1,079448	0,953970	1546,721371	1546,721371	0,001315
No.14 Uniforme + Y -	Comienzo	1,270396	2,294551	1546,721371	1546,721371	0,002305
No.14 Uniforme + Y -	Final	1,270396	1,257151	1546,721371	1546,721371	0,001634

Módulo de Comprobaciones de Miembros

Una descripción más detallada sobre las verificaciones de las fuerzas de compresión de los miembros y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Fuerzas Cortantes de los Miembros de Acero del apéndice correspondiente.

DEFORMACIONES DE CORTE DE LOS MIEMBROS DE ACERO

Los resultados de la verificación de las deformaciones de corte para los miembros de acero, según el Código seleccionado, pueden visualizarse en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de desempeño desean ver los resultados y elegir filtros que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo de Estados Límite dentro de Requisitos del Código. Además, en el menú desplegable para la selección del análisis, además de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que corresponde al envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de deformación por corte se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en la vista 3D, mientras que existen diversas opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden elegir mostrar las razones de desempeño de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en la gráfica 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores según el valor de su razón de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Deformaciones de Corte de los Miembros de Acero

Es posible ocultar la tabla de introducción de datos mediante el botón correspondiente para visualizar la representación 3D del modelo estructural en modo de 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho sobre un elemento y seleccionar *Ver Todas las Comprobaciones del Miembro*, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis para ese elemento en particular.



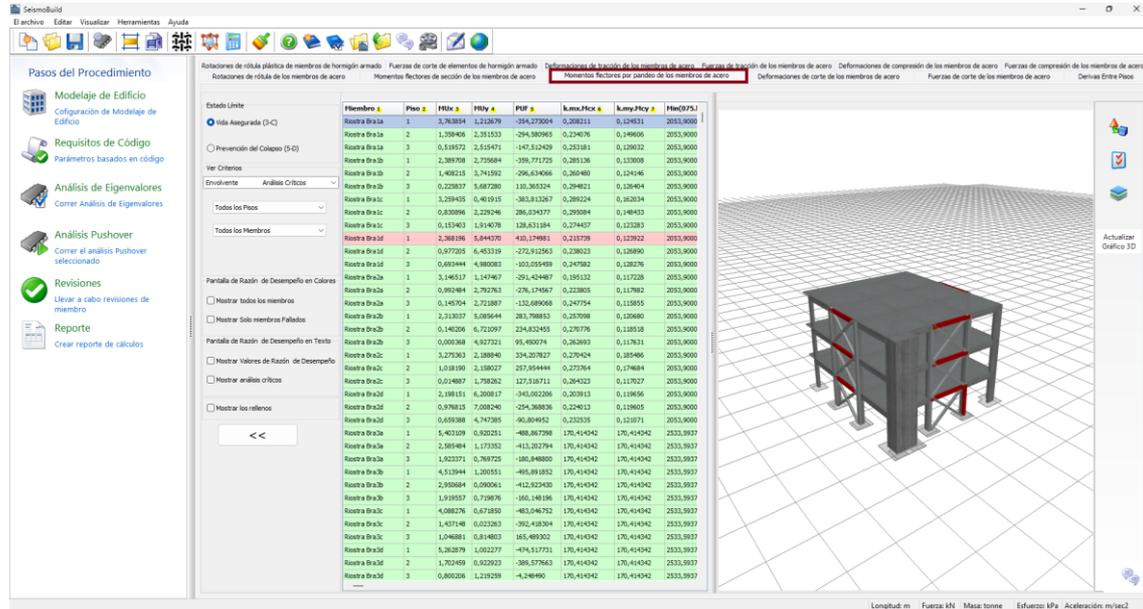
Módulo de Comprobaciones de Miembros

Una descripción más detallada sobre las verificaciones de las fuerzas de compresión de los miembros y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Deformaciones por Corte de los Miembros de Acero del apéndice correspondiente.

MOMENTOS FLECTORES POR PANDEO DE LOS MIEMBROS DE ACERO

Los resultados de la verificación del momentos flectores por pandeo para los miembros de acero, según el Código seleccionado, pueden visualizarse en este módulo. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de desempeño desean ver los resultados y elegir filtros que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo de Estados Límite dentro de Requisitos del Código. Además, en el menú desplegable para la

selección del análisis, además de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que corresponde al envoltente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de momento flector crítico por pandeo se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en la vista 3D, mientras que existen diversas opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden elegir mostrar los índices de desempeño de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en la gráfica 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores según el valor de su índice de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Momentos Flexores por Pandeo de los Miembros de Acero

Es posible ocultar la tabla de introducción de datos mediante el botón correspondiente para visualizar la representación 3D del modelo estructural en modo de 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho sobre un elemento y seleccionar *Ver Todas las Comprobaciones del Miembro*, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis para ese elemento en particular.



Módulo de Comprobaciones de Miembros

Una descripción más detallada sobre las verificaciones de las fuerzas de compresión de los miembros y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Momento Flector Crítico por Pandeo de los Miembros de Acero del apéndice correspondiente.

FUERZA CORTANTE DE LAS UNIONES (SÓLO EUROCÓDIGOS, ASCE 41-23 Y TBDY)

Aquí se exportan los resultados de las revisiones de las fuerzas de cortante para las uniones de viga-columna, de acuerdo con el Código seleccionado (esta revisión aplica para los Eurocódigos, el ASCE 41-23 y TBDY). Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u Objetivo de Desempeño, ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y del piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo Estados Límite de Requisitos de Código. Además, en el menú desplegable de la selección de análisis, aparte de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido su capacidad de corte están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, mientras que las diferentes opciones de visualización están disponibles. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar las relaciones de rendimiento de las uniones o el análisis crítico de cada unión en la representación 3D, o mostrar las uniones con diferentes colores, dependiendo del valor de su relación de rendimiento para el estado límite seleccionado.

The screenshot shows the SeismoBuild software interface. The main window is titled 'Fuerzas de Cortante de las Uniones'. It features a table with the following columns: 'Uniones', 'Piso', 'Valor', and 'Capacidad'. The table lists various joints (e.g., Col. C1 - Beam B1) across different floors (Piso) and their corresponding shear force values and capacities. Some rows are highlighted in red, indicating joints that have exceeded their capacity. To the right of the table is a 3D model of a building structure with joints highlighted in red and green, corresponding to the table data. The interface also includes a sidebar with 'Pasos del Procedimiento' (Steps of the Procedure) and a top menu bar with options like 'Archivo', 'Editar', 'Visualizar', 'Herramientas', and 'Ayuda'.

Uniones	Piso	Valor	Capacidad
Col. C1 - Beam B1	1	226.72861	656.599432
Col. C1 - Beam B1	2	232.34759	693.029402
Col. C1 - Beam B1	3	233.11528	696.888889
Col. C1 - Beam B15	1	230.65023	636.822388
Col. C1 - Beam B15	2	226.62513	673.945037
Col. C1 - Beam B15	3	233.11528	696.888889
Col. C10 - Beam B1	1	338.41277	1130.294905
Col. C10 - Beam B1	2	350.62244	1164.160365
Col. C10 - Beam B1	3	352.10120	1182.222222
Col. C10 - Beam 1	1	231.64433	198.388208
Col. C10 - Beam 2	2	231.18447	215.836629
Col. C10 - Beam 3	3	233.11528	224.000000
Col. C11 - Beam B2	1	350.42244	1067.641605
Col. C11 - Beam B2	2	337.84824	1126.723580
Col. C11 - Beam B2	3	352.10120	1182.222222
Col. C12 - Beam 1	1	344.18669	1115.661547
Col. C12 - Beam 2	2	349.67985	1176.677364
Col. C12 - Beam 3	3	352.10120	1182.222222
Col. C12 - Beam B4	1	232.11821	204.136193
Col. C12 - Beam B4	2	232.43053	216.764312
Col. C12 - Beam B4	3	233.11528	224.000000
Col. C13 - Beam 1	1	341.67799	1089.692488

Módulo de Fuerzas Cortantes

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en modalidad 'full-screen'. Al hacer clic con el botón derecho en un elemento y seleccionar *Ver Revisiones en Miembros*, aparecerá una ventana con las revisiones de todos los análisis para ese elemento en particular.

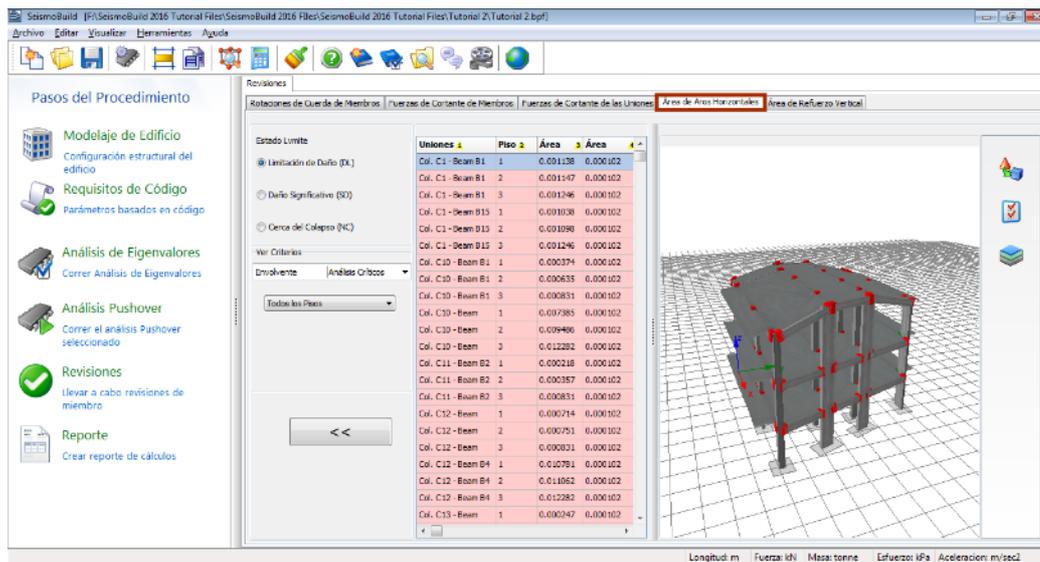
Análisis	Valor	Capacidad	Razón de
Envolvente	229.233983	666.390442	0.343994
Uniforme + X	229.233983	666.390442	0.343994
Uniforme - X	227.782429	676.837533	0.336539
Uniforme + Y	216.736046	671.855786	0.322593
Uniforme - Y	211.620896	660.804362	0.320247
Modal + X	227.495234	666.539591	0.341308
Modal - X	227.841785	678.580799	0.335762
Modal + Y	211.655432	674.223564	0.313925
Modal - Y	203.068187	658.480575	0.308389

Módulo de Revisiones de Uniones

Una descripción más detallada de las revisiones de fuerzas de cortante en las uniones y de las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección del apéndice respectivo.

ÁREA DE AROS HORIZONTALES DE LAS UNIONES (SÓLO EUROCÓDIGOS)

En este documento se exportan los resultados de las revisiones de los estribos horizontales para las uniones entre vigas y columnas (esta verificación sólo es aplicable en el Eurocódigo 8). Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo Estados Límite de Requisitos de Código. Además, en el menú desplegable de la selección de análisis, aparte de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos cuya área de estribos horizontales es menor que la establecida por el código están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, mientras que las diferentes opciones de visualización están disponibles. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar las relaciones de rendimiento de las uniones o el análisis crítico de cada unión en la representación 3D, o mostrar las juntas con diferentes colores, dependiendo del valor de su relación de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Área de Aros Horizontales

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en modalidad 'full-screen'. Al hacer clic con el botón derecho en un elemento y seleccionar *Ver Revisión en Miembros*, aparecerá una ventana con las revisiones de todos los análisis para ese elemento en particular.

Análisis	Área Demanda	Área Proveída	Razón de
Envolvente	0.001246	0.000102	12.246085
Uniforme + X	0.001246	0.000102	12.246085
Uniforme - X	0.001246	0.000102	12.246085
Uniforme + Y	0.001246	0.000102	12.246085
Uniforme - Y	0.001246	0.000102	12.246085
Modal + X	0.001246	0.000102	12.246085
Modal - X	0.001246	0.000102	12.246085
Modal + Y	0.001246	0.000102	12.246085
Modal - Y	0.001246	0.000102	12.246085

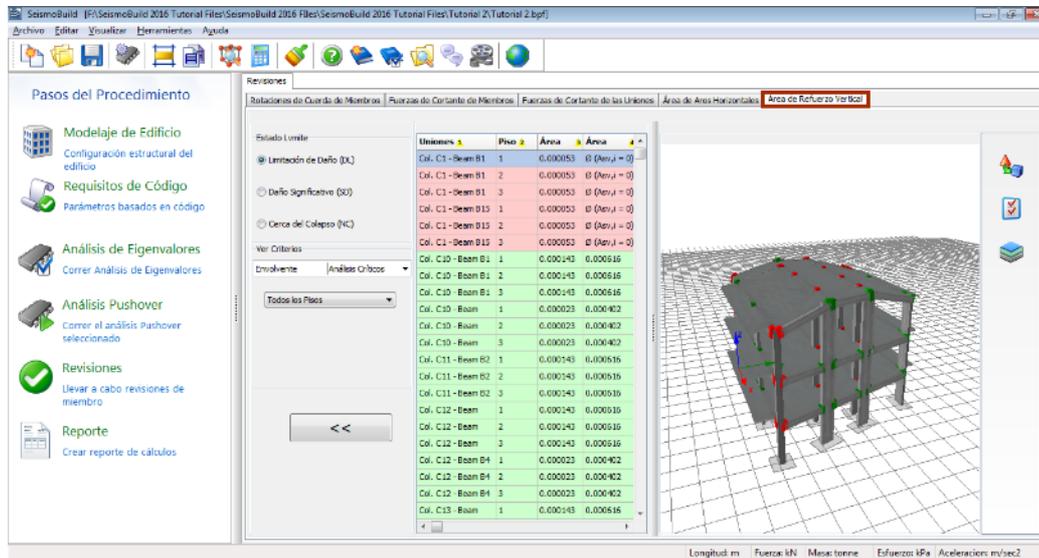
Módulo de Revisión de Uniones

Una descripción más detallada de las revisiones de área de estribos horizontales y de las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Área de los Estribos de las Uniones del Apéndice A.1 - Eurocódigos.

ÁREA DE REFUERZO VERTICAL DE LAS UNIONES (SÓLO EUROCÓDIGOS)

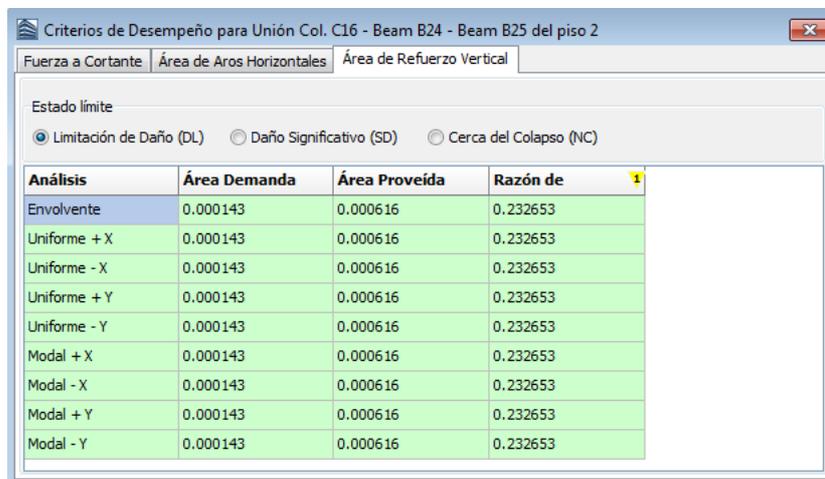
Aquí se presentan los resultados de las revisiones de refuerzo vertical para las uniones entre vigas y columnas (esta verificación sólo se aplica al Eurocódigo 8). Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo Estados Límite de Requisitos de Código. Además, en el menú desplegable de la selección de análisis, aparte de los análisis ejecutados, existe una opción denominada *Análisis Crítico*, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos cuya área de refuerzo vertical es menor que la definida en el Código están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, mientras que las diferentes opciones de visualización están disponibles. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar las relaciones de

desempeño de las uniones o el análisis crítico de cada unión en la representación 3D, o mostrar las juntas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Revisión de Área de Refuerzo Vertical

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en modalidad 'full-screen'. Al hacer clic con el botón derecho en un elemento y seleccionar *Ver Revisiones en Miembros*, aparecerá una ventana con las revisiones de todos los análisis para ese elemento en particular.



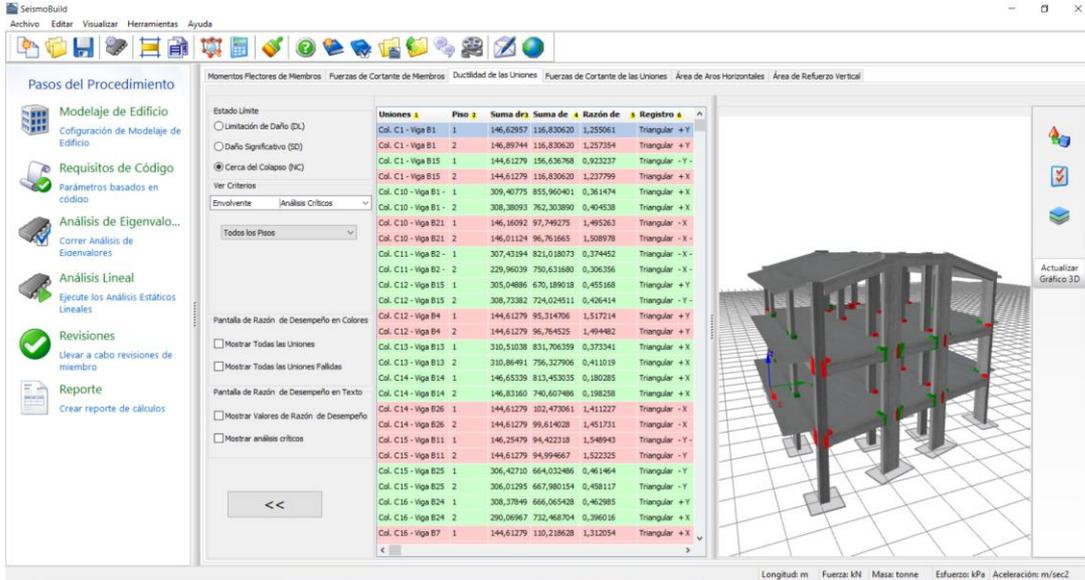
Módulo de Revisiones de Uniones

Una descripción más detallada de las revisiones del área de refuerzo vertical y de las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Área de Refuerzo Vertical de las Uniones del Apéndice A.1 - Eurocódigos.

DUCTILIDAD DE LAS UNIONES

Aquí se presentan los resultados de las revisiones de ductilidad para las uniones viga-columna. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado límite ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los Estados Límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo de Estados Límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección

de análisis además de los análisis ejecutados hay una opción denominada Análisis Crítico, que es el envoltorio de los resultados de todos los análisis. Los elementos que alcanzan la capacidad de ductilidad de sus uniones están marcados en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles distintas opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar las razones de rendimiento de las uniones o el análisis crítico de cada unión en el gráfico 3D, o mostrar las uniones con diferentes colores, según el valor de su razón de rendimiento para el Estado Límite seleccionado.



Módulo de Ductilidad de Uniones

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad de 'pantalla completa'. Al hacer clic con el botón derecho en un elemento y seleccionar Ver todas las revisiones de Uniones, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis de ese elemento en particular.



Módulo de revisiones de Uniones

Una descripción más detallada sobre las revisiones de ductilidad de las uniones y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección de Ductilidad de las juntas del Apéndice A.1-EUROCODES.

TENSIÓN DIAGONAL EN LAS UNIONES (NTC & KANEPE)

Aquí se presentan los resultados de las comprobaciones diagonales de tensión para las juntas entre vigas y columnas (esta verificación se aplica a NTC y KANEPE). Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite ver los resultados, así como ver el Criterio correspondiente, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo Estados Límite de Requisitos de Código. Además, en el menú desplegable de la selección de análisis, aparte de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad diagonal de tensión están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, mientras que las diferentes opciones de visualización están disponibles. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar las relaciones de desempeño de las uniones o el análisis crítico de cada unión en la representación 3D, o mostrar las juntas con diferentes colores, dependiendo del valor de su relación de desempeño para el estado límite seleccionado.

The screenshot displays the 'Diagonal Tension' analysis results in SeismoBuild. The interface is divided into several sections:

- Procedure Steps:** A sidebar on the left showing the workflow from Building Modelling to Report.
- Table:** A central table with columns: 'Items', 'Floor', 'Direction', 'Period', 'Perf. Status', and 'Analysis'. The table lists various beam-column joints (e.g., Col-C1-Beam-E1, Col-C2-Beam-E1) with their respective values and status (Pass or Fail).
- 3D Model:** A 3D visualization of a multi-story structure on the right, where joints are highlighted in red (indicating failure) and green (indicating pass).

Items	Floor	Direction	Period	Perf. Status	Analysis			
Col-C1-Beam-E1	1	0.23	0.2329	3.003	0.23000	0.23000	Pass	X+Y
Col-C1-Beam-E1	2	76.1	0.9603	3.003	0.23000	0.70700	Pass	X+Y
Col-C1-Beam-E1	3	26.1	1.0494	3.003	0.23000	0.14000	Pass	X+Y
Col-C1-Beam-E1	4	0.13	2.3303	3.003	0.23000	0.13204	Pass	X+Y
Col-C1-Beam-E1	5	70.3	0.8703	3.003	0.23000	0.70300	Pass	X+Y
Col-C1-Beam-E1	6	76.1	0.9604	3.003	0.23000	0.70704	Pass	X+Y
Col-C2-Beam-E1	1	231.1	0.222	3.003	0.23000	1.26161	Pass	X+Y
Col-C2-Beam-E1	2	123.9	0.493	3.003	0.23000	1.23098	Pass	X+Y
Col-C2-Beam-E1	3	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C2-Beam-E1	4	120.5	0.513	3.003	0.23000	1.32151	Pass	X+Y
Col-C2-Beam-E1	5	181.1	0.267	3.003	0.23000	1.48067	Pass	X+Y
Col-C2-Beam-E1	6	92.8	0.123	3.003	0.23000	0.32914	Pass	X+Y
Col-C2-Beam-E1	7	181.1	0.223	3.003	0.23000	1.26122	Pass	X+Y
Col-C2-Beam-E1	8	104	0.413	3.003	0.23000	1.42450	Pass	X+Y
Col-C3-Beam-E1	1	149	0.377	3.003	0.23000	1.49300	Pass	X+Y
Col-C3-Beam-E1	2	136.8	0.167	3.003	0.23000	1.38813	Pass	X+Y
Col-C3-Beam-E1	3	170.3	0.303	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C3-Beam-E1	4	120.5	0.513	3.003	0.23000	1.32151	Pass	X+Y
Col-C3-Beam-E1	5	176.4	0.114	3.003	0.23000	1.37411	Pass	X+Y
Col-C3-Beam-E1	6	133.1	0.703	3.003	0.23000	1.30787	Pass	X+Y
Col-C3-Beam-E1	7	133.1	0.703	3.003	0.23000	1.30787	Pass	X+Y
Col-C3-Beam-E1	8	133.1	0.703	3.003	0.23000	1.30787	Pass	X+Y
Col-C4-Beam-E1	1	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C4-Beam-E1	2	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C4-Beam-E1	3	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C4-Beam-E1	4	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C4-Beam-E1	5	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C4-Beam-E1	6	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C4-Beam-E1	7	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y
Col-C4-Beam-E1	8	170.3	0.304	3.003	0.23000	1.37043	Pass	X+Y

Módulo de Revisión de Tensión Diagonal

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en modalidad 'full-screen'. Al hacer clic con el botón derecho en un elemento y seleccionar *Ver Revisiones en Uniones*, aparecerá una ventana con las revisiones de todos los análisis para ese elemento en particular.

Performance Criteria for Joint Col. C1 - Beam B1 of floor 3

Diagonal Tension | **Diagonal Compression**

Limit State
 Operational Level (SLO)
 Damage Limitation (SLD)
 Life Safety (SLV)
 Collapse Prevention (SLC)

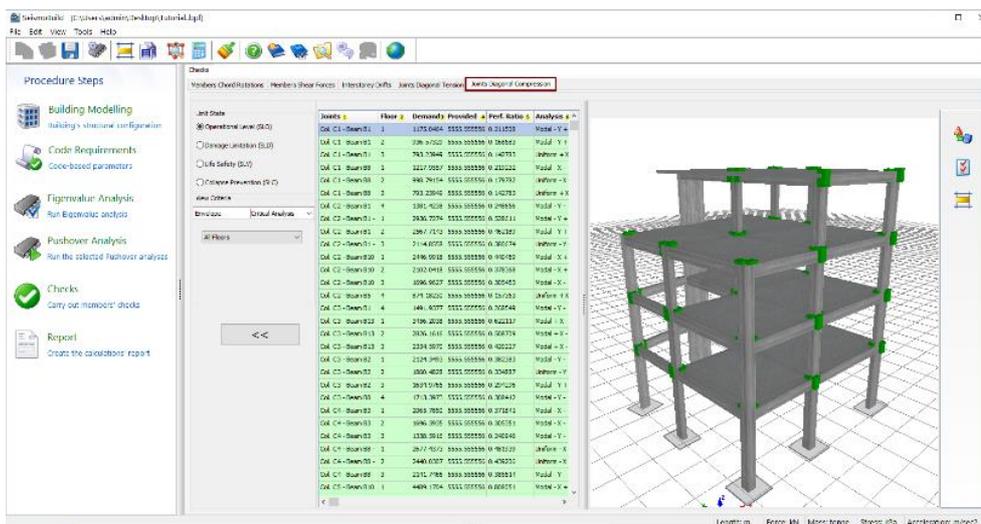
Analysis	Demanded Stress	Provided Strength	Perf. Ratio
Uniform - Y - eccX	793.239498	1000.000000	0.793239
Modal + X + eccY	793.239498	1000.000000	0.793239
Modal + X - eccY	793.239498	1000.000000	0.793239
Modal - X + eccY	793.239498	1000.000000	0.793239
Modal - X - eccY	793.239498	1000.000000	0.793239
Modal + Y + eccX	793.239498	1000.000000	0.793239
Modal + Y - eccX	793.239498	1000.000000	0.793239
Modal - Y + eccX	793.239498	1000.000000	0.793239
Modal - Y - eccX	793.239498	1000.000000	0.793239

Módulo de Revisiones de Uniones

Una descripción más detallada de tensión diagonal en las uniones y de las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Tensión Diagonal del respectivo apéndice.

COMPRESIÓN DIAGONAL EN LAS UNIONES (NTC & KANEPE)

Aquí se presentan los resultados de las comprobaciones de compresión diagonal para juntas de viga-columna (esta verificación se aplica a NTC y KANEPE solamente). Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite para ver los resultados, así como el ver el criterio correspondiente, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo Estados Límite de Requisitos de Código. Además, en el menú desplegable de la selección de análisis, aparte de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de compresión diagonal están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, mientras que las diferentes opciones de visualización están disponibles. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar las relaciones de desempeño de las uniones o el análisis crítico de cada unión en la representación 3D, o mostrar las juntas con diferentes colores, dependiendo del valor de su relación de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Revisión Compresión Diagonal

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en modalidad 'full-screen'. Al hacer clic con el botón derecho

en un elemento y seleccionar *Ver Revisiones en Uniones*, aparece una ventana con las comprobaciones de todos los análisis para ese elemento en particular.

Analysis	Demanded Stress	Provided Strength	Perf. Ratio
Envelope	793.239498	5555.555556	0.142783
Uniform + X + eccY	793.239498	5555.555556	0.142783
Uniform + X - eccY	793.239498	5555.555556	0.142783
Uniform - X + eccY	793.239498	5555.555556	0.142783
Uniform - X - eccY	793.239498	5555.555556	0.142783
Uniform + Y + eccX	793.239498	5555.555556	0.142783
Uniform + Y - eccX	793.239498	5555.555556	0.142783
Uniform - Y + eccX	793.239498	5555.555556	0.142783
Uniform - Y - eccX	793.239498	5555.555556	0.142783

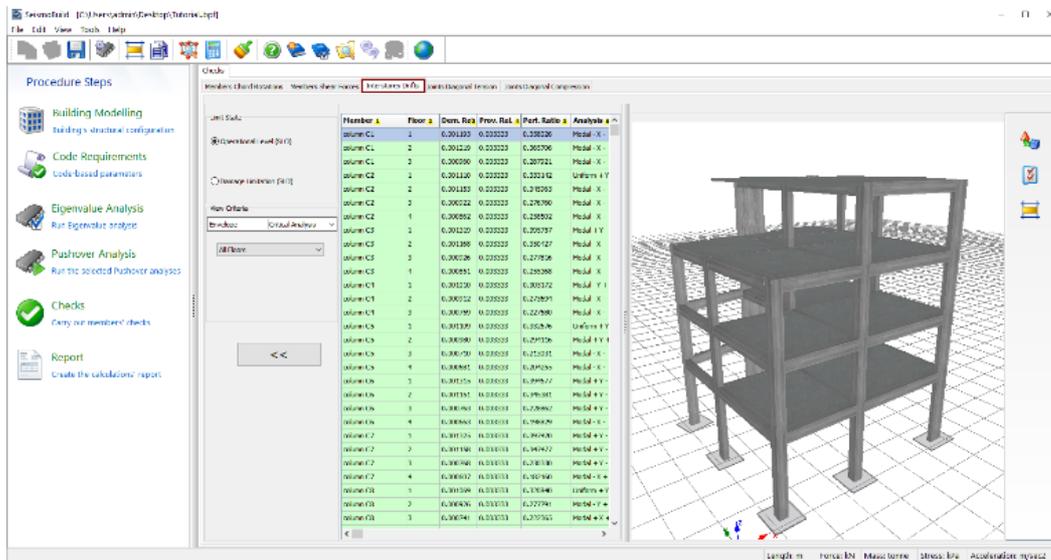
Módulo de Revisión de Criterios de Desempeño

Una descripción más detallada sobre la compresión diagonal de las uniones y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Compresión Diagonal en Uniones del respectivo apéndice.

DERIVAS ENTRE PISOS (ASCE 41-23 Y NTC)

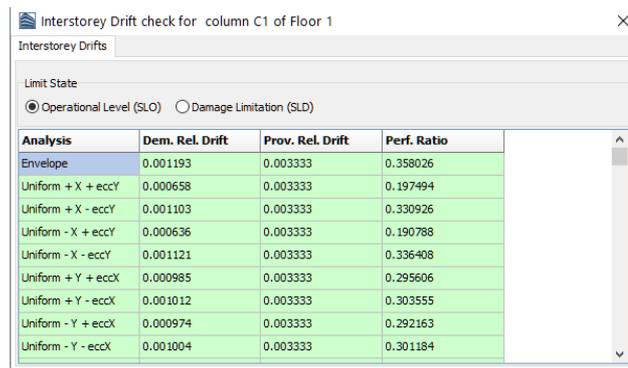
Aquí se presentan los resultados de las revisiones de deriva entre pisos de columnas y muros (esta verificación sólo se aplica al ASCE 41-23 y NTC). Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite ver los resultados, así como ver el criterio correspondiente, que incluyen la determinación del análisis y el piso. Los estados límite disponibles son los ya seleccionados en el módulo Estados Límite de Requisitos de Código. Se observa que solo las paredes controladas por cortante se controlan de acuerdo con la norma ASCE 41-23 y solo se verifican los límites de Limitación del Daño y Nivel Operacional para columnas y muros de acuerdo con el NTC.

Además, en el menú desplegable de la selección de análisis, aparte de los análisis ejecutados, existe una opción denominada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han excedido la deriva relativa definida por el Código están marcados con rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, mientras que las diferentes opciones de visualización están disponibles. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de desempeño de los miembros o el análisis crítico de cada miembro en el gráfico 3D, o mostrar los elementos con diferentes colores, dependiendo del valor de su relación de desempeño para el estado límite seleccionado.



Módulo de Revisión de Deriva Entre Pisos

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos a través del botón correspondiente para ver la representación 3D del modelo estructural en modalidad 'full-screen'. Al hacer clic con el botón derecho del mouse en un elemento y seleccionar Ver Revisiones en Miembros, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para ese elemento en particular.



Módulo de Revisión de la Deriva Entre Pisos

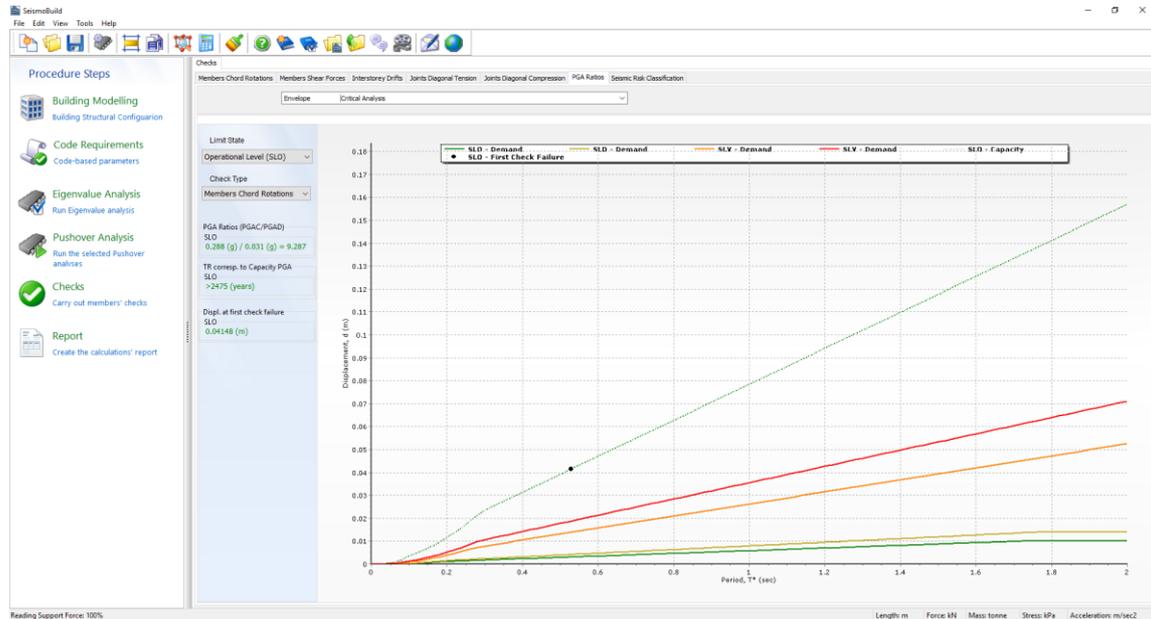
Una descripción más detallada de los controles de deriva entre pisos y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Ductilidad de las Uniones en el apéndice respectivo.

RELACIONES DE PGA (SÓLO NTC)

Las relaciones de PGA (disponibles solo en NTC) proporcionan un aspecto general de la vulnerabilidad de la estructura en términos de las aceleraciones máximas del terreno que una estructura puede soportar; por lo tanto, es una medida del riesgo sísmico. Se define como la relación de la Capacidad PGA, que corresponde al desplazamiento en la Curva de Capacidad, en la que se produce la primera falla (en cualquier miembro de la estructura), dividida por la Demanda PGA, que corresponde a la aceleración espectral especificada por el usuario en la pestaña Acción sísmica.

La relación PGA se calcula para cada estado límite, tipo de verificación y análisis fácil de usar. Los valores mayores que la unidad (mostrados en color verde) no indican daños para la combinación seleccionada de estado límite, tipo de revisión y análisis, mientras que en el caso de valores menores que la unidad (en color rojo) se esperan daños. Los valores significativamente mayores que la unidad indican una estructura, que es capaz de resistir cargas sísmicas bastante más grandes que la acción sísmica requerida por el Código, mientras que valores cercanos a cero denotan una estructura con capacidad

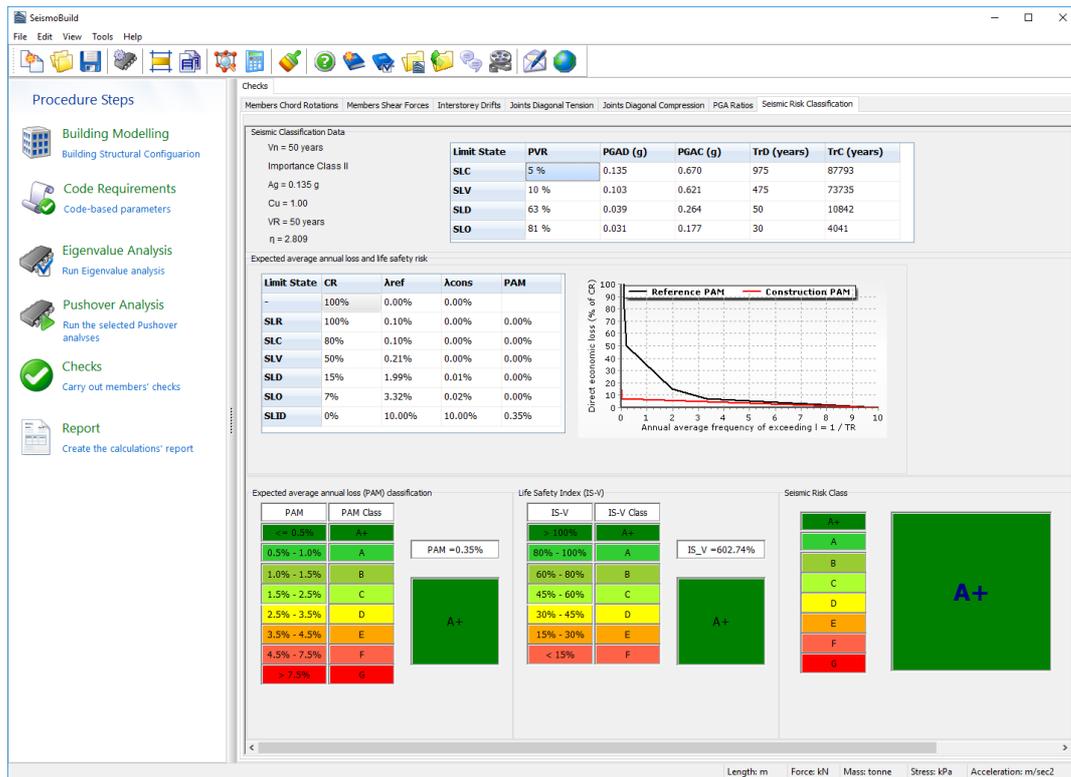
significativamente menor que la requerida por el Código. En la pestaña de Relación de PGA, los espectros de respuesta de desplazamiento de demanda y capacidad también se muestran gráficamente, y se denota el desplazamiento en la primera falla de verificación. También se muestra el período de retorno que corresponde a la capacidad de PGA.



Módulo de Revisión de Relaciones de PGA

CLASIFICACIÓN DE RIESGO SÍSMICO (SÓLO NTC)

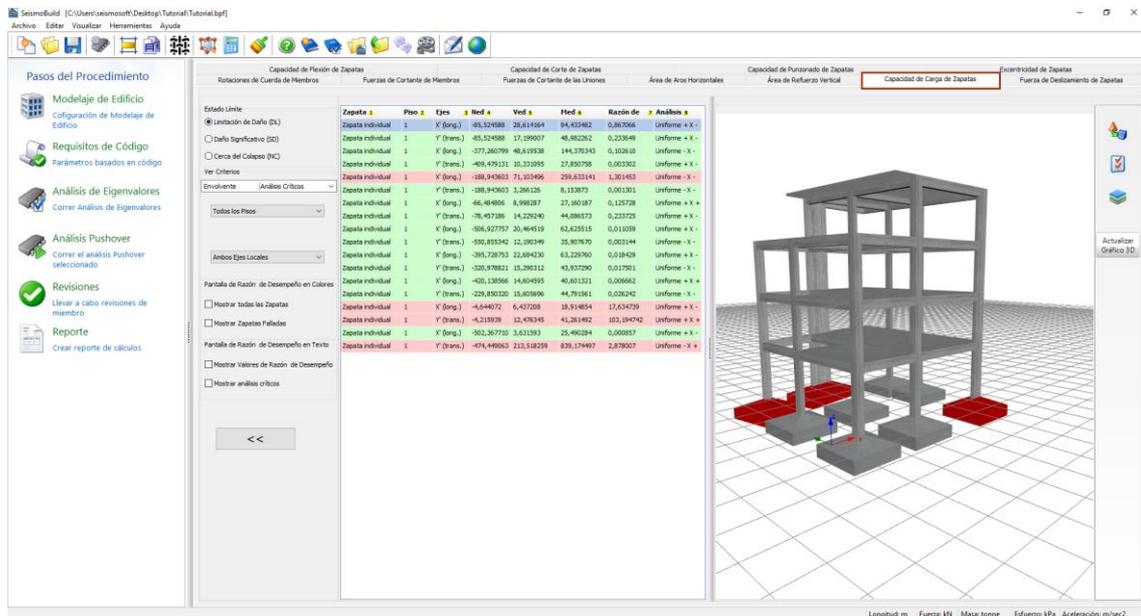
La Clasificación de Riesgo Sísmico (especificada solo en NTC) es un índice que corresponde a una escala del peligro sísmico al que está expuesto un edificio, desde G (riesgo sísmico más alto) hasta A+ (riesgo sísmico más bajo). Se define como el peor de los dos índices parciales, la pérdida anual promedio esperada (PAM) y el índice de seguridad de vida (IS-V). Para el cálculo de los índices antes mencionados, se requieren las relaciones de PGA para los estados límite de Seguridad de Vida y Limitación de Daño, por lo que estos estados límite deben seleccionarse en el Módulo de Requisitos de Código/Estados Límite. La selección de los estados Límite de Nivel Operacional y Prevención de Colapso no es obligatoria, sin embargo, si se seleccionan, el procedimiento dará como resultado una clasificación más precisa. Los valores más bajos calculados de las relaciones de PGA para todos los tipos de revisión y los análisis pushover se consideran en la determinación de la Clasificación de Riesgo Sísmico. La información sobre estos parámetros se puede encontrar en las Regulaciones Italianas.



Módulo de Revisión de Clasificación de Riesgo Sísmico

CAPACIDAD PORTANTE DE ZAPATAS (EUROCÓDIGO 8, NTC Y KANEPE)

En este módulo se pueden visualizar los resultados de las revisiones de capacidad portante de zapatas individuales y corridas, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de Rendimiento ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el suelo y el eje local. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo Estados límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección de análisis aparte de los análisis ejecutados existe una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad portante se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de las zapatas o el análisis crítico de cada zapata en el gráfico 3D, o mostrar las zapatas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Capacidad Portante de Zapatas

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos mediante el botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho en una zapata y seleccionar 'Ver todas las revisiones de zapata', aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para esa zapata en particular.



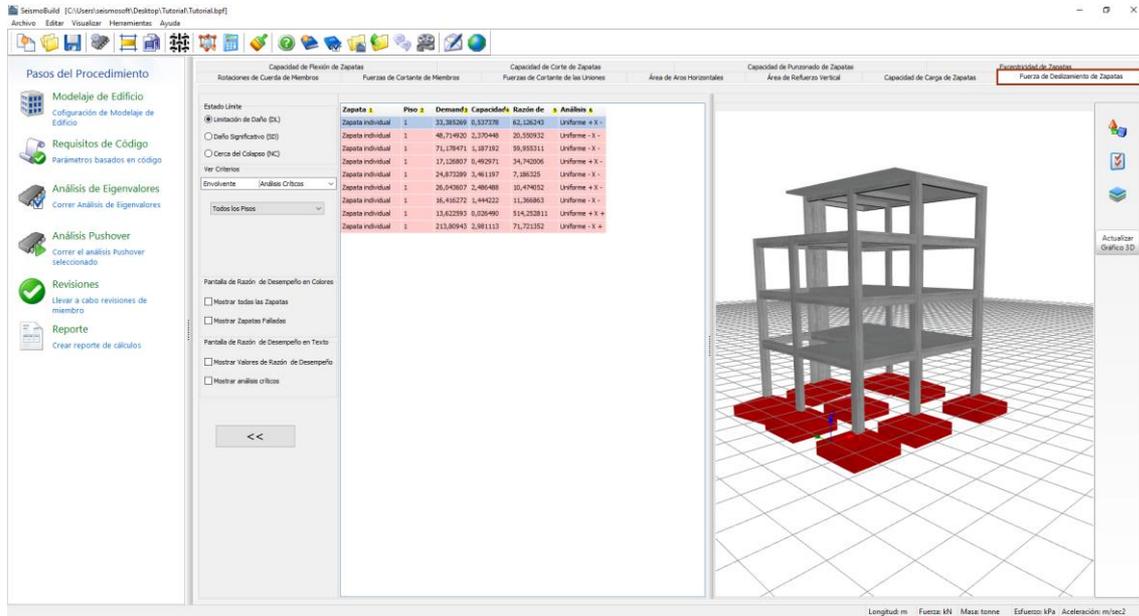
Módulo de Revisiones de Zapatas

Una descripción más detallada sobre las revisiones de la capacidad portante de las zapatas y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad Portante de Zapatas del apéndice respectivo.

FUERZAS DE DESLIZAMIENTO DE ZAPATAS (EUROCÓDIGO 8, NTC Y KANEPE)

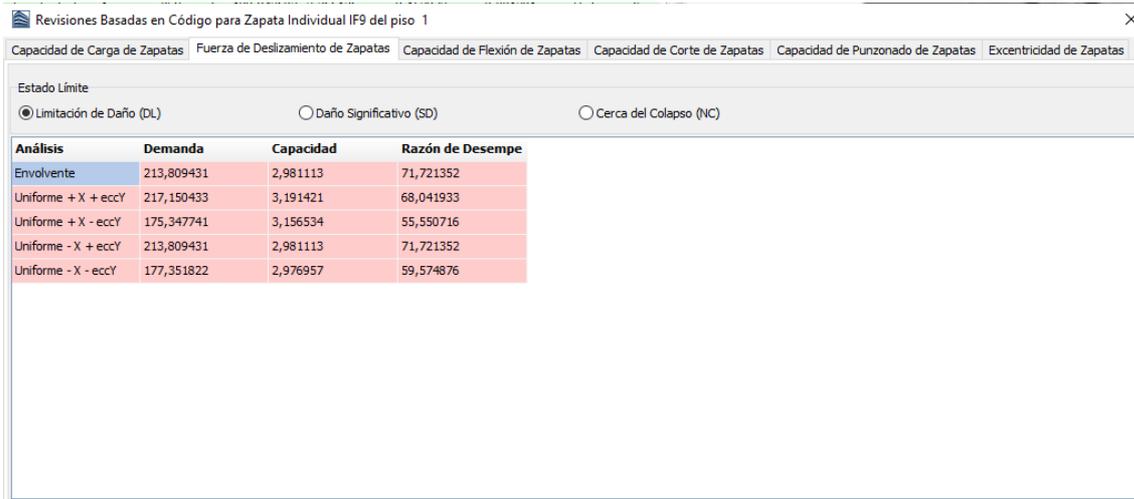
En este módulo se pueden visualizar los resultados de las revisiones de fuerzas de deslizamiento de zapatas individuales y corridas, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de Rendimiento ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el suelo y el eje local. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo Estados límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección de

análisis aparte de los análisis ejecutados existe una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos con falla por deslizamiento se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de las zapatas o el análisis crítico de cada zapata en el gráfico 3D, o mostrar las zapatas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Fuerzas de Deslizamiento

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos mediante el botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho en una zapata y seleccionar Ver todas las revisiones de zapata, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para esa zapata en particular.



Módulo de Revisiones de Zapatas

Una descripción más detallada sobre las revisiones de Fuerzas de Deslizamiento de las zapatas y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Fuerzas de Deslizamiento de Zapatas del apéndice respectivo.

CAPACIDAD DE DE MOMENTO DE ROCKING DE ZAPATAS (ASCE 41-23 Y TBDY)

En este módulo se pueden visualizar los resultados de las revisiones de capacidad de Momento de Rocking de zapatas individuales y corridas, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de Rendimiento ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el suelo y el eje local. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo Estados límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección de análisis aparte de los análisis ejecutados existe una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de Momento de Rocking se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de las zapatas o el análisis crítico de cada zapata en el gráfico 3D, o mostrar las zapatas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.

The screenshot displays the 'Momentos de Rocking de Zapatas' module. On the left, a sidebar lists various analysis steps. The main window is divided into a table of results and a 3D visualization area. The table lists individual footing data, including floor, axis, demand, capacity, ratio, and analysis type. Red highlights indicate footings that have exceeded their capacity.

Zapata	Piso	Ejes	Demanda	Capacidad	Razón de	Análisis
Zapata individual	1	X (long.)	364,193708	0,672790	498,219793	Triangular + X -
Zapata individual	1	Y (trans.)	340,852794	0,672790	462,172814	Triangular + Y -
Zapata individual	1	X (long.)	450,468007	2025,855509	0,202627	Triangular - X -
Zapata individual	1	Y (trans.)	382,669055	2086,024334	0,201383	Triangular + Y -
Zapata individual	1	X (long.)	793,993230	176,486811	4,466044	Triangular - X -
Zapata individual	1	Y (trans.)	151,366694	648,531171	0,233404	Triangular + Y -
Zapata individual	1	X (long.)	327,325488	0,672800	1480,351560	Triangular + X -
Zapata individual	1	Y (trans.)	124,346383	0,672800	1717,798793	Triangular + Y -
Zapata individual	1	X (long.)	100,028113	3623,379051	0,027947	Triangular + X -
Zapata individual	1	Y (trans.)	390,942149	3552,833781	0,110037	Triangular - Y -
Zapata individual	1	X (long.)	93,223852	1223,06498	0,076219	Triangular - X -
Zapata individual	1	Y (trans.)	515,137743	219,399194	2,347938	Triangular + Y -
Zapata individual	1	X (long.)	22,071912	0,672800	204,446163	Triangular - Y -
Zapata individual	1	Y (trans.)	436,146323	0,672800	613,811214	Triangular - Y -
Zapata individual	1	X (long.)	139,026333	0,672800	1917,604678	Triangular - Y -
Zapata individual	1	Y (trans.)	178,369038	0,672800	2460,362598	Triangular + X -
Zapata individual	1	X (long.)	145,585166	1303,651233	0,111675	Triangular + Y -
Zapata individual	1	Y (trans.)	2296,058930	1882,875494	1,224942	Triangular - X -

Módulo de Capacidad de Momento de Rocking de Zapatas

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos mediante el botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho en una zapata y seleccionar Ver todas las revisiones de zapata, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para esa zapata en particular.

Revisiones Basadas en Código para Zapata Individual IF9 del piso 1

Momentos de Rocking de Zapatas Capacidad de Flexión de Zapatas Capacidad de Corte de Zapatas Capacidad de Punzonado de Zapatas Excentricidad de Zapatas

Estado Límite
 Ocupación Inmediata (1-B) Vida Asegurada (3-C) Prevención del Colapso (5-D)

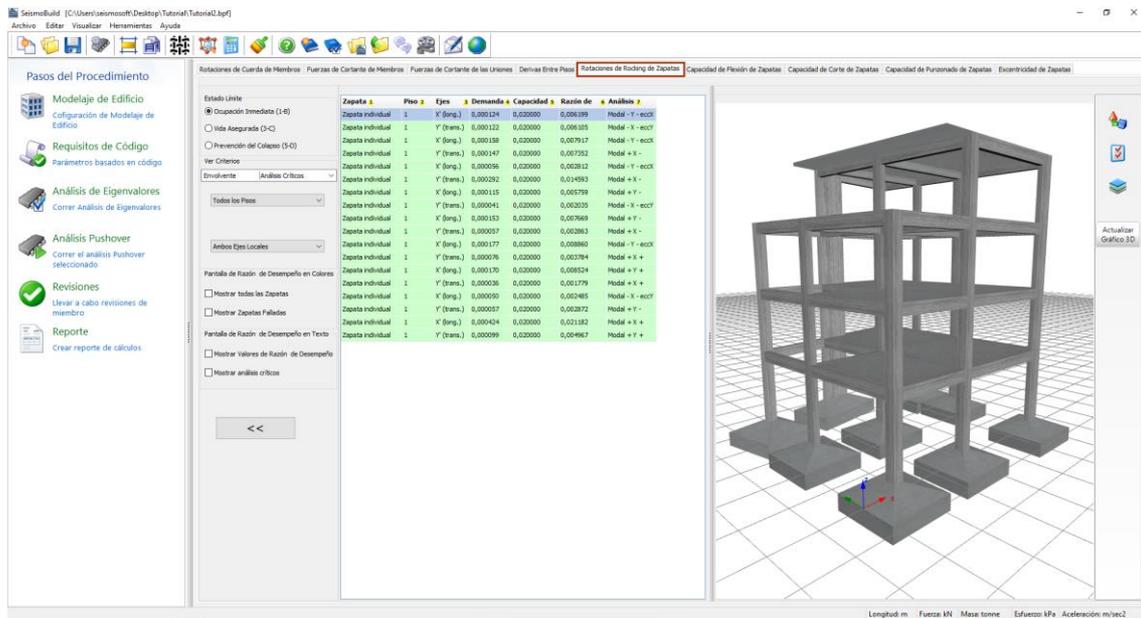
Análisis	Ejes Locales	Valor	Capacidad	Razón de
Envolvente	X' (long.)	145,585166	1303,651233	0,111675
Envolvente	Y' (trans.)	2296,056930	1882,875494	1,219442
Triangular + X + eccY	X' (long.)	35,627117	3764,822517	0,009463
Triangular + X + eccY	Y' (trans.)	2297,812480	3764,822517	0,610338
Triangular + X - eccY	X' (long.)	31,695984	3643,819850	0,008699
Triangular + X - eccY	Y' (trans.)	1938,324810	3643,819850	0,531949
Triangular - X + eccY	X' (long.)	17,724183	1882,875494	0,009413
Triangular - X + eccY	Y' (trans.)	2296,056930	1882,875494	1,219442
Triangular - X - eccY	X' (long.)	13,790552	2003,964873	0,006882
Triangular - X - eccY	Y' (trans.)	1936,341308	2003,964873	0,966255
Triangular + Y + eccX	X' (long.)	130,334989	4260,887405	0,030589
Triangular + Y + eccX	Y' (trans.)	163,217221	4260,887405	0,038306
Triangular + Y - eccX	X' (long.)	127,693589	4343,567917	0,029398
Triangular + Y - eccX	Y' (trans.)	82,657836	4343,567917	0,019030

Módulo de Revisiones de Zapatas

Una descripción más detallada sobre las revisiones de la capacidad de Momento de Rocking de las zapatas y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de Momento de Rocking de Zapatas del apéndice respectivo.

CAPACIDAD DE ROTACIÓN DE ROCKING DE ZAPATAS (ASCE 41-23 Y TBDY)

En este módulo se pueden visualizar los resultados de las revisiones de capacidad de Rotación de Rocking de zapatas individuales y corridas, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de Rendimiento ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el suelo y el eje local. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo Estados límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección de análisis aparte de los análisis ejecutados existe una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de Rotación de Rocking se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de las zapatas o el análisis crítico de cada zapata en el gráfico 3D, o mostrar las zapatas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Capacidad de Rotación de Rocking de Zapatas

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos mediante el botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho en una zapata y seleccionar Ver todas las revisiones de zapata, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para esa zapata en particular.

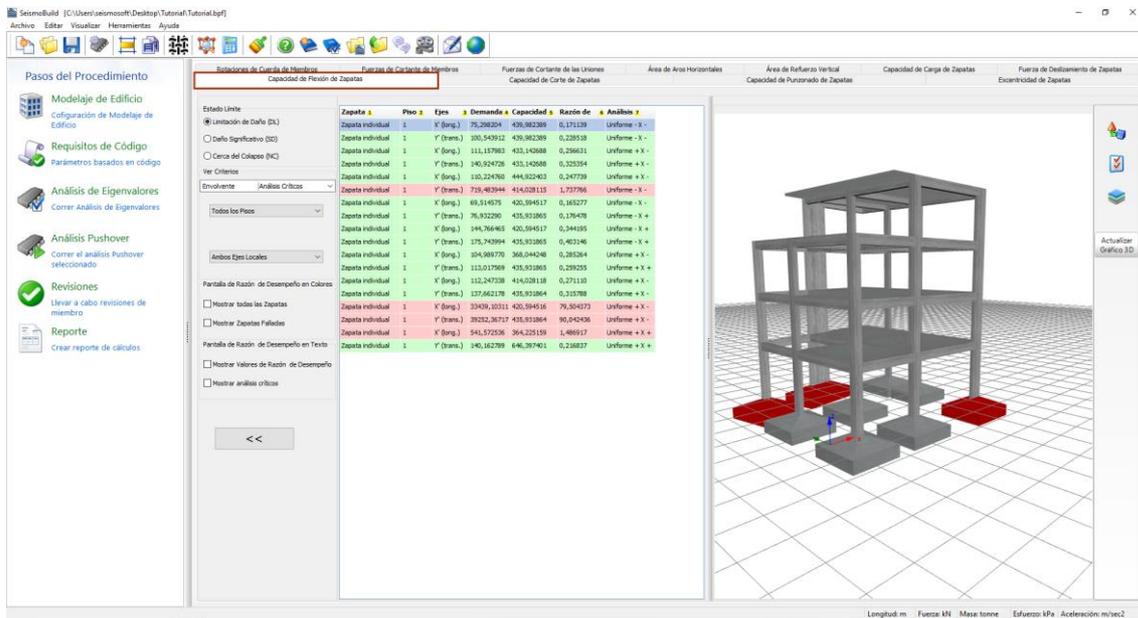


Módulo de Revisiones de Zapatas

Una descripción más detallada sobre las revisiones de la capacidad de Rotación de Rocking de las zapatas y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de Rotación de Rocking de Zapatas del apéndice respectivo.

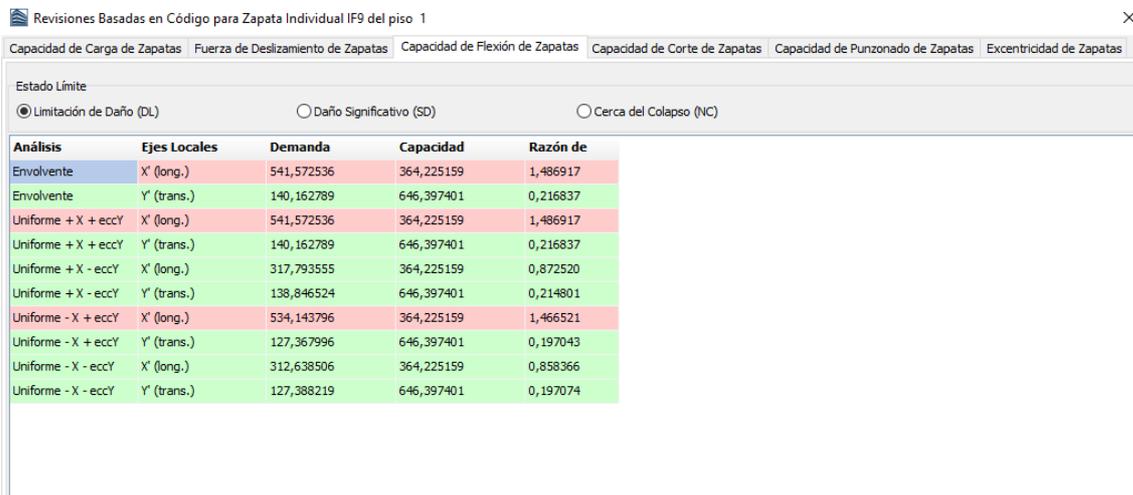
CAPACIDAD DE FLEXIÓN DE ZAPATAS

En este módulo se pueden visualizar los resultados de las revisiones de capacidad de Flexión de zapatas individuales y corridas, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de Rendimiento ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el suelo y el eje local. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo Estados límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección de análisis aparte de los análisis ejecutados existe una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de Flexión se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de las zapatas o el análisis crítico de cada zapata en el gráfico 3D, o mostrar las zapatas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Capacidad de Flexión de Zapatas

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos mediante el botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho en una zapata y seleccionar Ver todas las revisiones de zapata, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para esa zapata en particular.

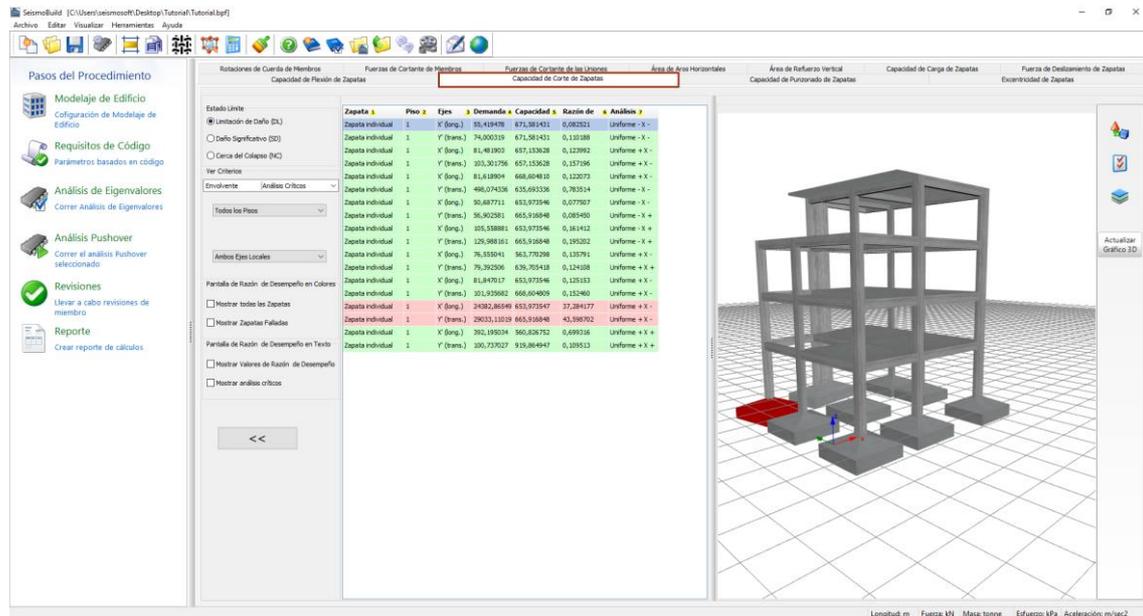


Módulo de Revisiones de Zapatas

Una descripción más detallada sobre las revisiones de la capacidad de Flexión de las zapatas y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de Flexión de Zapatas del apéndice respectivo.

CAPACIDAD A CORTANTE DE ZAPATAS

En este módulo se pueden visualizar los resultados de las revisiones de capacidad a Cortante de zapatas individuales y corridas, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de Rendimiento ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el suelo y el eje local. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo Estados límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección de análisis aparte de los análisis ejecutados existe una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad a Cortante se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de las zapatas o el análisis crítico de cada zapata en el gráfico 3D, o mostrar las zapatas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Capacidad a Cortante de Zapatas

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos mediante el botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho en una zapata y seleccionar Ver todas las revisiones de zapata, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para esa zapata en particular.

Revisiones Basadas en Código para Zapata Individual IF9 del piso 1

Capacidad de Carga de Zapatas | Fuerza de Deslizamiento de Zapatas | Capacidad de Flexión de Zapatas | Capacidad de Corte de Zapatas | Capacidad de Punzonado de Zapatas | Excentricidad de Zapatas

Estado Límite
 Limitación de Daño (DL) Daño Significativo (SD) Cerca del Colapso (NC)

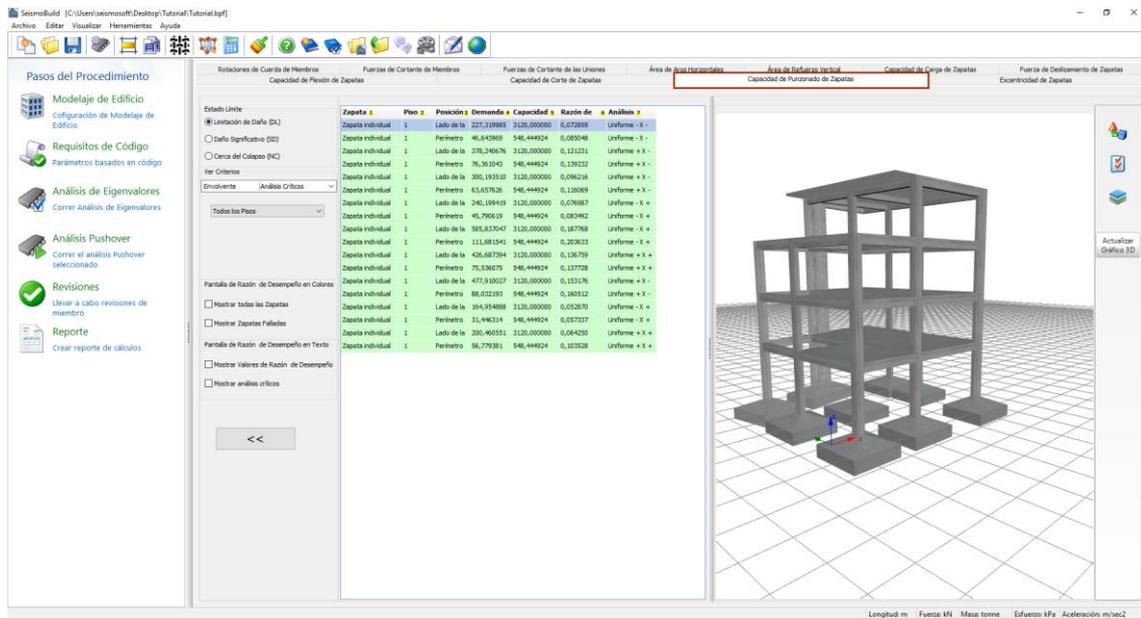
Análisis	Ejes Locales	Demanda	Capacidad	Razón de
Envolvente	X' (long.)	392,195034	560,826752	0,699316
Envolvente	Y' (trans.)	100,737027	919,864947	0,109513
Uniforme + X + eccY	X' (long.)	392,195034	560,826752	0,699316
Uniforme + X + eccY	Y' (trans.)	100,737027	919,864947	0,109513
Uniforme + X - eccY	X' (long.)	230,139170	560,826752	0,410357
Uniforme + X - eccY	Y' (trans.)	99,791009	919,864947	0,108484
Uniforme - X + eccY	X' (long.)	386,815303	560,826752	0,689723
Uniforme - X + eccY	Y' (trans.)	91,541224	919,864947	0,099516
Uniforme - X - eccY	X' (long.)	226,405996	560,826752	0,403700
Uniforme - X - eccY	Y' (trans.)	91,555758	919,864947	0,099532

Módulo de Revisiones de Zapatas

Una descripción más detallada sobre las revisiones de la capacidad a Cortante de las zapatas y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad a Cortante de Zapatas del apéndice respectivo.

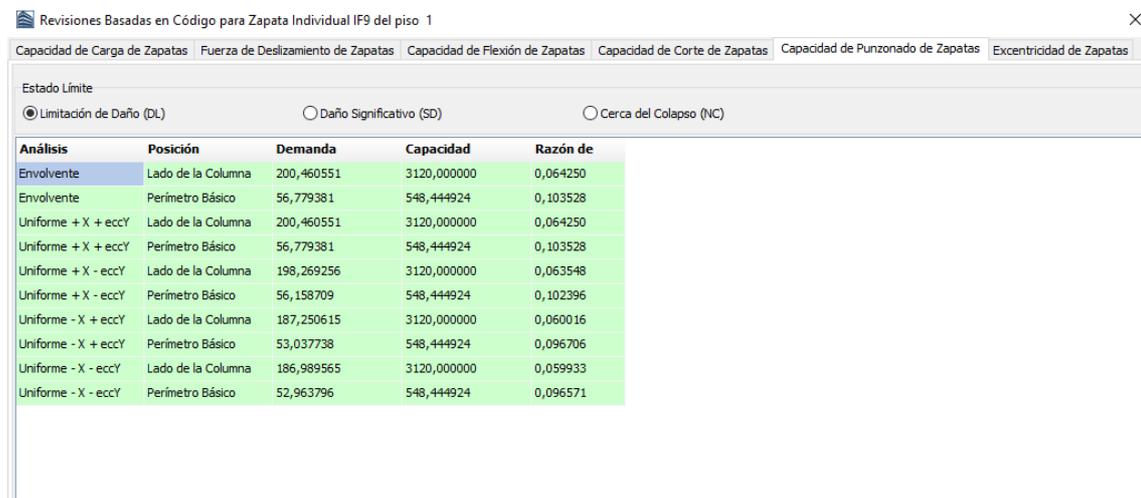
CAPACIDAD DE PUNZONAMIENTO DE ZAPATAS

En este módulo se pueden visualizar los resultados de las revisiones de capacidad de Punzonamiento de zapatas individuales y corridas, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de Rendimiento ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el suelo y el eje local. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo Estados límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección de análisis aparte de los análisis ejecutados existe una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado su capacidad de Punzonamiento se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de las zapatas o el análisis crítico de cada zapata en el gráfico 3D, o mostrar las zapatas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Capacidad de Punzonamiento de Zapatas

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos mediante el botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho en una zapata y seleccionar 'Ver todas las revisiones de zapata', aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para esa zapata en particular.



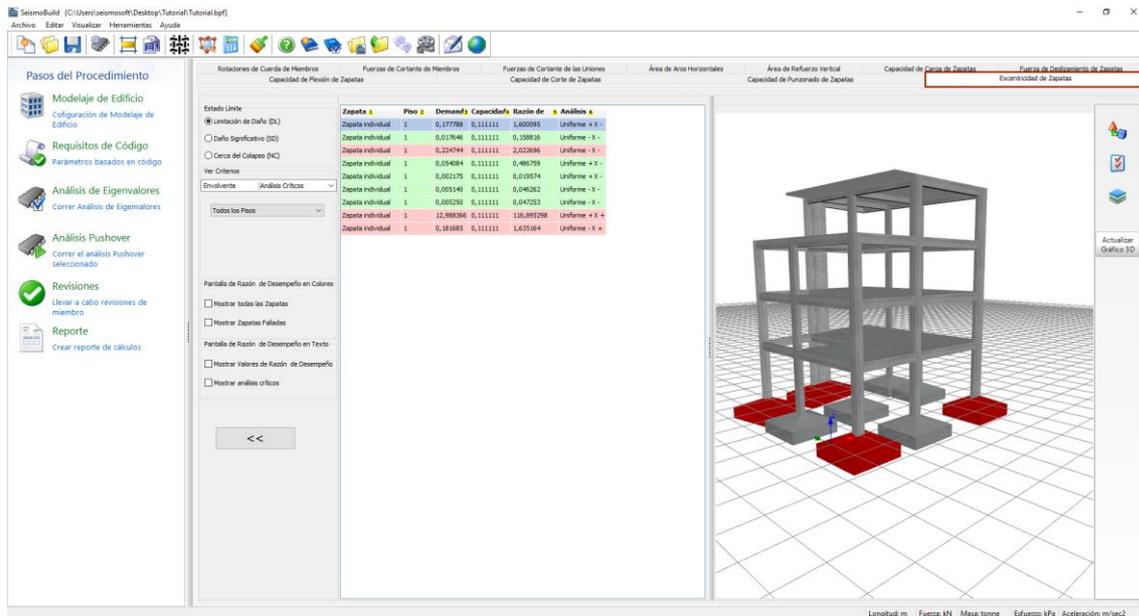
Módulo de Revisiones de Zapatas

Una descripción más detallada sobre las revisiones de la capacidad de Punzonamiento de las zapatas y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de Punzonamiento de Zapatas del apéndice respectivo.

EXCENRICIDAD DE ZAPATAS

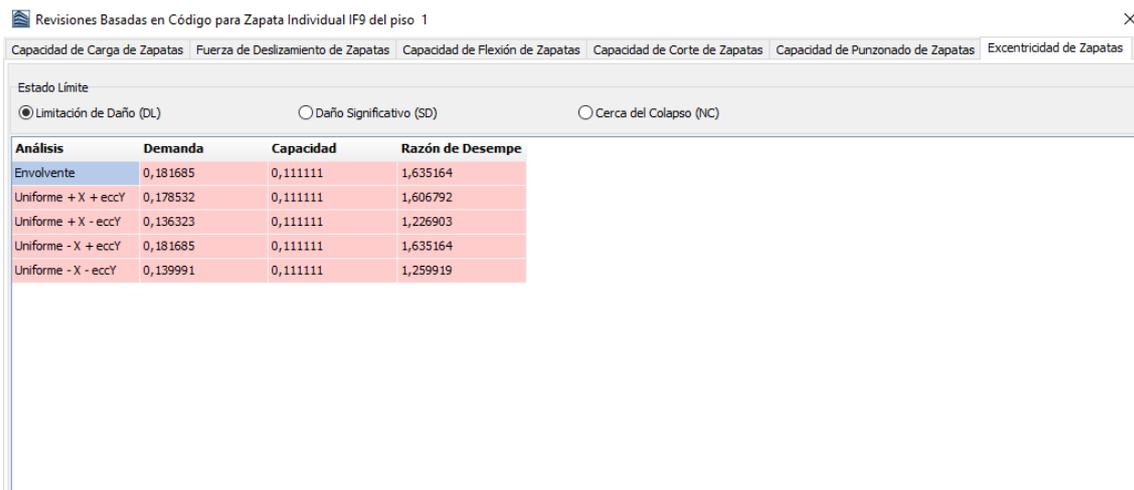
En este módulo se pueden visualizar los resultados de las revisiones de Excentricidad de la carga de zapatas individuales y corridas, según el Código seleccionado. Los usuarios pueden seleccionar para qué Estado Límite u objetivo de Rendimiento ver los resultados y elegir filtros, que incluyen la determinación del análisis, el suelo y el eje local. Los estados límite disponibles son aquellos ya seleccionados en el módulo Estados Límite en Requisitos del código. Además, en el menú desplegable para la selección de

análisis aparte de los análisis ejecutados existe una opción llamada Análisis Crítico, que es la envolvente de los resultados de todos los análisis. Los elementos que han superado la excentricidad de carga aceptable se marcan en rojo tanto en la vista de tabla como en el formato de vista 3D, estando disponibles diferentes opciones de visualización. Por ejemplo, los usuarios pueden seleccionar mostrar los índices de rendimiento de las zapatas o el análisis crítico de cada zapata en el gráfico 3D, o mostrar las zapatas con diferentes colores, dependiendo del valor de su índice de rendimiento para el estado límite seleccionado.



Módulo de Capacidad de Excentricidad de Zapatas

Es posible ocultar la tabla de entrada de datos mediante el botón correspondiente para visualizar el renderizado 3D del modelo estructural en modalidad 'pantalla completa'. Al hacer clic derecho en una zapata y seleccionar Ver todas las revisiones de zapata, aparece una ventana con las revisiones de todos los análisis para esa zapata en particular.



Módulo de Revisiones de Zapatas

Una descripción más detallada sobre las revisiones de Excentricidad de las zapatas y las ecuaciones utilizadas en SeismoBuild está disponible en la sección Capacidad de Punzonamiento de Zapatas del apéndice respectivo.

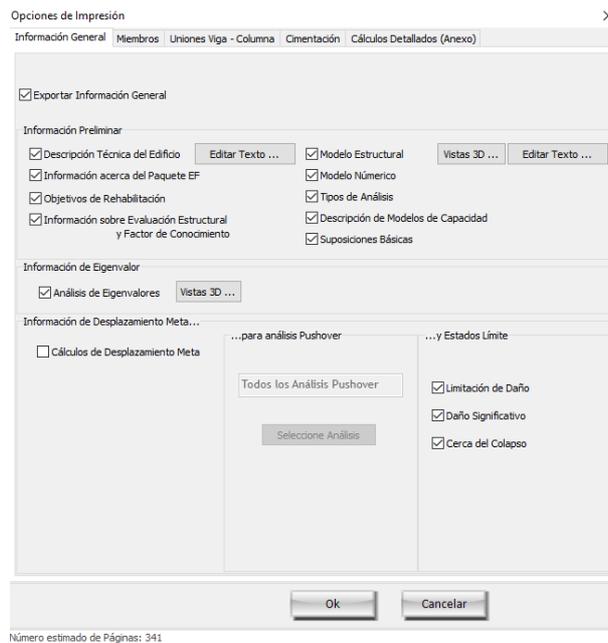
Reporte

Después de ejecutar todos los análisis y llevar a cabo las revisiones basadas en Código, el informe técnico puede entregarse a través del módulo Reporte en la ventana principal del programa. Una vez que se hace clic en el botón de Reporte, aparece un cuadro de diálogo en el que los usuarios pueden determinar qué información se incluirá en el reporte. Las pestañas disponibles se listan a continuación y se describirán en los siguientes párrafos:

- Información General
- Miembros
- Uniones Viga-Columna
- Cálculos Detallados (Anexo)

INFORMACIÓN GENERAL

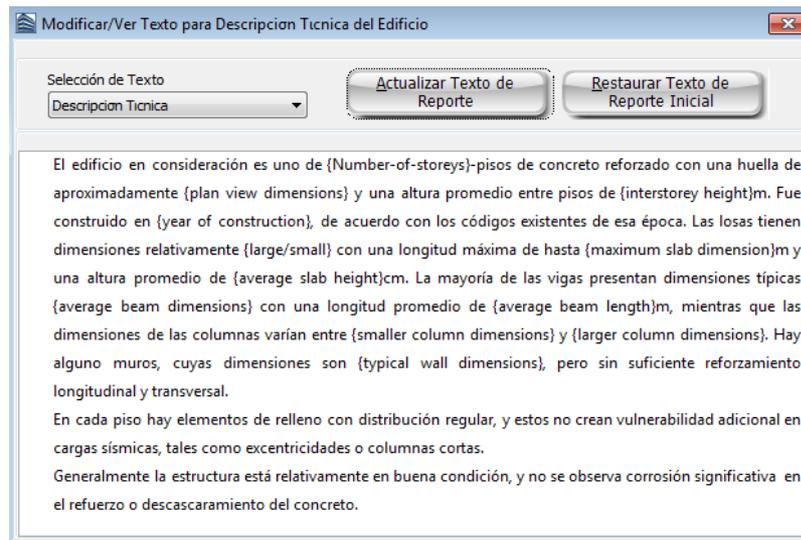
En el módulo Información General los usuarios pueden determinar la información general de la estructura que se incluirá en el reporte técnico. La opción de no extraer ninguna información general está disponible desactivando la casilla de verificación Exportar Información General.



Pestaña de Información General

Información Preliminar

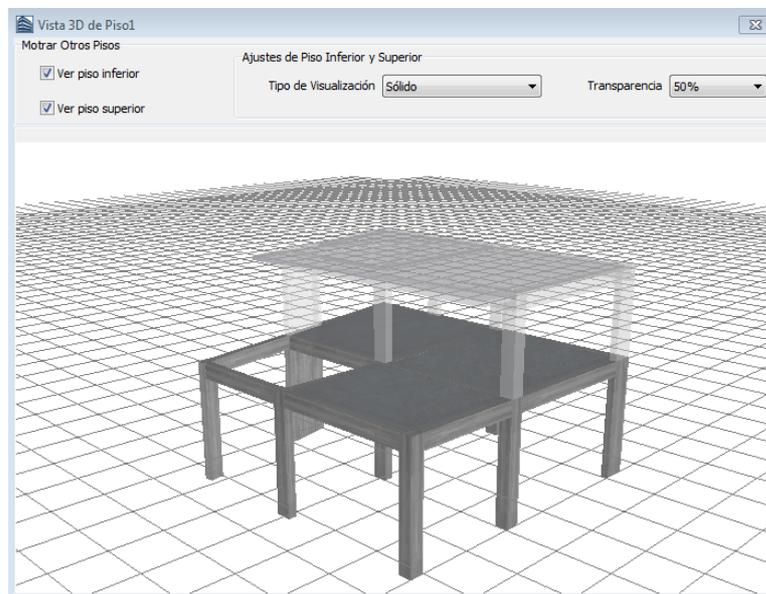
Aquí se especifica la información sobre el programa y los Códigos que se incluirán en el informe. Se ha hecho un esfuerzo por incluir por defecto la información necesaria para el caso de las estructuras más comunes, pero también hay numerosas opciones disponibles para el usuario con datos adicionales que se incluirán en el informe. Además, seleccionando los correspondientes botones de *Editar de Texto* aparecen textos predefinidos que proporcionan algunas pautas para la descripción técnica de la estructura y el software, que pueden modificarse parcial o totalmente de acuerdo con las necesidades y preferencias de los usuarios.



Ver/Modificar Texto para la Descripción Técnica del Edificio

Toda la información sobre el programa SeismoBuild y los Códigos, tales como los objetivos de rehabilitación, la evaluación estructural, los factores de conocimiento, los tipos de análisis y los modelos de capacidad para la evaluación y los controles, así como el modelo numérico y los supuestos básicos son predefinidos o asignados automáticamente y pueden ser exportados al informe técnico seleccionando la casilla de verificación correspondiente.

La perspectiva de vista en 3D de la estructura exportada en el informe técnico puede modificarse una vez que el botón Actualizar Vista del Reporte esté seleccionado en la ventana "Ver/Modificar vistas 3D", accesible mediante los botones *Vistas 3D...*

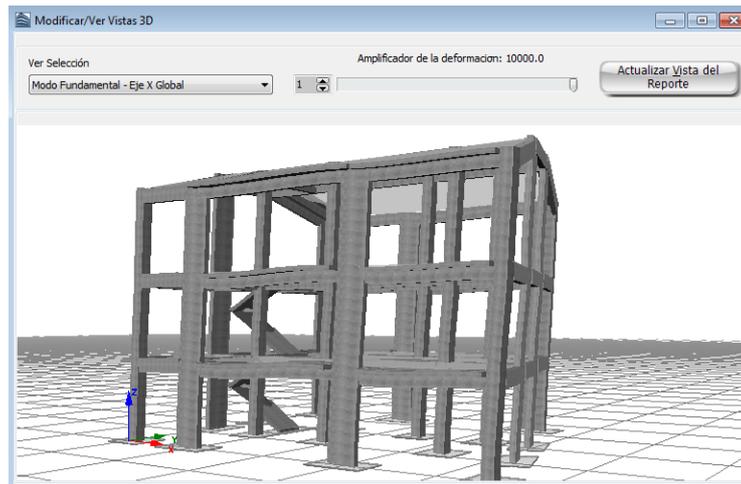


Ver Modificar Vistas 3D

NOTA: Los usuarios también pueden modificar el texto del reporte técnico si lo exportan en un formato de archivo *.rtf o *.html. La selección del formato de archivo está disponible en la ventana Vista previa.

Información de los Eigenvalores

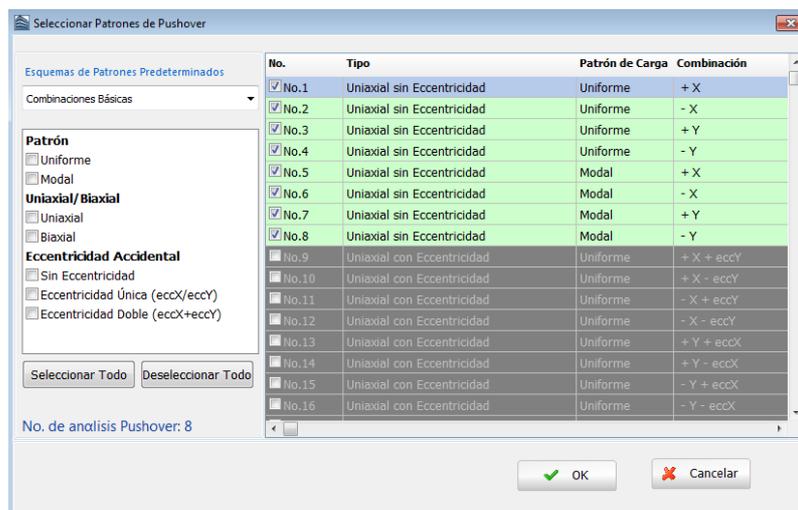
La opción de incluir los resultados del análisis de los Eigenvalores en el informe técnico está disponible en este módulo. Los resultados de los eigenvalores que se exportarán son el período natural/frecuencia de vibración de cada modo, los factores de participación modal, las masas modales efectivas y sus porcentajes, así como dos cifras de los períodos fundamentales a lo largo de los ejes globales X y Y. Los usuarios pueden modificar la perspectiva de estas figuras a través del botón *Vistas 3D...*, en el que también está disponible un amplificador de escala para cambiar la escala de deformaciones de los gráficos 3D.



Ver/Modificar Vistas 3D

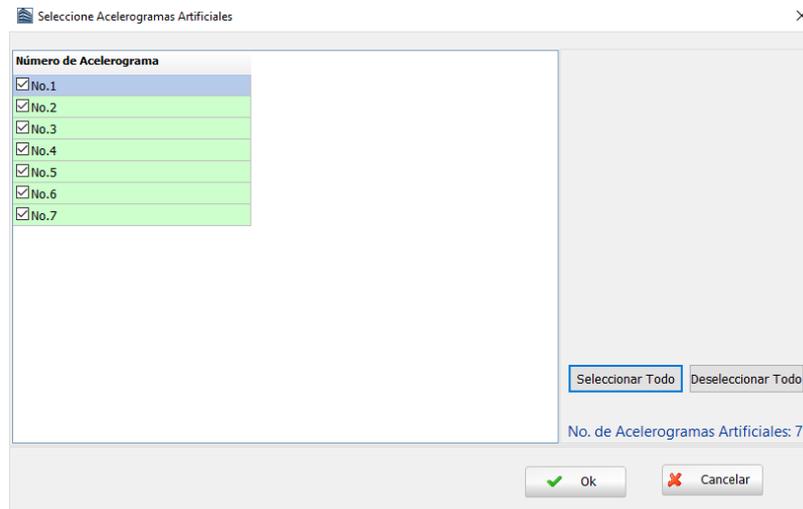
Información sobre el Desplazamiento Objetivo o Análisis Dinámico

Cuando se selecciona el procedimiento estático no lineal, la curva de capacidad de la estructura antes y después de la linealización para el análisis Pushover seleccionado, así como el Desplazamiento Objetivo para los estados límite seleccionados se pueden exportar al reporte técnico. En el apéndice correspondiente del Código seleccionado (Apéndice A.1 - Eurocódigos, Apéndice A.2 – ASCE, Apéndice A.3 – NTC 18, Apéndice A.4 – KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY) se incluye una descripción detallada de los cálculos de Desplazamiento del objetivo. Los usuarios pueden definir, para qué análisis se exportará la información de desplazamiento objetivo, así como para qué estados límite. La selección por defecto es exportar la información para todos los análisis ejecutados y para todos los estados límite.



Módulo de Seleccionar Patrones de Pushover

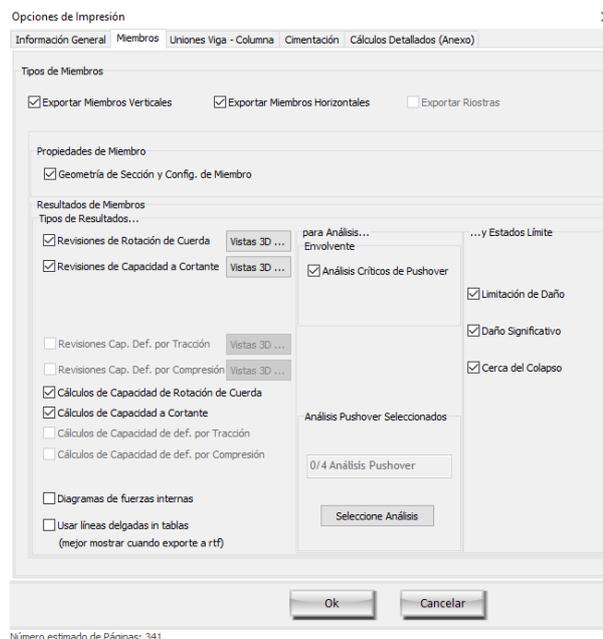
En el caso de procedimiento dinámico no lineal, los acelerogramas artificiales para el análisis dinámico seleccionado en los ejes X e Y, así como los espectros de respuesta equivalentes para los estados límite seleccionados pueden exportarse al reporte técnico. Los usuarios pueden definir, para qué análisis se exportará la información de acelerogramas artificiales, así como para qué estados límite. La selección predeterminada es exportar la información para todos los análisis ejecutados y para todos los estados límite.



Módulo para Seleccionar Acelerogramas Artificiales

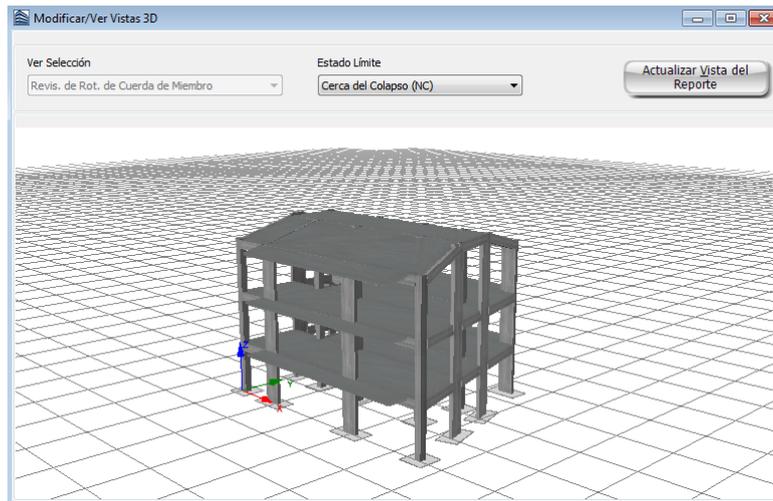
MIEMBROS

En el módulo de Miembros, los usuarios pueden determinar la información sobre las revisiones de miembros estructurales que se exportarán al informe técnico. La opción de seleccionar si se exportan sólo los miembros verticales, horizontales o las riostras de acero, todo o ninguno está disponible en las casillas de verificación correspondientes.



Pestaña de Miembros

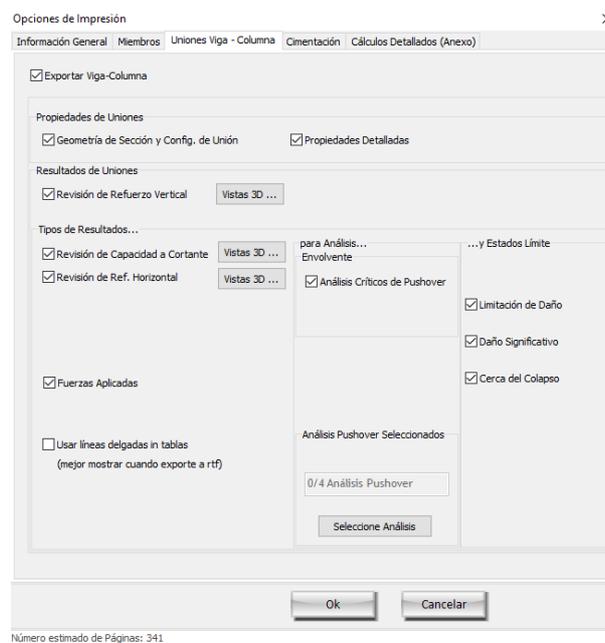
Se observa que el módulo está activo sólo si se han realizado las comprobaciones para los miembros o las riostras de acero. Las propiedades de los miembros también se pueden seleccionar para exportar. Además, los usuarios pueden elegir los resultados de los miembros que se incluirán en el reporte técnico, es decir, cuál de los resultados de las verificaciones se exportarán, para qué análisis y para qué estados límite. La opción de seleccionar los análisis más críticos o los valores medios está disponible. Este último solo está disponible en el procedimiento dinámico no lineal. Se observa que la perspectiva de la vista del gráfico 3D se modifica en el informe, a través del botón Vistas 3D..., una vez que se selecciona el botón Actualizar Vista de reporte.



Ver/Modificar Vistas 3D

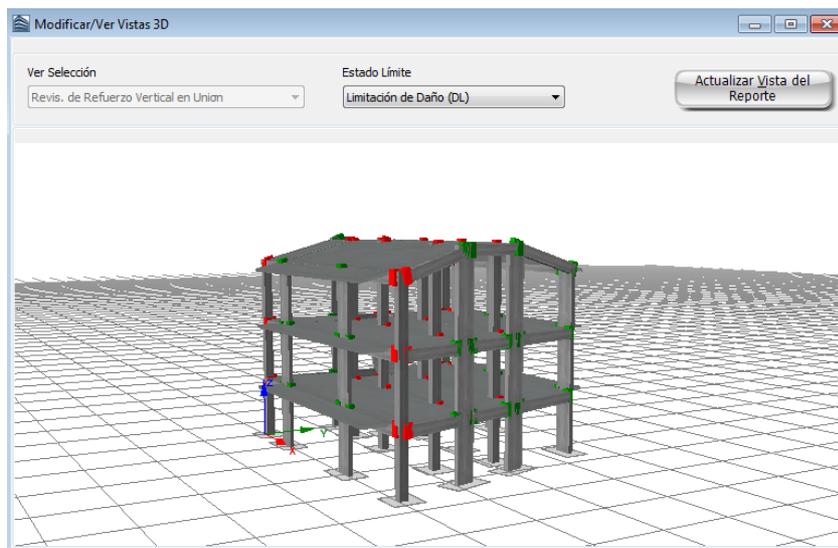
UNIONES VIGA-COLUMNNA

En el módulo de Uniones Viga-Columnna, los usuarios pueden determinar la información sobre las revisiones en las uniones que se van a exportar en el reporte técnico. También es posible que no se produzca ninguna información al deshabilitar la casilla Exportar Uniones Viga-Columnna.



Pestaña de Viga-Columnna

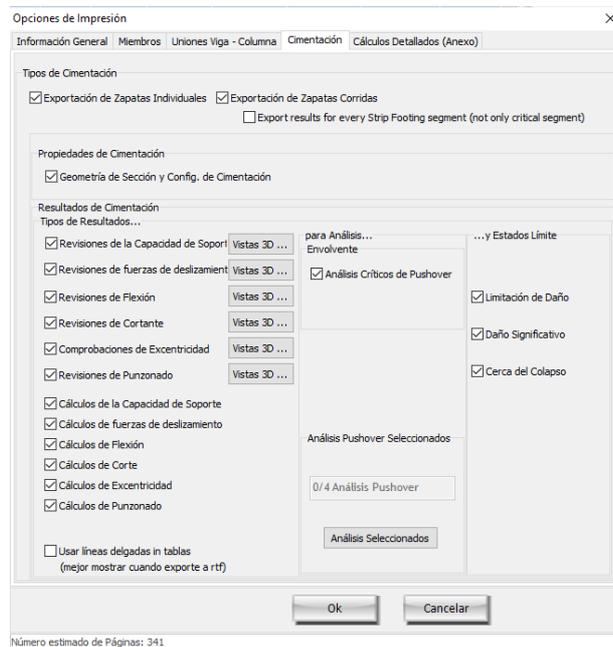
Se observa que el módulo está activo sólo si se ha llevado a cabo una o más de las comprobaciones relativas a las juntas de viga-columna. Los usuarios pueden seleccionar si exportan información simple o detallada sobre la geometría y la configuración de la unión. Se observa que los resultados exportados para las uniones pueden diferir dependiendo del código seleccionado. En el apéndice correspondiente se puede encontrar una descripción detallada de los controles de las articulaciones disponibles; Apéndice A.1 - Eurocódigos, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC 18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY. Está disponible la opción de seleccionar la envolvente de los análisis más críticos o los valores medios. Este último solo está disponible en el procedimiento dinámico no lineal. De lo contrario, se pueden seleccionar análisis específicos mediante el botón Seleccionar análisis. Finalmente, se pueden definir los estados límite para los que se exportarán los resultados, así como las vistas 3D correspondientes. Se observa que la vista de trazado 3D se modifica en el informe una vez que se selecciona el botón Actualizar vista de informe.



Modificar/Ver Vistas 3D

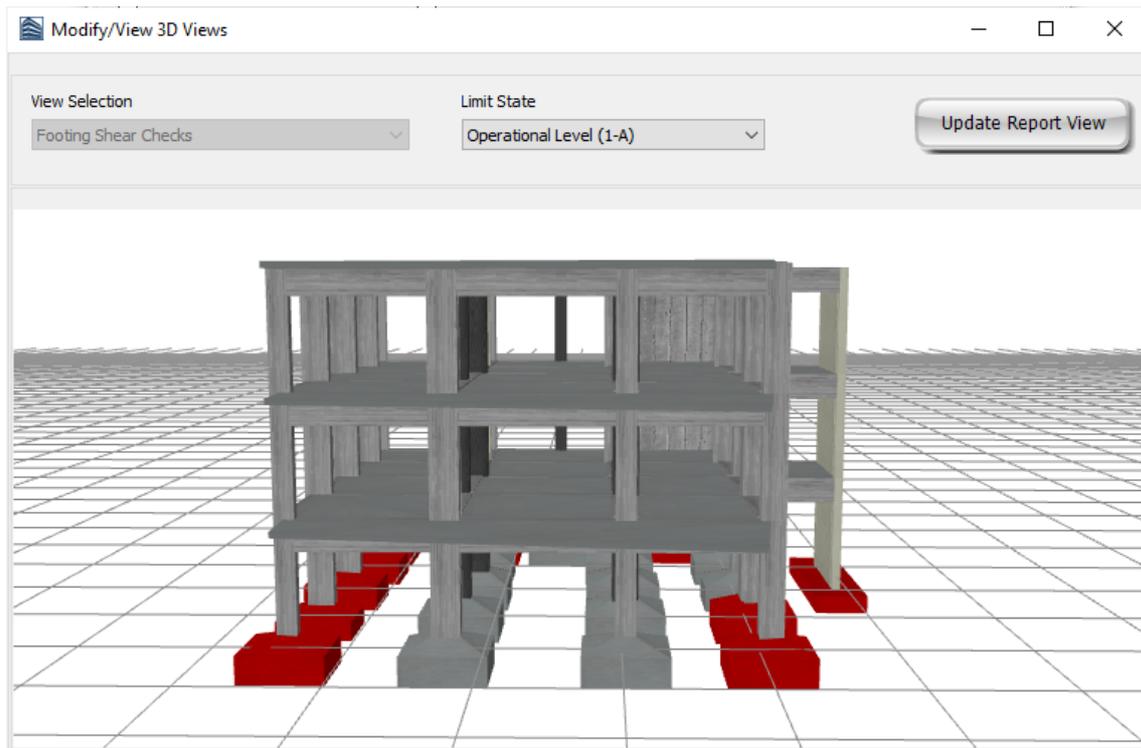
CIMENTACIÓN

En el módulo de Cimentación los usuarios pueden determinar la información sobre las revisiones de Cimentación que se exportarán en el reporte técnico. También es posible no generar ninguna información desactivando las casillas de verificación Exportar zapatas individuales y Exportar zapatas corridas.



Pestaña de Cimentación

Se observa que el módulo está activo sólo si se ha realizado una o más de las revisiones relativas a la Cimentación. Los usuarios pueden seleccionar si exportar solo información simple o detallada sobre la geometría y la configuración de la Cimentación. Cabe señalar que los resultados exportados para la Cimentación pueden diferir según el Código seleccionado. Una descripción detallada de las revisiones de Cimentación disponibles se puede encontrar en el anexo correspondiente; Apéndice A.1 - EUROCÓDIGOS, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC-18, Apéndice A.4 - KANEPE y Apéndice A.5 - TBDY. Está disponible la opción de seleccionar la envolvente de los análisis más críticos o los valores medios. Este último sólo está disponible en procedimiento dinámico no lineal. De lo contrario, se pueden seleccionar análisis específicos mediante el botón Seleccionar análisis. Finalmente se pueden definir los estados límite para los que se exportarán los resultados, así como las correspondientes Vistas 3D. Cabe señalar que la vista del trazado 3D se modifica en el reporte una vez que se selecciona el botón Actualizar vista del Reporte.



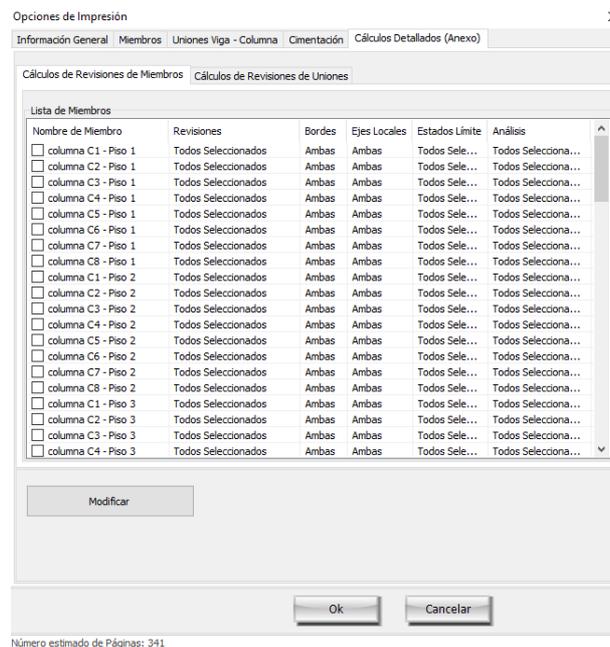
Modificar/Ver Vistas 3D

CÁLCULOS DETALLADOS (ANEXO)

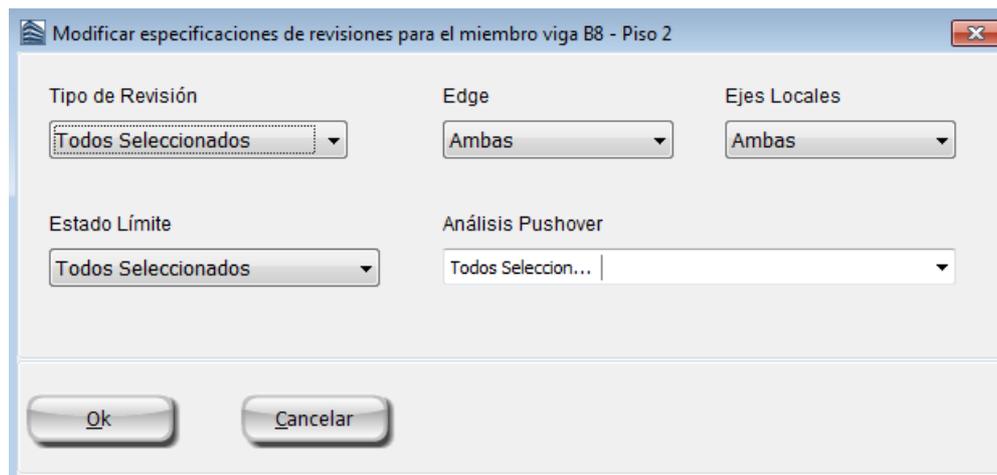
En el módulo de Cálculos Detallados (Anexo) los usuarios pueden seleccionar los miembros y las uniones entre vigas y columnas, para lo cual los cálculos de verificaciones detalladas deben ser publicados en el informe técnico. Este módulo está disponible únicamente para procedimientos estáticos no lineales.

Cálculos de Revisiones de Miembros

Los cálculos detallados de los cheques de los miembros se pueden exportar al informe técnico de acuerdo con las ecuaciones empleadas, disponibles en el apéndice correspondiente del Código seleccionado (Apéndice A.1 - Eurocódigos, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC 18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY). Los usuarios pueden seleccionar la información que desea exportar por miembro, es decir, para qué tipo de comprobación, borde, eje, estado límite y análisis de pulsación, seleccionando el miembro y el botón 'Modificar'. La selección predeterminada es exportar todos los cálculos de los cheques de los miembros de los miembros seleccionados.



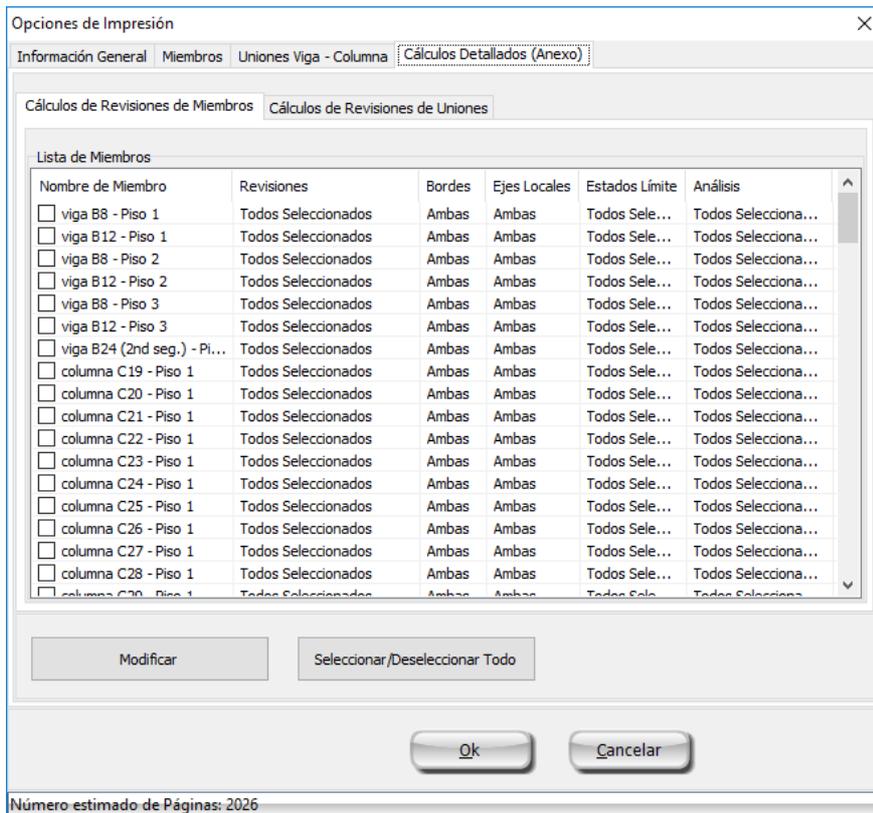
Pestaña de Revisiones de Miembros



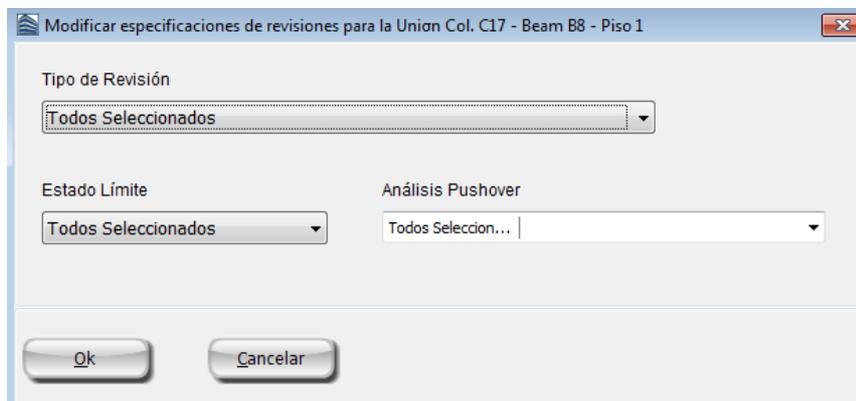
Pestaña de Modificar Especificaciones para el Miembro

Cálculos de Revisiones de Uniones

Los Cálculos detallados de las Comprobaciones de Juntas pueden ser exportados al informe técnico de acuerdo con las ecuaciones empleadas, disponibles en el apéndice correspondiente del Código seleccionado (Apéndice A.1 - Eurocódigos, Apéndice A.2 - ASCE, Apéndice A.3 - NTC 18, Apéndice A.4 - KANEPE, Apéndice A.5 - TBDY). Los usuarios pueden seleccionar la información que desea exportar por articulación, es decir, para qué tipo de comprobación, estado límite y análisis de puntería, seleccionando la articulación y el botón 'Modificar'. La selección por defecto es exportar todos los cálculos de las comprobaciones de las juntas para las juntas seleccionadas.



Pestaña de Cálculos de Revisiones



Pestaña de Modificar Especificaciones de Revisiones para Unión

Diseñador de FRP

Se ha introducido un programa especial en SeismoBuild y está disponible desde el menú principal (Herramientas > FRP Designer) o mediante el botón  correspondiente de la barra de herramientas. FRP Designer proporciona una solución eficiente para diseñar el refuerzo de FRP de columnas y vigas de hormigón armado mediante el cálculo de la resistencia de los elementos de hormigón armado reforzados con laminados de FRP.

En particular, el software calcula la capacidad de flexión y corte de elementos de hormigón armado al principio sin refuerzo con laminados de FRP y luego con refuerzo de laminados de FRP especificados por el usuario. De esta forma, el software proporciona una herramienta para diseñar el refuerzo de un miembro de hormigón armado contra la flexión y el corte y también evalúa los efectos del refuerzo con varios tipos de laminados de FRP.

Las propiedades de los miembros existentes, como la geometría, el refuerzo, los materiales, las cargas y los parámetros relacionados con el código, se pueden introducir fácilmente mediante una interfaz visual fácil de usar. Una gran variedad de laminados de FRP disponibles en el mercado está disponible en el software, mientras que el usuario puede introducir tipos de laminados de FRP personalizados. Los parámetros asociados a la envoltura de FRP, como el radio de las esquinas, el número de capas de FRP, etc., también se pueden introducir fácilmente en el programa.

La capacidad de flexión y corte de un miembro existente con y sin refuerzo de FRP se puede calcular fácilmente de acuerdo con tres códigos disponibles. El Eurocódigo Europeo 8 (Parte 3) y FIB 90, el FRP Designer también brinda la oportunidad de crear un informe completo de los cálculos de capacidad de los miembros reforzados. Americano ACI 440/ACI 318 y el Italiano CNRT-DT 200/NTC 18.

El Diseñador de FRP también da la oportunidad de crear un reporte completo de los cálculos de capacidad de los miembros reforzados.

Finalmente, y debido a su total integración con el entorno Windows, El Diseñador de FRP permite copiar resultados numéricos y gráficos a cualquier aplicación de Windows (por ejemplo, MS Excel, MS Word, etc.).



FRP Designer start window

Bibliografía

Abbasi V., Daudeville L., Kotronis P., Mazars J. [2004] "Using damage mechanics to model a four story RC framed structure submitted to earthquake loading," Proceedings of the Fifth International Conference on Fracture Mechanics of Concrete Structures, Vol. 2, pp. 823-830.

ACI 318-19 [2019] American Concrete Institute: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary.

ACI 369.1-22 [2023] American Concrete Institute: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Concrete Buildings-Code and Commentary.

ACI 440.2R-17 [2017] American Concrete Institute: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures.

Ahmad S.H., Shah S.P. [1982] "Stress-strain curves of concrete confined by spiral reinforcement," Journal of the American Concrete Institute, pp. 484-490.

Allotey N.K., El Naggar M.H. [2005a] "Cyclic Normal Force-Displacement Model for Nonlinear Soil-Structure Interaction Analysis: SeismoStruct Implementation," Research Report No. GEOT-02-05, Geotechnical Research Centre, Department of Civil & Environmental Engineering, University of Western Ontario, London, Ontario, Canada.

Allotey N.K., El Naggar M.H. [2005b] "Cyclic soil-structure interaction model for performance-based design," Proceedings of the Satellite Conference on Recent Developments in Earthquake Geotechnical Engineering, TC4 ISSMGE, Osaka, Japan.

Ameny P., Loov R.E., Shrive N.G. [1983] "Prediction of elastic behaviour of masonry," International Journal of Masonry Construction, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9.

Annaki M., Lee K.L.L. [1977] "Equivalent uniform cycle concept for soil dynamics," Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 103, No. GT6, pp. 549-564.

ANSI/AISC 342-22 [2022] American Institute of Steel Construction: Seismic Provisions for Evaluation and Retrofit of Existing Structural Steel Buildings.

Anthes R.J. [1997] "Modified rainflow counting keeping the load sequence," International Journal of Fatigue, Vol. 19, No. 7, pp. 529-535.

Alemdar B.N., White D.W. [2005] "Displacement, flexibility, and mixed beam-column finite element formulations for distributed plasticity analysis," Journal of Structural Engineering, Vol. 131, No. 12, pp. 1811-1819.

Antoniou S., Rovithakis A., Pinho R. [2002] "Development and verification of a fully adaptive pushover procedure," Proceedings of the Twelfth European Conference on Earthquake Engineering, London, UK, Paper No. 822.

Antoniou S., Pinho R. [2004a] "Advantages and Limitations of Force-based Adaptive and Non-Adaptive Pushover Procedures," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 497-522.

ASCE 41-23 [2023] American Society of Civil Engineers: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings.

Antoniou S., Pinho R. [2004b] "Development and Verification of a Displacement-based Adaptive Pushover Procedure," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, No. 5, pp. 643-661.

Asteris P.G. [2003] "Lateral stiffness of brick masonry infilled plane frames," ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 129, No. 8, pp. 1071-1079.

- Asteris PG, Chrysostomou CZ, Giannopoulos IP, Smyrou E. Masonry infilled reinforced concrete frames with openings. In: COMPDYN 2011: 3rd international conference on computational methods in structural dynamics and earthquake engineering, Corfu, Greece; 26–28 May, 2011.
- Atkinson R.H., Amadei B.P., Saeb S., Sture S. [1989] "Response of masonry bed joints in direct shear," *ASCE Journal of Structural Division*, Vol. 115, No. 9, pp. 2276-2296.
- Auricchio F., Sacco E. [1997] "A superelastic shape-memory-alloy beam," *Journal of Intelligent Materials and Structures*, Vol. 8, pp. 489-501.
- Bathe K.J. [1996] "Finite Element Procedures in Engineering Analysis," 2nd Edition, Prentice Hall.
- Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N. [2008] "Seismic design of torsionally eccentric buildings with U-shaped RC walls," ROSE School, Pavia, Italy.
- Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N. [2008] "Inelastic Wide-Column Models for U-Shaped Reinforced Concrete Walls," *Journal of Earthquake Engineering* 12:Sp1, 1-33.
- Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N. [2008] "Elastic and inelastic wide-column models for RC non rectangular walls," *Proceedings of the fortieth World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.
- Benjamin S.T., Williams H.A. [1958] "The behaviour of one-storey brick shear walls," *ASCE Journal of Structural Division*, Vol. 84, No. ST4, pp. 30.
- Bento R., Pinho R., Bhatt C. [2008] "Nonlinear Static Procedures for the seismic assessment of the 3D irregular SPEAR building," *Proceedings of the Workshop on Nonlinear Static Methods for Design/Assessment of 3D Structures*, Lisbon, Portugal.
- Bernuzzi C., Zandonini R., Zanon P. [1996] "Experimental analysis and modelling of semi-rigid steel joints under cyclic reversal loading," *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 38, No. 2, pp. 95-123.
- Bertoldi S.H., Decanini L.D., Gavarini C. [1993] "Telai tamponati soggetti ad azione sismica, un modello semplificato: confronto sperimentale e numerico," (in Italian) *Atti del 6° convegno nazionale ANIDIS*, Vol. 2, pp. 815-824, Perugia, Italy.
- Bertoldi S.H., Decanini L.D., Santini S., Via G. [1994] "Analytical models in infilled frames," *Proceedings of the Tenth European Conference on Earthquake Engineering*, Vienna, Austria.
- Beyer K, Dazio A., Priestley M.J.N. [2008] "Inelastic wide-column models for U-shaped reinforced concrete wall," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-33.
- Binda L., Fontana A., Frigerio G. [1988] "Mechanical behaviour of brick masonries derived from unit and mortar characteristics," *Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference*, Dublin, Ireland.
- Blandon, C.A. [2005] *Implementation of an Infill Masonry Model for Seismic Assessment of Existing Buildings*, Individual Study, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), Pavia, Italy.
- Broderick B.M., Elnashai A.S., Izzuddin B.A. [1994] "Observations on the effect of numerical dissipation on the nonlinear dynamic response of structural systems," *Engineering Structures*, Vol. 16, No. 1, pp. 51-62.
- Calabrese A., Almeida J.P., Pinho R. [2010] "Numerical issues in distributed inelasticity modelling of RC frame elements for seismic analysis," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 14, Special Issue 1, pp. 38-68.
- Casarotti C., Pinho R. [2006] "Seismic response of continuous span bridges through fibre-based finite element analysis," *Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, Vol. 5, No. 1, pp. 119-131.
- Casarotti C., Pinho R. [2007] "An Adaptive capacity spectrum method for assessment of bridges subjected to earthquake action," *Bulletin of Earthquake Engineering*, Vol. 5, No. 3, pp. 377-390.
- CEB [1996] *RC Frames under Earthquake Loading: State of the Art Report*, - Comite Euro-International du Beton, Thomas Telford, London, England.

- Celarec D., Dolšek M. [2012] "Practice-oriented probabilistic seismic performance assessment of infilled frames with consideration of shear failure of columns," *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol. 43, No. 9, pp. 1339-1360.
- CEN [2005] European Prestandard ENV 1998: Eurocode 8 - Design provisions for earthquake resistance of structures. Comité Européen de Normalisation, Brussels.
- Chang, G.A., Mander, J.B. [1994] "Seismic Energy Based Fatigue Damage Analysis of Bridge Columns: Part 1 – Evaluation of Seismic Capacity," NCEER Technical Report No. NCEER-94-0006, State University of New York, Buffalo, N.Y.
- Chege J.K., Matalanga N. [2000] "NDT Application in Structural Integrity Evaluation of Bomb Blast Affected Buildings," *Proceedings of the Fifteenth World Conference on Non-Destructive Testing*, Rome, Italy.
- Chopra A.K. [1995] *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice-Hall.
- Chopra A.K. & Goel R.K. [2001] *A Modal Pushover Analysis Procedure to Estimate Seismic Demands for Buildings: Theory and Preliminary Evaluation*, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Technical Report PEER No. 2001/03.
- Clough R.W., Johnston S.B. [1966] "Effect of Stiffness Degradation on Earthquake Ductility Requirements" *Proceedings, Second Japan National Conference on Earthquake Engineering*, 1966, pp.227-232.
- Clough R.W., Penzien J. [1994] *Dynamics of Structures*, 2nd Edition, McGraw Hill.
- Constantinou, M.C., Tsopelas, P.C., Kasalanati, A., and Wolff, E. [1999], "Property Modification Factors for Seismic Isolation Bearings," *Report No. MCEER-990012*, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York, Buffalo, NY.
- Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E. [1989] *Concepts and Applications of Finite Elements Analysis*, John Wiley & Sons.
- Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E. [1989] *Concepts and Applications of Finite Elements Analysis*, John Wiley & Sons.
- Correia A.A., Virtuoso F.B.E. [2006] "Nonlinear Analysis of Space Frames," *Proceedings of the Third European Conference on Computational Mechanics: Solids, Structures and Coupled Problems in Engineering*, Mota Soares et al. (Eds.), Lisbon, Portugal.
- Cremer C., Pecker A., Davenne L. [2002] "Modelling of non linear dynamic behaviour of a shallow foundation with macro - element," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 6, No. 2, pp. 175-212.
- Crisafulli F.J. [1997] *Seismic Behaviour of Reinforced Concrete Structures with Masonry Infills*, PhD Thesis, University of Canterbury, New Zealand.
- Crisafulli F.J., Carr A.J., Park R. [2000] "Analytical modelling of infilled frame structures – a general overview," *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, Vol. 33, No 1.
- Crisfield M.A. [1991] *Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, John Wiley & Sons.
- Dawe J.I., Young T.C. [1985] "An investigation of factors influencing the behaviour of masonry infills in steel frames subjected to on-plane shear," *Proceedings of the Seventh International Brick Masonry Conference*, Melbourne, Australia.
- Dawe J. L. and Seah C. K. [1989] "Out-of-plane resistance of concrete masonry infilled panels." *Can. J. Civ. Eng.*, 16(6), 854-856
- Decanini L.D., Fantin G.E. [1987] "Modelos Simplificados de la Mampostería Incluida en Porticos. Características de Rigidez y Resistencia Lateral en Estado Límite," *Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural*, Buenos Aires, Argentina, Vol. 2, pp. 817-836. (in Spanish)
- Deierlein G.G., Reinhorn A.M., and Willford M.R. [2010] "Nonlinear structural analysis for seismic design," NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4, produced by the NEHRP Consultants Joint Venture, a partnership of the Applied Technology Council and the Consortium of Universities for Research in

Earthquake Engineering, for the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, NIST GCR 10-917-5.

Della Corte G., De Matteis G., Landolfo R. [2000] "Influence of connection modelling on seismic response of moment resisting steel frames," in *Moment Resistant Connections of Steel Frames in Seismic Areas: Design and Reliability* (ed. F.M. Mazzolani), Chapter 7, E&FN Spon, London, New York.

De Martino A., Faella C., Mazzolani F.M. [1984] "Simulation of Beam-to-Column Joint Behaviour under Cyclic Loads," *CostruzioniMetalliche*, Vol. 6, pp. 346-356.

De Sortis A., Di Pasquale G., Nasini U. [1999] *Criteri di Calcolo per la Progettazione degli Interventi - Terremoto in Umbria e Marche del 1997*, Servizio Sismico Nazionale, Rome, Italy. (in Italian)

Dionysis Biskinis and Michael N. Fardis [2013] "Stiffness and cyclic deformation capacity of circular RC columns with or without lap-splices and FRP wrapping," *Bulletin of Earthquake Engineering* 11(5)

Dodd L., Restrepo-Posada J. [1995] "Model for Predicting Cyclic Behavior of Reinforcing Steel," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 121, No. 3, pp. 433-445.

Drysdale R.G., Khatib M.M. [1995] "In-plane behaviour of grouted concrete masonry under biaxial tension-compression," *American Concrete Institute Journal*, Vol. 92, No. 6, pp. 653-664.

Elnashai A.S., Elghazouli A.Y. [1993] "Performance of composite steel/concrete members under earthquake loading, Part I: Analytical model," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 22, pp. 315-345.

Emori K., Schnobrich W.C. [1978] *Analysis of Reinforced Concrete Frame-Wall Structures for Strong Motion Earthquakes*, Structural Research Series No. 434, Civil Engineering Studies, University of Illinois at Urbana-Champaign.

EN 1998-1 (2004) (English): Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.

EN 1998-3 (English) [2004]: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance -Part 3: Assessment and retrofitting of buildings.

Felippa C.A. [2001] "Nonlinear Finite Element Methods," Lecture Notes, Centre for Aerospace Structure, College of Engineering, University of Colorado, USA. Available from URL: <http://www.colorado.edu/engineering/CAS/courses.d/NFEM.d/Home.html>.

Felippa C.A. [2004] "Introduction to Finite Element Methods," Lecture Notes, Centre for Aerospace Structure, College of Engineering, University of Colorado, USA. Available from URL: <http://www.colorado.edu/engineering/CAS/courses.d/IFEM.d/Home.html>.

Ferracuti B., Savoia M. [2005] "Cyclic behaviour of FRP-wrapped columns under axial and flexural loadings," *Proceedings of the International Conference on Fracture*, Turin, Italy.

Ferracuti B., Pinho R., Savoia M., Francia R. [2009] "Verification of Displacement-based Adaptive Pushover through multi-ground motion incremental dynamic analyses," *Engineering Structures*, Vol. 31, pp. 1789-1799.

FIB [2001] "Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures," *FIB Bulletin n. 14*, Federation Internationale du Beton, pp. 138.

FIB [2006] *Retrofitting of Concrete Structures by Externally Bonded FRPS, with Emphasis on Seismic Applications*, *FIB Bulletin n. 35*, Federation Internationale du Beton, pp. 220.

Filippou F.C., Popov E.P., Bertero V.V. [1983] "Effects of bond deterioration on hysteretic behaviour of reinforced concrete joints," Report EERC 83-19, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

Filippou F.C., Fenves G.L. [2004] "Methods of analysis for earthquake-resistant structures", Chapter 6 in 'Earthquake Engineering - From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering', eds. Y. Bozorgnia and V.V. Bertero, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

- Fiorato A.E., Sozen M.A., Gamble W.L. [1970] An Investigation of the Interaction of Reinforced Concrete Frames with Masonry Filler Walls, Report UILU-ENG-70-100, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana-Champaign IL, USA.
- Fragiadakis M., Pinho R., Antoniou S. [2008] "Modelling inelastic buckling of reinforcing bars under earthquake loading," in Progress in Computational Dynamics and Earthquake Engineering, Eds. M. Papadrakakis, D.C. Charnpis, N.D. Lagaros and Y. Tsompanakis, A.A. Balkema Publishers – Taylor & Francis, The Netherlands.
- Fragiadakis M., Papadrakakis M. [2008] "Modeling, analysis and reliability of seismically excited structures: computational issues," International Journal of Computational Methods, Vol. 5, No. 4, pp. 483-511.
- Freitas J.A.T., Almeida J.P.M., Pereira E.M.B.R. [1999] "Non-conventional formulations for the finite element method," Computational Mechanics, Vol. 23, pp. 488-501.
- Fugazza D. [2003] Shape-memory Alloy Devices in Earthquake Engineering: Mechanical Properties, Constitutive Modelling and Numerical Simulations, MSc Dissertation, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), Pavia, Italy.
- Gasparini D., Vanmarcke E.H. [1976] Simulated Earthquake Motions Compatible with Prescribed Response Spectra, M.I.T. Department of Civil Engineering Research Report
- Gere J.M., Timoshenko S.P. [1997] Mechanics of Materials, 4th Edition.
- Giannakas A., Patronis D., Fardis M. [1987] "The influence of the position and the size of openings to the elastic rigidity of infill walls," Proceedings of Eighth Hellenic Concrete Conference, Xanthi-Kavala, Greece. (in Greek)
- Giberson, M.F. [1967] "The Response of Nonlinear Multi-Story Structures subjected to Earthquake Excitation," Doctoral Dissertation, California Institute of Technology, Pasadena, CA., May 1967, 232pp.
- Giberson, M.F. [1969] "Two Nonlinear Beams with Definition of Ductility," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 95, No. 2, pp. 137-157.
- Gostic S., Zarnic R. [1985] "Cyclic lateral response of masonry infilled R/C frames and confined masonry walls," Proceedings of the Eighth North-American Masonry Conference, Austin, Texas, USA.
- Halldorsson B., Papageorgiou A.S. [2005] Calibration of the specific barrier model to earthquake of different tectonic regions, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.95, No.4, pp.1276-1300.
- Hall J.F. [2006] "Problems encountered from the use (or misuse) of Rayleigh damping," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 35, No. 5, pp. 525-545.
- Hamburger R.O. [1993] "Methodology for seismic capacity evaluation of steel-frame buildings with infill unreinforced masonry," Proceedings of the US National Conference on Earthquake Engineering, Memphis, Tennessee, USA.
- Hamburger R.O., Foutch D.A., Cornell C.A. [2000] "Performance basis of guidelines for evaluation, upgrade and design of moment-resisting steel frames," Proceedings of the Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, paper No. 2543.
- Han T.-S., Feenstra P.H., Billington S.L. [2003] "Simulation of Highly Ductile Fiber-Reinforced Cement- Based Composite Components Under Cyclic Loading, Vol. 100, No. 6, pp. 749-757
- Hellesland J., Scordelis A. [1981] "Analysis of RC bridge columns under imposed deformations," IABSE Colloquium, Delft, pp. 545-559.
- Hendry A.W. [1990] Structural Masonry, Macmillan Education Ltd, London, England.
- Hilber H.M., Hughes T.J.R., Taylor R.L. [1977] "Improved numerical dissipation for time integration algorithms in structural dynamics," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 5, No. 3, pp. 283-292.
- Holmes M. [1961] "Steel Frames with Brickwork and Concrete Infilling," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol. 19, pp. 473-478.

- Hughes T.J.R. [1987] *The Finite Element Method, Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis*, Prentice-Hall.
- Hyodo M., Yamamoto Y., Sugiyama M. [1994] "Undrained cyclic shear behavior of normally consolidated clay subjected to initial static shear stresses," *Soils and Foundations*, Vol. 34, No. 4, pp. 1-11.
- Irons B.M. [1970] "A frontal solution program for finite element analysis," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 2, pp. 5-32.
- Izzuddin B.A. [1991] *Nonlinear Dynamic Analysis of Framed Structures*, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK
- Kaldjian M.J. [1967] "Moment-curvature of beams as Ramberg-Osgood functions," *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol. 93, No. ST5, pp. 53-65.
- KANEPE [2022] *Earthquake Planning and Protection Organisation of Greece: Code for Structural Interventions*, 3rd revision.
- Kappos A., Konstantinidis D. [1999] "Statistical analysis of confined high strength concrete," *Materials and Structures*, Vol. 32, pp. 734-748.
- Karsan I.D., Jirsa J.O. [1969] "Behavior of concrete under compressive loading.," *Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 95, Issue 12, pp. 2543-2564
- Kent D.C., Park R. [1971] "Flexural members with confined concrete.," *Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol. 97, Issue 7, pp. 1969-1990
- Kunnath S.K. [2004] "Identification of modal combination for nonlinear static analysis of building structures," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, Vol. 19, pp. 246-259.
- Law K.H. and Mackay D.R. [1992]. A parallel row-oriented sparse solution method for finite element structural analysis. Manuscript NA-92-10. Computer Science Department, Stanford University. August 1992.
- Liauw T.C., Lee S.W. [1977] "On the behaviour and the analysis of multi-storey infilled frames subjected to lateral loading," *Proceedings of Institution of Civil Engineers, Part 2*, Vol. 63, pp. 641-656.
- Liauw T.C., Kwan K.H. [1984] "Nonlinear behaviour of non-integral infilled frames," *Computer and Structures*, Vol. 18, No. 3, pp. 551-560.
- Liu, J. W. H. [1986]. A compact row storage scheme for Cholesky factors using elimination trees. *ACM Trans. Math. Software* 12, 127-148 (1986).
- Lopez-Menjivar MA. [2004] *Verification of a Displacement-Based Adaptive Pushover Method for Assessment of 2D RC Buildings*. PhD Thesis, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), University of Pavia, Italy.
- Mackay, D. R., Law, K. H., and Raefsky, A. [1991] "An implementation of a generalized sparse/profile finite element solution method." *Comput. Struct.*, 41, 723-737.
- Madas P. [1993] *Advanced Modelling of Composite Frames Subjected to Earthquake Loading*, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK.
- Madas P. and Elnashai A.S. [1992] "A new passive confinement model for transient analysis of reinforced concrete structures," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 21, pp. 409-431.
- Mainstone R.J. [1971] "On the Stiffnesses and Strength of Infilled Panels," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Supplement IV*, pp. 57-90.
- Mainstone R.J., Weeks G.A. [1970] "The influence of Bounding Frame on the Racking Stiffness and Strength of Brick Walls," *Proceedings of the Second International Brick Masonry Conference, Stoke-on-Trent, United Kingdom*.
- Mallick D.V., Garg R.P. [1971] "Effect of openings on the lateral stiffness of infilled frames," *Proceedings of the Institution of Civil Engineering*, Vol. 49, pp. 193-209.

- Mander J.B., Priestley M.J.N., Park R. [1988] "Theoretical stress-strain model for confined concrete," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 114, No. 8, pp. 1804-1826.
- Mann W., Muller H. [1982] "Failure of shear-stresses masonry - an enlarged theory, tests and application to shear walls," *Proceedings of the British Ceramic Society*, Vol. 30, pp. 139-149.
- Mari A., Scordelis A. [1984] "Nonlinear geometric material and time dependent analysis of three dimensional reinforced and prestressed concrete frames," SESM Report 82-12, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley.
- Martinez-Rueda J.E. [1997] *Energy Dissipation Devices for Seismic Upgrading of RC Structures*, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK.
- Martinez-Rueda J.E., Elnashai A.S. [1997] "Confined concrete model under cyclic load," *Materials and Structures*, Vol. 30, No. 197, pp. 139-147.
- Menegotto M., Pinto P.E. [1973] "Method of analysis for cyclically loaded R.C. plane frames including changes in geometry and non-elastic behaviour of elements under combined normal force and bending," *Symposium on the Resistance and Ultimate Deformability of Structures Acted on by Well Defined Repeated Loads*, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich, Switzerland, pp. 15-22.
- Mirza S.A. [1989] "Parametric study of composite column strength variability," *Journal of Construction Steel Research*, Vol. 14, pp. 121-137.
- Monti G., Nuti C. [1992] "Nonlinear cyclic behaviour of reinforcing bars including buckling," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 118, No. 12, pp. 3268-3284.
- Monti, G., Nuti, C., Santini, S. [1996] *CYRUS - Cyclic Response of Upgraded Sections*, Report No. 96-2, University of Chieti, Italy.
- Mosalam K.M., White R.N., Gergely P. [1997] "Static response of infilled frames using quasi-static experimentation," *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 123, No. 11, pp. 1462-1469.
- Mpampatsikos V., Nascimbene R., Petrini L. [2008] "A critical review of the R.C. frame existing building assessment procedure according to Eurocode 8 and Italian Seismic Code," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 12, Issue SP1, pp. 52-58.
- Nagashima T., Sugano S., Kimura H., Ichikawa A. [1992] "Monotonic axial compression tests on ultra high strength concrete tied columns," *Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering*, Madrid, Spain, pp. 2983-2988.
- Neuenhofer A., Filippou F.C. [1997] "Evaluation of nonlinear frame finite-element models," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 123, No. 7, pp. 958-966.
- Newmark N.M. [1959] "A method of computation for structural dynamics," *Journal of the Engineering Mechanics Division*, ASCE, Vol. 85, No. EM3, pp. 67-94.
- Nogueiro P., Simoes da Silva L., Bento R., Simoes R. [2005a] "Numerical implementation and calibration of a hysteretic model with pinching for the cyclic response of steel and composite joints," *Proceedings of the Fourth International Conference on Advances in Steel Structures*, Shanghai, China, Paper no. ISP-45.
- Nogueiro P., Simoes da Silva L., Bento R., Simoes R. [2005b] "Influence of joint slippage on the seismic response of steel frames," *Proceedings of the EuroSteel Conference on Steel and Composite Structures*, Maastricht, Netherlands, Paper no. 314.
- NTC 2018, D.M. *Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 8 - Suppl. Ord.)*. "Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC18)
- Oran C. [1973] "Tangent stiffness in space frames," *Journal of the Structural Division*, ASCE, Vol. 99, No. ST6, pp. 987-1001.
- Otani, S. [1974] *SAKE, A Computer Program for Inelastic Response of R/C Frames to Earthquakes*, Report UILU-Eng-74-2029, Civil Engineering Studies, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA.

- Otani S. [1981] "Hysteresis Models of Reinforced Concrete for earthquake Response Analysis," Journal of Faculty of Engineering, University of Tokyo, Vol. XXXVI, No2, 1981 pp 407-441.
- Papia M. [1988] "Analysis of infilled frames using a coupled finite element and boundary element solution scheme," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 26, pp. 731-742.
- Park R., Paulay T. [1975] Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York.
- Park Y. J., Wen Y. K., Ang H-S. [1986] "Random Vibration of Hysteretic Systems under Bi- Directional Ground Motions", *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 14, No 4, pp. 543-557.
- Paulay T., Priestley M.J.N. [1992] Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Pegon P. [1996] "Derivation of consistent proportional viscous damping matrices," JRC Research Report No I.96.49, Ispra, Italy.
- Penelis G.G., Kappos A.J. [1997] Earthquake-resistant Concrete Structures, E & FN Spon, London, UK.
- Pietra D., Pinho R. and Antoniou S. [2006] "Verification of displacement-based adaptive pushover for seismic assessment of high-rise steel buildings," Proceedings of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, Paper no. 956.
- Pilkey W.D. [1994] Formulas for Stress, Strain, and Structural Matrices, John Wiley & Sons, New York.
- Pinho R., Antoniou S. [2005] "A displacement-based adaptive pushover algorithm for assessment of vertically irregular frames," Proceedings of the Fourth European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures, Thessaloniki, Greece.
- Pinho R., Casarotti C., Antoniou S. [2007] "A comparison of single-run pushover analysis techniques for seismic assessment of bridges," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 36, No. 10, pp. 1347-1362.
- Pinho R., Bhatt C., Antoniou S., Bento R. [2008a] "Modelling of the horizontal slab of a 3D irregular building for nonlinear static assessment," Proceedings of the Fourteenth World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, Paper no. 05-01-0159.
- Pinho R., Marques M., Monteiro R., Casarotti C. [2008b] "Using the Adaptive Capacity Spectrum Method for seismic assessment of irregular frames," Proceedings of the Fifth European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures, Catania, Italy, Paper no. 21.
- Pinho R., Monteiro R., Casarotti C., Delgado R. [2009] "Assessment of continuous span bridges through Nonlinear Static Procedures," *Earthquake Spectra*, Vol. 25, No. 1, pp. 143-159.
- Priestley M.J.N. [2003] Myths and Fallacies in Earthquake Engineering, Revisited. The Mallet Milne Lecture, IUSS Press, Pavia, Italy.
- Priestley M.J.N., Grant D.N. [2005] "Viscous damping in seismic design and analysis," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 9, Special Issue 1, pp. 229-255.
- Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M. [1996] Seismic Design and Retrofit of Bridges, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Prota A., Cicco F., Cosenza E. [2009] "Cyclic behavior of smooth steel reinforcing bars: experimental analysis and modeling issues," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 13, No. 4, pp. 500-519.
- Przemieniecki J.S. [1968] Theory of Matrix Structural Analysis, McGraw Hill.
- Ramberg W., Osgood W.R. [1943] Description of Stress-Strain Curves by Three Parameters, National Advisory Committee on Aeronautics, Technical Note 902.
- Repapis C. [2000] Study of Different Approaches for Nonlinear Dynamic Analysis of RC Frames, MSc Dissertation, Dept. of Civil Engineering, Imperial College, London, UK.
- Richard R.M., Abbott B.J. [1975] "Versatile Elastic Plastic Stress-Strain Formula," *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, Vol. 101, No. 4, pp. 511-515.

- Riddington J.R., Ghazali M.Z. [1988] "Shear strength of masonry walls," Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference, Dublin, Ireland.
- Rosenblueth, E. [1951] *A basis for a Seismic Design*, PhD Thesis, University of Illinois, Urbana, USA..
- Sahlin S. [1971] *Structural Masonry*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.
- San Bartolome A. [1990] *Coleccion del Ingeniero Civil, Libro No. 4, Colegio de Ingenieros del Peru*, Peru. (in Spanish)
- Sattar S. and Liel A.B. [2010] "Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Structures with and without Masonry Infill Walls". 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, Canada.
- Scott B.D., Park R., Priestley M.J.N. [1982] "Stress-strain behaviour of concrete confined by overlapping hoops at low and high strain rates," *ACI Journal*, Vol. 79, No. 1, pp. 13-27.
- Scott M.H., Fenves G.L. [2006] "Plastic hinge integration methods for force-based beam-column elements," *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 132, No. 2, pp. 244-252.
- Seed H.B., Idriss I.M., Makdisi F., Banerjee N. [1975] "Representation of irregular stress time-histories by equivalent uniform stress series in liquefaction analysis," Report No. UCB/EERC 75-29, University of California, Berkeley, USA.
- Sheikh S.A., Uzumeri S.M. [1982] "Analytical model for concrete confined in tied columns," *Journal of the Structural Division, ASCE*, Vol. 108, No. ST12, pp. 2703-2722.
- Simo J.C., Hughes T.J.R. [1998] *Computational Inelasticity*, Springer-Verlag New York, USA.
- Simoes R., Simoes da Silva L., Cruz P. [2001] "Behaviour of end-plate beam-to-column composite joints under cyclic loading," *International Journal of Steel and Composite Structures*, Vol. 1, No. 3, pp. 355-376.
- Sivaselvan M., Reinhorn A.M. [1999] "Hysteretic models for cyclic behavior of deteriorating inelastic structures," Report MCEER-99-0018, MCEER/SUNY/Buffalo.
- Sivaselvan M., Reinhorn A.M. [2001] "Hysteretic models for deteriorating inelastic structures," *Journal of Engineering Mechanics, ASCE*, Vol. 126, No. 6, pp. 633-640, with discussion by Wang and Foliente and closure in Vol. 127, No. 11.
- Smyrou E., Blandon C.A., Antoniou S., Pinho R., Crisafulli F. [2011] "Implementation and verification of a masonry panel model for nonlinear dynamic analysis of infilled RC frames," *Bulletin of Earthquake Engineering*, DOI 10.1007/s10518-011-9262-6.
- Spacone E., Ciampi V., Filippou F.C. [1996] "Mixed formulation of nonlinear beam finite element," *Computers & Structures*, Vol. 58, No. 1, pp. 71-83.
- Spoelstra M., Monti G. [1999] "FRP-confined concrete model," *Journal of Composites for Construction, ASCE*, Vol. 3, pp. 143-150.
- Shrive N.G. [1991] "Materials and material properties," in *Reinforced and Prestressed Masonry*, Longman Scientific and Technical, London, England.
- Stafford-Smith B. [1966] "Behaviour of square infilled frames," *Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of Structural Division*, Vol. 92, No. ST1, pp. 381-403.
- Stafford-Smith B. and Carter C. [1969]. "A method for the analysis of infilled frames", *Proc. Instn. Civ. Engrs.*, 44, 31-48.
- Stockl S., Hofmann P. [1988] "Tests on the shear bond behaviour in the bed-joints of masonry," *Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference*, Dublin, Ireland.
- Takeda T., Sozen M.A., Nielsen N.N. [1970] "Reinforced concrete response to simulated earthquakes," *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol. 96, No. ST12, pp. 2557-2573.
- Thiruvengadam H. [1980] "On the natural frequencies of infilled frames," *Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 13, pp. 507-526.

TBDY [2018]: Turkish Seismic Building Regulations.

Triantafillou T.C. [2006] "Seismic Retrofitting using Externally Bonded Fibre Reinforced Polymers (FRP)," (To appear in Chapter 5 of the fib bulletin "Seismic Assessment & Retrofit of RC Buildings")

Trueb U. [1983] Stability Problems of Elasto-Plastic Plates and Shells by Finite Elements, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London.

TS500 [2000]: Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures.

Utku B. [1980] "Stress magnifications in walls with openings," Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Turkey.

Vamvatsikos D., Cornell C.A. [2002] "Incremental dynamic analysis," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, No. 3, pp. 491-514.

Varum H.S.A. [2003] Seismic Assessment, Strengthening and Repair of Existing Buildings, PhD Thesis, University of Aveiro, Portugal.

Wilson E. [2001] Static and Dynamic Analysis of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California. (available at URL: <http://www.edwilson.org/book/book.htm>)

Wakabayashi M. [1986] Design of earthquake-resistant buildings, McGraw-Hill, USA.

Wan Q., Yi W. [1986] "The shear strength of masonry walls under combined stresses," Proceedings of the Fourth Canadian Masonry Symposium, University of New Brunswick, Canada.

Wen Y.K. [1976] "Method for Random Vibration of Hysteretic Systems.", *Journal of the Engineering Mechanics Division*, ASCE, Vol. 102, Issue 2, Pg. 249-263.

Wolf J.P. [1994] Foundation Vibration Analysis Using Simple Physical Models, Prentice Hall, New Jersey, USA.

Yassin M.H.M. [1994] Nonlinear analysis of prestressed concrete structures under monotonic and cyclic loads, PhD Thesis, University of California, Berkeley, USA.

Yankelevsky D.Z., Reinhardt H.W. [1989] "Uniaxial behavior of concrete in cyclic tension," *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 115, No. 1, pp. 166-182.

Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. [1991] *The Finite Element Method*, 4th Edition, McGraw Hill.

Zona A. and Dall'Asta A. [2012] "Elastoplastic model for Steel buckling-restrained braces", *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 68, pp. 118-125

Apéndice A – Códigos

ApéndiceA.1 - Eurocódigos

En este apéndice se presentan los parámetros usados para la evaluación de estructuras de acuerdo con los eurocódigos (EC8-Parte1 y Parte3).

TIPOS DE ANÁLISIS

La práctica actual en Europa en materia de evaluación estructural está regulada por el Eurocódigo 8: Diseño de Estructuras para la Resistencia a Terremotos - Parte 1: Normas Generales, Acción Sísmica y Normas para Edificios (CEN, 2005a) y Parte 3: Evaluación y Reforzamiento de Edificios (CEN, 2005b).

De acuerdo con el Eurocódigo 8 (CEN, 2005b), los efectos de las acciones sísmicas en combinación con los efectos de las cargas permanentes y variables se evalúan mediante uno de los siguientes métodos:

- Análisis de la fuerza lateral, sujeto a las limitaciones especificadas en la sección 4.3.3.2.1 de la EN 1998-1: 2004 con la adición de la sección 4.4.2 de la norma EN 1998-3: 2005;
- Análisis del espectro de respuesta modal, sujeto a las limitaciones especificadas en la sección 4.3.3.3.1 de la norma EN 1998-1: 2004 con la adición de las condiciones especificadas en la sección 4.2 de la norma EN 1998-3: 2005;
- Análisis estático no lineal (pushover), de acuerdo con las secciones 4.3.3.4.2.1 de EN1998-1: 2004 y 4.4.4 de EN 1998-3: 2005;
- Análisis no lineal de time-historia, de acuerdo con el procedimiento de la sección 4.3.3.4.3. De la EN 1998-1: 2004;
- Enfoque de factor-q, según se describe en la sección 4.3.3.2 o 4.3.3.3 de la EN 1998-1: 2004, según proceda.

En SeismoBuild se emplea el método más común en la práctica de evaluación de edificios existentes, que es el análisis estático no lineal. Se basa en análisis de pushover realizados bajo cargas de gravedad constantes y fuerzas laterales crecientes aplicadas en la ubicación de las masas para simular las fuerzas de inercia inducidas por la acción sísmica. Dado que el modelo puede explicar la no linealidad tanto geométrica como mecánica, este método puede describir la evolución de los mecanismos plásticos esperados y el daño estructural.

Cada análisis de pushover conduce a una curva de capacidad, que es una relación entre el cortante total de la base y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, denominado "nodo de control". La demanda en el estado límite considerado –Cercano al Colapso, Daño Significativo o Limitación del Daño - se determina mediante la comparación apropiada entre la capacidad determinada por la curva de pushover y la demanda establecida como el espectro de respuesta lineal amortiguado. Para ello, los desplazamientos del "nodo de control" se definen en términos de magnitudes espectrales relativas a un sistema de un grado de libertad equivalente (SDOF) que se deriva de la respuesta de multi-grado de libertad estimada según Al anexo B de EN1998-1: 2004.

La demanda estructural asociada al desplazamiento objetivo adquirido deberá cumplir los criterios de verificación definidos en el Eurocódigo 8 - Parte 3 (CEN, 2005b). En consecuencia, se considera que la demanda de elementos por acción frágil (cortante) y dúctil (deformación por rotación de cuerdas) cumple con los límites que tienen en cuenta: las propiedades mecánicas de la sección; Elemento de flexión, cortante y la fuerza axial de interacción; y la degradación de resistencia/rigidez asociada con la

demanda de ductilidad y la respuesta histérica cíclica de elementos de hormigón armado, a través de una consideración de no linealidad material apropiada.

REQUISITOS DE DESEMPEÑO

Según EN1998-3, sección 2.1, los requisitos de desempeño se refieren al estado de daño en la estructura definida a través de tres estados límite, a saber, Cercano al Colapso (NC), Daño Significativo (SD) y Limitación del Daño (DL).

Estado Límite Cercano al Colapso (NC)

El estado límite Cercano al Colapso (NC) puede seleccionarse, de acuerdo con EN 1998-3, cuando el estado de daño meta de la estructura es cercano al colapso y probablemente no pueda sobrevivir otro terremoto, aún si fuera de intensidad moderada. La estructura queda altamente dañada con poca resistencia y capacidad de carga lateral residual, aunque los elementos verticales aún son capaces de soportar las cargas verticales. La mayoría de los componentes no estructurales and colapsado y se presentan derivas residuales. El nivel apropiado de protección se alcanza al escoger una acción sísmica con un periodo de retorno de 2,475 años correspondientes a una probabilidad de excedencia de 2% en 50 años.

Estado Límite Cercano de Daño Significativo (SD)

El estado límite de Daño Significativo (SD) puede seleccionarse, de acuerdo con EN 1998-3, cuando el estado meta de daño de la estructura es significativo y puede soportar réplicas de intensidad moderada, aunque no sea económicamente viable llevar a cabo reparaciones. Existe aún resistencia y rigidez lateral residual, y los elementos verticales son capaces de soportar las cargas verticales. Los componentes estructurales han sido dañados, aunque particiones y rellenos aún no han fallado fuera del plano. Hay deformaciones permanentes moderadas. El nivel apropiado de protección se alcanza escogiendo una acción sísmica con un periodo de 475 años correspondiente a una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años.

Estado Límite de Limitación del Daño (DL)

El estado límite de Limitación del Daño (DL) puede seleccionarse, de acuerdo con EN 1998-3, cuando el estado meta de daño de la estructura es insignificante y no necesita medidas de reparación. La estructura solo sufre daño ligero, con algunos elementos estructurales sin sufrir cedencia y reteniendo sus propiedades de resistencia y rigidez. Los componentes no estructurales, como particiones y rellenos pueden mostrar agrietamiento distribuido, pero el daño es económicamente reparable. Las deformaciones permanentes son despreciables. El nivel apropiado de protección se consigue escogiendo una acción sísmica con un periodo de retorno de 225 años, correspondiente a una probabilidad de excedencia de 20% en 50 años.

Los anexos en los Eurocódigos Nacionales especifican si es necesario usar los tres Estados Límite, dos de ellos, o uno solamente.

INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Para poder escoger el tipo de análisis admisible y el factor de confianza apropiado, se definen los siguientes tres niveles de conocimiento:

- KL1: Conocimiento Limitado
- KL2: Conocimiento Normal
- KL3: Conocimiento Completo

Los factores determinando el nivel de conocimiento adquirido son: (i) geometría, p. ej. las propiedades geométricas del sistema estructural y los elementos no estructurales, como los relleno de mampostería; (ii) detalles, que pueden incluir la cantidad y el detallado del refuerzo en secciones reforzadas de concreto, la conexión de los diafragmas de piso al sistemas de sismo resistencia, las juntas y el mortero

entre la mampostería y la naturaleza de los elementos de refuerzo en la mampostería; y finalmente (iii) materiales, que es las propiedades mecánicas de los materiales constituyentes.

KL1: Conocimiento Limitado

El conocimiento limitado corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural en general y los tamaños de los miembros son conocidos gracias a la inspección o a partir de planos de construcción originales usados para la construcción original y las modificaciones subsecuentes, además de suficientes muestras de dimensiones de geometría general y el tamaño de los miembros revisados en sitio. En caso de discrepancias entre los planos, una inspección dimensional más completa se lleva a cabo. Los detalles estructurales no se determinan a partir de dibujos de construcción detallados y se asumen basándose en diseño simulado de acuerdo con las prácticas usuales empleadas en la época de la construcción. Inspecciones limitadas se llevan a cabo en los elementos más críticos y deberían probar que lo asumido corresponde a la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción no está disponible así que los valores preestablecidos se asumen de acuerdo con los estándares de la época de construcción, acompañados por pruebas in-situ de los elementos más críticos.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales ya sean estáticos o dinámicos.

KL2: Conocimiento Normal

El nivel normal de conocimiento corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural general y los tamaños de los miembros se conocen a partir de inspecciones extendidas o a partir de planos constructivos usados en la construcción original y modificaciones subsecuentes, así como suficientes muestras de las dimensiones de la geometría general y el tamaño de los elementos. Los detalles estructurales son conocidos gracias a una inspección in-situ extensiva o a partir de detalles constructivos incompletos en combinación con inspecciones in-situ limitadas en los elementos más críticos, que confirman que la información disponible corresponde a la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción está disponible a partir de las pruebas in situ extendidas o a partir de especificaciones del diseño original y pruebas in-situ limitadas.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales o no lineales, ya sean estáticos o dinámicos.

KL3: Conocimiento Completo

El nivel de conocimiento completo corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural en general y el tamaño de los miembros son conocidos gracias inspecciones exhaustivas o a partir de planos de construcción usados en la construcción original y las modificaciones consecuentes, así como suficientes muestras de la geometría general y el tamaño de los miembros. Los detalles estructurales son conocidos gracias a una inspección in-situ exhaustiva o a partir del set completo de planos de construcción en combinación con inspecciones in-situ limitadas en los elementos más críticos, que prueban que la información disponible corresponde con la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción está disponible a partir de pruebas in-situ exhaustivas o a partir de reportes originales sobre pruebas realizadas in-situ.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales o no lineales, ya sean estáticos o dinámicos.

Factor de Confianza

En el siguiente cuadro de EN1998-3 se proporciona un resumen y recomendaciones para los factores de confianza y los métodos de análisis para cada nivel de conocimiento.

Nivel de Conocimiento	Geometría	Detalles	Materiales	Análisis	CF
KL1		Diseño simulado de acuerdo con las practicas relevantes y a partir de inspección in-situ limitada	Valores predefinidos de acuerdo con los estándares de la época de construcción y a partir de pruebas in-situ limitadas.	LF-MRS	CF _{KL1}
KL2	A partir de planos originales constructivos, con inspección visual de una muestra o con inspección completa	A partir de planos constructivos originales incompletos con inspección in-situ limitada o a partir de pruebas in-situ extensivas.	De especificaciones originales de diseño con pruebas in-situ limitadas o a partir de pruebas in-situ extensivas.	Todos	CF _{KL2}
KL3		A partir de planos constructivos originales detallados con inspección in-situ limitada o a partir de pruebas in-situ exhaustivas.	De reportes de pruebas originales con pruebas in-situ limitadas o a partir de pruebas in-situ exhaustivas.	Todos	CF _{KL3}

NOTA: Los valores adscritos a los factores de confianza que se deben usar en un país pueden encontrarse en su Anexo Nacional. Los valores recomendados son CF_{KL1}=1,35, CF_{KL2}=1,20 and CF_{KL3}=1,00.

Tabla 3.1 del EN 1998-3

Factores de Seguridad

Los valores de los factores de seguridad y las expresiones de código empleadas pueden especificarse a través de la ventana de dialogo que se abre con el botón correspondiente. Debe notarse que los valores predefinidos para los factores de seguridad son los establecidos en el Eurocódigo 8 –Parte 3.

Factores de Seguridad Especifique los valores para los Factores de Seguridad de las revisiones

Eurocode 8, Parte-3 ASCE 41-17

Factores de Seguridad

Factor γ_{el} para el cálculo de capacidad a cortante, miembros primarios (A.12)	1.150
Factor γ_{el} para el cálculo de capacidad a cortante, miembros secundarios (A.12)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones rectangulares y miembros primarios (A.1)	1.500
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones rectangulares y miembros secundarios (A.1)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u, ρ_l , secciones rectangulares y miembros primarios (A.3)	1.800
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u, ρ_l , secciones rectangulares y miembros secundarios (A.3)	1.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones circulares y miembros primarios (A.1)	2.000
Factor γ_{el} para el cálculo de la capacidad a rotación de cuerda θ_u , secciones circulares y miembros secundarios (A.1)	1.000
Factor Parcial γ_{cc} por concreto (A.12)	1.500
Factor Parcial γ_{ss} por acero (A.12)	1.150
Factor γ_{RD} por uniones viga-columna (EN 1998-1:2004, Sección 5.5.2.3)	1.200
Factor Parcial γ_{fd} por polímeros reforzados con fibra, FRP (A.33)	1.500

De la ecuación (A.1) De las ecuaciones (A.3) y (A.10) o (A.11)

De las ecuaciones (A.10.a) y (A.11.a) De las ecuaciones (A.10.b) y (A.11.b)

De la ecuación (5.35) De la ecuación (5.36)

Ok
 Cancelar
 Valores por Defecto del Programa
 Establecer como por Defecto

Módulo de Factores de Seguridad

MODELOS DE CAPACIDAD PARA EVALUACIONES Y REVISIONES

Todas las revisiones en los miembros (capacidad de rotación de cuerda y capacidad a cortante) deben llevarse a cabo para todos los elementos en todos los pisos, de acuerdo con el Anexo A del EN1998-3:20, considerando todos los miembros como elementos sísmicos primarios o secundarios, diseñados de acuerdo con las definiciones en el EN1998-1:2004, 4.2.2(1)P, (2) y (3). Además, se pueden emplear revisiones de las uniones viga-columna para comprobar (i) las fuerzas de cortante horizontal que actúan sobre el núcleo de las uniones; (ii) el área de aros horizontales de la junta y (iii) si se proporciona un refuerzo vertical adecuado a la columna que pasa a través de la junta.

Capacidad de Deformación

La capacidad de deformación de las vigas, columnas y muros se define en términos de la rotación de cuerda θ , que es el ángulo entre la tangente del eje en el extremo donde ocurre la cedencia y la cuerda conectando ese extremo con el extremo del tramo a cortante ($L_v = M/V = \text{momento/cortante}$ en la sección del extremo). La rotación de cuerda también es igual la razón de deriva del elemento, que es la deflexión en el extremo del tramo a cortante con respecto a la tangente del eje en el extremo de cedencia dividida entre el tramo a cortante.

La capacidad de deformación de las vigas y las columnas está altamente influenciada por la falta de detallado sísmico adecuado en el refuerzo longitudinal, así como también por el tipo de varillas, si la varilla es lisa o corrugada y/o si el acero trabaja en frío y frágil. Desarrollo inadecuado del traslape a lo largo del claro de una viga o la altura de una columna, así como confinamiento inadecuado en las uniones viga-columna pueden controlar la respuesta del miembro ante acciones sísmicas, drásticamente limitando su capacidad con respecto a la situación en la cual el refuerzo se considera completamente efectivo. Las limitaciones mencionadas ante la capacidad de deformación se toman en consideración.

El valor de la rotación de cuerda para el estado límite del colapso cercano (NC) es el valor de la rotación de cuerda total última (parte elástica más la inelástica) de los miembros de concreto bajo cargas cíclicas, la cual se calcula con las ecuaciones (A.1) y (A.3) del EC8: Parte 3 (CEN, 2005b):

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot \left(\min \left(9, \frac{L_V}{h} \right) \right)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{psx} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,25^{100\rho_d}) \quad (\text{A.1}) \text{ EC8: Parte 3}$$

Donde γ_{el} es igual al 1,5 para los elementos sísmicos primarios, igual a 1,0 para los elementos sísmicos secundarios, y L_V es la razón entre el momento de flexión, M , y la fuerza cortante V . Los parámetros restantes se definen en la sección A.3.2.2 del EC8: Parte 3.

Para muros, el valor dado en la ecuación (A.1) se multiplica por 0.58.

La rotación de cuerda total última de los miembros de concreto bajo carga cíclica también puede calcularse como la suma de la capacidad de rotación en la cedencia, y la parte plástica de la capacidad de rotación, calculada con la ecuación siguiente:

$$\begin{aligned} \theta_{um}^{pl} &= \theta_{um} - \theta_y \\ &= \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0,0145 \cdot (0,25^v) \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} \right]^{0,3} \cdot f_c^{0,2} \cdot \left(\min \left(9, \frac{L_V}{h} \right) \right)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{psx} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,275^{100\rho_d}) \end{aligned} \quad (\text{A.3}) \text{ EC8: Parte 3}$$

Donde γ_{el} es igual a 1,8 para los elementos sísmicos primarios, 1,0 para los secundarios; la rotación en la cedencia θ_y , se calcula de acuerdo con la sección A.3.2.4 del EC8: Parte 3 y los parámetros restantes están definidos en la sección A.3.2.2 del EC8: Parte 3.

En los muros, el valor θ_{um}^{pl} dado por la ecuación (A.3) se multiplica por 0,6.

La capacidad de rotación de cuerda correspondiente al estado límite del daño significativo (SD) se asume como $\frac{3}{4}$ de la rotación de cuerda última, calculada con las ecuaciones anteriores.

La capacidad de rotación de cuerda que corresponde al estado límite de daño limitado (DL) está dada por la rotación de cuerda en la cedencia, evaluada como:

Para vigas y columnas rectangulares:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V Z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d-d'} \frac{d_b L f_y}{6\sqrt{f_c}} \quad (\text{A.10a}) \text{ EC8: Parte 3}$$

Para paredes o secciones rectangulares en forma de T:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V Z}{3} + 0,0013 + \frac{\varepsilon_y}{d-d'} \frac{d_b L f_y}{6\sqrt{f_c}} \quad (\text{A.11a}) \text{ EC8: Parte 3}$$

O a partir de expresiones alternativas equivalentes para las vigas y las columnas rectangulares:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V Z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + \varphi_y \frac{d_b L f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (\text{A.10b}) \text{ EC8: Parte 3}$$

Para paredes o secciones rectangulares en forma de T:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V Z}{3} + 0,0013 + \varphi_y \frac{d_b L f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (\text{A.11b}) \text{ EC8: Parte 3}$$

Donde α_V es igual a cero si el momento de flexión es menor que L_V multiplicado por la resistencia a cortante del concreto- $V_{R,c}$ - y 1.0 si no lo es. V_R se calcula de acuerdo con las provisiones EN1992-1-1:2004 para elementos de concreto sin refuerzo a cortante. Los parámetros restantes se definen en la sección A.3.2.4 del EC8: Parte 3.

La curvatura de cedencia en la sección del extremo se calcula de acuerdo con las siguientes expresiones para aquellas secciones cuya zona de compresión es de ancho constante y para el caso de que la cedencia de la sección se deba a que el acero ha fluido.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

Si la sección ha fluido debido a deformaciones inelásticas del concreto en compresión, es decir, por deformación de fibra en el extremo en compresión es mayor que $\varepsilon_c \approx 1.8 f_c/E_c$, entonces la curvatura de cedencia se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

El valor menor de los dos valores anteriores se usa para el cálculo de la capacidad de rotación de acuerdo.

De acuerdo con el Anexo A del EN1998-3 la capacidad de rotación de cuerda está altamente influenciada por varios factores diferentes tales como el tipo de varillas de refuerzo longitudinales. Si se utiliza acero forjado en frío la rotación de cuerda plástica se divide entre 2, mientras que si se utilizan varillas de refuerzo lisas, entonces la sección A.3.2.2(5) del Anexo A se debe utilizar, tomando también en consideración si las varillas longitudinales tienen traslape adecuado o no.

En el caso de miembros con falta de detallado sísmico apropiado los valores dados por las expresiones (A.1) y (A.3) se dividen por 1.2. Además, si las varillas longitudinales deformadas tienen los extremos rectos, traslapados al inicio de la sección extrema del miembro, la parte plástica de la rotación de cuerda se calcula con el valor del refuerzo a compresión, ω' , al doble sobre el valor aplicado fuera de la región de traslape. En secciones donde la longitud de traslape entre secciones l_o es menor que la longitud de traslape mínima para alcanzar la deformación última $l_{ou,min}$, la parte de la rotación de cuerda plástica, dada por la ecuación (A.3) EC8: Parte 3, se multiplica por la razón $l_o/l_{ou,min}$. Para más información sobre el cálculo de $l_{ou,min}$ puede referirse a A.3.2.2(4) del Anexo A, mientras que el valor de rotación de cuerda de cedencia, θ_y toma en cuenta el efecto de traslape de acuerdo con e A.3.2.4(3) del Anexo A.

En el caso de columnas circulares, las ecuaciones anteriores no pueden utilizarse para el cálculo de la capacidad de rotación de cuerda de los elementos. En SeismoBuild, la siguiente ecuación sugerida por D. Biskinis y M.N. Fardis [2013] se utiliza para θ_y y θ_u .

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0.0027 \left(1 - \min \left(1; \frac{2 L_S}{15 D} \right) \right) + \alpha_{sl} \frac{\varphi_y d_{bl} f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

Donde los valores de f_y y f_c están en MPa, $\alpha_V=1$ si $V_{Rc} < V_{My}$, V_{Rc} se calcula a partir del Eurocódigo 2 (CEN 2004), de otra forma $\alpha_V=0$, y $\alpha_{sl}=0$ si el deslizamiento de las varillas a tensión en las zonas de anclaje más allá del extremo en cedencia es físicamente imposible, si no $\alpha_{sl}=1$.

$$\theta_u = (\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl} (1 - 0.5 L_{pl}/L_s) + \alpha_{sl} \Delta\theta_{u,slip}) / \gamma_{el}$$

Donde γ_{el} es igual a 2.0 para los elementos sísmicos primarios y a 1.0 para los elementos secundarios, $\Delta\theta_{u,slip}$ y L_{pl} se calculan de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta\theta_{u,slip} = 10 d_{bl} (\varphi_u + \varphi_y) / 2$$

$$L_{pl} = 0.6 D \left[1 + \frac{1}{6} \min \left(9; \frac{L_s}{D} \right) \right]$$

Se recomienda a los usuarios referirse a las publicaciones relevantes sobre la definición de los demás parámetros para obtener más detalles sobre la expresión.

Miembros Encamisados

Se hacen las siguientes suposiciones para poder evaluar las capacidades de deformación de las secciones encamisadas de acuerdo con el Anexo A del EN1998-3:2005: (i) los elementos encamisados se comportan monolíticamente, (ii) la carga axial completa se asume actuando en el miembro encamisado,

sin importar el hecho de que la carga axial se aplica originalmente en la columna existente, y (iii) las propiedades del concreto encamisado se asumen aplicadas en toda la sección del elemento.

El valor de la capacidad de rotación de acuerdo de los miembros encamisados se adopta en las verificaciones de capacidad dependiendo de los valores correspondientes calculados bajo los puntos asumidos anteriormente, adaptados a las siguientes ecuaciones del Anexo A del EN1998-3:2005:

El momento de fluencia:

$$M_y^* = M_y \quad (\text{A.18}) \text{ EC8: Parte 3}$$

La rotación de cuerda en la fluencia:

$$\theta_y^* = 1.05\theta_y \quad (\text{A.19a}) \text{ EC8: Parte 3}$$

La rotación de cuerda última:

$$\theta_u^* = \theta_u \quad (\text{A.20}) \text{ EC8: Parte 3}$$

Envolturas FRP

La contribución de la envoltura FRP a la capacidad de los miembros se toma en consideración, de acuerdo con el Anexo A del EN1998-3:2005, como se describe a continuación:

El efecto de la envoltura FRP a la capacidad a flexión del miembro en la cedencia se desprecia, con θ_y calculada de acuerdo con A3.2.1(2) a (4).

La capacidad total de rotación de acuerdo y la parte plástica de los miembros de secciones rectangulares con esquinas redondeadas se calcula a través de las expresiones (A.1) y (A.3), respectivamente, con el exponente del término de confinamiento incrementado por $\alpha\rho_f f_{re}$, donde α es el factor de efectividad del confinamiento, ρ_f la razón FRP paralela a la dirección de la carga y f_{re} el esfuerzo efectivo dado por la ecuación (A.35) del EC8: Parte 3.

Capacidad de Momento Flector

La capacidad de momento flector de vigas, columnas y muros con sección prismática se calcula según el párrafo 4.1 de D. Biskinis y M.N. Fardis (2009), mientras que para la capacidad de momento flector de columnas circulares párrafo 4 de Biskinis y M.N. Fardis (2013) está empleado.

Capacidad a Cortante

La capacidad a cortante se calcula a través de la siguiente expresión de acuerdo con el Anexo A del EN1998-3:2005, y está controlada por los estribos, tomando en cuenta la reducción debido a la parte plástica de la demanda de ductilidad.

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right) \right] \right] \quad (\text{A.12}) \text{ EC8: Parte 3}$$

Donde γ_{el} es igual a 1,15 para los elementos sísmicos primarios y a 1,0 para los secundarios, el resto de las variables se calculan como está definido en A.3.3 del Anexo A del EN1998-3.

La capacidad a cortante de un muro de concreto no debe tomarse mayor que el valor correspondiente a la falla por aplastamiento del alma, $V_{R,max}$, la cual, bajo carga cíclica se calcula de acuerdo con A3.3.1(2) del Anexo A del EN1998-3:2005 a partir de la siguiente expresión:

$$V_{R,max} = \frac{0,85(1-0,06\min(5;\mu_{\Delta}^{pl}))}{\gamma_{el}} \left(1 + 1,8\min\left(0,15; \frac{N}{A_c f_c}\right) \right) (1 + 0,25\max(1,75; 100\rho_{tot})) \cdot \left(1 - 0,2\min\left(2; \frac{L_V}{h}\right) \sqrt{f_c} b_w z \right) \quad (\text{A.15}) \text{ EC8: Parte 3}$$

Si el tramo a cortante de una columna de concreto (L_V/h) al final de una sección con el mayor de los momentos en los extremos es menor o igual a 2, la capacidad a cortante no debe tomarse mayor que el valor correspondiente a la falla por aplastamiento del alma a lo largo de la diagonal de la columna luego de la fluencia por flexión, $V_{R,max}$, la cual bajo cargas cíclicas se calcula de acuerdo a A3.3.1(3) del Anexo A del EN1998-3:2005 a partir de la siguiente expresión:

$$V_{R,max} = \frac{4/7 \left(1 - 0,02 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})\right)}{\gamma_{el}} \left(1 + 1,35 \frac{N}{A_c f_c}\right) (1 + 0,45(100\rho_{tot})) \sqrt{\min(40; f_c)} b_w z \sin 2\delta$$

(A.16) EC8: Parte 3

Donde δ es el ángulo entre la diagonal y el eje de la columna ($\tan \delta = h/2L_V$)

Concreto Encamisado

Se hacen las siguientes suposiciones para poder evaluar las capacidades de deformación de las secciones encamisadas de acuerdo con el Anexo A del EN1998-3:2005: (i) los elementos encamisados se comportan monolíticamente, (ii) la carga axial completa se asume actuando en el miembro encamisado, sin importar el hecho de que la carga axial se aplica originalmente en la columna existente, y (iii) las propiedades del concreto encamisado se asumen aplicadas en toda la sección del elemento.

El valor de la capacidad de rotación de acuerdo de los miembros encamisados se adopta en las verificaciones de capacidad dependiendo de los valores correspondientes calculados bajo los puntos asumidos anteriormente, adaptados a las siguientes ecuaciones del Anexo A del EN1998-3:2005:

$$V_R^* = 0.9V_R$$

(A.17) EC8: Parte 3

Envolturas FRP

De acuerdo con la sección A4.4.2(9) del Anexo A del EN1998-3:2005, en miembros donde la región de rótula plástica está totalmente envuelta con FRP en una longitud al menos igual a la profundidad del miembro, la resistencia cíclica V_R , puede calcularse a partir de la expresión (A.12) del EC8: Parte 3 agregando en V_w la contribución del encamisado FRP a la resistencia por cortante. La contribución del encamisado a V_w se calcula a través de la siguiente expresión:

$$V_{w,f} = 0,5\rho_f b_w z f_{u,fd}$$

(A.33) EC8: Parte 3

donde ρ_f es el radio geométrico del FRP, z es la longitud del brazo de palanca interno y $f_{u,fd}$ el valor de diseño de la resistencia última del FRP.

Deformaciones Axiales de Miembros de Acero

Las deformaciones axiales de las riostras en tracción y compresión deben ser de acuerdo con las disposiciones de las tablas B.2 y B.3 del Anexo B de EN1998-3:2005. Las deformaciones axiales de las columnas y vigas de acero a tracción deberán satisfacer las disposiciones de la Tabla B.4 del Anexo B de la EN 1998-3:2005.

Fuerzas Axiales de Miembros de Acero

Las capacidades de fuerza axial de las columnas, vigas y riostras de acero a tracción y compresión deben satisfacer las disposiciones de las secciones 6.2.3 y 6.3 de la EN 1993-1.

Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero

La verificación de la capacidad de rotación de nudo se realiza únicamente para columnas y vigas de acero según la Tabla B.1 del Anexo B de la EN 1998-3:2005.

Momento Flector de Miembros de Acero

Las capacidades a momento flector del acero de cada columna, viga y riostra de acero deben satisfacer las disposiciones de la sección 6.2.9 de la EN 1993-1-1:2005.

Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero

Las capacidades a fuerzas cortantes de cada columna, viga y riostra de acero deben satisfacer las disposiciones de la sección 6.2.6 de la EN 1993-1-1:2005.

Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero

La resistencia al pandeo de cada miembro de acero se calcula en términos de flexión biaxial combinada y compresión axial según las ecuaciones (6.61) y (6.62) de la sección 6.3.3 de la EN 1993-1-1:2005.

Fuerza Cortante en las Uniones

La compresión diagonal inducida en la articulación por el mecanismo de puntal diagonal no debe exceder la resistencia a la compresión del hormigón en presencia de tensiones transversales de tracción. EN 1998-1: 2004 define que este requisito se cumple mediante las siguientes normas:

Para uniones viga-columna interiores debe satisfacerse la siguiente expresión:

$$V_{jhd} \leq \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc} \quad (5.33) \text{ EC8: Parte 1}$$

Para uniones viga-columna exteriores la ecuación correspondiente es la siguiente:

$$V_{jhd} \leq 80\% \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc}$$

V_{jhd} es el cortante horizontal que actúa sobre el núcleo de una unión entre vigas sísmicas y columnas que son elementos sísmicos primarios y se determina teniendo en cuenta las condiciones más adversas bajo acciones sísmicas, es decir, las condiciones de diseño de capacidad para vigas que forman parte de la unión y los valores compatibles más bajos de fuerzas de cortante en los otros elementos del marco. Las expresiones de la fuerza de cortante horizontal que actúan sobre el núcleo de hormigón de las uniones son las siguientes:

Para uniones viga-columna interiores:

$$V_{jhd} = \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} - V_C \quad (5.22) \text{ EC8: Parte 1}$$

Para uniones viga-columna exteriores

$$V_{jhd} = \gamma_{Rd} A_{s1} f_{yd} - V_C \quad (5.23) \text{ EC8: Parte 1}$$

Para obtener información sobre los valores de las ecuaciones anteriores, los usuarios pueden consultar las secciones 5.5.3.3 (2) y 5.5.2.3 (2) de la norma EN 1998-1: 2004.

La opción para considerar las tensiones de las barras de refuerzo de los análisis en lugar de las tensiones de fluencia para el cálculo de la demanda de fuerza de corte horizontal de las uniones en el análisis no lineal está disponible en la pestaña Elementos de la Configuración avanzada. En este caso, las expresiones para el cortante horizontal que actúa sobre el núcleo de hormigón de las uniones son las siguientes:

Para uniones interiores de viga-columna:

$$V_{jhd} = (\Sigma A_{1i} \cdot \sigma_{1i} + \Sigma A_{2i} \cdot \sigma_{2i}) - V_C$$

Para uniones exteriores de viga-columna:

$$V_{jhd} = \Sigma A_{1i} \cdot \sigma_{1i} - V_C$$

Área de los Estribos de las Uniones

De acuerdo con EN 1998-1: 2004, se debe proporcionar un confinamiento adecuado de la unión, para limitar el esfuerzo de tracción diagonal máximo del hormigón. Este requisito puede satisfacerse proporcionando aros horizontales calculados a partir de la siguiente expresión:

$$\frac{A_{sh}f_{ywd}}{b_j h_{jw}} \geq \frac{\left(\frac{V_{jhd}}{b_j h_{jc}}\right)^2}{f_{ctd} + v_d f_{cd}} - f_{ctd} \quad (5.35) \text{ EC8: Parte 1}$$

Donde A_{sh} es el área total de los aros horizontales y f_{ctb} es el valor de diseño de la resistencia a la tracción del hormigón. Para la definición de los otros valores, los usuarios pueden consultar la sección 5.5.3.3 (3) de la EN 1998-1: 2004.

Alternativamente, la integridad de la junta después del agrietamiento diagonal puede estar asegurada por el refuerzo de los estribos horizontales. El área total de aros horizontales que deben proporcionarse en la articulación se calcula a partir de las siguientes ecuaciones:

Para uniones interiores:

$$A_{sh}f_{ywd} \geq \gamma_{Rd}(A_{s1} + A_{s2})f_{yd}(1 - 0,8v_d) \quad (5.36a) \text{ EC8: Parte 1}$$

Para uniones exteriores:

$$A_{sh}f_{ywd} \geq \gamma_{Rd}A_{s2}f_{yd}(1 - 0,8v_d) \quad (5.36b) \text{ EC8: Parte 1}$$

Donde γ_{Rd} es igual a 1,2; Para la definición de los demás valores, los usuarios pueden consultar la sección 5.5.3.3 (4) de la EN 1998-1: 2004.

Área de Refuerzo Vertical de las Uniones

Debe proporcionarse un refuerzo vertical adecuado de la columna que pasa a través de la unión de acuerdo con la sección 5.5.3.3 (6) de la norma EN 1998-1: 2004, de forma que se cumpla la siguiente expresión:

$$A_{sv,i} \geq (2/3)A_{sh}(h_{jc}/h_{jw}) \quad (5.37) \text{ EC8: Parte 1}$$

Con $A_{sv,i}$, denotando el área total de las barras intermedias colocadas en las correspondientes caras de columna entre las barras de esquina de la columna, incluyendo las barras que contribuyen al refuerzo longitudinal de las columnas.

Ductilidad de las Uniones

Tanto los elementos estructurales como la estructura en su conjunto deben tener una ductilidad adecuada de acuerdo con el apartado 4.4.2.3 de la Norma EN 1998-1: 2004. En edificios de tipo pórtico de dos o más pisos, se debe cumplir la siguiente condición en todas las juntas de vigas sísmicas primarias o secundarias con columnas sísmicas primarias:

$$\Sigma MR_c \geq 1,3 \Sigma MR_b \quad \text{EC8: Parte 1 (4.29)}$$

Donde ΣMR_c es la suma de los valores de cálculo de los momentos de resistencia de las columnas que forman la unión y ΣMR_b es la suma de los valores de cálculo de los momentos de resistencia de las vigas que forman la unión.

Capacidad Portante de Zapatas

La falla de la capacidad portante se verifica bajo combinaciones de acciones aplicados N_{ed} , V_{ed} , M_{ed} según EN 1998-5, 5.4.1.1 (8).

Fuerzas de Deslizamiento de Zapatas

El fallo por deslizamiento se verifica según EN 1998-5, apartado 5.4.1.1 (6) asegurando que la fuerza de deslizamiento V_{ed} sobre la base horizontal no supere la siguiente expresión:

$F_{Rd} + E_{pd}$

Dónde

F_{Rd} es la resistencia de diseño a la fricción de las zapatas y

E_{pd} es la resistencia lateral de diseño que surge del empuje del suelo en el lado de las zapatas.

Capacidad de Flexión de Zapatas

La revisión de la capacidad del momento flector se realiza según EN 1992-1-1. La demanda de momento flector se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad a Cortante de Zapatas

La verificación de la capacidad a cortante se realiza según EN 1992-1-1. La demanda de cortante se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad de Punzonamiento de Zapatas

La revisión de la capacidad de punzonamiento se realiza según se describe en EN 1992-1-1, apartado 6.4.2.

Excentricidad de Zapatas

La excentricidad de la carga no debe exceder el 1/3 de la dimensión en cada dirección de la zapata según EN 1997-1, sección 6.5.4. La verificación de doble excentricidad se verifica si la suma de los cuadrados de las excentricidades de carga en 2 direcciones horizontales es menor que 1/9.

CURVA DE CAPACIDAD

Cada análisis de pushover produce una curva de capacidad, la cual es la relación que existe entre la cortante basal total y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, llamado "nodo de control", con los valores del desplazamiento de control variando entre cero y el máximo valor definido por el usuario, el cual debe corresponder a 150% del desplazamiento objetivo.

DESPLAZAMIENTO OBJETIVO

El desplazamiento objetivo está definido por la demanda sísmica derivada del espectro de respuesta elástica en términos del desplazamiento de un sistema equivalente de un solo grado de libertad. Para definir el desplazamiento objetivo de un sistema MDOF un número de pasos deben llevarse a cabo de acuerdo con el anexo B del EN1998-1.

La siguiente relación entre las fuerzas laterales normalizadas F_i y los desplazamientos normalizados Φ_i se asume:

$$F_i = m_i \Phi_i$$

Donde m_i es la masa en piso i .

Los desplazamientos se normalizan de tal forma que $\Phi_n=1$, donde n es el nodo de control, consecuentemente $F_n=m_n$.

Transformación de un Sistema de un Solo Grado de Libertad Equivalente (SDOF):

La masa de un sistema SDOF m^* se determina como:

$$m^* = \sum m_i \Phi_i = \sum F_i$$

Y el factor de transformación está dado por:

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{\sum F_i}{\sum \left(\frac{F_i^2}{m_i} \right)}$$

La fuerza F^* y el desplazamiento d^* del SDOF equivalente se calculan como:

$$F^* = \frac{F_b}{\Gamma}$$

$$d^* = \frac{d_n}{\Gamma}$$

Donde F_b y d_n son, respectivamente, la fuerza cortante en la base y el desplazamiento del nodo de control del sistema de múltiples grados de libertad (MDOF).

Determinación de la relación fuerza-desplazamiento elástica perfectamente plástica

La fuerza de cedencia F_y^* , la cual representa también la capacidad última del sistema SDOF, es igual a la fuerza cortante en la base en el momento de la formación del mecanismo plástico. La rigidez inicial del sistema idealizado se determina de tal manera que las áreas bajo las relaciones de fuerza deformación real e idealizada son iguales, como se muestra en la figura B.1 abajo:

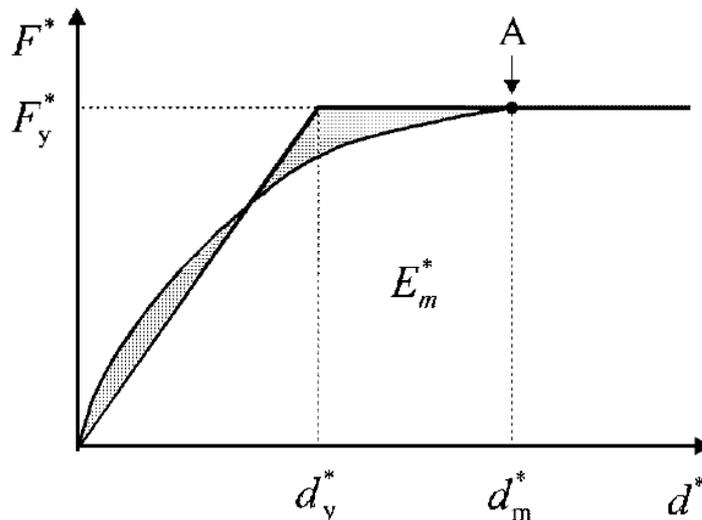


Figura B.1 del EN 1998-1: Determinación de la relación idealizada fuerza-desplazamiento

Basándose en esta suposición, el desplazamiento de cedencia en el SDOF idealizado d_y^* está dado por:

$$d_y^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$$

Donde E_m^* es igual a la energía de deformación hasta la formación del mecanismo plástico.

Determinación del periodo idealizado del sistema SDOF equivalente

El periodo T^* del SDOF idealizado puede determinarse con la expresión:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}}$$

Determinación del desplazamiento objetivo equivalente del sistema SDOF

El desplazamiento objetivo de la estructura con un periodo T^* y el comportamiento ilimitado elástica está dado por:

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2$$

Donde $S_e(T^*)$ es espectro de respuesta de aceleración elástica en el periodo T^* .

Para la determinación del desplazamiento objetivo d_t^* para estructuras en el rango de periodos cortos y para estructuras en los rangos estructuras en el rango de periodos mediano a largos diferentes expresiones pueden ser empleadas como se indica a continuación. El periodo esquina entre los periodos cortos y medianos se llama T_c .

- Para $T^* < T_c$ (periodo de rangos cortos)

Si $F_y^*/m^* \geq S_e(T^*)$, la respuesta es elástica así que

$$d_t^* = d_{et}^*$$

Si $F_y^*/m^* < S_e(T^*)$, la respuesta es inelástica así que

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{q_u} \left(1 + (q_u - 1) \frac{T_c}{T^*} \right) \geq d_{et}^*$$

Donde q_u es la razón entre la aceleración en la estructura con comportamiento elástico ilimitado $S_e(T^*)$ y la estructura con resistencia limitada F_y^*/m^* .

$$q_u = \frac{S_e(T^*)m^*}{F_y^*}$$

d_t^* no debe exceder 3 d_{et}^*

- Para $T^* \geq T_c$ (rango de periodos medianos y largos)

$$d_t^* = d_{et}^*$$

Determinación del desplazamiento objetivo para un sistema MDOF

El desplazamiento del sistema MDOF está dado por:

$$d_t = \Gamma d_t^*$$

Debe notarse que el desplazamiento objetivo corresponde al desplazamiento en el nodo de control.

Apéndice A.2 – ASCE

En este apéndice se presentan los parámetros utilizados para la evaluación de estructuras de acuerdo con el Código Americano para La Evaluación Sísmica y la Intervención de Edificios Existentes, ASCE / SEI 41-23.

TIPO DE ANÁLISIS

La práctica actual en los Estados Unidos está regulada por la ASCE 41-23: Código Americano para La Evaluación Sísmica y la Intervención de Edificios Existentes, ASCE / SEI 41-13, en combinación con ACI 318: Requisitos del Código de Construcción para Concreto Estructural y Comentarios, el ACI 440.2R-17: Guía para el diseño y construcción de Sistemas FRP Externamente Ligados para el Fortalecimiento de Estructuras de Concreto y ACI 369.1-22: Evaluación Sísmica y Refuerzo de Edificios de Concreto Existentes - Código y Comentarios.

De acuerdo con ASCE 41-23, los efectos de las acciones sísmicas en combinación con los efectos de las cargas permanentes y variables se evalúan utilizando uno de los siguientes métodos:

- Procedimiento estático lineal (LSP) de acuerdo con la sección 7.4.1 de ASCE 41-23;
- Procedimiento dinámico lineal (LDP) de acuerdo con la sección 7.4.2 de ASCE 41-23;
- Procedimiento estático no lineal (NSP) de acuerdo con la sección 7.4.3 de ASCE 41-23;
- Procedimiento dinámico no lineal (NDP) según la sección 7.4.4 de la ASCE 41-23.

En SeismoBuild se emplea el método más común en la práctica de evaluación de edificios existentes, que es el análisis estático no lineal. Se basa en análisis de pushover llevados a cabo bajo cargas gravitatorias constantes y fuerzas laterales crecientes, aplicadas en la ubicación de las masas para simular las fuerzas de inercia inducidas por la acción sísmica. Como el modelo puede dar cuenta de la no linealidad tanto geométrica como mecánica, este método puede describir la evolución de los mecanismos plásticos esperados y el daño estructural.

Cada análisis de pushover conduce a una curva de capacidad, que es una relación entre la cortante basal total y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, denominado "nodo de control". La demanda en el nivel de desempeño considerado - Nivel Operacional, Ocupación inmediata, Seguridad de Vida o Prevención de Colapso - se determina mediante la comparación apropiada entre la capacidad determinada por la curva de pushover y la demanda establecida como el Espectro de Respuesta Lineal amortiguado. Para hacerlo, los desplazamientos del "nodo de control" se definen en términos de cantidades espectrales relativas a un sistema equivalente de un grado de libertad (SDOF) que se deriva de la respuesta de varios grados de libertad (MDOF) estimada de acuerdo a la sección 7.4.3.3 del ASCE 41-23.

La demanda estructural asociada con el desplazamiento objetivo adquirido deberá cumplir los criterios de verificación definidos en ASCE 41-23. Por consiguiente, la demanda de elementos para acciones frágiles (cortante) y dúctiles (rótula plástica o rotación de cuerda) se considera que cumplen con los límites que tienen en cuenta: propiedades mecánicas de sección; la interacción de flexión, el cortante y la fuerza axial del elemento; y la degradación de la resistencia / rigidez asociada con la demanda de ductilidad y la respuesta histerética cíclica de los elementos de concreto armado, a través de la consideración apropiada de la no linealidad del material.

REQUISITOS DE DESEMPEÑO

Según ASCE 41-23 sección 2.4, los objetivos de la evaluación o rediseño (Tabla C2-8) consisten en combinaciones de un nivel de desempeño y una acción sísmica, dada una "probabilidad aceptable de

superación dentro del ciclo de vida del edificio" (terremoto de diseño), como se muestra en la Tabla C2-8 de la ASCE 41-23 a continuación.

Nivel de amenaza sísmica	Niveles objetivo de desempeño estructural			
	Nivel de desempeño Operacional (1-A)	Nivel de desempeño de Ocupación Inmediata (1-B)	Nivel de desempeño de Seguridad de Vida (3-C)	Nivel de desempeño de Prevención del Colapso (5-D)
50%/50 años	a	b	c	d
BSE-1E (20%/50 años)	e	f	g	h
BSE-2E (5%/50 años)	i	j	k	l
BSE-2N (2%/50 años)	m	n	o	p

Tabla C2-8. Objetivos de desempeño

Los niveles de desempeño del edificio objetivo se refieren al estado de daño en la estructura definida a través de cuatro estados límite, a saber, Nivel Operacional (1-A), Ocupación Inmediata (1-B), Seguridad de Vida (3-C) y Prevención del Colapso (5- RE).

Nivel de Desempeño Operacional (1-A)

El nivel operacional (1-A), de acuerdo con ASCE 41-23, es una condición en la cual se espera que el daño sea insignificante y la estructura no necesite ninguna medida de reparación. Se evita que los elementos estructurales cedan significativamente y retengan sus propiedades de resistencia y rigidez. Todos los sistemas importantes para la operación normal son funcionales. Los componentes no estructurales, como particiones y rellenos, no deben dañarse.

Nivel de Desempeño de Ocupación Inmediata (1-B)

La ocupación inmediata después del terremoto (1-B), de acuerdo con ASCE 41-23, es una condición en la que se espera que no se interrumpa ninguna operación de construcción durante y después del terremoto de diseño, con la posible excepción de funciones de importancia menor. Los elementos estructurales conservan sus propiedades de resistencia y rigidez. Algunas grietas finas pueden ocurrir en la estructura.

Nivel de Desempeño de Seguridad de Vida (3-C)

La seguridad de vida (3-C), de acuerdo con ASCE 41-23, es una condición en la que se espera que ocurra un daño moderado a la estructura durante el terremoto de diseño, aunque es probable que no sea económico de reparar. Los elementos estructurales conservan cierta resistencia y rigidez residuales. Los componentes no estructurales están dañados, aunque las particiones y los rellenos no han fallado fuera del plano. Las derivas permanentes moderadas están presentes.

Nivel de Desempeño de Prevención del Colapso (5-D)

La Prevención del Colapso (5-D), de acuerdo con ASCE 41-23, es una condición en la que se espera un daño severo (no reparable, en general) a la estructura durante el terremoto de diseño y probablemente no sobreviva a otro terremoto. La estructura está muy dañada con baja resistencia lateral residual y rigidez, aunque los elementos verticales todavía son capaces de soportar cargas axiales. La mayoría de los componentes no estructurales se han colapsado y hay grandes derivas permanentes presentes.

Los criterios para la selección de los Objetivos de Desempeño se pueden encontrar en ASCE 41-23.

INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Para elegir el tipo de análisis admisible y los valores apropiados del factor de confianza, se definen los siguientes tres niveles de conocimiento:

- Conocimiento Mínimo
- Conocimiento Usual
- Conocimiento Integral

Los factores que determinan el nivel de fiabilidad de los datos obtenidos son la (i) geometría, que son las propiedades geométricas del sistema estructural y de los elementos no estructurales, p.e. paneles de relleno de mampostería, que pueden afectar la respuesta estructural; (ii) detalles, que incluyen la cantidad y detalles del refuerzo en secciones de concreto reforzado, la conexión de los diafragmas del piso a la estructura de resistencia lateral, el mortero de pega de la mampostería y la naturaleza de cualquier elemento de refuerzo en la mampostería; y finalmente (iii) materiales, es decir, las propiedades mecánicas de los materiales constituyentes.

Conocimiento Mínimo

Los requisitos mínimos de recopilación de datos corresponden a un estado de conocimiento donde la información se obtiene a partir de dibujos de diseño con información suficiente para analizar las demandas de los componentes y calcular las capacidades de los componentes. Los planos de diseño muestran la configuración del sistema de carga por gravedad y del sistema resistente a fuerzas sísmicas con suficientes detalles. La información se verifica mediante una evaluación de condición visual.

A falta de información suficiente de los dibujos de diseño, la información incompleta o inexistente se complementa con una evaluación exhaustiva de la condición, incluida la investigación destructiva y no destructiva. En ausencia de registros de pruebas de materiales e informes de garantía de calidad, las propiedades de materiales por defecto se utilizan de acuerdo con el capítulo 10 de la ASCE 41-23.

Conocimiento Usual

El nivel de fiabilidad de datos habitual corresponde a un estado de conocimiento donde la información se obtiene a partir de dibujos de diseño con información suficiente para analizar las demandas de los componentes y calcular las capacidades de los componentes. Los dibujos de diseño muestran la configuración del sistema de carga por gravedad y del sistema resistente a fuerzas sísmicas con suficientes detalles. La información se verifica mediante una evaluación de condición visual.

A falta de información suficiente de los dibujos de diseño, la información incompleta o inexistente se complementa con una evaluación exhaustiva de la condición, incluida la investigación destructiva y no destructiva. En ausencia de registros de pruebas de materiales e informes de garantía de calidad, las propiedades de materiales por defecto se utilizan de acuerdo con el capítulo 10 de la ASCE 41-23.

Conocimiento Integral

El nivel de confiabilidad de datos completo corresponde a un estado de conocimiento donde la información se obtiene de documentos de construcción que incluyen planos de diseño, especificaciones, registros de pruebas de materiales e informes de control de calidad que cubren la construcción original y las modificaciones posteriores a la estructura. La información se verifica mediante una evaluación de condición visual.

En los casos en que los documentos de construcción son incompletos, la información faltante se complementa con una evaluación exhaustiva de la condición, incluida la investigación destructiva y no destructiva. En ausencia de registros de pruebas de materiales e informes de control de calidad, las propiedades del material se determinan mediante pruebas exhaustivas de materiales de acuerdo con el capítulo 10 de la ASCE 41-23.

Factores de Conocimiento

En la siguiente tabla de la ASCE 41-23, se proporciona un resumen y recomendaciones para los factores de confianza y los métodos de análisis para cada nivel de conocimiento.

Datos	Nivel de Conocimiento					
	Mínimo		Usual		Integral	
Nivel de Desempeño	Seguridad de Vida (S-3) o menor		Control de Daño (S-2) o menor		Ocupación Inmediata (S-1) o menor	
Procedimientos de Análisis	LSP, LDP		Todos		Todos	
Pruebas	Sin pruebas ^a		Pruebas usuales		Pruebas exhaustivas	
Dibujos	Dibujos de diseño	Dibujos de inspección en campo en ausencia de dibujos de diseño	Dibujos de diseño	Dibujos de inspección en campo en ausencia de dibujos de diseño	Dibujos de diseños	Dibujos de inspección en campo en ausencia de dibujos de diseño
Evaluación Condicional ^b	Visual	Comprensiva	Visual	Comprensiva	Visual	Comprensiva
Propiedades de Material	De dibujos de diseño (o documentos) ^c	A partir de valores predefinidos	De dibujos de diseño (o documentos) y pruebas	A partir de pruebas usuales	De dibujos de diseño (o documentos) y pruebas	A partir de pruebas exhaustivas
Factor de Conocimiento (K) ^d	0.9 ^e		0.75	1.00	1.00	1.00

Tabla 6-1 del ASCE

Según la Sección 6.2.3.2 de la ASCE 41-23, cuando se utilizan procedimientos no lineales, se debe realizar la recolección de datos consistente con los niveles de conocimiento habituales o completos.

Factores de Seguridad

En ASCE 41-23 los factores de seguridad se incorporan directamente en las capacidades y los límites de deformación del miembro.

En los miembros donde la separación longitudinal del refuerzo transversal no excede el 75% de la profundidad efectiva del componente medido en la dirección del cortante, se supondrá un refuerzo transversal del 100% efectivo en la resistencia a dicha cortante. Además, en los miembros en los que el espaciamiento longitudinal del refuerzo transversal excede la profundidad efectiva del componente medida en la dirección del cortante, se supondrá que el refuerzo transversal es ineficaz para resistir el cortante. La interpolación lineal debe ejecutarse en otro caso. Los usuarios pueden decidir en el cuadro de diálogo Factores de seguridad, si aplicar o no una regla tan estricta. Para obtener más información sobre esta regla, los usuarios pueden consultar la sección 4.2.3 de la ACI 369.1-22.

MODELOS DE CAPACIDAD PARA EVALUACIONES Y REVISIONES

Todas las comprobaciones de los elementos de hormigón armado (capacidad de rotación de nudo y capacidad a cortante) deben realizarse para todos los elementos de cada piso, de acuerdo con el Capítulo 10 de ASCE 41-23, el Capítulo 11 de ACI 318-19, el Capítulo 4 de ACI 369.1-22 y el Capítulo 11 de ACI 440, teniendo en cuenta las Tablas 7-6 y 7-7 de ASCE 41-23. Debe verificarse también la relación de deriva entre pisos en muros controlados por cortante. Además, pueden emplearse las comprobaciones de nudos viga-columna para verificar la fuerza cortante en el nudo. Asimismo, todas las comprobaciones de los elementos de acero deben realizarse para todos los elementos de acero de cada piso, de acuerdo con los Capítulos 2 y 3 de AISC 342-22. Específicamente, las comprobaciones de vigas de acero se llevan a cabo conforme al Capítulo 2 de AISC 342-22, mientras que las columnas y las riostras de acero se evalúan según el Capítulo 3. Las vigas con una fuerza axial igual o superior al 10% de su resistencia a compresión o tracción se clasifican como columnas y, por lo tanto, se evalúan conforme al Capítulo 3 de AISC 342-22.

Capacidad de Deformación

La capacidad de deformación de vigas, columnas y paredes controladas por flexión se define en términos de la rotación total de cuerda θ , que es el ángulo entre la tangente al eje en el extremo flexible y la cuerda que conecta ese extremo con el final del período de corte ($LV = M / V =$ momento / cortante en la sección final). La rotación de cuerda también es igual a la relación de deriva del elemento, que es la deflexión al final del tramo de cortante con respecto a la tangente al eje en el extremo en cedencia dividido por el tramo de cortante.

La capacidad de deformación de vigas, columnas y paredes controladas por flexión está altamente influenciada por la falta de detalles apropiados de resistencia sísmica en el refuerzo longitudinal, así como también por la presencia de varillas lisas. El desarrollo inadecuado de empalmes a lo largo del tramo (vigas) y altura (columnas) y la incrustación inadecuada en las juntas viga-columna pueden controlar la respuesta de los miembros a la acción sísmica, limitando drásticamente su capacidad, con respecto a la situación en la que el refuerzo se considera completamente eficaz. Las limitaciones anteriores a la capacidad de deformación se toman en consideración.

La capacidad total de rotación de cuerda en la parte final de los elementos de concreto bajo carga cíclica se calcula como la suma de la rotación de cuerda en cedencia y la parte plástica de la capacidad de rotación de cuerda

$$\theta = \theta_y + \theta_p$$

La capacidad de rotación de cuerda en cedencia, θ_y , se calcula como se describe a continuación:

- Para vigas y columnas de la ecuación (4.29) de D.Biskinis (2007):

$$\theta_y = \frac{M_y L_s}{3EI_{\text{eff}}}$$

donde el valor de rigidez efectiva, EI_{eff} , se calcula de acuerdo con la Tabla 3.1.2.1 del ASCE 41-23.

- Para las paredes de la ecuación (7.4.1.1.1) de la ASCE 41-23:

$$\theta_{yE} = \left(\frac{M_{cyGE}}{(E_c E I)_{\text{eff}}} \right) l_p$$

(7.4.1.1.1) ASCE 41-23

La parte plástica de la capacidad de rotación de cuerda se calcula como se indica a continuación:

- Para vigas de acuerdo con la Tabla 4.2.2.2.2a de ACI 369.1-22
- Para columnas de acuerdo con la Tablas 4.2.2.2.2b y 4.2.2.2.2c de la ACI 369.1-22
- Para paredes controladas por flexión de acuerdo con la Tabla 7.4.1.1.1 de ASCE 41-23 y para paredes controladas por cortante según la Tabla 7.4.1.1.2 de ASCE 41-23

La capacidad de deformación de las paredes controladas por cortante se define en términos de la razón de deriva entre pisos como se indica en la Tabla 7.4.1.1.3 de la ASCE 41-23.

La capacidad de momento en cedencia se calcula de acuerdo con las ecuaciones del Apéndice 7A de KANEPE.

Se aconseja a los usuarios consultar las publicaciones relevantes para la definición de los otros parámetros y más detalles sobre las expresiones.

Envoltura FRP

La contribución de la envoltura de FRP a la capacidad de los miembros se tiene en cuenta en el cálculo de la capacidad de momento de cedencia.

Capacidad de Momento Flector

La capacidad de momento flector de vigas, columnas y muros con sección prismática se calcula según el párrafo 4.1 de D. Biskinis y MN Fardis (2009), mientras que para la capacidad de momento flector de columnas circulares párrafo 4 de Biskinis y MN Fardis (2013) está empleado.

Capacidad a Cortante

La capacidad de corte de las columnas se calcula mediante la siguiente expresión de acuerdo con la sección 4.2.3.1 de la ACI 369.1-22.

$$V_{Col} = k_{nl}V_{Col0} = k_{nl} \left[\alpha_{Col} \left(\frac{A_v f_{ytL}/E^d}{s} \right) + \lambda \left(\frac{6\sqrt{f'_{cL}/E}}{M_{UD}/V_{UD}d} \sqrt{1 + \frac{N_{UG}}{6A_g\sqrt{f'_{cL}/E}}} \right) 0.8A_g \right] \text{ (lb/in.}^2 \text{ unidades)}$$

(4.2.3.1) ACI 369.1-22

$$V_{Col} = k_{nl}V_{Col0} = k_{nl} \left[\alpha_{Col} \left(\frac{A_v f_{ytL}/E^d}{s} \right) + \lambda \left(\frac{0.5\sqrt{f'_{cL}/E}}{M_{UD}/V_{UD}d} \sqrt{1 + \frac{N_{UG}}{0.5A_g\sqrt{f'_{cL}/E}}} \right) 0.8A_g \right] \text{ (Mpa unidades)}$$

(4.2.3.1.si) ACI 369.1-22

La resistencia al corte de una pared de corte se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \quad (18.10.4.1) \text{ ACI 318-19}$$

El valor de V_n en cualquier sección horizontal para una pared actuando en su plano de cortante no debe tomarse mayor a $0.83\sqrt{f'_c}hd$ de acuerdo con la sección 11.5.4.3 del ACI 318-19.

La capacidad a cortante de las secciones de la viga se calcula a partir de la ecuación (22.5.5.1) de ACI 318-19, con la resistencia al cortante proporcionada por la armadura transversal calculada a partir de la ecuación (22.5.8.5.3) de ACI 318-14 y la resistencia al cortante proporcionada por concreto calculado por la table 22.5.5.1 de la sección 22.5.5.1 de ACI 318-19.

Criterios	V_c		
$A_v \geq A_{v,min}$	cualquiera de:	$\left[0.17\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d$	(a)
		$\left[0.66\lambda(\rho_w)^{1/3}\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d$	(b)
$A_v < A_{v,min}$		$\left[0.66\lambda_s\lambda(\rho_w)^{1/3}\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d$	(c)

Tabla 22.5.5.1 de ACI 318-19

Se aconseja a los usuarios consultar las publicaciones relevantes para la definición de los otros parámetros y más detalles sobre las expresiones.

Envoltura FRP

La resistencia al cortante V_n , puede calcularse a partir de la expresión (4.2.3.1) de la ACI 369.1-22 para columnas o la ecuación (22.5.1.1) de ACI 318-19 para vigas y muros en cortante añadiendo en V_c la contribución de la envoltura de FRP a la resistencia al corte.

La contribución de la camisa de FRP a la resistencia al corte se calcula a través de la siguiente expresión multiplicada por un factor de reducción ψ_f , como se describe en la sección 11.4 de ACI 440:

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin\alpha + \cos\alpha) d_{fv}}{s_f} \quad (11.4a) \text{ ACI 440}$$

donde

$$A_{fv} = 2nt_f w_f \quad (11.4b) \text{ ACI 440}$$

y

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} E_f \quad (11.4d) \text{ ACI 440}$$

La resistencia total a la corte proporcionada por la suma del refuerzo de cortante de la FRP y el refuerzo de acero en cortante debe limitarse como se indica en la siguiente ecuación:

$$V_s + V_f \leq 8\sqrt{f'_c} b_w d \quad \text{en unidades in-lb}$$

$$V_s + V_f \leq 0.66\sqrt{f'_c} b_w d \quad \text{en unidades SI} \quad (11.4.3) \text{ ACI 440}$$

Se aconseja a los usuarios consultar las publicaciones relevantes para la definición de los otros parámetros y más detalles sobre las expresiones.

Deformaciones Axiales de Miembros de Acero

Las columnas de acero a tracción se consideran acciones controladas por deformación y se han verificado en términos de deformación axial de acuerdo con la Tabla C3.3 de AISC 342-22.

Fuerzas Axiales de Miembros de Acero

Las capacidades de fuerza axial de las riostras en tracción y compresión deben cumplir con las disposiciones de la tabla C3.2 de AISC 342-22 y los capítulos D y E de AISC 360-16. Las fuerzas axiales de las columnas de acero a tracción deben satisfacer las disposiciones de la Tabla C3.1 de AISC 342-22. Las columnas de acero a compresión se consideran acciones controladas por fuerza y se han verificado en términos de resistencia a fuerza axial de acuerdo con el Capítulo E de AISC 360-22. Las vigas de acero a tracción o compresión se han verificado únicamente cuando su fuerza axial obtenida del análisis es igual o superior al 10% de su resistencia a tracción o compresión, de acuerdo con el Capítulo 3 de AISC 342-22.

Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero

La verificación de la capacidad de rotación de nudo se realiza para las columnas y riostras de acero según la Tabla C3.6 de AISC 342-22 y para las vigas de acero según la Tabla C2.2 de AISC 342-22.

Momento Flector de Miembros de Acero

Las capacidades a momento flector de las columnas y riostras de acero deben satisfacer las disposiciones de las Secciones 4a.2a.1 y 4a.2b del Capítulo C3 de AISC 342-22. Las vigas de acero se verifican con el mismo criterio, despreciando la fuerza axial cuando es inferior al 10% de la resistencia a tracción o compresión.

Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero

Las capacidades a fuerzas cortantes de cada columna y riostra de acero deben satisfacer las disposiciones de las Secciones 4a.3 y 4b.3 del Capítulo C3 de AISC 342-22.

Deformaciones por Corte de Miembros de Acero

Las vigas de acero sometidas a cortante se consideran acciones controladas por deformación y se verifican en términos de deformación por cortante de acuerdo con la Tabla C2.4 de AISC 342-22. Las deformaciones por cortante se calculan dividiendo las fuerzas cortantes analíticas por la rigidez a cortante $K_e \cdot L_v$, tal como recomienda AISC 342-22 (Ecuación C2.5) para evaluar la deformación por cortante en el límite elástico a partir de la resistencia a cortante.

Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero

La resistencia al pandeo de cada miembro de acero se calcula en términos de flexión biaxial combinada y compresión axial de acuerdo con las Secciones 4a.2a.2 y 4a.2b del Capítulo C3 de AISC 342-22.

Fuerza de Cortante en las Uniones

La ecuación de la sección 4.2.3.2.2 de la ACI 369.1-22 se emplea para el cálculo de la capacidad de corte de las juntas:

$$V_j = \lambda \gamma \sqrt{f'_{cl/E} A_j} \quad (\text{lb/in.}^2 \text{ unidades}) \quad (4.2.3.2.2a) \quad \text{ACI} \\ 369.1-22$$

$$V_j = 0.083 \lambda \gamma \sqrt{f'_{cl/E} A_j} \quad (\text{MPa unidades}) \quad (4.2.3.2.2.si) \quad \text{ACI} \\ 369.1-22$$

El valor para γ se define en la tabla 4.2.3.2.2 de la ACI 369.1-22.

Se aconseja a los usuarios consultar las publicaciones relevantes para la definición de los otros parámetros y más detalles sobre las expresiones.

Ductilidad de las Uniones

Tanto los elementos estructurales como la estructura en su conjunto deben tener una ductilidad adecuada de acuerdo con el apartado 18.7.3 de la Norma ACI 318-19. En edificios de tipo pórtico de dos o más pisos, se debe cumplir la siguiente condición en todas las juntas de vigas sísmicas primarias o secundarias con columnas sísmicas primarias:

$$\Sigma M_{nc} \geq (6/5) \Sigma M_{nb} \quad (18.7.3.2) \text{ACI 318-19}$$

Donde ΣM_{nc} es la suma de los valores de diseño de los momentos de resistencia de las columnas que forman la unión y ΣM_{nb} es la suma de los valores de cálculo de los momentos de resistencia de las vigas que forman la junta. La verificación de la ductilidad de las uniones no se emplea para las uniones del nivel superior de edificios de varios pisos según el apartado 18.7.3.1 de ACI 318-19.

Capacidad de Rotación de Rocking de Zapatas

La capacidad de rotación de rocking se verifica de acuerdo con ASCE 41-23, sección 8.4.5.2.

Capacidad de Momento de Rocking de Zapatas

La capacidad del momento de rocking se verifica de acuerdo con ASCE 41-23, sección 8.4.5.3.

Capacidad de Flexión de Zapatas

La revisión de la capacidad del momento flector se realiza según ACI 318-19. La demanda de momento flector se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad a Cortante de Zapatas

La verificación de la capacidad a cortante se realiza según ACI 318-19 sección 22.5.5.1. La demanda de cortante se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad de Punzonamiento de Zapatas

La revisión de la capacidad de punzonamiento se realiza según se describe en ACI 318-19 sección 22.6.5

Excentricidad de Zapatas

La excentricidad de la carga no debe exceder el 1/3 de la dimensión en cada dirección de la zapata según EN 1997-1, sección 6.5.4. La verificación de doble excentricidad se verifica si la suma de los cuadrados de las excentricidades de carga en 2 direcciones horizontales es menor que 1/9.

CURVA DE CAPACIDAD

Cada análisis de pushover conduce a una curva de capacidad, que es una relación entre el cortante total en la base y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, denominado "nodo de control", con los valores del desplazamiento de control entre cero y un valor máximo definido por el usuario.

DESPLAZAMIENTO OBJETIVO

El desplazamiento objetivo δ_t (§ 7.4.3.3 de ASCE 41-23) se calculará teniendo en cuenta todos los factores relevantes que afectan el desplazamiento de un edificio que responde inelásticamente. Se permite considerar el desplazamiento de un sistema elástico de un solo grado de libertad con un período fundamental igual al período fundamental del edificio que está sujeto a las acciones sísmicas, para lo cual se realiza la revisión. Se necesita una corrección apropiada para derivar el desplazamiento correspondiente del edificio que se supone que responde como un sistema elástico perfectamente plástico.

Para edificios con diafragmas rígidos en cada piso, el desplazamiento del objetivo se calculará de acuerdo con la ecuación (7-29) de la ASCE 41-23 o mediante un procedimiento aprobado que tenga en cuenta la respuesta no lineal del edificio.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_\alpha \left(\frac{T_e^2}{4\pi^2} \right) g \quad (7-29) \text{ ASCE 41-23}$$

donde S_α es la aceleración del espectro de respuesta en el período fundamental efectivo y la relación de amortiguamiento del edificio en la dirección considerada, según se calcula en las Secciones 2.3.1 o 2.3.3 de ASCE 41-23, y C_0 , C_1 y C_2 son factores de modificación que se definen de la siguiente manera:

C_0 : Factor de modificación que relaciona el desplazamiento espectral del sistema de grado de libertad equivalente (SDOF) con el desplazamiento del techo del sistema de grado de libertad de construcción (MDOF) calculado utilizando el valor apropiado de la Tabla 7-5.

No. de Pisos	Edificios de Cortante		Otros Edificios
	Patrón de Carga Triangular (1.1, 1.2, 1.3)	Patrón de Carga Uniforme (2.1)	Cualquier pt. de Carga
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4

No. de Pisos	Edificios de Cortante		Otros Edificios
	Patrón de Carga Triangular (1.1, 1.2, 1.3)	Patrón de Carga Uniforme (2.1)	Cualquier pt. de Carga
10+	1.3	1.2	1.5

Tabla 7-5 del ASCE 41-23: Valores de Modificación del Factor C₀.

C₁: factor de modificación para relacionar los desplazamientos inelásticos máximos esperados con los desplazamientos calculados para la respuesta elástica lineal. Para períodos inferiores a 0.2s, C₁ no necesita tomarse más que el valor en T = 0.2s.

C₁=1.0 por T ≥ 1s, y

$$C_1 = 1 + \frac{\mu_{\text{strength}} - 1}{\alpha T_e^2} \text{ for } 0.2s \leq T < 1s, \tag{7-30} \text{ ASCE 41-23}$$

donde α es el factor de clase del sitio (es igual a 130 para la clase de sitio A o B, 90 para la clase de sitio C y 60 para la clase de sitio D, E o F), T_e es el período fundamental del edificio en la dirección considerada y μ_{strength} es la relación entre la demanda de resistencia elástica y el coeficiente de resistencia a la fluencia calculada de acuerdo con la ecuación (7-31) de la ASCE 41-23.

C₂: Factor de modificación para representar el efecto de la forma de histéresis pellizcada, la degradación de la rigidez cíclica y el deterioro de la resistencia en la respuesta máxima de desplazamiento. Para períodos mayores que 0.7, C₂ = 1.0;

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{\mu_{\text{strength}} - 1}{T_e} \right)^2 \tag{7-31} \text{ ASCE 41-23}$$

Donde la fuerza de resistencia μ se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\mu_{\text{strength}} = \frac{S_\alpha}{V_y/W} C_m \tag{7-32} \text{ ASCE 41-23}$$

C_m es el factor de masa efectivo con valores de acuerdo con la Tabla 7-4 de ASCE 41-23.

Se recomienda a los usuarios consultar el Código para la definición de los otros parámetros y más detalles sobre las expresiones.

Determinación de la relación idealizada fuerza desplazamiento elástica perfectamente plástica

La relación fuerza-desplazamiento no lineal que relaciona el cortante en la base con el desplazamiento del nodo de control se reemplazará por una curva idealizada para la determinación de la rigidez lateral equivalente K_e y el límite elástico correspondiente V_y del edificio.

Se recomienda que la curva de capacidad idealizada (relación fuerza-desplazamiento) sea bilineal, con una pendiente de la primera rama igual a K_e y una pendiente de la segunda rama igual a α₁K_e. Las dos líneas que componen la curva bilineal se pueden definir gráficamente, según el criterio de áreas aproximadamente iguales de las secciones definidas anteriormente y debajo de la intersección de las curvas real e idealizada (Figura 7-3 de la ASCE 41-23).

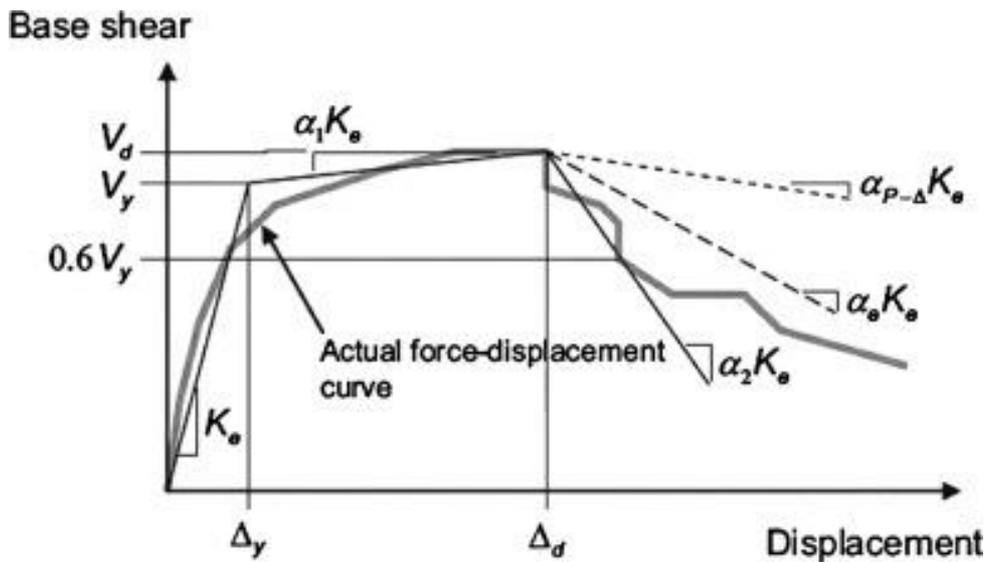


Figura 7-3 del ASCE 41-23 Curva de relación idealizada fuerza-desplazamiento.

La rigidez lateral equivalente K_e se determina como la rigidez secante que corresponde a una fuerza de corte base igual al 60% del límite de elasticidad efectivo V_y , este último definido por la intersección de las líneas anteriores. La inclinación normalizada (α_1) de la segunda bifurcación está determinada por una línea recta que pasa por el punto (V_d, Δ_d) y un punto en la intersección con el primer segmento de línea de manera que las áreas por encima y por debajo de la curva real están aproximadamente equilibradas. (V_d, Δ_d) debe ser un punto en la curva real de desplazamiento de fuerza en el desplazamiento objetivo calculado, o en el desplazamiento correspondiente al corte máximo, el que sea menor.

Determinación del periodo fundamental

El período fundamental efectivo en la dirección considerada se estimará en función de la curva idealizada de fuerza-desplazamiento.

El valor T_e del período fundamental efectivo se deriva de la siguiente expresión:

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (7-28) \text{ ASCE 41-23}$$

donde T_i es el período fundamental elástico en la dirección considerada, y se obtiene mediante el análisis de valores propios, K_i es la rigidez lateral elástica correspondiente, y K_e es la rigidez lateral efectiva.

Apéndice A.3 – NTC-18

En este Apéndice se presentan los parámetros usados para la evaluación de estructuras de acuerdo al Código Sísmico Nacional Italiano – NTC-18.

TIPOS DE ANÁLISIS

La práctica actual en Italia en materia de evaluación estructural está regulada por el Código Sísmico Nacional Italiano - NTC-18.

Según el NTC-18, los efectos de las acciones sísmicas en combinación con los efectos de las cargas permanentes y variables se evalúan utilizando uno de los siguientes métodos:

- Análisis elástico lineal;
- Análisis plástico;
- Análisis no lineal.

El análisis estático no lineal es el método de referencia en la práctica de evaluación de edificios existentes y es el empleado en SeismoBuild. Se basa en análisis de pushover realizados bajo cargas de gravedad constantes y fuerzas laterales crecientes aplicadas en la ubicación de las masas para simular las fuerzas de inercia inducidas por la acción sísmica. Dado que el modelo puede explicar la no linealidad tanto geométrica como mecánica, este método puede describir la evolución de los mecanismos plásticos esperados y el daño estructural.

Cada análisis de pushover conduce a una curva de capacidad, que es una relación entre el cortante total de la base y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, denominado "nodo de control". La demanda en el estado límite considerado - Nivel Operacional, Limitación del Daño, Seguridad de Vida o Prevención de Colapso - se determina mediante la comparación apropiada entre la capacidad determinada por la curva de pushover y la demanda establecida como el Espectro de Respuesta Lineal amortiguado. Para ello, los desplazamientos del "nodo de control" se definen en términos de magnitudes espectrales relativas a un sistema de un grado de libertad equivalente (SDOF) que se deriva de la respuesta de multi-grado de libertad estimada según A C7.3.4 del NTC-18.

La demanda estructural asociada al desplazamiento objetivo adquirido deberá cumplir con los criterios de verificación definidos en el NTC-18. En consecuencia, se considera que la demanda de elementos por acción frágil (cortante) y dúctil (deformación por rotación de cuerda) cumple con los límites que tienen en cuenta: las propiedades mecánicas de la sección; flexión de los elementos, el cortante y la fuerza axial de interacción; y la degradación de resistencia/rigidez asociada con la demanda de ductilidad y la respuesta histérica cíclica de elementos de hormigón armado, a través de la consideración de no linealidad material apropiada.

REQUISITOS DE DESEMPEÑO

De acuerdo con NTC-18, los requisitos de desempeño se refieren al estado de daño en la estructura definido a través de cuatro estados límite, a saber Nivel Operacional (SLO), Limitación del Daño (SLD), Seguridad de Vida (SLV) y Prevención del Colapso (SLC).

Estado Límite de Prevención del Colapso (SLC)

El estado límite de prevención del colapso (SLC) puede seleccionarse, de acuerdo al NTC-18, cuando la estructura, luego de un terremoto, sufre agrietamiento severo, el colapso de los componentes no estructurales y existe daño severo en equipos y componentes estructurales. El edificio aun retiene rigidez y resistencia significativa ante las cargas verticales y un pequeño margen de seguridad en contra

de las acciones laterales. El nivel apropiado de protección se alcanza escogiendo una acción sísmica con un periodo de retorno de 975 años correspondiente a una probabilidad de excedencia de 5% en 50 años.

Estado Límite de Seguridad de Vida (SLV)

El estado límite de Seguridad de Vida (SLV) puede seleccionarse, de acuerdo al NTC-18, cuando el edificio, luego de un terremoto, sufre agrietamiento y se da el colapso de componentes y equipo no estructurales, y hay daño significativo en los componentes estructurales, con una pérdida significativa de rigidez contra las acciones horizontales; la construcción aun retiene parte de la rigidez y resistencia antes acciones verticales y existe un margen de seguridad en contra del colapso ante acciones sísmicas horizontales. El nivel apropiado de protección se alcanza escogiendo la acción sísmica con un periodo de retorno de 475 años correspondiente a una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años.

Estado Límite de Limitación del Daño (SLD)

El estado límite de limitación del daño (SLD) puede seleccionarse, de acuerdo al NTC-18, cuando el edificio luego de un terremoto, incluyendo los componentes estructurales y no estructurales, así como equipo necesario para su funcionamiento, sufre daño que no compromete significativamente la resistencia y rigidez ante acciones verticales y horizontales. La estructura permanece utilizable inmediatamente a pesar de la interrupción del uso de parte de sus equipos. El nivel apropiado de protección se alcanza al escoger una acción sísmica con un periodo de retorno de 50 años, correspondiente a una probabilidad de excedencia de 63% en 50 años.

Estado Límite de Nivel Operacional (SLO)

El estado límite de nivel operacional (SLO) puede seleccionarse de acuerdo al NTC-18, cuando el edificio, incluyendo los componentes estructurales y no estructurales, así como el equipo relevante para su función, no debe dañarse o sufrir interrupción luego de un terremoto. El nivel apropiado de protección se alcanza al escoger la acción sísmica con un periodo de retorno de 30 años, correspondiente una probabilidad de excedencia de 81% en 50 años.

INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Para poder escoger el tipo admisible de análisis y el factor de confianza apropiado, se definen los siguientes tres niveles de conocimiento:

- KL1: Conocimiento Limitado
- KL2: Conocimiento Adecuado
- KL3: Conocimiento Preciso

Los factores determinando el nivel de conocimiento adquirido son: (i) geometría, p. ej. las propiedades geométricas del sistema estructural y los elementos no estructurales, como los relleno de mampostería que pueden afectar la respuesta estructural; (ii) detalles, que pueden incluir la cantidad y el detallado del refuerzo en secciones reforzadas de concreto, la conexión de los diafragmas de piso al sistemas de sismo resistencia, las juntas y el mortero entre la mampostería y la naturaleza de los elementos de refuerzo en la mampostería; y finalmente (iii) materiales, que es las propiedades mecánicas de los materiales constituyentes.

KL1: Conocimiento Limitado

El conocimiento limitado corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural en general y los tamaños de los miembros son conocidos gracias a la inspección o a partir de planos de construcción originales usados para la construcción original y las modificaciones subsecuentes, además de suficientes muestras de dimensiones de geometría general y el tamaño de los miembros revisados en sitio. En caso de discrepancias entre los planos, una inspección dimensional más completa se lleva a cabo. Los detalles estructurales no se determinan a partir de dibujos de construcción detallados y se asumen basándose en diseño simulado de acuerdo con las prácticas usuales empleadas en la época de la construcción. Inspecciones limitadas se llevan a cabo en los elementos más críticos y deberían probar

que lo asumido corresponde a la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción no está disponible así que los valores preestablecidos se asumen de acuerdo con los estándares de la época de construcción, acompañados por pruebas in-situ de los elementos más críticos.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales ya sean estáticos o dinámicos.

KL2: Conocimiento Adecuado

El nivel normal de conocimiento corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural general y los tamaños de los miembros se conocen a partir de inspecciones extendidas o a partir de planos constructivos usados en la construcción original y modificaciones subsecuentes, así como suficientes muestras de las dimensiones de la geometría general y el tamaño de los elementos. Los detalles estructurales son conocidos gracias a una inspección in-situ extensiva o a partir de detalles constructivos incompletos en combinación con inspecciones in-situ limitadas en los elementos más críticos, que confirman que la información disponible corresponde a la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción está disponible a partir de las pruebas in situ extendidas o a partir de especificaciones del diseño original y pruebas in-situ limitadas.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales o no lineales, ya sean estáticos o dinámicos.

KL3: Conocimiento Preciso

El nivel de conocimiento completo corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural en general y el tamaño de los miembros son conocidos gracias inspecciones exhaustivas o a partir de planos de construcción usados en la construcción original y las modificaciones consecuentes, así como suficientes muestras de la geometría general y el tamaño de los miembros. Los detalles estructurales son conocidos gracias a una inspección in-situ exhaustiva o a partir del set completo de planos de construcción en combinación con inspecciones in-situ limitadas en los elementos más críticos, que prueban que la información disponible corresponde con la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción está disponible a partir de pruebas in-situ exhaustivas o a partir de reportes originales sobre pruebas realizadas in-situ.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales o no lineales, ya sean estáticos o dinámicos.

Factores de Confianza

En la siguiente tabla de la sección C8.5.4.2 del comentario del NTC-18 un resumen y las recomendaciones para los factores de confianza y los métodos de análisis se proveen para cada nivel de conocimiento.

Nivel de Conocimiento	Geometría (trabajo estructural)	Detalles Estructurales	Propiedades de los Materiales	Métodos de Análisis	FC
LC1	De los dibujos de construcción del esquema original con una inspección visual de muestra o de una inspección completa	Proyecto simulado en concordancia con las practicas constructivas de la época y con evidencia in-situ limitada	Valores usuales de la época constructiva y evidencia in-situ limitada	Análisis lineal estático o dinámico	1.35
LC2		Planos constructivos incompletos con revisiones in-situ limitadas o revisiones in-situ extensivas.	A partir de especificaciones originales del proyecto o por certificados originales con evidencia in-situ limitada o pruebas in-situ extensivas.	Todos	1.20
LC3		Planos constructivos completos con revisiones limitadas in-situ o pruebas in-situ exhaustivas.	Por certificados de pruebas originales o a partir de especificaciones originales del proyecto con pruebas extensivas o pruebas in-situ exhaustivas	Todos	1.00

Tabla C8.5.IV del comentario del NTC-18 – Niveles de Conocimiento con una función de la información disponible, métodos consecuentes de análisis y valores permitidos para los factores de confianza para edificios de concreto o acero.

Factores de Seguridad

Los valores de los factores de seguridad y las expresiones de Código empleados pueden especificarse a través del cuadro de diálogo que se abre desde el botón correspondiente. Se observa que los valores predeterminados de los factores de seguridad son los definidos en NTC-18.

Módulo de Factores de Seguridad

MODELOS DE CAPACIDAD PARA EVALUACIONES Y REVISIONES

Todas las revisiones en los miembros (capacidad de rotación de cuerda y capacidad de cortante) deben realizarse para todos los elementos de cada piso, de acuerdo con el apartado 4.1.2.3.5 de la NTC-18 y las secciones C8.7.2.3 de los Comentarios, considerando a los miembros como elementos sísmicos primarios o secundarios (sección 7.2.3 del NTC-18). Además, se pueden emplear comprobaciones de las uniones viga-columna para comprobar (i) la tensión diagonal de la unión y (ii) la compresión diagonal de la unión. Finalmente, se pueden realizar controles de deriva entre pisos cuando sea necesario para los elementos verticales de cada piso, de acuerdo con la sección 7.3.6.1 del NTC-18.

Capacidad de Deformación

La capacidad de deformación de las vigas, columnas y muros se define en términos de la rotación de cuerda θ , que es el ángulo entre la tangente del eje en el extremo donde ocurre la cedencia y la cuerda conectando ese extremo con el extremo del tramo a cortante ($L_V = M/V = \text{momento/cortante}$ en la sección del extremo). La rotación de cuerda también es igual la razón de deriva del elemento, que es la deflexión en el extremo del tramo a cortante con respecto a la tangente del eje en el extremo de cedencia dividida entre el tramo a cortante.

La capacidad de deformación de las vigas y las columnas está altamente influenciada por la falta de detallado sísmico adecuado en el refuerzo longitudinal, así como también por el tipo de varillas, si la varilla es lisa o corrugada y/o si el acero trabaja en frío y frágil. Desarrollo inadecuado del traslape a lo

largo del claro de una viga o la altura de una columna, así como confinamiento inadecuado en las uniones viga-columna pueden controlar la respuesta del miembro ante acciones sísmicas, drásticamente limitando su capacidad con respecto a la situación en la cual el refuerzo se considera completamente efectivo. Las limitaciones mencionadas ante la capacidad de deformación se toman en consideración.

El valor de la rotación de cuerda para el estado límite de prevención del colapso (SLC) es el valor de la rotación de cuerda total última (parte elástica más la inelástica) de los miembros de concreto bajo cargas cíclicas, la cual se calcula con la siguiente expresión:

Para vigas y columnas:

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot \left(\frac{L_v}{h} \right)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{psx} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,25^{100\rho_d})$$

(8.7.2.1) comentario del NTC-18

Donde γ_{el} es igual a 1,5 para los elementos sísmicos primarios y 1.0 para los secundarios, L_v es la razón entre el momento de flexión M , y la fuerza cortante V . Los parámetros restantes están definidos en la sección C8.7.2.3.2 del comentario del NTC-18.

Para muros el valor dado en la expresión anterior se divide entre 1.6.

La capacidad de rotación de cuerda correspondiente al estado límite de Seguridad de Vida (SLV) se asume como $\frac{3}{4}$ de la rotación de cuerda última, calculada con las ecuaciones anteriores.

La capacidad que corresponde a los estados límite operacional y de limitaciones del daño (SLO y SLD), están dados por la rotación de cuerda en la cedencia, evaluada como:

Para vigas y columnas:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_v}{3} + 0,0013 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_v} \right) + 0,13 \varphi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (8.7.2.7a) \text{ comentario del NTC-18}$$

Para muros:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_v}{3} + 0,002 \left(1 - 0,125 \frac{L_v}{h} \right) + 0,13 \varphi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (8.7.2.7b) \text{ comentario del NTC-18}$$

Los parámetros relevantes están definidos en la sección C8.7.2.3.4 de los comentarios del NTC-18.

La curvatura de cedencia en la sección del extremo se calcula de acuerdo con las siguientes expresiones para aquellas secciones cuya zona de compresión es de ancho constante y para el caso de que la cedencia de la sección se deba a que el acero esté en cedencia:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

Si la sección ha fluido debido a deformaciones inelásticas del concreto en compresión, es decir, por deformación de fibra en el extremo en compresión es mayor que $\varepsilon_c \approx 1.8 f_c / E_c$, entonces la curvatura de cedencia se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

El valor menor de los dos valores anteriores se usa para el cálculo de la capacidad de rotación de cuerda.

De acuerdo con la sección C8.7.2.3.2 del comentario del NTC-18, la capacidad de rotación de cuerda está altamente influenciada por varios factores diferentes tales como el tipo de varillas de refuerzo longitudinales. Si se utilizan varillas de refuerzo lisas, entonces la rotación de cuerda última debe multiplicarse por el factor calculado de la ecuación 8.7.2.4 del comentario del NTC-18, tomando en cuenta si las varillas están bien traslapadas o no utilizando el factor de 8.7.2.3. En el caso de los miembros con falta de detallado apropiado para la resistencia sísmica la capacidad de rotación última se multiplica por 0.85.

En el caso de columnas circulares, las ecuaciones anteriores no pueden utilizarse para el cálculo de la capacidad de rotación de cuerda de los elementos. En SeismoBuild, la siguiente ecuación sugerida por D. Biskinis y M.N. Fardis [2013] se utiliza para θ_y y θ_u .

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0.0027 \left(1 - \min \left(1; \frac{2 L_S}{15 D} \right) \right) + \alpha_{sl} \frac{\varphi_y d_{bl} f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

Donde los valores de f_y y f_c están en MPa, $\alpha_V=1$ si $V_{Rc} < V_{My}$, V_{Rc} se calcula a partir del Eurocódigo 2 (CEN 2004), de otra forma $\alpha_V=0$, y $\alpha_{sl}=0$ si el deslizamiento de las varillas a tensión en las zonas de anclaje más allá del extremo en cedencia es físicamente imposible, si no $\alpha_{sl}=1$.

$$\theta_u = (\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl} (1 - 0.5 L_{pl} / L_S) + \alpha_{sl} \Delta \theta_{u,slip}) / \gamma_{el}$$

Donde γ_{el} es igual a 2.0 para los elementos sísmicos primarios y a 1.0 para los elementos secundarios, $\Delta \theta_{u,slip}$ y L_{pl} se calculan de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta \theta_{u,slip} = 10 d_{bl} (\varphi_u + \varphi_y) / 2$$

$$L_{pl} = 0.6D \left[1 + \frac{1}{6} \min \left(9; \frac{L_S}{D} \right) \right]$$

Se recomienda a los usuarios referirse a las publicaciones relevantes sobre la definición de los demás parámetros para obtener más detalles sobre la expresión.

Miembros Encamisados

Los valores de M_y^* , θ_y^* y θ_u^* para miembros encamisados que se adoptan para las verificaciones de capacidad dependen de los valores correspondientes calculados bajo los requisitos de la sección C8.7.2.3.2 del comentario del NTC-18, de acuerdo con las siguientes ecuaciones de la sección C8.7.4.2.1 del comentario del NTC-18:

El momento de cedencia:

$$M_y^* = 0.9 M_y \quad (8.7.4.2) \text{ comentario del NTC-18}$$

Rotación de cuerda en la fluencia:

$$\theta_y^* = 0.9 \theta_y \quad (8.7.4.3) \text{ comentario del NTC-18}$$

Rotación de cuerda última:

$$\theta_u^* = \theta_u \quad (8.7.4.4) \text{ comentario del NTC-18}$$

Envolturas FRP

El efecto de la envoltura FRP a la capacidad a flexión del miembro en la cedencia, calculada de acuerdo con el Anexo A del EN1998-3:2005 como se describe a continuación:

Se desprecia el efecto de la envoltura de FRP sobre la resistencia a la flexión de los miembros en fluencia, calculado de acuerdo con las ecuaciones C8.7.4.2.3 del comentario de NTC-18.

La capacidad total de rotación de cuerda y la parte plástica de los miembros de secciones rectangulares con esquinas redondeadas se calcula a través de la expresión 8.7.2.1 del comentario de NTC-18, respectivamente, con el exponente del término de confinamiento incrementado por $\alpha \rho_f f_{f,e}$, donde α es el factor de efectividad del confinamiento, ρ_f la razón FRP paralela a la dirección de la carga y $f_{f,e}$ el esfuerzo efectivo dado por la ecuación (A.35) del EC8: Parte 3.

Capacidad de Momento Flector

La capacidad de momento flector de vigas, columnas y muros con sección prismática se calcula según el párrafo 4.1 de D. Biskinis y M.N. Fardis (2009), mientras que para la capacidad de momento flector de columnas circulares párrafo 4 de Biskinis y M.N. Fardis (2013) está empleado.

Capacidad a Cortante

La capacidad a cortante se calcula a través de las expresiones definidas en la sección 4.1.2.3.5 del NTC-18 y la sección C.8.7.2.3.5 del comentario de NTC-18, dependiendo del valor de la demanda de ductilidad.

En los casos en que el valor de la demanda de ductilidad es inferior a 1, la capacidad a cortante se calcula a partir de la ecuación 4.1.23 de NTC-18, que corresponde a los elementos sin tener en cuenta la armadura transversal:

$$V_{Rd} = \{ [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \} \quad (4.1.23) \text{ NTC-18}$$

Cuando el valor de la demanda de ductilidad está entre 1 y 2, entonces la capacidad a cortante es igual al valor máximo obtenido de las ecuaciones 4.1.29 de NTC-18 y 8.7.2.8 del comentario de NTC-18.

Las ecuaciones 4.1.29 de NTC-18 corresponden a la capacidad de corte de los elementos teniendo en cuenta el refuerzo transversal.

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.29) \text{ NTC-18}$$

donde V_{Rsd} es la resistencia al corte que corresponde a la contribución de la armadura de cortante y se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad (4.1.27) \text{ NTC-18}$$

y V_{Rcd} es la resistencia al corte que corresponde al núcleo de concreto confinado y se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad (4.1.28) \text{ NTC-18}$$

La ecuación 8.7.2.8 del comentario de NTC-18 corresponde a la capacidad de corte controlada por los estribos, lo que representa la reducción debida a la parte plástica de la demanda de ductilidad.

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_v} \min(N; 0,55A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta,pl})) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_v}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (8.7.2.8) \text{ comentario del NTC-18}$$

donde γ_{el} es igual a 1,15 para los elementos sísmicos primarios y 1,0 para los secundarios, las otras variables se calculan como se define en la sección C.8.7.2.3.5 del comentario de NTC-18.

Si el valor de la demanda de ductilidad es mayor que 3, la capacidad de corte se calcula a partir de la ecuación 8.7.2.8 del comentario de NTC-18.

Finalmente, la interpolación lineal debe ejecutarse para valores de demanda de ductilidad entre 2 y 3.

Concreto Encamisado

La resistencia cíclica V_R , puede calcularse a partir de la sección 4.1 del NTC-18 agregando en V_w la contribución del encamisado FRP a la resistencia a cortante. La contribución del encamisado FRP se calcula a de acuerdo con la ecuación 4.19 del CNR-DT 200 R1/2013 de la siguiente forma:

$$V_R^* = 0,9V_R \quad (8.7.4.1) \text{ comentario NTC-18}$$

Envoltura FRP

La resistencia cíclica V_R , puede calcularse a partir de la sección 4.1 del NTC-18 agregando en V_w la contribución del encamisado FRP a la resistencia a cortante. La contribución del encamisado FRP se calcula a de acuerdo con la ecuación 4.19 del CNR-DT 200 R1/2013 de la siguiente forma.

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{fed} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot\theta + \cot\beta) \cdot \sin\beta$$

Deformaciones Axiales de Miembros de Acero

Las deformaciones axiales de las riostras a tracción y compresión deben satisfacer las disposiciones de las Tablas B.2 y B.3 del Anexo B de la EN 1998-3:2005. Las deformaciones axiales de las columnas y vigas de acero a tracción deberán satisfacer las disposiciones de la Tabla B.4 del Anexo B de la EN 1998-3:2005.

Fuerzas Axiales de Miembros de Acero

Las capacidades de fuerza axial de columnas, vigas y riostras de acero a tracción y compresión deben satisfacer las disposiciones de las secciones 6.2.3 y 6.3 de la EN 1993-1.

Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero

La verificación de la capacidad de rotación de nudo se realiza únicamente para columnas y vigas de acero según la Tabla B.1 del Anexo B de la EN 1998-3:2005.

Momento Flector de Miembros de Acero

Las capacidades a momento flector de cada columna, viga y riostra de acero deben satisfacer las disposiciones de la sección 6.2.9 de la EN 1993-1-1:2005.

Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero

Las capacidades a fuerzas cortantes de cada columna, viga y riostra de acero deben satisfacer las disposiciones de la sección 6.2.6 de la EN 1993-1-1:2005.

Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero

La resistencia al pandeo de cada miembro de acero se calcula en términos de flexión biaxial combinada y compresión axial según las ecuaciones (6.61) y (6.62) de la sección 6.3.3 de la EN 1993-1-1:2005.

Fuerzas Axiales de las Riostras de Acero

Las capacidades de fuerza axial de las riostras en tracción y compresión deben cumplir según los Eurocódigos las disposiciones de las secciones 6.2.3 y 6.3 de EN1993-1.

Tensión Diagonal en las Uniones

Según C8.7.2.3.5 del comentario de NTC-18, la tensión diagonal de tracción que puede ser inducida en la unión puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$\sigma_{nt} = \left| \frac{N}{2A_g} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \right| \leq 0,3\sqrt{f_c} \quad (8.7.2.11) \text{ comentario del NTC-18}$$

Compresión Diagonal en las Uniones

La compresión diagonal inducida en la unión por el mecanismo de puntal diagonal no debe exceder la resistencia a la compresión del hormigón en presencia de tensiones transversales de tracción. NTC-18 indica la siguiente expresión para el cálculo de la capacidad de compresión diagonal de las uniones:

$$\sigma_{nc} = \frac{N}{2A_g} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \leq 0,5f_c \quad (8.7.2.12) \text{ comentario del NTC-18}$$

Para la definición de los valores puede consultar la sección C8.7.2.3.5 del comentario de la NTC-18.

Ductilidad de las Uniones

Tanto los elementos estructurales como la estructura en su conjunto deben tener una ductilidad adecuada de acuerdo con el apartado 7.4.4.2.1 de la Norma NTC-18. En edificios de tipo pórtico de dos o más pisos, se debe cumplir la siguiente condición en todas las uniones de vigas sísmicas primarias o secundarias con columnas sísmicas primarias:

$$\Sigma M_{c,Rd} \geq \gamma_{Rd} \Sigma M_{b,Rd} \quad (7.4.4) \text{NTC-18}$$

Donde γ_{Rd} se toma de acuerdo a la tabla 7.2.I del NTC-18, $\Sigma M_{c,Rd}$ es la suma de los valores de diseño de los momentos de resistencia de las columnas que forman la unión y $\Sigma M_{b,Rd}$ es la suma de los valores de cálculo de los momentos de resistencia de las vigas que forman la unión.

Derivas Entre Pisos

De acuerdo con el apartado 7.3.6.1 de la NTC-18, el daño causado por la acción sísmica debe limitarse a elementos no estructurales y debe asegurarse que no se causarán daños estructurales que harían a la estructura temporalmente inutilizable.

Este objetivo se alcanza cuando los valores de deriva entre pisos relativos a los estados límite de nivel operacional (SLO) y limitación del daño (SLD), están por debajo de los límites indicados en la siguiente tabla:

	Desplazamientos relativos d_r para el Estado Límite de Limitación de Daño	Desplazamientos relativos d_r para el Estado Límite de Nivel Operacional
Infill rígidamente conectado a la estructura e interfiere con la deformabilidad de la misma	0,005 h*	2/3 del de daño del estado de límite de limitación
Infill diseñado, para no sufrir daño a causa de derivas d_{rp} , que son causadas por la deformabilidad misma del panel o las conexiones con la estructura	$d_r < d_{rp} < 0,01 h$	

Tabla C8.7.1 del comentario del NTC-18 - Valores Límite de la Deriva Entre Pisos

Capacidad Portante de Zapatas

La falla de la capacidad portante se verifica bajo combinaciones de acciones aplicados N_{ed} , V_{ed} , M_{ed} según EN 1998-5, 5.4.1.1 (8).

Fuerzas de Deslizamiento de Zapatas

El fallo por deslizamiento se verifica según EN 1998-5, apartado 5.4.1.1 (6) asegurando que la fuerza de deslizamiento V_{ed} sobre la base horizontal no supere la siguiente expresión:

$$F_{Rd} + E_{pd}$$

Dónde

F_{Rd} es la resistencia de diseño a la fricción de las zapatas y

E_{pd} es la resistencia lateral de diseño que surge del empuje del suelo en el lado de las zapatas.

Capacidad de Flexión de Zapatas

La revisión de la capacidad del momento flector se realiza según EN 1992-1-1. La demanda de momento flector se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad a Cortante de Zapatas

La verificación de la capacidad a cortante se realiza según EN 1992-1-1. La demanda de cortante se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad de Punzonamiento de Zapatas

La revisión de la capacidad de punzonamiento se realiza según se describe en EN 1992-1-1, apartado 6.4.2.

Excentricidad de Zapatas

La excentricidad de la carga no debe exceder el 1/3 de la dimensión en cada dirección de la zapata según EN 1997-1, sección 6.5.4. La verificación de doble excentricidad se verifica si la suma de los cuadrados de las excentricidades de carga en 2 direcciones horizontales es menor que 1/9.

CURVA DE CAPACIDAD

Cada análisis de empuje conduce a una curva de capacidad, que es una relación entre el cortante total en la base y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, denominado "nodo de control", con los valores del desplazamiento de control comprendidos entre cero y un valor máximo definido por el usuario.

DESPLAZAMIENTO OBJETIVO

El desplazamiento objetivo está definido como la demanda sísmica derivada del espectro de respuesta elástica en términos de desplazamiento de un sistema equivalente de un solo grado de libertad. Para definir el desplazamiento objetivo de un MDOF deben seguirse un número de pasos establecidos en C7.3.4.2 del NTC-18.

La siguiente relación entre las fuerzas laterales normalizadas F_i y los desplazamientos normalizados Φ_i se asume:

$$F_i = m_i \Phi_i$$

Donde m_i es la masa en piso i .

Los desplazamientos se normalizan de tal forma que $\Phi_n=1$, donde n es el nodo de control, consecuentemente $F_n=m_n$.

Transformación de un Sistema de un Solo Grado de Libertad (SDOF)

El factor de transformación está dado por:

$$\Gamma = \frac{\varphi^T M \tau}{\varphi^T M \varphi} \quad (C7.3.5) \text{ comentario del NTC-18}$$

El vector τ es el vector de deformación correspondiente a la dirección del terremoto considerada; el vector φ es el modo de vibración fundamental del sistema real normalizado de forma que $d_c = 1$; y la matriz M es la matriz de masa real del sistema.

La fuerza F^* y el desplazamiento d^* del sistema equivalente de SDOF se calcula como:

$$F^* = F_b / \Gamma$$

$$d^* = d_c / \Gamma \quad (C7.3.4) \text{ comentario del NTC-18}$$

Donde F_b y d_c son la fuerza cortante en el nodo de control y el desplazamiento del sistema de múltiples grados de libertad MDOF respectivamente.

La fuerza de cedencia F_y^* , la cual representa también la capacidad última del sistema SDOF, es igual a la fuerza cortante en la base en el momento de la formación del mecanismo plástico. La rigidez inicial del sistema idealizado se determina de tal manera que las áreas bajo las relaciones de fuerza deformación real e idealizada son iguales, como se muestra en la figura C7.3.1 del NTC-18 abajo:

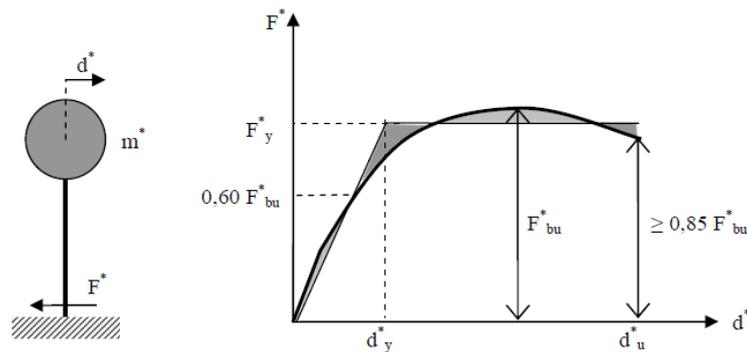


Figura C7.3.1 del comentario del NTC-18: Determinación de la relación idealizada fuerza-desplazamiento del NTC-18

La curva de capacidad del sistema equivalente debe ser reemplazada por una curva bilineal idealizada, la cual tiene un primer tramo lineal y un segundo tramo lineal elástico perfectamente plástico (ver Fig. C7.3.1). La curva de capacidad idealizada está definida por dos puntos, el primero corresponde a $0,6F_{bu}^*$, donde $F_{bu}^* = F_{BU}/\Gamma$ es la máxima resistencia del sistema equivalente y F_{BU} la máxima resistencia del sistema estructural real. El segundo punto corresponde a la fuerza de cedencia F_y^* , el cual puede definirse gráficamente, basándose en el criterio aproximado de áreas equivalentes de las secciones definidas arriba y debajo de la intersección entre las curvas real e idealizada para el desplazamiento máximo d_u^* que corresponde a una reducción de la resistencia $\leq 0,15F_{bu}^*$.

Determinación del periodo idealizado del sistema SDOF equivalente

El periodo T^* del SDOF idealizado puede determinarse con la expresión:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}} \quad (C7.3.6) \text{ comentario del NTC-18}$$

Donde k^* es la rigidez de la parte elástica de la curva bilineal.

Determinación del desplazamiento objetivo equivalente del sistema SDOF

Para la determinación del desplazamiento objetivo d_{max}^* para estructuras en el rango de periodos cortos y para estructuras en los rangos estructuras en el rango de periodos mediano a largos diferentes expresiones pueden ser empleadas como se indica a continuación. El periodo esquina entre los periodos cortos y medianos se llama T_c .

El desplazamiento objetivo para estructuras con $T^* \geq T_c$ está dada por:

$$d_{max}^* = d_{e,max}^* = S_{De}(T^*) \quad (C7.3.7) \text{ comentario del NTC-18}$$

$$\text{con } S_{De}(T^*) = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2 \quad (3.2.10) \text{ NTC-18}$$

Donde $S_e(T^*)$ es el espectro de respuesta de aceleración elástica en el periodo T^* .

El desplazamiento objetivo de las estructuras con un periodo $T^* < T_c$ está dado por:

$$d_{max}^* = \frac{d_{e,max}^*}{q^*} \left[1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] \geq d_{e,max}^* \quad (C7.3.8) \text{ comentario del NTC-18}$$

Donde $q^* = S_e(T^*) m^*/F_y^*$ es la razón entre la aceleración en la estructura con comportamiento elástico ilimitado $S_e(T^*)$ y la estructura con resistencia limitada F_y^*/m^* .

En los casos en que $q^* \leq 1$ entonces $d_{max}^* = d_{e,max}^*$.

Determinación del desplazamiento objetivo para un sistema MDOF

El desplazamiento del sistema MDOF está dado por:

$$d_t = \Gamma d_{max}^*$$

Debe notarse que el desplazamiento objetivo corresponde al desplazamiento en el nodo de control.

Apéndice A.4 – KANEPE

En este apéndice se presentan los parámetros usados para la evaluación de estructuras de acuerdo con el Código Griego de Intervenciones KANEPE.

TIPOS DE ANÁLISIS

La práctica actual en Grecia está regulada por el KANEPE: Código de Intervenciones Estructurales en combinación con EAK 2000: Código Para Estructuras Sismorresistentes. Eurocódigo 8: Diseño de estructuras para la resistencia a los terremotos - Parte 1: Normas generales, acción sísmica y normas para los edificios (CEN, 2005a) y Parte 3: Evaluación y Reforzamiento de Edificios (CEN, 2005b).

Según KANEPE, para la evaluación y rediseño de un edificio se puede utilizar uno de los siguientes métodos de análisis:

- Análisis estático elástico (equivalente), con factores de comportamiento o ductilidad global (q) o local (m), sujeto a las condiciones de la sección 5.5, independientemente del nivel de confiabilidad de los datos;
- Análisis dinámico elástico con factores de comportamiento o ductilidad global (q) o local (m), sujeto a las condiciones de la sección 5.6, independientemente del nivel de confiabilidad de los datos;
- Análisis estático inelástico, sujeto a las condiciones de la sección 5.7. En este caso, se recomienda garantizar, como mínimo, un nivel de fiabilidad de datos "suficiente";
- Análisis dinámico no elástico (time-history), sujeto a las condiciones de la sección 5.8. En este caso, se recomienda nuevamente garantizar, como mínimo, un nivel de fiabilidad de los datos "suficiente";
- En casos especiales, por ejemplo, cuando la evaluación se refiere a un número significativo de edificios, cuyo objetivo es determinar si, en principio, es necesario un fortalecimiento sísmico (y con qué prioridad) o si el edificio que se va a evaluar es de baja importancia; entonces, además de los métodos puramente analíticos, la evaluación puede hacerse por métodos empíricos, sujeto a las condiciones de §2.1.4.1 b (iv).

En SeismoBuild se emplea el método más común en la práctica de evaluación de edificios existentes, que es el análisis estático no lineal. Se basa en análisis de pushover realizados bajo cargas de gravedad constantes y fuerzas laterales crecientes aplicadas en la ubicación de las masas para simular las fuerzas de inercia inducidas por la acción sísmica. Dado que el modelo puede explicar la no linealidad tanto geométrica como mecánica, este método puede describir la evolución de los mecanismos plásticos esperados y el daño estructural.

Cada análisis de pushover conduce a una curva de capacidad, que es una relación entre el cortante total de la base y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, denominado "nodo de control". La demanda en el objetivo de desempeño considerado - Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida o Prevención del Colapso - se determina mediante la comparación apropiada entre la capacidad determinada por la curva de "pushover" y la demanda establecida como el Espectro de Respuesta Lineal amortiguado. Para ello, los desplazamientos del "nodo de control" se definen en términos de magnitudes espectrales relativas a un sistema de un grado de libertad equivalente (SDOF) que se deriva de la respuesta de multi-grado de libertad (MDOF) estimada según A la sección 5.7.4.2 de la KANEPE.

La demanda estructural asociada al desplazamiento objetivo adquirido deberá cumplir los criterios de verificación definidos en KANEPE. En consecuencia, se considera que la demanda de elementos por acción frágil (cortante) y dúctil (deformación por rotación de cuerdas) cumple con los límites que tienen

en cuenta: las propiedades mecánicas de la sección; flexión en los elementos, el cortante y la fuerza axial de interacción; y la degradación de resistencia/rigidez asociada con la demanda de ductilidad y la respuesta histórica cíclica de elementos de hormigón armado, a través de una consideración de no linealidad material apropiada.

REQUISITOS DE DESEMPEÑO

De acuerdo con KANEPE sección 2.2, los objetivos de evaluación o rediseño (Tabla 2.1) consiste de una combinación del nivel de desempeño y de una acción sísmica, dada un “probabilidad aceptable de excedencia dentro del ciclo de vida del edificio” (terremoto de diseño), como se muestra en la Tabla 2.1 siguiente del código KANEPE.

Probabilidad de excedencia dentro de un ciclo de vida convencional de 50 años de la estructura	Niveles de Desempeño Objetivo del Edificio		
	A Ocupación Inmediata	B Seguridad de Vida	C Prevención del Colapso
2%	A0	B0	C0
5%	A1+	B1+	C1+
10%	A1	B1	C1
20%	A2+	B2+	C2+
30%	A2	B2	C2
50%	A3+	B3+	C3+
70%	A3	B3	C3
90%	A4+	B4+	C4+
>90%	A4	B4	C4

Tabla 2.1 Objetivos de evaluación o rediseño de la estructura.

Los niveles de desempeño objetivo del edificio se refieren al estado de daño en la estructura definido dentro de tres estados límite que son, Ocupación Inmediata (A), Seguridad de Vida (B) y Prevención del Colapso (C).

Nivel de Desempeño de Ocupación Inmediata (A)

La Ocupación Inmediata luego de un terremoto (A), de acuerdo con KANEPE, es la condición en la cual se espera que no haya interrupción en la operación del edificio durante y después de la ocurrencia del terremoto de diseño, con la posible excepción de funciones de importancia menor. Unas cuantas grietas menores pueden ocurrir en la estructura.

Nivel de Desempeño de Seguridad de Vida (B)

La Seguridad de Vida (B), de acuerdo con KANEPE, es una condición en la cual el daño ocasionado a la estructura es reparable y ocurre durante el terremoto de diseño, sin causar pérdidas o lesiones graves a las personas y sin daño sustancial a la propiedad personal o a los materiales almacenados en el edificio.

Nivel de Desempeño de Prevención del Colapso (C)

La Prevención del Colapso (C), de acuerdo con KANEPE, es una condición en la cual daño extenso o severo (no reparable, en general) se espera durante la ocurrencia del terremoto de diseño; sin embargo, la estructura retiene su habilidad de soportar las cargas verticales prescritas (durante el terremoto y por un periodo de tiempo luego del terremoto), en cualquier caso sin haber ningún factor de seguridad sustancial en contra del colapso parcial o total de la estructura.

La elección del cual de los objetivos de desempeño se revisará puede encontrarse en el código KANEPE..

INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Para poder escoger el tipo de análisis admisible y los factores de seguridad apropiados, los siguientes tres niveles de confiabilidad (DRL) se definen:

- DRL Tolerable
- DRL Suficiente
- DRL Alto

Los factores que determinan el nivel de conocimiento adquirido son: (i) geometría, p. ej. las propiedades geométricas del sistema estructural y los elementos no estructurales, como los rellenos de mampostería; (ii) detalles, que pueden incluir la cantidad y el detallado del refuerzo en secciones reforzadas de concreto, la conexión de los diafragmas de piso al sistemas de sismo resistencia, las juntas y el mortero entre la mampostería y la naturaleza de los elementos de refuerzo en la mampostería; y finalmente (iii) materiales, que es las propiedades mecánicas de los materiales constituyentes.

DRL Tolerable

El nivel de conocimiento tolerable corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural en general y los tamaños de los miembros son conocidos gracias a la inspección o a partir de planos de construcción originales usados para la construcción original y las modificaciones subsecuentes, además de suficientes muestras de dimensiones de geometría general y el tamaño de los miembros revisados en sitio. En caso de discrepancias entre los planos, una inspección dimensional más completa se lleva a cabo. Los detalles estructurales no se determinan a partir de dibujos de construcción detallados y se asumen basándose en diseño simulado de acuerdo con las prácticas usuales empleadas en la época de la construcción. Inspecciones limitadas se llevan a cabo en los elementos más críticos y deberían probar que lo asumido corresponde a la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción no está disponible así que los valores preestablecidos se asumen de acuerdo con los estándares de la época de construcción, acompañados por pruebas in-situ de los elementos más críticos.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales ya sean estáticos o dinámicos.

DRL Suficiente

El conocimiento suficiente corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural general y los tamaños de los miembros se conocen a partir de inspecciones extendidas o a partir de planos constructivos usados en la construcción original y modificaciones subsecuentes, así como suficientes muestras de las dimensiones de la geometría general y el tamaño de los elementos. Los detalles estructurales son conocidos gracias a una inspección in-situ extensiva o a partir de detalles constructivos incompletos en combinación con inspecciones in-situ limitadas en los elementos más críticos, que confirman que la información disponible corresponde a la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción está disponible a partir de las pruebas in situ extendidas o a partir de especificaciones del diseño original y pruebas en in-situ limitadas.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales o no lineales, ya sean estáticos o dinámicos.

DRL Alto

El nivel de conocimiento alto corresponde al estado del conocimiento donde la geometría estructural en general y el tamaño de los miembros son conocidos gracias inspecciones exhaustivas o a partir de planos de construcción usados en la construcción original y las modificaciones consecuentes, así como suficientes muestras de la geometría general y el tamaño de los miembros. Los detalles estructurales son conocidos gracias a una inspección in-situ exhaustiva o a partir del set completo de planos de

construcción en combinación con inspecciones in-situ limitadas en los elementos más críticos, que prueban que la información disponible corresponde con la situación actual. Información sobre las propiedades mecánicas de los materiales de construcción está disponible a partir de pruebas in-situ exhaustivas o a partir de reportes originales sobre pruebas realizadas in-situ.

La evaluación estructural basada en este estado de conocimiento se lleva a cabo a través de métodos de análisis lineales o no lineales, ya sean estáticos o dinámicos

Factores Parciales

Los valores recomendados para los factores parciales correspondientes al nivel de confiabilidad alcanzado, como se define en la sección 4.5 de KANEPE, se introducen en el módulo de Factores de Seguridad. Los usuarios pueden editar los valores asignados.

Descripción	Valor
Mecanismos frágiles, Materiales Existentes (Sección 4.5.2 y Apéndice 4.1)	
Factor Parcial γ_c por concreto, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, DRL Alto	1,150
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, Materiales Alto DRL & Detalles Alto DRL	1,050
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, Materiales Alto DRL & Detalles Satisfactorio DRL	1,100
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, Materiales Alto DRL & Detalles Tolerable DRL	1,150
Factor Parcial γ_c por concreto, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, DRL Satisfactorio	1,300
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos quebradizos, Materiales existentes, Materiales Satisfactorio DRL & Detalles Alto DRL	1,100
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, Materiales Satisfactorio DRL & Detalles Satisfactorio DRL	1,150
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, Materiales Satisfactorio DRL & Detalles Tolerable DRL	1,200
Factor Parcial γ_c por concreto, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, DRL Tolerable	1,450
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, Materiales Tolerable DRL & Detalles High DRL	1,150
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, Materiales Tolerable DRL & Detalles Satisfactorio DRL	1,200
Factor Parcial γ_s para acero, Mecanismos frágiles, Materiales existentes, Materiales Tolerable DRL & Detalles Tolerable DRL	1,250
Mecanismos frágiles, Nuevos Materiales (Sección 4.5.3.2, Tabla 4.3 y Apéndice 4.1)	
coeficiente γ_m/γ_m para accesibilidad Normal (standard), Mecanismos Frágiles	1,050
coeficiente γ_m/γ_m para accesibilidad Reducida, Mecanismos Frágiles	1,200
Mecanismos dúctiles, Materiales Existentes (Sección 4.5.3.3 y Apéndice 4.1)	
Factor Parcial γ_m , Mecanismos dúctiles, Materiales existentes, DRL Alto	1,000
Factor Parcial γ_m , Mecanismos dúctiles, Materiales existentes, DRL Satisfactorio	1,100
Factor Parcial γ_m , Mecanismos dúctiles, Materiales existentes, DRL Tolerable	1,200
Mecanismos dúctiles, Nuevos Materiales (Sección 4.5.3.3 y Apéndice 4.1)	

Módulo de Factores de Seguridad

MODELOS DE CAPACIDAD PARA EVALUACIONES Y REVISIONES

Todos los elementos de revisión (capacidad de rotación de cuerda y capacidad de cortante) deben realizarse para todos los elementos de cada piso, de acuerdo con los apartados 7.2.2, 7.2.4 y 7C del KANEPE, considerando a los miembros como elementos sísmicos primarios o secundarios, designados de acuerdo con las definiciones de la sección 2.4.3.4 de KANEPE. Además, se pueden emplear revisiones de las uniones viga-columna para comprobar (i) la tensión diagonal de la unión y (ii) la compresión diagonal de la unión.

Capacidad de Deformación

La capacidad de deformación de las vigas, columnas y muros se define en términos de la rotación de cuerda θ , que es el ángulo entre la tangente del eje en el extremo donde ocurre la cedencia y la cuerda conectando ese extremo con el extremo del tramo a cortante ($L_v = M/V = \text{momento/cortante}$ en la sección del extremo). La rotación de cuerda también es igual la razón de deriva del elemento, que es la deflexión en el extremo del tramo a cortante con respecto a la tangente del eje en el extremo de cedencia dividida entre el tramo a cortante.

La capacidad de deformación de las vigas y las columnas está altamente influenciada por la falta de detallado sísmico adecuado en el refuerzo longitudinal, así como también por el tipo de varillas, si la varilla es lisa o corrugada y/o si el acero es forjado en frío y frágil. Desarrollo inadecuado del traslape a lo largo del claro de una viga o la altura de una columna, así como confinamiento inadecuado en las uniones viga-columna pueden controlar la respuesta del miembro ante acciones sísmicas, drásticamente limitando su capacidad con respecto a la situación en la cual el refuerzo se considera completamente efectivo. Las limitaciones mencionadas ante la capacidad de deformación se toman en consideración.

El valor de la rotación de cuerda para el nivel de desempeño de ocupación inmediata (A) es el valor de la capacidad de rotación en la cedencia a flexión, θ_y , el cual se calcula a partir de las ecuaciones (S.2.a) y (S.2.b) del KANEPE:

- Para vigas y columnas:

$$\theta_y = \left(\frac{1}{r}\right)_y \frac{L_s + \alpha_v z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\left(\frac{1}{r}\right)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (\text{S.2a}) \text{ KANEPE}$$

- Para muros:

$$\theta_y = \left(\frac{1}{r}\right)_y \frac{L_s + \alpha_v z}{3} + 0,0013 + \frac{\left(\frac{1}{r}\right)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (\text{S.2b}) \text{ KANEPE}$$

Donde L_s es la razón entre el momento, M y la fuerza cortante, V ; y α_v es igual a 1,0 si el valor de la fuerza cortante V_{R1} , que causa el agrietamiento diagonal del elemento, es menor que el valor de la fuerza cortante durante la cedencia a flexión $V_{Mu} = M_y/L_s$ o es 0 de cualquier otra forma.

El valor de la capacidad de rotación de cuerda para el nivel de seguridad de vida (B) se calcula a partir de la siguiente ecuación, de acuerdo con la sección 9.3.1 del KANEPE.

$$\theta_d = 0,5(\theta_y + \theta_{um})/\gamma_{Rd}$$

Donde θ_y se calcula de acuerdo con las ecuaciones (S.2.a) y (S.2.b) y θ_{um} de acuerdo con (S.11a) y (S.11b) del KANEPE.

El valor de la capacidad de rotación de cuerda para el nivel de prevención del colapso (C) es el valor promedio de la capacidad de rotación de cuerda en el momento de la falla, el cual se calcula de acuerdo con la ecuación S.11a del KANEPE, a partir de las siguientes expresiones:

- Para vigas y columnas diseñadas y construidas basándose en provisiones sísmicas post-1985:

$$\theta_{um} = 0,016 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c\right]^{0,225} \cdot (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,25^{100\rho_d}) \quad (\text{S.11a}) \text{ KANEPE}$$

- Para muros de sección rectangular diseñados y construidos basándose en provisiones post-1985 tomando en consideración el párrafo ii) del comentario de la sección 7.2.4.1b:

$$\theta_{um} = 0,01 \cdot (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)} f_c\right]^{0,225} \cdot (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,25^{100\rho_d}) \quad (\text{S.11a}) \text{ KANEPE}$$

Los valores de arriba se dividen por el factor γ_{Rd} de acuerdo con la sección 9.3.1 del KANEPE.

La capacidad total de rotación de cuerda última de los miembros de concreto sujetos a cargas cíclicas también puede calcularse como la suma de la rotación de cuerda en la cedencia y la parte plástica de la capacidad de rotación de cuerda, calculada a partir de la siguiente expresión:

- Para vigas y columnas diseñadas y construidas basándose en provisiones sísmicas post-1985: con provisiones sísmicas:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y = 0,0145 \cdot (0,25^v) \left[\frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega)}\right]^{0,3} (f_c)^{0,2} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,275^{100\rho_d})$$

(S.11b) KANEPE

- Para muros de sección rectangular diseñados y construidos basándose en provisiones post-1985 tomando en consideración el párrafo ii) del comentario de la sección 7.2.4.1b:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y = 0,0087 \cdot (0,25^v) \left[\frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} \right]^{0,3} (f_c)^{0,2} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,275^{100\rho_d}) \quad (S.11b) \text{ KANEPE}$$

Para elementos con las varillas deformadas diseñados y construidos de acuerdo con las reglas pre-1985 que aplicaban en Grecia, los valores calculados basándose en las ecuaciones S.8a y S.8b descritas arriba necesitan ser divididos entre 1.2.

La curvatura de cedencia de la sección en el extremo se calcula de acuerdo con la ecuación siguiente (Apéndice 7A del KANEPE), para las secciones cuya zona compresiva es de un ancho constante y para el caso de que está en la cedencia debido a la cedencia del acero.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \quad (A.1) \text{ KANEPE}$$

Si la sección ha fluido debido a deformaciones inelásticas del concreto en compresión, es decir, por deformación de fibra en el extremo en compresión es mayor que $\varepsilon_c \approx 1.8 f_c/E_c$, entonces la curvatura de cedencia se calcula de acuerdo con la siguiente expresión, del Apéndice 7A KANEPE:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8f_c}{E_c \xi_y d} \quad (A.2) \text{ KANEPE}$$

El valor menor de los dos valores anteriores se usa para el cálculo de la capacidad de rotación de acuerdo.

De acuerdo con la sección 7.2.4 del KANEPE la capacidad de rotación de cuerda está altamente influenciada por varios factores diferentes tales como el año de construcción. Si la estructura ha sido construida antes de 1985, entonces los valores promedio de la rotación de cuerda se dividen entre 1.2. Además, si se utilizan varillas de refuerzo con extremos rectos traslapadas al inicio de la sección del extremo de un miembro, la parte plástica de la rotación de cuerda se calcula con el valor del refuerzo a compresión, ω' , al doble sobre el valor aplicado fuera de la región de traslape. En secciones donde la longitud de traslape entre secciones l_b es menor que la longitud de traslape mínima para alcanzar la deformación ultima $l_b/l_{b,u,min}$ (información sobre el cálculo puede encontrarse en la sección 7.2.4 del KANEPE, mientras para el valor de rotación de cuerda de cedencia, θ_y que toma en cuenta el efecto de traslape pueden encontrarse en la sección 7.2.2 del KANEPE). Además, si varillas longitudinales lisas se utilizan, los valores obtenidos para las varillas corrugadas deben multiplicarse por un factor igual a 95% y en el caso de tener elementos con traslape en el refuerzo l_b menor que $15d_b$, el valor promedio de la rotación de cuerda en el momento de la falla se multiplica por un factor disponible en la sección 7.2.4 del KANEPE. Finalmente, se emplean factores reductores de acuerdo con el Anexo 7ST de KANEPE para tener en cuenta la corrosión del refuerzo.

En el caso de columnas circulares, las ecuaciones anteriores no pueden utilizarse para el cálculo de la capacidad de rotación de cuerda de los elementos. En SeismoBuild, la siguiente ecuación sugerida por D. Biskinis y M.N. Fardis [2013] se utiliza para θ_y y θ_u .

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_v + \alpha_v z}{3} + 0.0027 \left(1 - \min \left(1; \frac{2 L_s}{15 D} \right) \right) + \alpha_{sl} \frac{\varphi_y d_b L f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

Donde los valores de f_y y f_c están en MPa, $\alpha_v=1$ si $V_{Rc} < V_{My}$, V_{Rc} se calcula a partir de la ecuación (S.3) del KANEPE, de otra forma $\alpha_v=0$, y $\alpha_{sl}=0$ si el deslizamiento de las varillas a tensión en las zonas de anclaje más allá del extremo en cedencia es físicamente imposible, si no $\alpha_{sl}=1$.

$$\theta_u = (\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl} (1 - 0.5 L_{pl}/L_s) + \alpha_{sl} \Delta\theta_{u,slip}) / \gamma_{el}$$

Donde γ_{el} es igual a 2.0 para los elementos diseñados con provisiones anteriores al 1985 sobre diseño sísmico y 1.0 para los elementos diseñados y construidos posteriores a 1985, $\Delta\theta_{u,slip}$ y L_{pl} se calculan de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta\theta_{u,slip} = 10d_{bl} (\varphi_u + \varphi_y) / 2$$

$$L_{pl} = 0.6D \left[1 + \frac{1}{6} \min \left(9; \frac{L_s}{D} \right) \right]$$

Se recomienda a los usuarios referirse a las publicaciones relevantes sobre la definición de los demás parámetros para obtener más detalles sobre la expresión.

Encamisado de Concreto

El valor de la capacidad de rotación de cuerda de los miembros encamisados que se adopta en las verificaciones de capacidad depende de los valores correspondientes calculados bajo los requisitos de la sección 8.2.1 de KANEPE, adaptados de acuerdo con las siguientes ecuaciones de la sección 8.2.1.5(η) de KANEPE:

El momento de fluencia:

$$M_y^* = 0.90M_y$$

Rotación de cuerda en la fluencia:

$$\theta_y^* = 1.25\theta_y$$

La rotación de cuerda en la fluencia:

$$\theta_u^* = 0.80\theta_u$$

Envolturas FRP

La contribución de la envoltura FRP en la capacidad de los miembros se toma en cuenta de Acuerdo al Anexo A del EN1998-3:2005, como se describe a continuación:

El efecto de la envoltura FRP en la resistencia a flexión de los elementos en la cedencia, calculado de acuerdo con la sección 7.2.2, se desprecia.

La capacidad total de rotación de cuerda y su parte plástica para los miembros de secciones rectangulares con bordes redondeados se calcula a través de las expresiones (S.11a) y (S.11b) respectivamente, con el exponente del término debido al confinamiento incrementado por $\alpha\rho f_{f,e}$, donde α es el factor de confinamiento efectivo, ρf es la razón de la envoltura FRP paralela a la dirección de la carga y $f_{f,e}$ el esfuerzo efectivo dado por la ecuación (A.35) del EC8: Parte 3.

Capacidad de Momento Flector

La capacidad de momento flector de vigas, columnas y muros con sección prismática se calcula según el párrafo 4.1 de D. Biskinis y M.N. Fardis (2009), mientras que para la capacidad de momento flector de columnas circulares párrafo 4 de Biskinis y M.N. Fardis (2013) está empleado.

Capacidad a Cortante

La capacidad a cortante se calcula mediante las siguientes expresiones de acuerdo con el Anexo 7C del KANEPE, y está controlada por los estribos, tomando en cuenta también la reducción debido a la parte plástica de la demanda de ductilidad.

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s} \min(N; 0,55A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_\theta^{pl})) [0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) (1 - 0,16 \min(5; \alpha_s)) \sqrt{f_c} A_c + V_w] \quad (C.1) \text{ KANEPE}$$

La capacidad a cortante de un muro no puede tomarse como mayor que el valor correspondiente a la falla por aplastamiento del alma, $V_{R,max}$, la cual bajo carga cíclica se calcula de acuerdo con el Anexo 7C del KANEPE, a partir de la siguiente expresión:

$$V_{R,max} = 0,85 \left(1 - 0,06 \min(5; \mu_\theta^{pl})\right) \left(1 + 1,8 \min\left(0,15; \frac{N}{A_c f_c}\right)\right) (1 + 0,25 \max(1,75; 100\rho_{tot})) \cdot (1 - 0,2 \min(2; \alpha_s)) \sqrt{f_c} b_w z \quad (C.4) \text{ KANEPE}$$

La capacidad a cortante, V_R , de las columnas con una razón de cortante $\alpha_s \leq 2.0$ no pueden tomarse mayor al valor correspondiente de la falla por aplastamiento del alma a lo largo de la diagonal de la columna

luego de la cedencia a flexión, $V_{R,max}$, la cual bajo carga cíclica se calcula de acuerdo con el Anexo 7C del KANEPE a partir de la expresión:

$$V_{R,max} = \frac{4}{7} \left(1 - 0,02 \min(5; \mu_{\theta}^{pl}) \right) \left(1 + 1,35 \frac{N}{A_c f_c} \right) \left(1 + 0,45(100\rho_{tot}) \right) \sqrt{\min(40; f_c)} b_w z \sin 2\delta \quad (C.5) \text{ KANEPE}$$

Donde δ es el ángulo entre la diagonal y el eje de la columna ($\tan \delta = h/2L_s = 0.5/\alpha_s$).

La posibilidad de deslizamiento en la base o en cualquier parte de la sección donde pueda fluir el refuerzo longitudinal debe examinarse en paredes. La resistencia al deslizamiento no se debe verificar en las paredes donde ocurre la falla por cortante antes de la deformación por flexión. La resistencia al deslizamiento puede calcularse a partir de la siguiente ecuación del Apéndice 7C de KANEPE:

$$V_{R,SLS} = V_i + V_f + V_d \quad (C.6) \text{ KANEPE}$$

Con

$$V_i = \sum A_{si} f_{yi} \cos \varphi \quad (C.7) \text{ KANEPE}$$

$$V_f = \min(\mu[(\sum A_{sv} f_{yv} + N)\xi + M_y/z]; 0.3f_c A_{comp}) \quad (C.8) \text{ KANEPE}$$

donde ξ se calcula de acuerdo con las ecuaciones C.10-C13 del Apéndice 7C de KANEPE, y

$$V_d = 1.6 \sum A_{sv} \sqrt{f_c f_{yv}} \leq \sum A_{sv} f_{yv} / \sqrt{3} \quad (C.9) \text{ KANEPE}$$

Se aconseja a los usuarios que consulten la publicación pertinente para la definición de los parámetros y más detalles sobre las expresiones anteriores.

Alternativamente, la resistencia al deslizamiento puede calcularse a partir de la siguiente ecuación del Apéndice 7C de KANEPE:

$$V_{R,SLS} = (1 - 0,025\mu_{\theta}^{pl}) \min \left(\begin{array}{l} 0,5 \sum [A_s f_y (0,6 \sin \varphi + \cos \varphi)] + 0,6N + 1,1 \sum [A_s \sqrt{f_c f_y} \sin \varphi]; \\ 0,2 \min \left(0,55; 0,55 \left(\frac{30}{f_c} \right)^{\frac{1}{3}} \right) f_c A_c \end{array} \right) \quad (C.14) \text{ KANEPE}$$

Se recomienda a los usuarios que consulten la publicación relevante para la definición de los parámetros y más detalles sobre la expresión.

Las ecuaciones (C.1) - (C.3) y (C.4) se pueden usar para paredes con una relación de cortante $\alpha_s \geq 1.0$. Para muros con baja relación de corte $\alpha_s \leq 1.2$, la capacidad de corte debe calcularse a partir de la siguiente ecuación del Apéndice 7C de KANEPE:

$$V_{R,squat} = V_{si} + V_c \quad (C.15) \text{ KANEPE}$$

con

$$V_s = \min \left\{ \begin{array}{l} \rho_h b_w \min((d-x)/\tan \theta_{cr}, L_s) f_{yh} \\ (\rho_v b_w \min(L_s \tan \theta_{cr}, d-x) f_{yv} + A_s f_y) / \tan \theta_{cr} \end{array} \right\} \quad (C.16) \text{ KANEPE}$$

y

$$V_c = (1 + 150\rho)(1 - 0.725\alpha_s) \left(\frac{2}{3} A_c f_{ct} \sqrt{1 + \frac{N}{A_c f_{ct}}} \right) \quad (C.17) \text{ KANEPE}$$

Se recomienda a los usuarios que consulten la publicación pertinente para la definición de los parámetros y más detalles sobre las expresiones.

Se observa que los factores reductores se emplean de acuerdo con el Anexo 7ST de KANEPE para tener en cuenta la corrosión del refuerzo.

Concreto Encamisado

El valor de la capacidad a cortante, V_R^* , de los miembros encamisados se adopta en las verificaciones de capacidad dependiendo del valor correspondiente calculado bajo los requisitos de la sección 8.2.1 del KANEPE, de acuerdo con la ecuación siguiente de la sección 8.2.1.5(η) de KANEPE:

$$V_R^* = 0.9V_R$$

Envoltura FRP

La resistencia cíclica V_R , puede calcularse a partir de la expresión (C.1) de KANEPE agregando en V_w la contribución del encamisado FRP a la resistencia a cortante. La contribución del encamisado FRP V_{jd} se calcula a través de la siguiente expresión:

$$V_{jd} = \sigma_{jd} \rho_f b_w h_{j,ef} (\cot\theta + \cot\alpha) \sin^2\alpha \quad (8.13) \text{ KANEPE}$$

donde ρ_f el radio geométrico del FRP, calculado de acuerdo a la ecuación (S8.8) del KANEPE.

Deformaciones Axiales de Riostras de Acero

Las deformaciones axiales de las riostras en tracción y compresión deben cumplir con las disposiciones de la sección 8.5.5.4 de KANEPE. Las deformaciones axiales de las columnas y vigas de acero a tracción deberán satisfacer las disposiciones de la Tabla B.4 del Anexo B de la EN 1998-3:2005.

Fuerzas Axiales de Miembros de Acero

Las capacidades de fuerza axial de columnas, vigas y riostras de acero a tracción y compresión deben satisfacer las disposiciones de las secciones 6.2.3 y 6.3 de la EN 1993-1..

Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero

La verificación de la capacidad de rotación de nudo se realiza únicamente para las columnas y vigas de acero según la Tabla B.1 del Anexo B de la EN 1998-3:2005.

Momento Flector de Miembros de Acero

Las capacidades a momento flector de cada columna, viga y riostra de acero deben satisfacer las disposiciones de la sección 6.2.9 de la EN 1993-1-1:2005.

Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero

Las capacidades a fuerzas cortantes de cada columna, viga y riostra de acero deben satisfacer las disposiciones de la sección 6.2.6 de la EN 1993-1-1:2005.

Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero

La resistencia al pandeo de cada miembro de acero se calcula en términos de flexión biaxial combinada y compresión axial según las ecuaciones (6.61) y (6.62) de la sección 6.3.3 de la EN 1993-1-1:2005.

Tensión Diagonal en las Uniones

De acuerdo con la sección 7.2.5 de KANEPE, el agrietamiento por tensión diagonal del núcleo de las uniones reforzadas con estribos horizontales se produce cuando el principio de tensión de tracción, es decir, la combinación de (i) la tensión de cortante promedio τ_j , (ii) el esfuerzo compresivo horizontal promedio de la unión, $\sigma_c = v_{top} f_c$, y (iii) la tensión compresiva horizontal promedio que se desarrolla en el núcleo de la unión como resultado del confinamiento proporcionado por los estribos horizontales, excede la resistencia a la tensión del hormigón, f_{ct} , es decir:

$$\tau_j \geq \tau_c = f_{ct} \sqrt{\left(1 + \frac{\rho_{jh} f_{yw}}{f_{ct}}\right) \left(1 + \frac{v_{top} f_c}{f_{ct}}\right)} \quad (4) \text{ KANEPE}$$

Donde $\rho_{jh} = A_{sh}/b_j h_{jb}$ es decir la sección transversal total A_{sh} de las patas horizontales del estribo paralelas al plano vertical de la tensión τ_j , normalizada al área de la sección transversal vertical de la junta, $b_j z_b$. Para más información puede consultar la sección 7.2.5 de KANEPE.

Compresión Diagonal en las Uniones

De acuerdo con el apartado 7.2.5 de KANEPE, el fallo del núcleo debido a la compresión diagonal se produce si el esfuerzo de compresión principal excede el esfuerzo de compresión (como se reduce por posibles deformaciones transversales de tracción) del hormigón. Si la tensión de cortante promedio en la junta, τ_j , excede el valor de τ_c dado por la Ec. (4), entonces se puede suponer que el fallo de la unión debido a la compresión diagonal se produce cuando el valor de τ_j excede el valor:

$$\tau_j \geq \tau_{ju} = n f_c \sqrt{\left(1 - \frac{v_{top}}{n}\right)} \quad (5) \text{ KANEPE}$$

Donde $n=0.6(1-f_c(\text{MPa})/250)$ es el factor de reducción de la resistencia a la compresión uniaxial debido a deformaciones transversales de tracción. Si, por el contrario, τ_j es menor que τ_c dado por la expresión (4), entonces se puede suponer que el fallo de la unión debido a la compresión diagonal se produce cuando τ_j excede el valor derivado de la expresión (5) para $n=1$.

Ductilidad de las Uniones

Tanto los elementos estructurales como la estructura en su conjunto deben tener una ductilidad adecuada de acuerdo con el apartado 9.3.3 del KANEPE. En edificios de tipo pórtico de dos o más pisos, se debe cumplir la siguiente condición en todas las juntas de vigas sísmicas primarias o secundarias con columnas sísmicas primarias:

$$\Sigma M_{Rc} \geq 1,3 \Sigma M_{Rb} \quad (S1) \text{ KANEPE}$$

De lo contrario, se deben tomar los valores de la tabla S 4.4 para los edificios construidos antes de 1985. Donde ΣM_{Rc} es la suma de los valores de diseño de los momentos de resistencia de las columnas que forman la unión y ΣM_{Rb} es la suma de los valores de cálculo de los momentos de resistencia de las vigas que forman la junta. La verificación de la ductilidad de las uniones no se emplea para las uniones del nivel superior de edificios de varios pisos según el apartado 9.3.3 del KANEPE.

Capacidad Portante de Zapatas

La falla de la capacidad portante se verifica bajo combinaciones de acciones aplicados N_{ed} , V_{Ed} , M_{Ed} según EN 1998-5, 5.4.1.1 (8).

Fuerzas de Deslizamiento de Zapatas

El fallo por deslizamiento se verifica según EN 1998-5, apartado 5.4.1.1 (6) asegurando que la fuerza de deslizamiento V_{Ed} sobre la base horizontal no supere la siguiente expresión:

$$F_{Rd} + E_{pd}$$

Dónde

F_{Rd} es la resistencia de diseño a la fricción de las zapatas y

E_{pd} es la resistencia lateral de diseño que surge del empuje del suelo en el lado de las zapatas.

Capacidad de Flexión de Zapatas

La revisión de la capacidad del momento flector se realiza según EN 1992-1-1. La demanda de momento flector se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad a Cortante de Zapatas

La verificación de la capacidad a cortante se realiza según EN 1992-1-1. La demanda de cortante se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad de Punzonamiento de Zapatas

La revisión de la capacidad de punzonamiento se realiza según se describe en EN 1992-1-1, apartado 6.4.2.

Excentricidad de Zapatas

La excentricidad de la carga no debe exceder el 1/3 de la dimensión en cada dirección de la zapata según EN 1997-1, sección 6.5.4. La verificación de doble excentricidad se verifica si la suma de los cuadrados de las excentricidades de carga en 2 direcciones horizontales es menor que 1/9.

CURVA DE CAPACIDAD

Cada análisis de pushover produce una curva de capacidad, la cual es la relación que existe entre la cortante basal total y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, llamado “nodo de control”, con los valores del desplazamiento de control variando entre cero y el máximo valor definido por el usuario.

DESPLAZAMIENTO OBJETIVO

El desplazamiento objetivo δ_t (§ 5.7.4.2) debe ser calculado tomando en cuenta todos los factores relevantes afectando el desplazamiento de un edificio que responde de manera inelástica. Se permite considerar el desplazamiento de un sistema un solo grado de libertad con un periodo fundamental igual al periodo fundamental de la estructura sujeta ante acciones sísmica para lo cual debe hacerse la verificación correspondiente. Una corrección apropiada se necesita para poder derivar el desplazamiento correspondiente del edificio cuya respuesta se asume de manera elástica perfectamente plástica.

Si se utiliza un método más preciso, el desplazamiento objetivo δ_t puede ser calculado usando las siguientes ecuaciones y ser corregido (cuando sea necesario) de acuerdo con §5.7.4.2 según se indica a continuación:

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot (T_e^2 / 4\pi^2) S_{e(T)} \quad (S5.6) \text{ KANEPE}$$

Donde $S_{e(T)}$ es la pseudo aceleración elástica (derivada del espectro del EC8) correspondiente al periodo fundamental equivalente de la estructura T_e (calcula usando el punto de contraflexión en el diagrama de fuerza-desplazamiento del sistema, según está definido en la ecuación S5.5 de § 5.7.3.5), y C_0 , C_1 , C_2 y C_3 son factores de corrección definidos de la siguiente manera:

C_0 : coeficiente que relaciona el desplazamiento espectral del sistema elástico equivalente de rigidez K_e ($S_d = [T_e^2 / 4\pi^2] S_{e(T)}$), con el desplazamiento actual δ_t en el tope de la estructura, la cual se asume respondiendo como un sistema elasto-plástico (§ 5.7.3.4). Los valores de este coeficiente pueden tomarse iguales a 1.0, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, para un número de pisos iguales a 1, 2, 3, 5, y ≥ 10 , respectivamente.

La razón $C_1 = \delta_{inel} / \delta_{el}$ del máximo desplazamiento inelástico del edificio al desplazamiento elástica correspondiente puede obtenerse a partir de las siguientes relaciones:

$C_1 = 1.0$ para $T_e \geq T_c$, y

$C_1 = [1.0 + (R-1)T_c / T_e] / R$ para $T_e < T_c$,

donde T_c es el periodo de esquina que inicia el tramo descendiente del espectro de respuesta (EC8-Parte1) y $R = V_{el} / V_y$ la razón de la demanda elástica sobre la capacidad de cedencia de la estructura. Esta razón puede estimarse de la relación:

$$R = \frac{S_e/g}{V_y/W} \cdot C_m \quad (S5.7) \text{ KANEPE}$$

donde la capacidad de cedencia V_y se calcula por la bilinealización apropiada de la relación de cortante en la base vs. el desplazamiento del edificio, como se define en §5.7.3.4. Para la simplicidad (y

conservadoramente), la razón V_y/W en la ecuación puede tomarse como igual a 0.15 para edificios con sistemas estructurales duales, y 0.10 para edificios con sistemas de marcos exclusivamente.

C_2 : coeficiente que toma en cuenta la influencia de la curva de histéresis en el desplazamiento máximo. Sus valores pueden obtenerse de la Tabla S5.1

Nivel de Desempeño	$T=0.1s$		$T \geq T_c$	
	Tipo Estructural 1	Tipo Estructural 2	Tipo Estructural 1	Tipo Estructural 2
Ocupación Inmediata	1.0	1.0	1.0	1.0
Seguridad de Vida	1.3	1.0	1.1	1.0
Prevención del Colapso	1.5	1.0	1.2	1.0

Tabla S5.1 de KANEPE: Valores del coeficiente C_2

Como los sistemas estructurales del Tipo 1 son estructuras que tienen ductilidad baja (p. ej. edificios construidos antes de 1985 o edificios cuya curva de capacidad está caracterizada por una capacidad de ductilidad por desplazamiento disponible menor a 2), de los cuales se espera un comportamiento histerético menor que el de las estructuras denominadas Tipo 2, que son p. ej. edificios construidos posteriores al 1985, o edificios cuya curva de capacidad muestra una capacidad de ductilidad por desplazamiento disponible mayor a 2. Dado que el hecho de que la influencia del comportamiento histerético es mayor para niveles mayores de respuesta estructural post-elástica, los valores del coeficiente C_2 están condicionados al nivel de desempeño.

C_3 : Coeficiente que toma en cuenta el incremento de los desplazamientos debido a efectos de segundo orden ($P-\Delta$). Puede tomarse igual a $1+5(\theta-0.1)/T_e$, donde θ es el coeficiente de sensibilidad de la deriva entre pisos (ver EC8-Parte1). En el caso común (para edificios de mampostería) donde $\theta < 0.1$, el coeficiente se toma como $C_3=1.0$.

Determinación de la relación idealizada elástica perfectamente plástica de fuerza y desplazamiento

La relación no lineal entre la fuerza y el desplazamiento que relaciona la cortante en la base con el desplazamiento del nodo de control debe ser reemplazada por una curva bilineal idealizada para la determinación de la rigidez lateral equivalente K_e y la capacidad correspondiente de cedencia V_y del edificio.

Se recomienda que la curva de capacidad idealizada (relación fuerza-desplazamiento) es bilineal, con una pendiente en el primer tramo igual a K_e y una pendiente en el segundo tramo αK_e . Las dos líneas que componen la curva bilineal pueden ser definidas gráficamente, basándose en el criterio de aproximado de áreas equivalentes de las secciones definidas por encima y por debajo de la intersección entre la curva real y la idealizada (figura 5.2 de KANEPE).

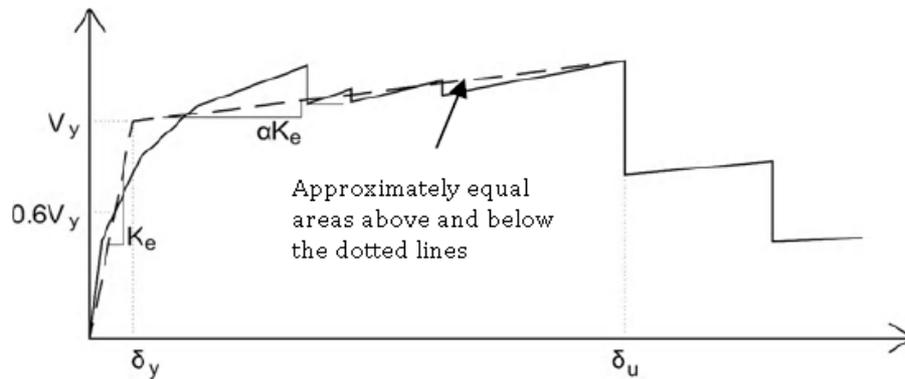


Figura 5.2 de KANEPE: Idealización de una curva de capacidad (indicativa) con una curva bilineal

La rigidez lateral equivalente K_e se determina como la rigidez secante que corresponde a una fuerza igual al 60% de la fuerza de cedencia V_y , con la última definida como la intersección de las líneas pro encima. La inclinación normalizada (α) del segundo tramo se determina por una línea recta pasando a través del punto de curva de capacidad (real) no lineal que corresponde al desplazamiento último (δ_u), más allá del cual una caída significativa de capacidad de la estructura puede observarse (figura 5.2). En cualquier caso, el valor derivado de α debe ser un valor positivo (o cero), pero no mayor a 0.10 (para mantener la compatibilidad con las otras suposiciones hechas por el método de estimación de δ_t , tales como el coeficiente C_1). La fracción recomendada de la reducción de la resistencia es 15% dado que ningún miembro vertical primario ha alcanzado la falla hasta este punto (en cuyo caso la bilinealización de la curva debe hacerse para el desplazamiento que corresponde a esta falla).

Determinación del Periodo Fundamental

El periodo fundamental en la dirección del análisis debe estimarse basándose en la curva de capacidad idealizada.

El valor T_e del periodo fundamental se deriva de la siguiente expresión:

$$T_e = T \sqrt{\frac{K_0}{K_e}} \tag{5.5} \text{ KANEPE}$$

Donde T es el periodo fundamental elástico en la dirección del análisis, y la cual se deriva de un análisis de eigenvalores, K_0 es la rigidez lateral elástica correspondiente y K_e es la rigidez lateral equivalente.

Apéndice A.5 – TBDY

En este apéndice se presentan los parámetros utilizados para la evaluación de las estructuras de acuerdo con el Código de Construcción y Evaluación Sísmica de Turquía TBDY.

TIPO DE ANÁLISIS

La práctica actual en Turquía está regulada por el TBDY: Código de Construcción y Evaluación Sísmica de Turquía en combinación con el TS500: Requisitos para el diseño y la construcción de estructuras de concreto reforzado armado.

Según TBDY, para la evaluación y el rediseño de un edificio, se puede utilizar uno de los siguientes métodos de análisis:

- Método lineal de carga sísmica equivalente según la sección 4.7 de TBDY;
- Análisis modal Método lineal de acuerdo con la sección 4.8 de TBDY;
- Método estático no lineal (pushover) según la sección 5.6 de TBDY;
- Método de time history no lineal según la sección 5.7 de TBDY.

En SeismoBuild se emplea el método más común en la práctica de evaluación de edificios existentes, que es el análisis estático no lineal. Se basa en análisis de pushover llevados a cabo bajo cargas gravitatorias constantes y fuerzas laterales crecientes, aplicadas en la ubicación de las masas para simular las fuerzas de inercia inducidas por la acción sísmica. Como el modelo puede dar cuenta de la no linealidad tanto geométrica como mecánica, este método puede describir la evolución de los mecanismos plásticos esperados y el daño estructural.

Cada análisis de pushover conduce a una curva de capacidad, que es una relación entre el cortante en la base total y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, denominado "nodo de control". La demanda en el Nivel de Desempeño considerado - Uso Continuo, Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida o Prevención de Colapso - se determina mediante la comparación adecuada entre la capacidad determinada por la curva de empuje y la demanda establecida como el Espectro de respuesta lineal amortiguado. Para hacerlo, los desplazamientos del "nodo de control" se definen en términos de cantidades espectrales relativas a un sistema equivalente de un grado de libertad (SDOF) que se deriva de la respuesta de varios grados de libertad (MDOF) estimada de acuerdo al Apéndice 5B de TBDY.

La demanda estructural asociada con el desplazamiento objetivo adquirido deberá cumplir los criterios de verificación definidos en TBDY. Por consiguiente, la demanda de elementos para acciones controladas por fuerza (cortante) y controladas por deformación (rotación de cuerda o de deformación) se considera que cumplen con los límites que tienen en cuenta: propiedades mecánicas de sección; la interacción de flexión, cortante y fuerza axial del elemento; y la degradación de la resistencia / rigidez asociada con la demanda de ductilidad y la respuesta histerética cíclica de los elementos de concreto reforzado, a través de la consideración apropiada de la no linealidad del material.

REQUISITOS DE DESEMPEÑO

Según las secciones 2.2, 3.4 y 3.5 de TBDY, los objetivos de la evaluación o rediseño consisten en combinaciones de un nivel de rendimiento y una acción sísmica, dada una "probabilidad aceptable de superación dentro del ciclo de vida del edificio" (terremoto de diseño). como se muestra en la tabla a continuación.

Nivel de Amenaza Sísmica	Niveles de desempeño objetivo del edificio			
	Uso Continuo (KK)	Ocupación Inmediata (HK)	Seguridad de Vida (CG)	Prevención del Colapso (BP)
DD-4 (68%/50 años)	a	b	c	d
DD-3 (50%/50 años)	e	f	g	h
DD-2 (10%/50 años)	i	j	k	l
DD-1 (2%/50 años)	m	n	o	p

Niveles de desempeño objetivo.

Los niveles de desempeño del edificio objetivo se refieren al estado de daño en la estructura definida a través de cuatro estados límite, a saber, Uso continuo (KK), Ocupación inmediata (HK), Seguridad vital (CG) y Prevención de colapso (BP).

Nivel de Desempeño de Uso Continuo (KK)

El uso continuo después del terremoto (KK), de acuerdo con TBDY, es una condición en la que se espera que el daño sea insignificante y la estructura no necesite ninguna medida de reparación. Se evita que los elementos estructurales cedan significativamente y retengan sus propiedades de resistencia y rigidez. Los componentes no estructurales, como particiones y rellenos, no deben dañarse.

Nivel de Desempeño de Ocupación Inmediata (HK)

La Ocupación Inmediata (HK), de acuerdo con TBDY, es una condición en la que se espera que no se interrumpa ninguna operación del edificio durante y después del terremoto de diseño, con la posible excepción de funciones de importancia menor. Algunas grietas finas pueden ocurrir en la estructura.

Nivel de Desempeño de Seguridad de Vida (CG)

Seguridad de Vida (CG), según TBDY, es una condición en la que se espera que ocurra un daño reparable en la estructura durante el terremoto de diseño, sin causar pérdida o lesiones graves a las personas y sin daños sustanciales a la propiedad personal o materiales que se almacenan en el edificio.

Nivel de Desempeño de Prevención del Colapso (BP)

La prevención de colapso (BP), de acuerdo con TBDY, es una condición en la que se espera un daño extenso y grave o grave (no reparable, en general) a la estructura durante el terremoto de diseño; sin embargo, la estructura conserva su capacidad de soportar las cargas verticales prescritas (durante y durante un período posterior al terremoto), pero sin otro factor de seguridad sustancial contra el colapso total o parcial.

Los criterios para la selección de los Objetivos de rendimiento se pueden encontrar en TBDY.

INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

Para elegir el tipo de análisis admisible y los valores apropiados del factor de confianza, se definen los siguientes dos niveles de conocimiento:

- Conocimiento limitado
- Conocimiento integral

Los factores que determinan el nivel de fiabilidad de los datos obtenidos son la (i) geometría, que son las propiedades geométricas del sistema estructural y de los elementos no estructurales, p.e. paneles de relleno de mampostería, que pueden afectar la respuesta estructural; (ii) detalles, que incluyen la cantidad y detalles del refuerzo en secciones de concreto reforzado, la conexión de los diafragmas del piso a la estructura de resistencia lateral, la unión de mortero y unión de la mampostería y la naturaleza

de cualquier elemento de refuerzo en la mampostería; y finalmente (iii) materiales, es decir, las propiedades mecánicas de los materiales constituyentes.

Conocimiento Limitado

El nivel de conocimiento limitado corresponde a un estado de conocimiento donde la información se obtiene a partir de dibujos de diseño con información suficiente para analizar las demandas de los componentes y calcular las capacidades de los componentes. Los dibujos de diseño muestran la configuración del sistema de carga por gravedad y del sistema resistente a fuerzas sísmicas con suficientes detalles. La información se verifica mediante una evaluación de condición visual. A falta de información suficiente de los dibujos de diseño, la información incompleta o inexistente se complementa con una evaluación exhaustiva de la condición, incluida la investigación destructiva y no destructiva.

Conocimiento Integral

El nivel de conocimiento integral corresponde a un estado de conocimiento donde la información se obtiene de documentos de construcción que incluyen dibujos de diseño, especificaciones, registros de pruebas de materiales e informes de control de calidad que cubren la construcción original y las modificaciones posteriores a la estructura. La información se verifica mediante una evaluación de condición visual. En los casos en que los documentos de construcción son incompletos, la información faltante se complementa con una evaluación exhaustiva de la condición, incluida la investigación destructiva y no destructiva. En ausencia de registros de pruebas de materiales e informes de control de calidad, las propiedades del material se determinan mediante pruebas exhaustivas de materiales de acuerdo con TBDY, Capítulo 15.

Factores de Conocimiento

En la siguiente tabla de la sección 15.2.12 de TBDY, se muestran los factores de confianza para cada nivel de conocimiento.

Nivel de Conocimiento	Factor de Conocimiento
Limitado	0.75
Integral	1.00

Tabla 15.1 de TBDY – Factores de Conocimiento

Factores de Seguridad

En TBDY, los factores de seguridad se incorporan directamente en la resistencia del miembro y los límites de deformación del miembro.

MODELOS DE CAPACIDAD PARA EVALUACIONES Y REVISIONES

Todas las revisiones de los miembros (capacidad de rotación de cuerda, capacidad de deformación y capacidad de corte) deben llevarse a cabo para todos los elementos de cada planta, de acuerdo con las secciones 5 y 15 de TBDY. Además, se pueden emplear revisiones de uniones viga-columna para verificar las fuerzas de cortante de la junta.

Capacidad de Rotación de Cuerda

La capacidad de rotación de cuerda de vigas, columnas y paredes, θ , que es el ángulo entre la tangente al eje en el extremo flexible y la cuerda que conecta ese extremo con el final del tramo de cortante ($L_s = M/V =$ momento/cortante al final de la sección). La rotación de la cuerda también es igual a la relación de deriva del elemento, que es la desviación al final del tramo de cortante con respecto a la tangente al eje en el extremo flexible dividido por el tramo de cortante.

La capacidad de rotación de cuerda de vigas y columnas está muy influenciada por la falta de detalles apropiados de resistencia sísmica en el refuerzo longitudinal, así como también por la presencia de

barras lisas, desarrollo inadecuado de empalme largo de la envergadura (vigas) y la altura (columnas), y empotramiento inadecuado en las uniones viga-columna puede controlar la respuesta de los miembros a la acción sísmica, limitando drásticamente su capacidad con respecto a la situación en la que el refuerzo se considera plenamente eficaz. Las limitaciones anteriores a la capacidad de deformación se toman en consideración.

El valor de la capacidad de rotación de cuerdas para los niveles de desempeño de uso continuo (KK) y ocupación inmediata (HK) es el valor de la capacidad de rotación de cuerda el ceder por flexión, θ_y , que se calcula a partir de las ecuaciones 5.3 y 5.8b de TBDY:

$$\theta_y = \frac{\varphi_y L_s}{3} + 0,0015\eta \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\varphi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (5.3) \text{ TBDY}$$

Donde L_s es la relación entre el momento de flexión, M y la fuerza de corte, V ; y η es igual a 1,0 para vigas y columnas y 0,5 para paredes.

$$\theta_p^{(HK)} = 0 \quad (5.8b) \text{ TBDY}$$

El valor de la capacidad de rotación de acordes para el nivel de desempeño de la seguridad de vida (CG) se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\theta^{(CG)} = \theta_y + \theta_p^{(CG)}$$

Donde θ_y se calcula según la ecuación (5.3) y $\theta_p^{(CG)}$ según la ecuación (5.7b) de TBDY:

$$\theta_p^{(CG)} = 0,75\theta_p^{(GO)} \quad (5.7b) \text{ TBDY}$$

El valor $\theta_p^{(GO)}$ se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\theta_p^{(GO)} = \frac{2}{3} \left[(\varphi_u - \varphi_y) L_p \left(1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4,5\varphi_u d_b \right] \quad (5.6) \text{ TBDY}$$

El valor de la capacidad de rotación de cuerda para el nivel de desempeño de la prevención de colapso (BP) es el valor de la capacidad de rotación de acordes en caso de falla, que se calcula como la suma de la rotación de acordes en cedencia y la parte plástica de la capacidad de rotación de cuerda de acuerdo con las ecuaciones 5.3 y 5.6 de TBDY.

$$\theta_u = \theta_y + \theta_p$$

La curvatura de cedencia de la sección final se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación (Apéndice 7A de KANEPE), para las secciones cuya zona de compresión es de ancho constante y para el caso en que la cedencia de la sección se deba a la deformación del acero.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \quad (A.1) \text{ KANEPE}$$

Si la sección cede debido a las deformaciones no lineales del hormigón en compresión, es decir, a la deformación de la fibra de compresión del borde mayor que $\varepsilon_c \approx 1.8 f_c/E_c$, entonces la curvatura de cedencia se calcula de acuerdo con la siguiente expresión del Apéndice 7A de KANEPE :

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d} \quad (A.2) \text{ KANEPE}$$

El valor más bajo de los dos valores anteriores se usa para calcular la capacidad de rotación de acordes.

Las ecuaciones propuestas por D. Biskinis [2007] se emplean para el cálculo de la curvatura final en la sección final. Si la falla se debe a la ruptura del acero, entonces la curvatura final se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\varphi_{su} = \frac{\varepsilon_{su}}{(1-\xi_{su})d}$$

Si la sección falla por aplastamiento de las fibras de concreto en los extremos, entonces la curvatura final se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\varphi_{cu} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\xi_{cu} d}$$

Se recomienda a los usuarios consultar las publicaciones relevantes para la definición de los otros parámetros y más detalles sobre la expresión.

En el caso de las secciones de columnas circulares, las ecuaciones anteriores no pueden emplearse para calcular el desempeño de los elementos y las curvaturas finales. En SeismoBuild las ecuaciones sugeridas por D. Biskinis y M. N. Fardis [2013] se emplean para φ_y y φ_u .

Miembros Encamisados

Los valores de los miembros encamisados para θ_y^* y θ_u^* que se adoptan en las verificaciones de capacidad dependen de los valores correspondientes calculados según los requisitos de la sección 5 de TBDY, de acuerdo con las siguientes limitaciones de la sección 15.10.1 de TBDY:

La rotación de acordes en el rendimiento:

$$\theta_y^* = 0.90\theta_y$$

La última rotación de acordes:

$$\theta_u^* = 0.90\theta_u$$

Envolturas FRP

La contribución de la envoltura de FRP a la capacidad de los miembros se toma en cuenta en el cálculo de la curvatura de cedencia y última debido a una falla en el concreto.

Capacidad de Momento Flector

La capacidad de momento flector de vigas, columnas y muros con sección prismática se calcula según el párrafo 4.1 de D. Biskinis y M.N. Fardis (2009), mientras que para la capacidad de momento flector de columnas circulares párrafo 4 de Biskinis y M.N. Fardis (2013) está empleado.

Capacidad de Deformación

El valor de la capacidad de deformación para los niveles de desempeño de uso continuo (KK) y ocupación inmediata (HK) se define mediante la siguiente ecuación 5.8a de TBDY:

$$\begin{aligned} \varepsilon_c &= 0.0025 \\ \text{y} & \\ \varepsilon_s &= 0.0075 \end{aligned} \tag{5.8a} \text{ TBDY}$$

El valor de la capacidad de deformación para el nivel de desempeño de la seguridad de vida (CG) se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \varepsilon_c^{(CG)} &= 0.75\varepsilon_c^{(GO)} \\ \text{y} & \\ \varepsilon_s^{(CG)} &= 0.75\varepsilon_s^{(GO)} \end{aligned} \tag{5.7a} \text{ TBDY}$$

Donde $\varepsilon_c^{(GO)}$ se calcula de acuerdo con las siguientes ecuaciones de TBDY:

Para columnas rectangulares, vigas y paredes:

$$\varepsilon_c^{(GO)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \tag{5.4a} \text{ TBDY}$$

Para columnas circulares:

$$\varepsilon_c^{(GO)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \tag{5.4b} \text{ TBDY}$$

y $\varepsilon_s^{(GO)}$ se calcula de acuerdo con la ecuación 5.5 de TBDY:

$$\varepsilon_c^{(GO)} = 0.75\varepsilon_{su} \quad (5.5) \text{ TBDY}$$

Envolturas FRP

La contribución de la envoltura de FRP a la capacidad de deformación de los miembros se toma en cuenta de acuerdo con la sección 15B.3 del Apéndice 15B de TBDY.

Capacidad de Cortante

La capacidad de corte se calcula a través de la siguiente expresión de acuerdo con el Apéndice 15B de TBDY, según lo controlado por los estribos, teniendo en cuenta también el incremento debido al envoltorio de FRP.

$$V_r = V_c + V_w + V_f \leq V_{\max} \quad (15B.1) \text{ TBDY}$$

donde V_c se calcula de acuerdo con las ecuaciones 8.1 y 8.4 de TS500:

$$V_{cr} = 0.65f_{ctd}b_w d \left(1 + \gamma \frac{N_d}{A_c}\right) \quad (8.1) \text{ TS500}$$

$$V_c = 0.8V_{cr} \quad (8.4) \text{ TS500}$$

La contribución de la armadura transversal a la capacidad de corte se calcula de acuerdo con la ecuación 8.5 de TS00:

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \quad (8.5) \text{ TS500}$$

La contribución de la chaqueta de FRP a la resistencia al corte se calcula a través de la siguiente expresión:

$$V_f = \frac{2 n_f t_f w_f E_f \varepsilon_f d}{s_f} \quad (15B.2) \text{ TBDY}$$

La resistencia al corte de un miembro no puede tomarse más que el valor correspondiente al fallo por aplastamiento de la banda, V_{\max} , que se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V_{\max} \leq 0.22 f_{cd} b_w d \quad (8.7) \text{ TS500}$$

Miembros Encamisados

El valor de la capacidad de corte, V_R^* , de los miembros encamisados que se adopta en las verificaciones de capacidad depende del valor correspondiente calculado según los requisitos del Apéndice 15B de TBDY, de acuerdo con las siguientes limitaciones de la sección 15.10.1 de TBDY :

$$V_R^* = 0.9V_R$$

Envolturas FRP

La contribución de la camisa FRP a la resistencia al corte se toma en cuenta de acuerdo con la sección 15B.3 del Apéndice 15B de TBDY, como se muestra arriba.

Deformaciones Axiales de Miembros de Acero

Las deformaciones axiales de las riostras en tracción y compresión deben cumplir con las disposiciones de la tabla 5C.4 de TBDY.

Fuerzas Axiales de Miembros de Acero

Las fuerzas axiales de las riostras a tracción y compresión deben satisfacer las disposiciones de la Tabla C3.2 de AISC 342-22 y de los Capítulos D y E de AISC 360-16. Las fuerzas axiales de las columnas de acero a tracción deben satisfacer las disposiciones de la Tabla C3.1 de AISC 342-22. Las columnas de acero a compresión se consideran acciones controladas por fuerza y se han verificado en términos de resistencia a fuerza axial de acuerdo con el Capítulo E de AISC 360-22. Las vigas de acero a tracción o compresión

se han verificado únicamente cuando su fuerza axial obtenida del análisis es igual o superior al 10% de su resistencia a tracción o compresión, de acuerdo con el Capítulo 3 de AISC 342-22.

Capacidad de Rotación de Nudo de Miembros de Acero

La verificación de la capacidad de rotación de nudo se realiza para las vigas y columnas de acero según las Tablas 5C.1 y 5C.2 de TBDY.

Momento Flector de Miembros de Acero

Las capacidades a momento flector de las columnas y riostras de acero deben satisfacer las disposiciones de las Secciones 4a.2a.1 y 4a.2b del Capítulo C3 de AISC 342-22. Las vigas de acero se verifican con el mismo criterio, despreciando la fuerza axial cuando es inferior al 10% de la resistencia a tracción o compresión.

Fuerzas Cortantes de Miembros de Acero

Las capacidades a fuerzas cortantes de cada columna y riostra de acero deben satisfacer las disposiciones de las Secciones 4a.3 y 4b.3 del Capítulo C3 de AISC 342-22.

Deformaciones por Corte de Miembros de Acero

Las vigas de acero sometidas a cortante se consideran acciones controladas por deformación y se verifican en términos de deformación por cortante de acuerdo con la Tabla C2.4 de AISC 342-22. Las deformaciones por cortante se calculan dividiendo las fuerzas cortantes analíticas por la rigidez a cortante $K_e \cdot L_v$, tal como recomienda AISC 342-22 (Ecuación C2.5) para evaluar la deformación de fluencia por cortante a partir de la resistencia a cortante.

Momento Flector Crítico por Pandeo de Miembros de Acero

La resistencia al pandeo de cada miembro de acero se calcula en términos de flexión biaxial combinada y compresión axial de acuerdo con las Secciones 4a.2a.2 y 4a.2b del Capítulo C3 de AISC 342-22.

Fuerza Cortante en las Uniones

La fuerza de corte de diseño de las juntas se calcula a través de la siguiente expresión de acuerdo con TBDY:

$$V_e = 1.25 f_{yk}(A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \quad (7.11) \text{ TBDY}$$

La opción para considerar las tensiones de las barras de refuerzo de los análisis en lugar de las tensiones de fluencia para el cálculo de la demanda de fuerza de corte horizontal de las uniones en el análisis no lineal está disponible en la pestaña Elementos de la Configuración avanzada. En este caso, la expresión para la fuerza cortante horizontal que actúa sobre el núcleo de hormigón de las uniones es la siguiente:

$$V_e = (\sum A_{s1i} \cdot \sigma_{1i} + \sum A_{s2i} \cdot \sigma_{2i}) - V_{kol}$$

El valor de la fuerza cortante de diseño de las juntas debe ser menor que su capacidad de corte como se muestra a continuación. Se emplean dos expresiones diferentes, de acuerdo con la sección 7.5 de TBDY, dependiendo de si las articulaciones tienen o no confinamiento del refuerzo transversal, como se define en la figura 7.10 de TBDY.

Para las articulaciones con confinamiento de refuerzo transversal:

$$V_e \leq 1.7b_j h \sqrt{f_{ck}} \quad (7.12) \text{ TBDY}$$

Para juntas sin confinamiento de refuerzo transversal:

$$V_e \leq 1.0b_j h \sqrt{f_{ck}} \quad (7.13) \text{ TBDY}$$

Ductilidad de las Uniones

Tanto los elementos estructurales como la estructura en su conjunto deben poseer una ductilidad adecuada de acuerdo con la sección 18.7.3 de EN ACI 318-19. En edificios de tipo pórtico de dos o más pisos, se debe cumplir la siguiente condición en todas las juntas de vigas sísmicas primarias o secundarias con columnas sísmicas primarias:

$$\Sigma M_{nc} \geq (6/5)\Sigma M_{nb} \quad (18.7.3.2) \text{ ACI 318-19}$$

Donde ΣM_{nc} es la suma de los valores de diseño de los momentos de resistencia de las columnas que forman la unión y ΣM_{nb} es la suma de los valores de cálculo de los momentos de resistencia de las vigas que forman la unión. La verificación de ductilidad de uniones no se emplea para las uniones del nivel superior de edificios de varios pisos de acuerdo con la sección 18.7.3.1 de ACI 318-19.

Capacidad de Rotación de Rocking de Zapatas

La capacidad de rotación de rocking se verifica de acuerdo con ASCE 41-23, sección 8.4.5.2.

Capacidad de Momento de Rocking de Zapatas

La capacidad del momento de rocking se verifica de acuerdo con ASCE 41-23, sección 8.4.5.3.

Capacidad de Flexión de Zapatas

La revisión de la capacidad del momento flector se realiza según ACI 318-19. La demanda de momento flector se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad a Cortante de Zapatas

La verificación de la capacidad a cortante se realiza según ACI 318-19 sección 22.5.5.1. La demanda de cortante se calcula mediante la tensión σ_{net} que actúa sobre la base horizontal de la zapata.

Capacidad de Punzonamiento de Zapatas

La revisión de la capacidad de punzonamiento se realiza según se describe en ACI 318-19 sección 22.6.5

Excentricidad de Zapatas

La excentricidad de la carga no debe exceder el 1/3 de la dimensión en cada dirección de la zapata según EN 1997-1, sección 6.5.4. La verificación de doble excentricidad se verifica si la suma de los cuadrados de las excentricidades de carga en 2 direcciones horizontales es menor que 1/9.

CURVA DE CAPACIDAD

Cada análisis de pushover conduce a una curva de capacidad, que es una relación entre el cortante base total y el desplazamiento horizontal de un punto representativo de la estructura, denominado "nodo de control", con los valores del desplazamiento de control entre cero y un valor máximo definido por el usuario.

DESPLAZAMIENTO OBJETIVO

El desplazamiento del objetivo se define como la demanda sísmica derivada del espectro de respuesta elástica en términos de desplazamiento de un sistema equivalente de un solo grado de libertad. Para definir el desplazamiento del objetivo de un sistema MDOF, se deben seguir una serie de pasos de acuerdo con el Apéndice 5B de TBDY.

El desplazamiento del objetivo se calculará de acuerdo con la ecuación (5B.12) de TBDY.

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (5B.12) \text{ TBDY}$$

dónde

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \tag{5B.13} \text{ TBDY}$$

$S_{de}(T_1)$ es la pseudoaceleración espectral elástica correspondiente al período fundamental equivalente de la estructura T_1 y C_R es un factor de modificación para relacionar los desplazamientos inelásticos máximos esperados con los desplazamientos calculados para la respuesta elástica lineal. El valor para C_R se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \tag{5B.14} \text{ TBDY}$$

donde R_y es el factor de reducción de desempeño calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{\alpha_{y1}} \tag{5B.15} \text{ TBDY}$$

La ecuación (5B.14) para el factor de modificación C_R toma la siguiente forma usando las ecuaciones (5B.16) de TBDY:

$$C_R = 1 \text{ for } T_1 > T_B \tag{5B.17a} \text{ TBDY}$$

$$C_R = \frac{1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1}}{R_y} \geq 1 \text{ for } T_1 \leq T_B \tag{5B.17b} \text{ TBDY}$$

Determinación de la relación idealizada elástica perfectamente plástica de fuerza y desplazamiento

La fuerza de fluencia f_y , que representa también la resistencia máxima del sistema SDOF idealizado, es igual a la fuerza de corte base en la formación del mecanismo de plástico. La rigidez inicial del sistema idealizado se determina de tal forma que las áreas bajo las curvas de fuerza-deformación reales e idealizadas son iguales.

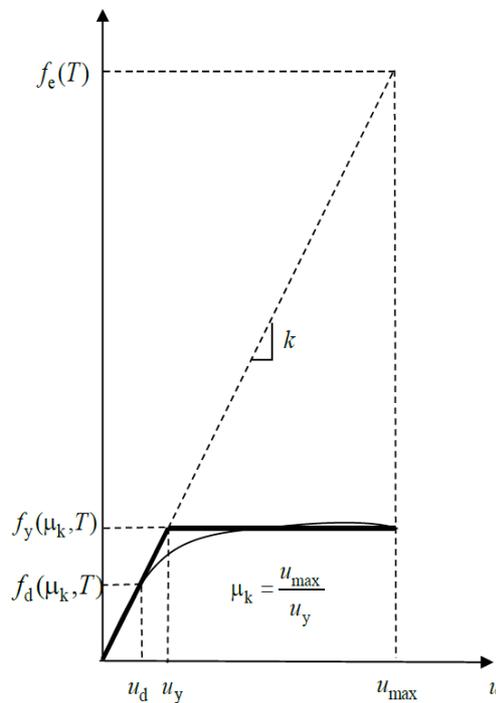


Figura 4A.1 de TBDY Determinación de la idealizada relación elasto-perfectamente plástica de fuerza-desplazamiento

Apéndice B – Marco Teórico y Suposiciones de Modelaje

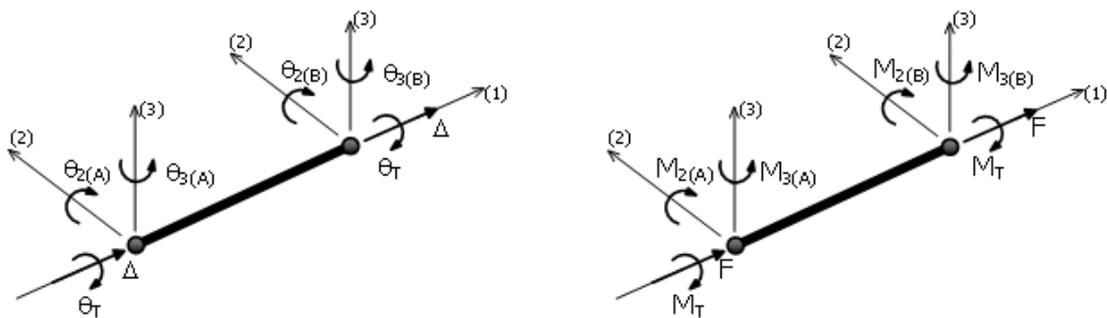
Este apéndice tiene como fin proveer a los usuarios un panorama general sobre los fundamentos teóricos y convenciones de modelado en SeismoBuild, así como también hacer referencia a una serie de publicaciones a las cuales los usuarios pueden acudir para profundizar en estos conceptos.

NO-LINEALIDAD GEOMÉTRICA

SeismoBuild utiliza una formulación completamente co-rotacional desarrollada e implementada por Correia and Virtuoso [2006], que le permite tener en cuenta el efecto de grandes desplazamientos/rotaciones y grandes deformaciones independientes, relativas a la cuerda de los elementos de pórtico (conocidos habitualmente como efectos P-Delta).

La formulación implementada se basa en una descripción exacta de las transformaciones cinemáticas asociadas a los grandes desplazamientos y rotaciones tridimensionales del miembro viga-columna. Esto permite la definición correcta de las deformaciones independientes y fuerzas del elemento, así como también la definición natural de los efectos de las no-linealidades geométricas en la matriz de rigidez.

Sin perder su nivel de generalidad, la implementación de esta formulación considera pequeñas deformaciones relativas a la cuerda del elemento, al margen de la existencia de grandes desplazamientos y rotaciones nodales. En el sistema local referido a la cuerda del elemento viga-columna se definen seis grados de libertad básicos de desplazamientos ($\theta_{2(A)}$, $\theta_{3(A)}$, $\theta_{2(B)}$, $\theta_{3(B)}$, Δ , θ_T) y las correspondientes fuerzas internas del elemento ($M_{2(A)}$, $M_{3(A)}$, $M_{2(B)}$, $M_{3(B)}$, F , M_T), como se muestra en la figura a continuación:

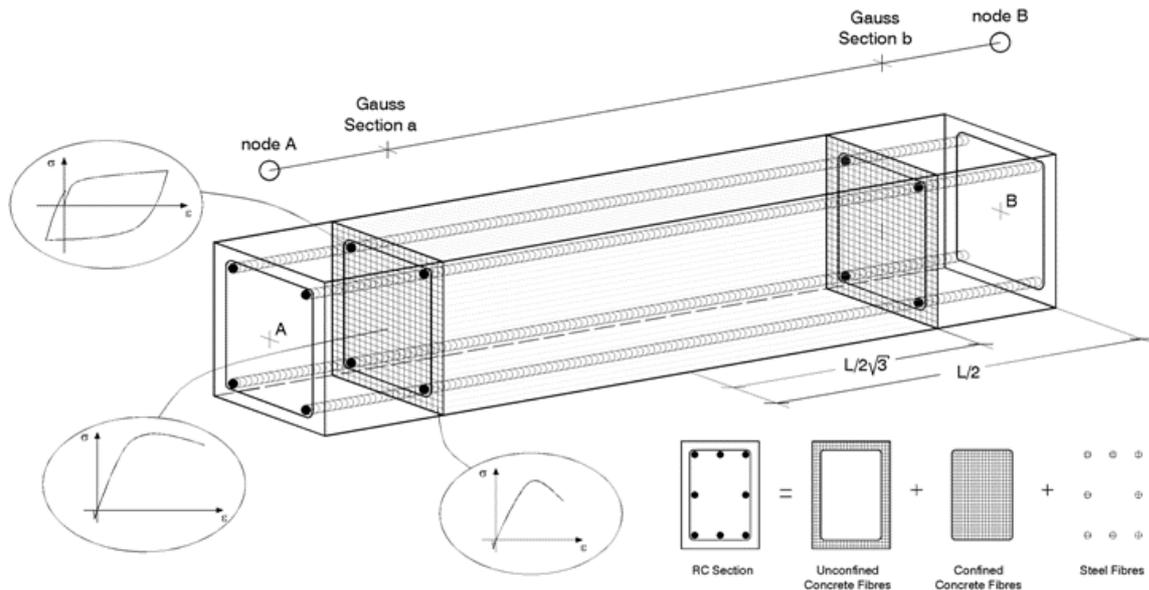


Sistema local referido a la cuerda del elemento viga-columna

INELASTICIDAD DE LOS MATERIALES

El uso de elementos con inelasticidad distribuida está comenzando a ser cada vez más habitual en aplicaciones de ingeniería sísmica, tanto en investigación como en el ejercicio profesional. Dado que autores como Filippou and Fenves [2004] o Fragiadakis and Papadrakakis [2008] brindan un tratamiento exhaustivo de sus ventajas en relación con los modelos más simples de plasticidad concentrada, así como también una descripción concisa de su evolución histórica y sus limitaciones, aquí simplemente se hará mención del hecho de que los elementos con inelasticidad distribuida no requieren de la calibración (no siempre directa) de parámetros empíricos de respuesta a partir de la respuesta real o ideal de un elemento de pórtico bajo condiciones de carga ideales, como es el caso para los modelos de plasticidad concentrada. En SeismoBuild se hace uso del llamado "enfoque de fibras" para representar el comportamiento de las secciones transversales, donde cada fibra es asociada a una relación uniaxial esfuerzo-deformación; el estado seccional de esfuerzo-deformación de los elementos viga-columna es

obtenido mediante la integración de la respuesta esfuerzo-deformación uniaxial no lineal de las fibras individuales (típicamente 100-150) en las cuales ha sido subdividida la sección (en la figura de abajo se esquematiza, a modo de ejemplo, la discretización de una sección transversal típica de hormigón armado). Este tipo de modelos presenta numerosas ventajas adicionales, las cuales pueden resumirse en: no es necesario realizar análisis momento-curvatura previos para definir los elementos; no es necesario definir ningún tipo de respuesta histerética de los elementos (dado que queda definida implícitamente mediante los modelos constitutivos de los materiales); modelado directo de la interacción entre esfuerzo axial y momento flector (tanto para la resistencia como para la rigidez); representación directa de la carga biaxial y de la interacción de la resistencia flexional en direcciones ortogonales.



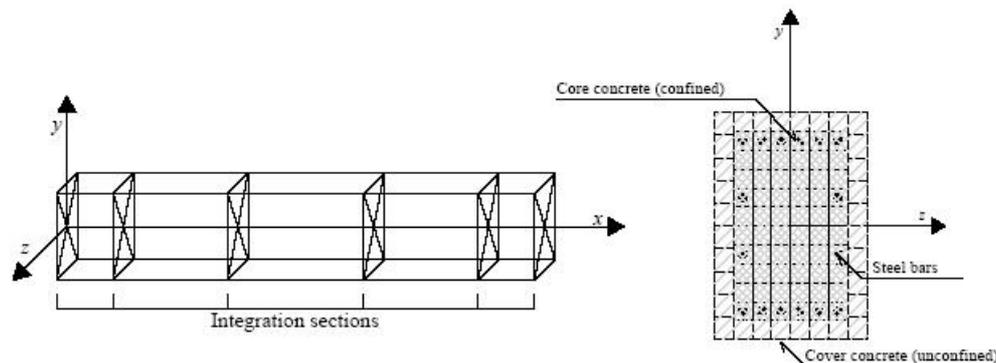
Discretización de una sección transversal típica de hormigón armado

Los elementos de pórtico con inelasticidad distribuida pueden ser implementados mediante dos formulaciones de elementos finitos (FE) diferentes: la clásica formulación basada en desplazamientos ("DB", *displacement-based*) [por ej., Helleland and Scordelis 1981; Mari and Scordelis 1984], y la más reciente formulación basada en fuerzas ("FB", *force-based*) [por ej., Spacone et al. 1996; Neuenhofer and Filippou 1997].

En el enfoque DB, el campo de desplazamientos es impuesto, mientras que en un elemento FB el equilibrio es satisfecho estrictamente y no se aplican restricciones al desarrollo de deformaciones inelásticas a lo largo del miembro; por mayores detalles ver, por ej., Alemdar and White [2005] y Freitas et al. [1999]. En el enfoque DB se utilizan funciones de forma de desplazamientos que corresponden, por ejemplo, a una variación lineal de la curvatura del elemento.

Para el caso FB, en cambio, una variación lineal de momento es impuesta, es decir, la contraparte de la variación lineal de la curvatura. Cuando el comportamiento del material es elástico y lineal, ambos enfoques producen, naturalmente, el mismo resultado, a condición de que sólo actúen fuerzas nodales sobre el elemento. Por el contrario, cuando el material presenta comportamiento inelástico, la imposición de un campo de desplazamientos no permite capturar la forma deformada real dado que el campo de curvaturas puede ser, para el caso general, altamente no lineal. En esta situación, si se utiliza una formulación basada en desplazamientos es necesario realizar una discretización (meshing) refinada del elemento estructural (típicamente 4-5 elementos por cada miembro estructural) para el cálculo de los desplazamientos/fuerzas nodales, para poder aceptar la hipótesis de un campo lineal de curvaturas dentro de cada sub-dominio. Aun así, se recomienda a los usuarios no utilizar los valores de curvatura seccional y estados esfuerzo-deformación de fibras individuales calculados de esta forma. Por el contrario, la formulación basada en fuerzas FB es siempre exacta, dado que no depende del comportamiento constitutivo que se asuma para la sección. De hecho, no restringe de ninguna manera

el campo de desplazamientos del elemento. En este sentido, esta formulación puede ser considerada "exacta", siendo el número discreto de secciones de control utilizadas para la integración numérica a lo largo del elemento la única aproximación introducida. Un mínimo de 4 secciones de integración Gauss-Lobatto son para evitar sub-integración, opción que generalmente simulará la propagación de la inelasticidad de forma aceptable. Esto permite el modelado de cada miembro estructural con un sólo elemento finito, permitiendo así una correspondencia biunívoca (*one-to-one*) entre miembros estructurales (vigas y columnas) y elementos del modelo. En otras palabras, al utilizar elementos con formulación FB no es necesario, en teoría, discretizar el elemento, incluso si la sección transversal no es constante. Esto es así debido a que el campo de fuerzas es siempre exacto, independientemente del nivel de inelasticidad.



Secciones de integración de Gauss-Lobatto

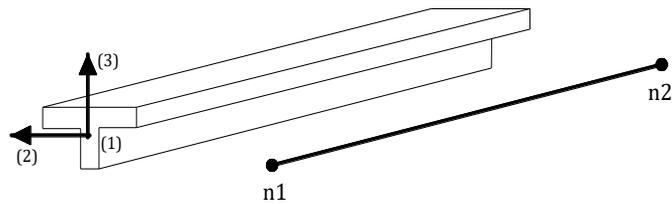
En SeismoBuild se encuentran implementadas las dos formulaciones descritas (DB y FB). Sin embargo, la formulación basada en fuerzas es típicamente recomendada dado que, como se mencionó anteriormente, no requiere (en general) de la discretización de los elementos, dando lugar así a modelos considerablemente más pequeños (en comparación a aquellos en los que se utiliza la formulación DB) y, por lo tanto, análisis mucho más rápidos, a pesar de que los elementos FB requieran cálculos de equilibrio computacionalmente más demandantes. Una excepción a lo dicho respecto de la no discretización surge cuando se prevén efectos de localización, en cuyo caso es necesario tomar precauciones/medidas especiales, como se describe en Calabrese et al. [2010].

Finalmente, se observa que, por razones de mayor precisión, se utiliza la cuadratura de Lobatto. Las coordenadas aproximadas a lo largo de la longitud del elemento (medida desde su baricentro) de las secciones de integración son para 4 secciones de integración: $[-1 \ -0,447 \ 0,447 \ 1] \times L/2$.

NOTA: Se invita asimismo a los usuarios a leer el NEHRP SeismicDesignTechnicalBrief No. 4, en el cual el tema del modelado no lineal es ampliamente cubierto.

SISTEMA DE EJES LOCALES Y GLOBALES

En SeismoBuild se dispone de un sistema de ejes globales fijos X-Y-Z, utilizado para definir la longitud (X), la profundidad (Y) y la altura (Z) de todos los modelos estructurales. Además, y siendo un programa de modelado 3D, SeismoBuild requiere también que los sistemas de coordenadas locales 1-2-3 se asignen a todos los elementos estructurales, de modo que se conozca su orientación en el espacio. Por convención, la dirección local (1) se refiere al eje de cuerda del elemento, mientras que los ejes (2) y (3) definen el plano de la sección transversal y su orientación. Aunque no hay restricciones impuestas a la definición de los ejes locales (2) y (3), es común que los usuarios asocien el eje (2) a la "dirección débil" del miembro y que vinculen el eje (3) al eje "Dirección fuerte" del elemento, como se ilustra a continuación, donde se representa esquemáticamente una viga. Esta es la convención también adoptada en los dibujos ilustrativos empleados en la ventana de refuerzo adicional de Modificar/Ver disponible en la ventana de Propiedades de las secciones del Modificador de Edificios.



Definición de una viga con sección T (dirección local (1) a lo largo del eje de la cuerda)

Mientras que la orientación del vector local (1) se encuentra definida sin ambigüedades por la línea que une los dos nodos extremos del elemento (siendo la dirección positiva aquella que va del nodo n1 al nodo n2), es necesario utilizar un "elemento de orientación" para caracterizar por completo la orientación de los ejes locales restantes y, por ende, de la sección transversal.

NOTA: Para los miembros de columna la orientación de los elementos se define automáticamente por el programa. La orientación predeterminada para el vector local (1) es desde el piso inferior hasta el piso superior, es decir, el nodo n1 es el nodo del piso inferior y el nodo n2 es el nodo del piso superior.

PROCEDIMIENTO DE SOLUCIÓN NO-LINEAL

El verdadero comportamiento estructural es intrínsecamente no lineal, caracterizado por la variación no proporcional de los desplazamientos respecto a la carga, particularmente en la presencia de grandes desplazamientos o inelasticidad de los materiales. Por lo tanto, en SeismoBuild, todos los análisis (con la excepción obvia del cálculo de eigenvalores) son tratados como potencialmente no lineales, lo cual implica el consecuente uso de un procedimiento incremental iterativo para el cálculo de las soluciones, en el cual las cargas son aplicadas en incrementos predefinidos y equilibradas a través de un procedimiento iterativo.

Algoritmo incremental iterativo

El algoritmo de solución es bastante flexible, ya que permite la utilización de los métodos de Newton-Raphson (NR), Newton-Raphson modificado (mNR) o un procedimiento de solución híbrido NR-mNR. Resulta claro que el ahorro en términos de esfuerzo computacional para la formación, ensamblaje y reducción de la matriz de rigidez durante el proceso iterativo puede resultar significativo al utilizar el método mNR en lugar del de NR. Sin embargo, el método mNR suele requerir un mayor número de iteraciones, lo cual puede resultar, en ocasiones, en una demanda computacional excesiva. Por esta razón, el enfoque híbrido, en el cual la matriz de rigidez es actualizada sólo durante las primeras iteraciones de un incremento de carga, suele resultar óptimo.

El procedimiento iterativo sigue los esquemas convencionales utilizados en análisis no lineales, en los cuales las fuerzas internas correspondientes a un incremento de desplazamiento son calculadas y la convergencia es verificada. Si ésta no es alcanzada, se aplican sobre la estructura las fuerzas residuales no equilibradas (resultantes de la diferencia entre el vector de carga aplicado y las fuerzas internas equilibradas) y se computa el nuevo incremento de desplazamiento. Este ciclo continúa hasta alcanzar la convergencia (mensaje del marcador del registro igual a `Converg`) o el número máximo de iteraciones definido por el usuario (mensaje del marcador del registro igual a `Max_Ite`).

Para mayores detalles y precisiones respecto de los algoritmos mencionados anteriormente, se recomienda a los usuarios referirse a la bibliografía disponible, como por ejemplo los trabajos de Cook et al. [1988], Crisfield [1991], Zienkiewicz and Taylor [1991], Bathe [1996] and Felippa [2002], por citar sólo algunos.

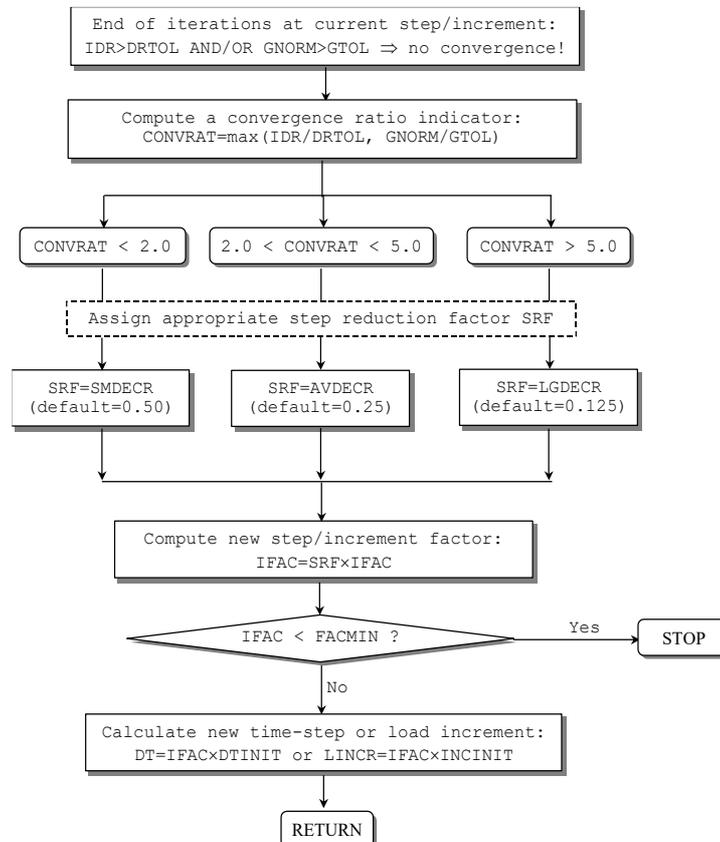
NOTA: Cada elemento con formulación basada en fuerzas requiere un cierto número de iteraciones para alcanzar el equilibrio interno. En algunos casos, el equilibrio interno no puede ser alcanzado, lo cual es señalado por los mensajes del marcador del registro `fbd_inv` y `fbd_ite`. Por mayor información sobre este tema, por favor dirigirse al menú *General>Ajustes de Proyecto> Elementos*.

Ajuste automático del incremento de carga o de tiempo

Como se explicó en la sección anterior, para cada incremento se llevan a cabo varias iteraciones hasta lograr la convergencia. Si ésta no es alcanzada en un máximo número de iteraciones especificado, el incremento de carga (o de tiempo) es reducido y el análisis recomenzado desde el último punto de equilibrio (es decir, desde el final del incremento anterior). Esta reducción del incremento, sin embargo, no es constante sino que se adapta al nivel de no convergencia verificado.

Como se ilustra a continuación, al final de la aplicación de cada incremento se calcula un indicador de convergencia (`convrat`), definido como la máxima de las razones entre factores de convergencia (basados en desplazamientos/fuerzas, ver la sección sobre Criterios de Convergencia) alcanzados y requeridos. Luego, dependiendo de cuán lejos estuvo el análisis de alcanzar la convergencia (`convrat = 1.0`), se adopta un factor de reducción del incremento (`srf`) pequeño, mediano o grande para el cálculo del nuevo factor de incremento (`ifac`). El producto entre éste y la magnitud del incremento de tiempo o carga inicial, definida por el usuario al comienzo del análisis, define el incremento reducido del análisis a utilizarse en el siguiente paso.

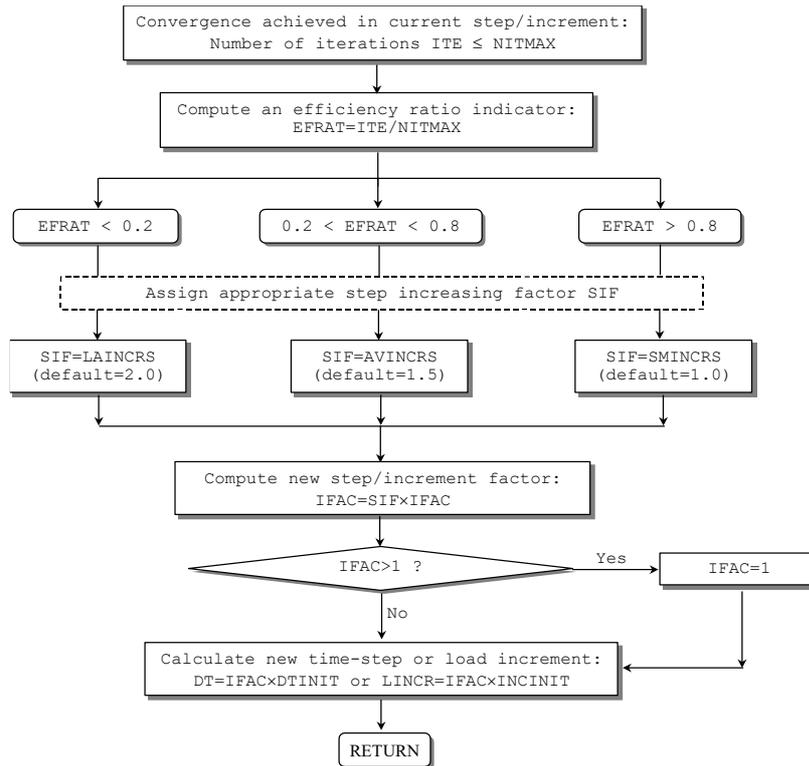
Es útil destacar que, con el fin de evitar ciclos de iteración infinitos en análisis mal definidos (que nunca alcanzan la convergencia), el usuario debe imponer un límite inferior para el factor de incremento (`facmin`). Si `ifac` resulta menor que `facmin`, el análisis es interrumpido.



Para minimizar la duración de los análisis es fundamental que, una vez alcanzada la convergencia, el incremento de carga o de tiempo pueda ser gradualmente aumentado. Por esta razón se calcula un

indicador de eficiencia (efrat), definido como la razón entre el número de iteraciones llevadas a cabo (ite) para alcanzar la convergencia y el número máximo de iteraciones permitidas (nitmax). En función de cuán lejos estuvo el análisis de la "eficiencia" ($\text{efrat} > 0.8$), se adopta un factor de aumento del incremento (sif) pequeño, mediano o grande para el cálculo del nuevo factor de incremento (ifac). El producto entre éste y la magnitud del incremento de tiempo o carga inicial, definida por el usuario al comienzo del análisis, define el incremento aumentado del análisis a utilizarse en el siguiente paso.

Es importante destacar que el factor de incremento tiene un límite superior igual a 1, con el fin de evitar que el incremento de tiempo o de carga sea mayor que su valor inicial, definido por el usuario al comienzo del análisis.



Inestabilidad numérica, divergencia y predicción de la iteración

Además de la verificación de la convergencia, es posible realizar otras tres verificaciones de la solución al final de cada incremento del proceso iterativo: inestabilidad numérica, divergencia de la solución y predicción de la iteración. Estos criterios (todos ellos basados en fuerzas/momentos) tienen como fin evitar el cálculo de iteraciones de equilibrio inútiles en los casos en los cuales resulta evidente que la convergencia no será alcanzada, minimizando así la duración del análisis.

Inestabilidad numérica

La posibilidad de que la solución devenga en numéricamente inestable es controlada en cada iteración mediante la comparación de la norma Euclidiana de las cargas no equilibradas, G_{norm} , con una tolerancia máxima predefinida (por defecto=1.0E+20), varios órdenes de magnitud mayor que el vector de carga aplicado. Si G_{norm} excede esta tolerancia, se asume que la solución es numéricamente inestable y las iteraciones del incremento actual son interrumpidas, con un mensaje del marcador del registro igual a Max_Tol.

En ocasiones, modelos muy inestables pueden conducir al desarrollo de fuerzas no equilibradas varios órdenes de magnitud mayores que el valor máximo de tolerancia. Esto genera, a su vez, un Problema de Solución (es decir, el análisis se detiene, aunque de forma "prolija"), y las iteraciones del incremento actual son interrumpidas, con un mensaje del marcador del registro igual a Sol_Prbl.

Divergencia de la Solución

La divergencia de la solución es controlada mediante la comparación entre el valor de G_{norm} obtenido en la iteración actual y aquel obtenido en la iteración anterior. Si G_{norm} ha aumentado, se asume que la solución está divergiendo, por lo que se interrumpen las iteraciones del incremento actual, con un mensaje del marcador del registro igual a **Diverge**.

Predicción de la Iteración

Finalmente, se lleva a cabo también un control de la tasa logarítmica de convergencia, con el fin de predecir el número de iteraciones (itepred) requeridas para alcanzar la convergencia. Si itepred es mayor que el número máximo de iteraciones especificado por el usuario, se asume que la solución no convergerá y se interrumpen las iteraciones del incremento actual, con un mensaje del marcador del registro igual a Prd_Ite.

Para calcular el valor de *itepred* se utiliza la siguiente ecuación, en la cual *ite* representa el número actual de iteraciones y G_{tol} es la tolerancia de fuerzas/momentos:

$$\text{itepred} = \text{ite} + \frac{\log\left(\frac{G_{tol}}{G_{norm}^{ite}}\right)}{\log\left(\frac{G_{norm}^{ite}}{G_{norm}^{ite-1}}\right)}$$

Las tres verificaciones descritas anteriormente son habitualmente confiables y efectivas dentro del ámbito de aplicabilidad de SeismoBuild, siempre y cuando los controles de divergencia y de predicción de la iteración no sean llevados a cabo durante las primeras iteraciones de un incremento, durante las cuales la solución puede no ser suficientemente estable aún. Pueden encontrarse más detalles sobre este tema en la sección acerca de la estrategia iterativa, en la cual se describen todos los parámetros relacionados con estos criterios.

NOTA: Cada elemento con formulación basada en fuerzas requiere un cierto número de iteraciones para alcanzar el equilibrio interno. En algunos casos, el equilibrio interno no puede ser alcanzado, lo cual es señalado por los mensajes del marcador del registro fbd_inv y fbd_ite. Por mayor información sobre este tema, por favor dirigirse a *Ajustes de Proyecto > Elementos*.

Lista de Banderas de Convergencia y Divergencia de SeismoBuild

Esta es una lista completa de los mensajes de salida que produce el solucionador de SeismoBuild en caso de ocurrir divergencia, junto con las posibles medidas que el usuario puede tomar en cada caso para hacer que el análisis converja.

Converg: Este mensaje significa que el análisis ha convergido en el paso de carga actual, y que se procederá al siguiente paso.

Max_Ite: este mensaje se produce, si el máximo número de iteraciones ha sido alcanzado en el paso actual, y aún no se alcanza la convergencia. En estos casos, debe incrementarse el número máximo de iteraciones, (*Ajustes de Proyecto > Estrategia de Iteración*), incremente los valores en el criterio de convergencia (*Ajustes de Proyecto > Criterios de Convergencia*), utilice revisiones de convergencia menos rigurosas (p. ej. el esquema de *Basado en Desplazamientos y Rotaciones* en vez de *Basado en Desplazamientos y Rotaciones Y Basado en Fuerzas y Momentos*).

Prd_Ite: Esta bandera es similar al mensaje de Max_Ite, con la diferencia de que el solucionador no espera hasta que el máximo número de iteraciones se alcance. En vez, hace una predicción sobre el número de iteraciones que se creen necesarias para la convergencia, basándose en cómo la solución iterativa está convergiendo (p. ej. Usando el tamaño de las fuerzas no balanceadas, y que tan rápido la tolerancia de convergencia está siendo alcanzada). Si el número de iteraciones predicho es mayor al número de iteraciones especificadas por el usuario, la bandera de Prd_Ite se produce y el análisis diverge. En estos casos, incremente el número Máximo de iteraciones (*Ajustes de Proyecto > Estrategia de Iteración*), escoja un esquema de criterios de convergencia menos riguroso (*Ajustes de Proyecto*

>*Criterios de Convergencia*), o disminuya los pasos de carga, al igual que con el mensaje de Max_Ite. Debe notarse que Prd_Ite es la bandera de divergencia más común en los análisis.

Diverge: Esta bandera se produce cuando el proceso iterativo en el paso actual está divergiendo, en vez de estar convergiendo a la solución. Debe notarse que la revisión de soluciones divergentes siempre se lleva a cabo luego de la Iteración de Divergencia especificada por el usuario *Ajustes de Proyecto > Estrategia de Iteración*. Esto se lleva a cabo porque en general los procesos de solución son inestables en los primeros 3-4 pasos, luego se vuelven estables y gradualmente convergen a la solución. Se le aconseja a los usuarios incrementar la Iteración de Divergencia y el número máximo desde la página de *Estrategia de Iteración*, escoja un criterio de convergencia menos rigurosos desde la página de *Criterio de Convergencia*, o incremento el número de pasos en el análisis.

elm_Ite: Este mensaje aparece cuando se alcanza el número máximo de iteraciones en el loop interno de los elementos que requieren iteraciones en el nivel del elemento (infrmFB e infrmFBPH), sin haber alcanzado el equilibrio interno. Se aconseja a los usuarios incrementar el número de iteraciones o aumentar la tolerancia de convergencia desde la pestaña de Elementos de Ajustes del Análisis. Alternativamente, la opción 'No permitir elementos desequilibrados en caso de elm_ite' puede estar desmarcada. Por último, puede tomarse una medida a nivel global, por ejemplo, se puede reducir el paso de carga de análisis (aumentando las etapas de análisis) y se pueden aumentar los criterios de convergencia global. Se aconseja a los usuarios que se refieran a la documentación específica [p. Spacone et al. 1996; Neuenhofer y Filippou 1997] para una mejor comprensión de los bucles internos de los elementos basados en la fuerza.

elm_Inv: Este mensaje aparece cuando la matriz de rigidez de un que emplea iteraciones internas no puede invertirse durante los loops internos de los elementos. En estos casos, se les aconseja a los usuarios incrementar la tolerancia de la convergencia de los elementos desde la pestaña de Estrategia Iterativa del Elemento en Ajustes del Análisis, para disminuir el tamaño de los pasos de análisis de forma global o para incrementar los valores de convergencia globales.

elm_Tol: Este mensaje aparece cuando la máxima tolerancia, especificada en la página de *Estrategia de Iteración*, ha sido excedida durante los loops de elementos internos en los elementos con formulación basada en fuerza. Acciones similares con la bandera de elm_Inv debe llevarse a cabo.

Max_Tol: Esta bandera indica que las soluciones se están volviendo numéricamente muy inestables, con las fuerzas fuera de balance mayores a lo permitido por la Tolerancia Máxima (predeterminado = $1.0E+20$) especificadas en la página de Estrategia de Iteración en los ajustes del análisis. Se les recomienda a los usuarios disminuir el incremento de carga, o adoptar un criterio de convergencia menos riguroso. De forma alternativa, la Tolerancia Máxima puede incrementarse, pero su valor nunca debe exceder $1.0E+35$ o $1.0E+40$, haciendo la salvedad que usando la última se llegará a soluciones estables. Si este mensaje aparece en los primeros 2-3 pasos del análisis, o cuando las cargas iniciales están siendo aplicadas, debe correrse un análisis de eigenvalores, para confirmar que todos los elementos del modelo están debidamente conectados entre sí.

Sol_Prb: Este mensaje indica que una solución a las ecuaciones en la iteración actual no pudo encontrarse. Hay varias razones para este comportamiento, tales como valores de fuerzas fuera de balance demasiado grandes o valores diagonales de rigidez iguales a cero. Medidas similares a las sugeridas para el caso de Max_tol debe llevarse a cabo.

Consejos para resolver problemas de convergencia

De este modo, se proponen varios pasos a seguir para resolver problemas de convergencia. Se aconseja a los usuarios:

- Aplicar la adaptación automática de las normas en la pestaña Criterios de Convergencia de la Configuración Avanzada del programa (Parámetros de Análisis> Configuración Avanzada).
- Seleccione mostrar los problemas de convergencia en el postprocesador a través de la pestaña Parámetros de Análisis> Configuración Avanzada> Criterios de Convergencia. La visualización de las ubicaciones de la estructura (elementos o nodos), donde surgen las dificultades de convergencia, proporciona retroalimentación significativa para la identificación de los motivos de la divergencia (p. Ej. Vigas poco reforzadas que no pueden soportar las cargas gravitatorias,

elementos con muy alta demanda de deformaciones, como columnas cortas o vigas de acoplamiento, etc.).

- Desmarque la opción "No permitir fuerzas desequilibradas en el caso de elm_Ite" para ambos los elementos con formulación basada en las fuerzas (infrmFB & infrmFBPH) en la pestaña de Estrategia Iterativa del Elemento de la Configuración avanzada.
- Reduzca el valor máximo de Deriva Entre Pisos en la pestaña Análisis de los Requisitos del Código. Este valor no debe exceder 1.0% o 1.2% para edificios altos y para edificios rígidos con grandes muros de corte.
- Asigne 100 pasos de análisis simplificados en la pestaña Análisis de los Requisitos del Código. Este valor debería aumentarse aún más en los casos en que se espera una carga significativa.
- Seleccione 'Aplicar elementos de pórtico de formulación basada en desplazamiento a todos los miembros con longitud (m) <' en la pestaña Modelaje Avanzado de edificios de la Configuración Avanzada del programa (Parámetros de análisis> Configuración avanzada) para utilizar el tipo de elemento infrmDB para miembros cortos. Este cambio generalmente conduce a una convergencia mejorada.
- Aumentar el número máximo de iteraciones a 70, el número de actualizaciones de rigidez a 60 y las iteraciones de divergencia a 60 en la pestaña Estrategia iterativa de las Configuraciones Avanzadas; (Parámetros de análisis> Configuración Avanzada).
- Utilice el tipo de elemento de pórtico elástico para las vigas de acoplamiento que causan problemas de convergencia. En tales casos, las liberaciones de momento de los elementos deberían liberarse seleccionando las casillas de verificación correspondientes a los grados de libertad M2a, M3a, M2b y M3b, a través de los Parámetros de Modelaje de Miembros Avanzados del miembro en el Modelador de Edificios, para tomar en cuenta la formación de rótulas plásticas en los extremos de las vigas de acoplamiento.
- Aumente los valores de las normas de convergencia desde la pestaña Criterios de convergencia de la Configuración avanzada del programa (Parámetros de análisis> Configuración avanzada).
- Aumente la rigidez de los diafragmas rígidos a $1.0E + 13$ a través de la pestaña Restricciones de la configuración avanzada.
- Seleccione el Nodo de control para que esté en el costado del edificio con la mayor demanda de deformación, a través de la pestaña Modelado estructural de las Configuraciones de modelado del edificio dentro del Modelador de Edificios.
- Si los mensajes de divergencia del análisis son en su mayoría Max_Tol o fbd_tol, aumente el valor de Tolerancia máxima a $1e40$ en la pestaña Estrategia Iterativa de la Configuración Avanzada (Parámetros de Análisis> Configuración Avanzada).
- Aumente la cantidad de fibras para las paredes en los Parámetros Avanzados de modelado de miembros de los miembros dentro de Modelador de Edificios.
- Para edificios más altos, desmarque la casilla Incluir No Linealidades Geométricas en la pestaña Análisis de Configuración Avanzada.

Además:

- Se recomienda a los usuarios que verifiquen los últimos o los 2-3 últimos pasos del análisis con problemas de convergencia para comprender y resolver las razones de la divergencia. En tales casos, se debe revisar la página Problemas de Convergencia del Postprocesador. Además, ejecutar un análisis de Eigenvalores con el mismo modelo podría ofrecer información valiosa sobre el problema (por ejemplo, identificar una viga que esté cerca pero no conectada a una columna adyacente, y se comporte como voladizo, sin poder soportar la carga de gravedad) ;
- se observa que los elementos que causan problemas de divergencia no son necesariamente los que soportan una carga significativa. Son los que en el paso actual enfrentan un aumento en el cambio tangencial del estado de deformación/redistribución de la fuerza interna. Por lo tanto, a veces los elementos fallidos pueden aumentar significativamente la carga soportada por elementos adyacentes, lo que los lleva a dificultades de convergencia, al contrario de los elementos fallidos, que convergen fácilmente;
- la eliminación del ancho efectivo de las vigas también se debe considerar al desmarcar la casilla de verificación 'Incluir ancho efectivo' en la pestaña Modelaje estructural de las Configuraciones de Modelaje de Edificios dentro de Modelador de Edificios.

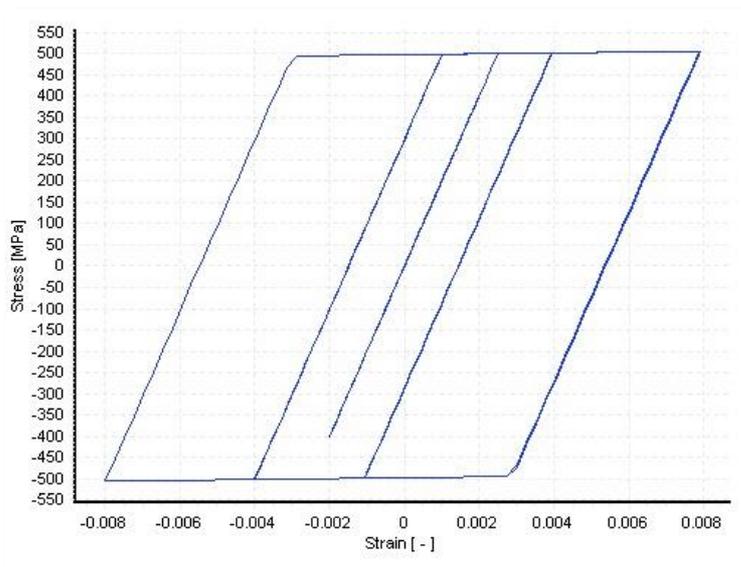
Apéndice C – Materiales

En este apéndice se describen en detalle todos los tipos de materiales disponibles.

MATERIALES DE ACERO

Modelo bi-lineal para acero - stl_bl

Se trata de un modelo uniaxial de esfuerzo-deformación bi-lineal con endurecimiento cinemático, en el cual el rango elástico permanece constante a lo largo de las fases de carga, y la regla de endurecimiento cinemático para la superficie de fluencia se asume función lineal del incremento de deformación plástica. Este modelo simple se caracteriza por tener parámetros de calibración fácilmente identificables y por su eficiencia computacional. Puede ser utilizado para el modelado tanto de estructuras de acero como de hormigón armado, en las cuales se utiliza habitualmente acero dulce y acero torsionado, respectivamente.

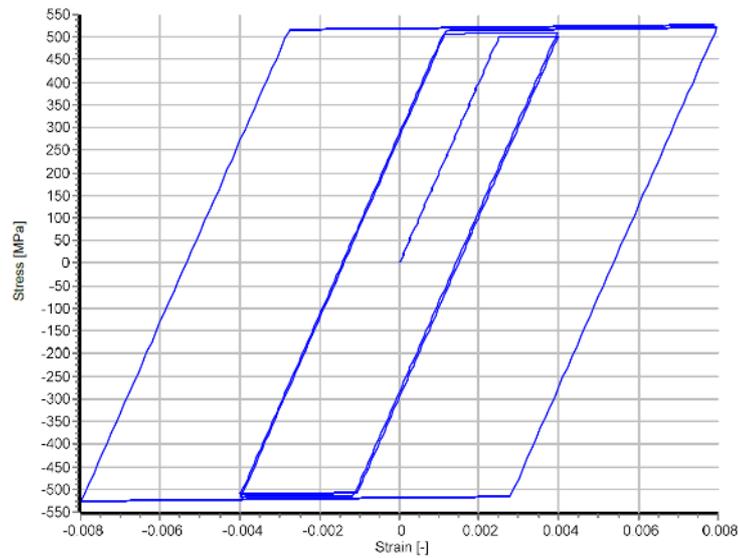


Modelo bilineal de acero

Los usuarios tienen que asignar el valor promedio de la resistencia del acero y el valor promedio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo material. Como se explica en Prota et al. [2009], con la calibración correcta, este modelo, desarrollado inicialmente con las barras de refuerzo corrugada, también puede emplearse para modelar barras de refuerzo lisas, que a menudo se encuentran en estructuras existentes.

Modelo bilineal de acero con endurecimiento isotrópico por deformación - stl_bl2

Este es un modelo uniaxial bilineal de esfuerzo-deformación caracterizado por una regla de endurecimiento cinemático lineal y una característica opcional de endurecimiento isotrópico que se describe mediante una regla no lineal.

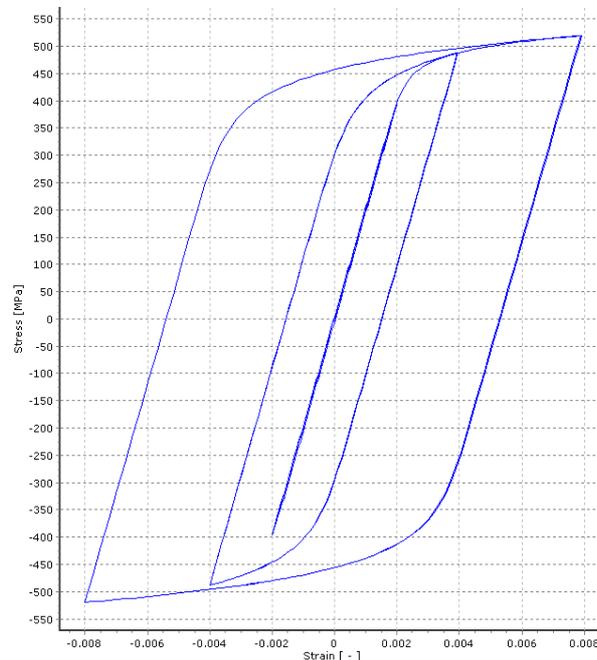


Modelo bilineal de acero con endurecimiento isotrópico por deformación

Los usuarios deben asignar el valor medio de la resistencia del acero y el valor medio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo para acero de Ramberg-Osgood - stl_ro

Este es el modelo de esfuerzo-deformación de Ramberg-Osgood [Ramberg y Osgood, 1943], como se describe en los trabajos de Kaldjian [1967] y Otani [1981].

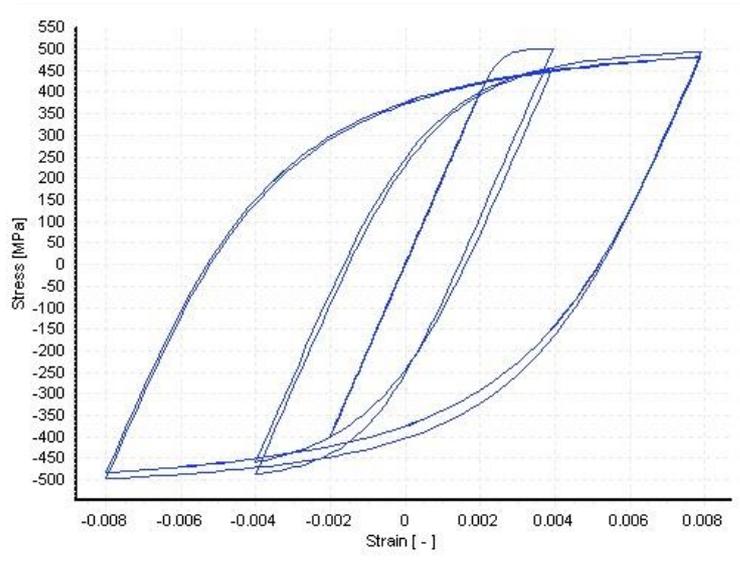


Modelo para acero de Ramberg-Osgood

Los usuarios deben asignar el valor medio de la resistencia del acero y el valor medio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo de Menegotto-Pinto para acero - stl_mp

Se trata de un modelo uniaxial para acero, programado inicialmente por Yassin [1994] sobre la base de una relación esfuerzo-deformación simple pero eficiente propuesta por Menegotto and Pinto [1973], enriquecida con las leyes de endurecimiento isotrópico propuestas por Filippou et al. [1983]. La actual implementación sigue aquella realizada por Monti et al. [1996]. Se ha introducido, además, una regla "de memoria" adicional propuesta por Fragiadakis et al. [2008], para una mayor estabilidad y precisión numérica bajo cargas sísmicas transitorias. Su utilización debe ser limitada al modelado de estructuras de hormigón armado, en particular de aquellas sometidas a historiales de carga complejos, en los cuales pueden ocurrir inversiones de carga significativas.

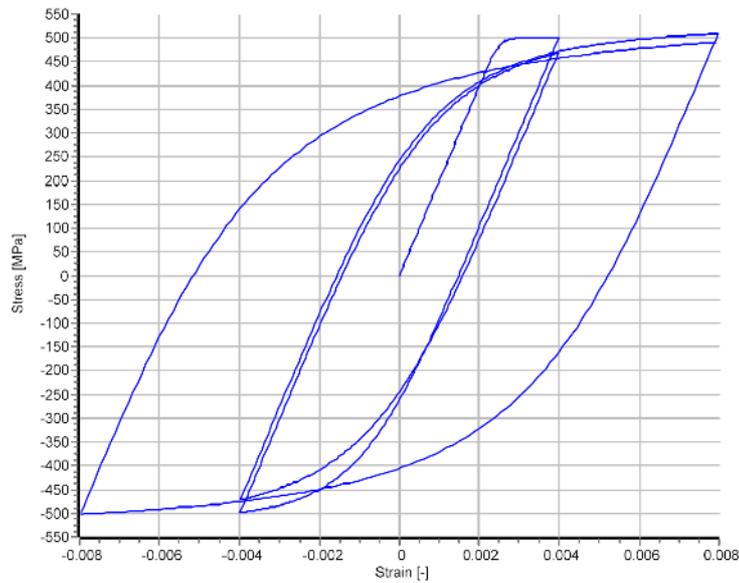


Modelo de Menegotto-Pinto para acero

Los usuarios tienen que asignar el valor promedio de la resistencia del acero y el valor promedio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo de Giuffre-Menegotto-Pinto con endurecimiento isotrópico por deformación - stl_gmp

Este es un material uniaxial Giuffre-Menegotto-Pinto con endurecimiento isotrópico opcional descrito por una regla no lineal. La transición del comportamiento elástico al plástico se describe en el modelo Giuffre-Menegotto-Pinto. El modelo de material fue descrito con todo detalle por Filippou et al. [1983]. El material se debe utilizar principalmente para modelar el comportamiento del acero de refuerzo en estructuras de hormigón armado, especialmente en el caso de que se produzcan reversiones de carga.

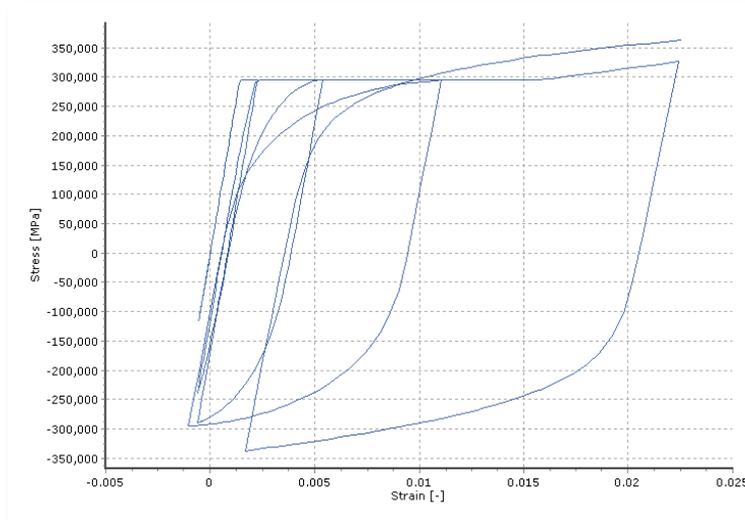


Modelo de Giuffre-Menegotto-Pinto con endurecimiento isotrópico

Los usuarios deben asignar el valor medio de la resistencia del acero y el valor medio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo de Acero Dodd-Restrepo - stl_dr

Este modelo uniaxial de acero fue programado inicialmente por Dodd y Restrepo [1995]. Considera la reducción del módulo de descarga con la deformación plástica, mientras que la reducción de la deformación a tensión última se toma únicamente como una función de la deformación compresiva máxima, cuando el número de ciclos es lo suficientemente pequeño para ignorar efectos de fatiga.

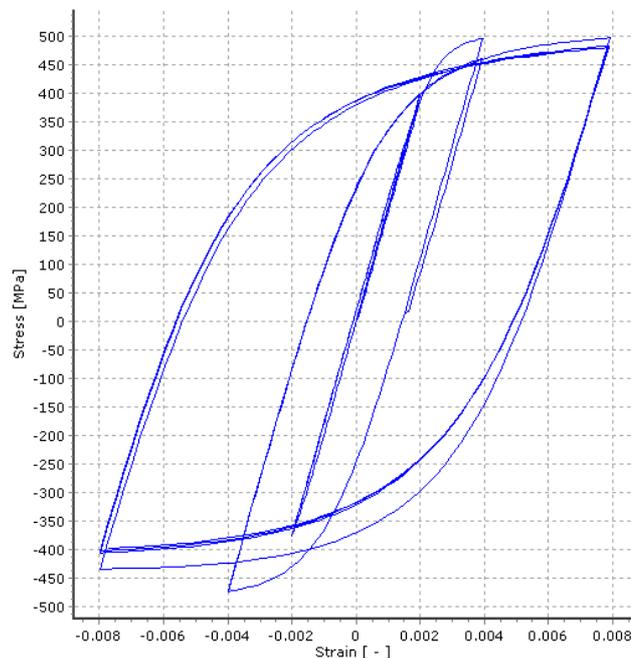


Modelo de Acero Dodd-Restrepo

Los usuarios tienen que asignar el valor promedio de la resistencia del acero y el valor promedio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo de Acero Monti-Nuti - stl_mn

Este es un modelo uniaxial inicialmente programado por Monti et al. [1996], el cual es capaz de describir el pandeo post-elástico de las varillas de refuerzo sujetas a compresión. Usa la relación Menegotto and Pinto [1973] junto con reglas de endurecimiento isotrópico propuestas por Filippou et al. [1983] y las reglas de pandeo propuestas por Monti and Nuti [1992]. También se introduce una regla adicional propuesta por Fragiadakis et al. [2008] para obtener una estabilidad y precisión numéricas bajo cargas sísmicas transientes. Debe utilizarse cuando se modelen elementos de concreto en los cuales puede darse el pandeo de las varillas de refuerzo (p. ej. columnas bajo cargas cíclicas severas). Como lo discute Prota et al. [2009], con la calibración correcta, este modelo desarrollado para varillas de refuerzo corrugadas, también puede utilizarse para modelar varillas lisas, a veces encontradas en estructuras existentes.

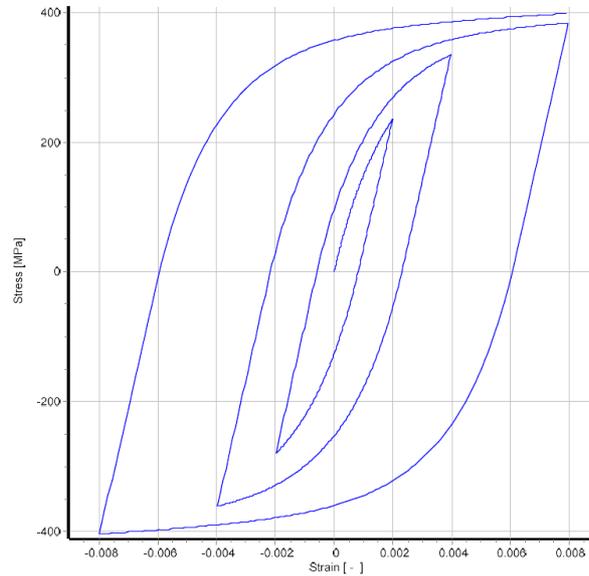


Modelo de acero Monti-Nuti

Los usuarios tienen que asignar el valor promedio de la resistencia del acero y el valor promedio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo por Riostras de Acero Restringidas al Pandeo - *stl_brb*

Stl_brb es un modelo de material de acero uniaxial que describe el comportamiento del acero en las riostras restringidas al pandeo. El modelo ha sido presentado por Zona et al. [2012]

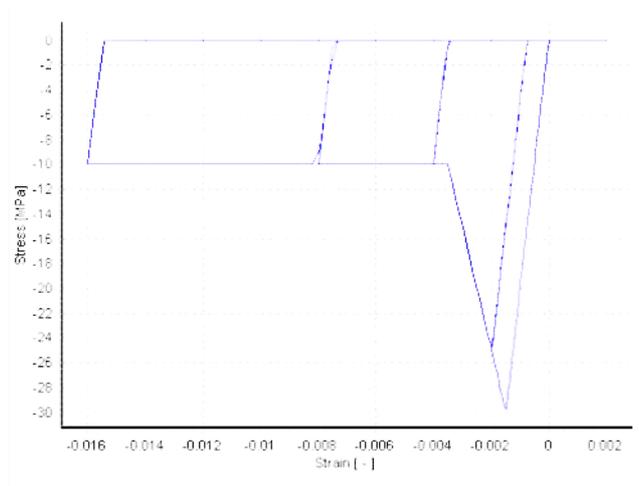


Material para riostras de acero restringidas al pandeo

MATERIALES DE HORMIGÓN

Modelo tri-lineal para hormigón - *con_tl*

Se trata de un modelo uniaxial tri-lineal simplificado que asume resistencia nula a tracción y presenta un plafón de resistencia residual.

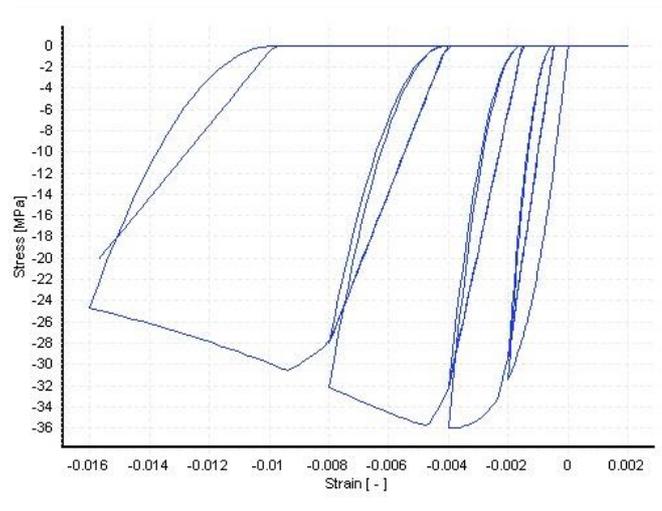


Modelo Tri-lineal para hormigón

Los usuarios tienen que asignar el valor promedio de la resistencia del acero y el valor promedio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo no lineal de Mander et al. Para hormigón - con_ma

Se trata de un modelo uniaxial no lineal de confinamiento constante, programado inicialmente por Madas [1993], que sigue la relación constitutiva propuesta por Mander et al. [1988] y las leyes cíclicas propuestas por Martínez-Rueda and Elnashai [1997]. Los efectos del confinamiento provisto por la armadura transversal son incorporados mediante las leyes propuestas por Mander et al. [1988], en las cuales se asume una presión de confinamiento constante a lo largo de todo el rango de esfuerzos-deformaciones.



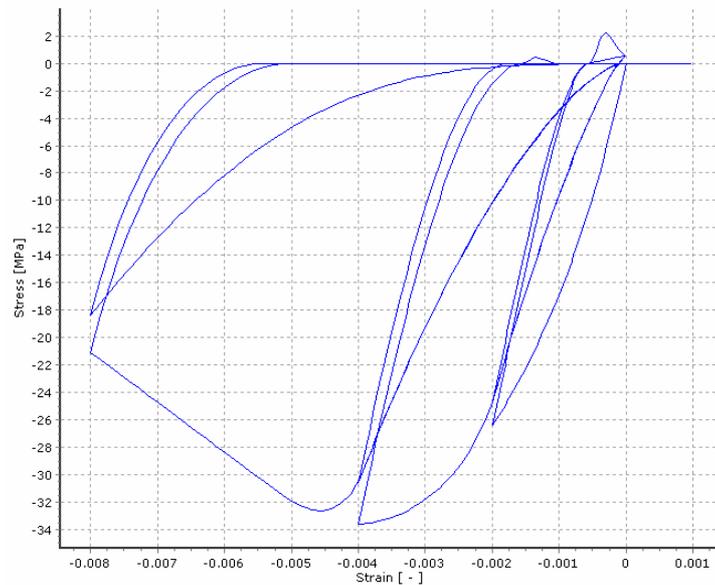
Modelo no lineal de concreto de Mander et al.

Los usuarios tienen que asignar el valor promedio de la resistencia del acero y el valor promedio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

NOTA: El factor de confinamiento que debe ser especificado para este tipo de material es un factor de confinamiento constante. Es definido como la razón entre la resistencia a compresión confinada y no confinada del hormigón, y es utilizado para amplificar la relación esfuerzo-deformación a lo largo del rango completo de deformaciones. Aunque puede ser computado por medio de cualquier modelo de confinamiento disponible en la bibliografía [por ej., Ahmad and Sahad, 1982; Sheikh and Uzumeri, 1982; Eurocode 8, 1996; Penelis and Kappos, 1997], se recomienda el uso de la expresión de Mander et al. [1989] (que es la utilizada por el programa. Su valor fluctúa habitualmente entre 1.0 y 2.0 para elementos de hormigón armado).

Modelo no lineal de concreto/hormigón Chang-Mander - con_cm

Esta es la implementación del modelo de concreto de Chang & Mander's [Chang & Mander, 1994], el cual pone énfasis particular en la transición de esfuerzo deformación cuando ocurre la apertura y cierre de grietas, contrario a otros modelos similares que asumen un cierre de grietas con un cambio rápido en el módulo de elasticidad de la sección. El concreto en tensión se modela con un comportamiento cíclico similar al de la compresión, y las envolventes de compresión y tensión tiene control en la pendiente del comportamiento esfuerzo deformación en el origen, y en la forma las ramas ascendentes y descendentes del comportamiento de esfuerzo deformación.



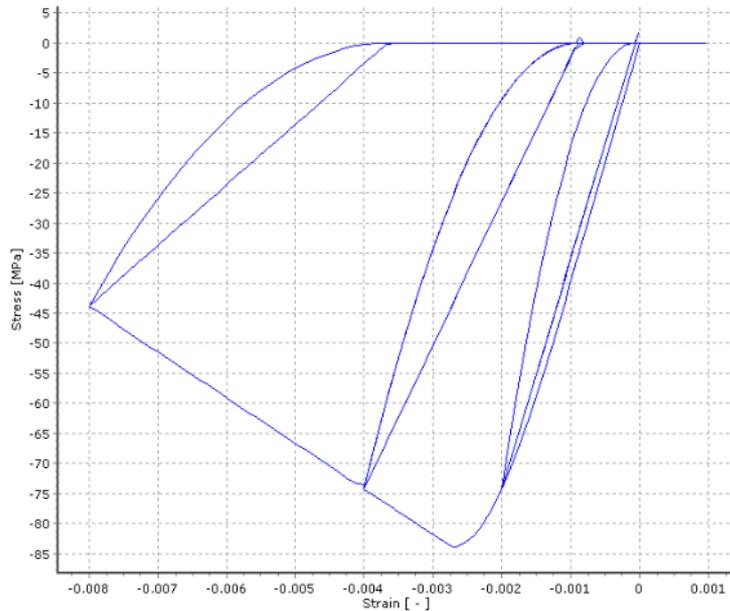
Modelo no lineal de concreto de Chang-Mander

Los usuarios tienen que asignar el valor promedio de la resistencia del acero y el valor promedio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo no lineal de Kappos y Konstantinidis para hormigón de alta resistencia - con_hs

NOTA: La necesidad de un modelo específico para hormigones de alta resistencia surge del hecho de que éstos presentan una respuesta esfuerzo-deformación significativamente distinta de aquella de los hormigones normales, en particular en lo referido al comportamiento luego del pico, que tiende a ser considerablemente menos dúctil.

Se trata de un modelo uniaxial no lineal de confinamiento constante para hormigón de alta resistencia, desarrollado y programado inicialmente por Kappos and Konstantinidis [1999]. Sigue la relación constitutiva propuesta por Nagashima et al. [1992] y ha sido calibrado estadísticamente con un amplio rango de datos experimentales. Los efectos del confinamiento provisto por la armadura transversal son incorporados mediante el factor de Sheikh and Uzumeri [1982] modificado (es decir, el coeficiente de eficacia del confinamiento), asumiendo que una presión de confinamiento constante es aplicada a lo largo de todo el rango de esfuerzos-deformaciones

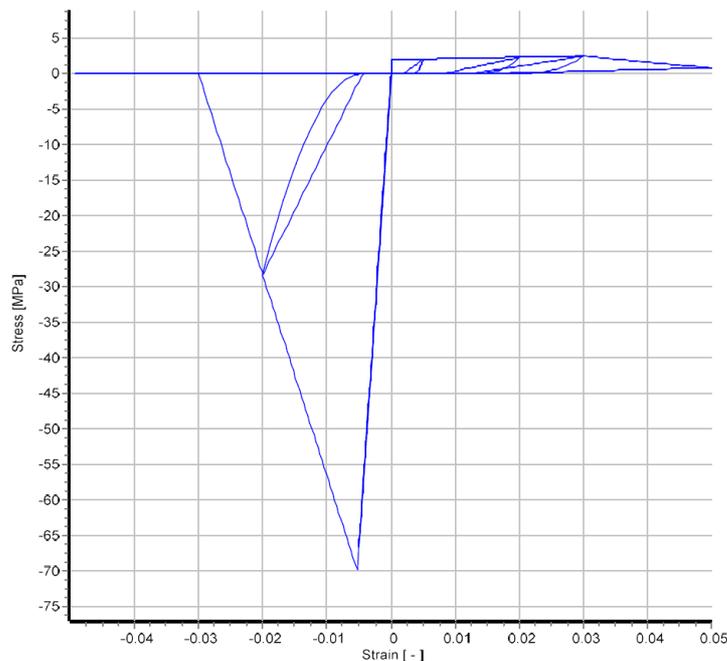


Modelo No Lineal de Kappos and Konstantinidis para hormigón de alta resistencia

Los usuarios tienen que asignar el valor promedio de la resistencia del acero y el valor promedio menos la desviación estándar o el valor característico para describir las características mecánicas del material existente o del nuevo, respectivamente.

Modelo de material para Hormigón Flexible (ECC) - con_ecc

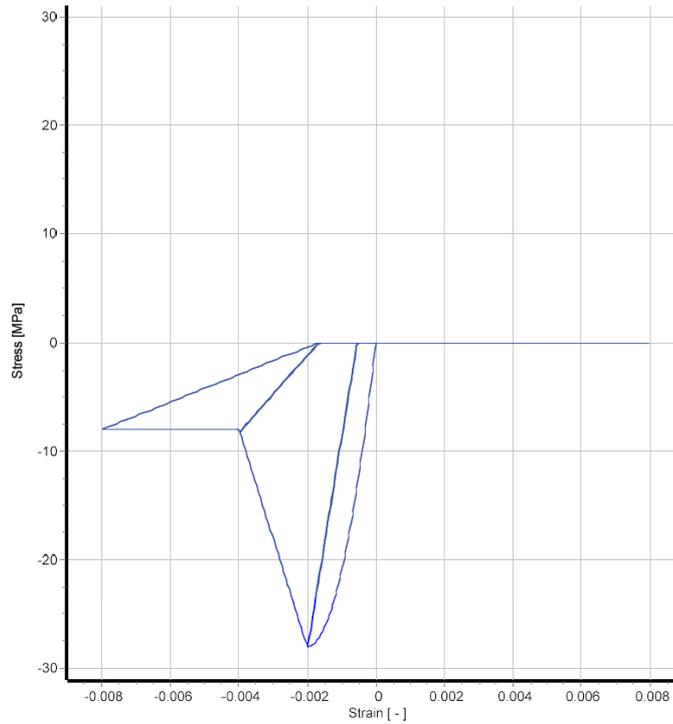
Con_ecc es un material genérico uniaxial que modela el comportamiento de los compuestos de cemento reforzado con fibras dúctiles según lo descrito por Han et al. [2003]. El modelo necesita 13 variables para su definición.



Modelo de compuestos de cemento reforzado con fibras dúctiles

Modelo de Kent Scott y Park para Hormigón - con_ksp

El con_ksp es un modelo de hormigón uniaxial simplificado con una relación entre esfuerzo y deformación descrita por Kent y Park [1971] y un comportamiento cíclico propuesto por Karsan y Jirsa [1969]. El modelo se caracteriza por una resistencia a la tracción igual a cero. Se necesitan cinco variables para la definición del modelo.



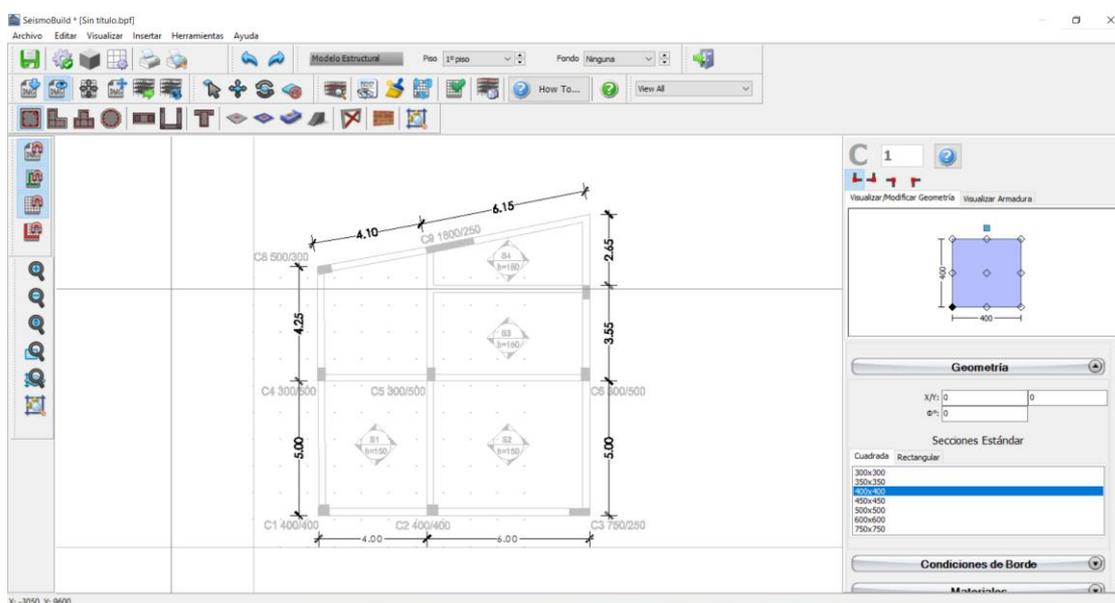
Modelo de hormigón de Kent, Scott y Park

Apéndice D–Insertando Miembros Estructurales

En este apéndice se describen los tipos de secciones disponibles de manera detallada.

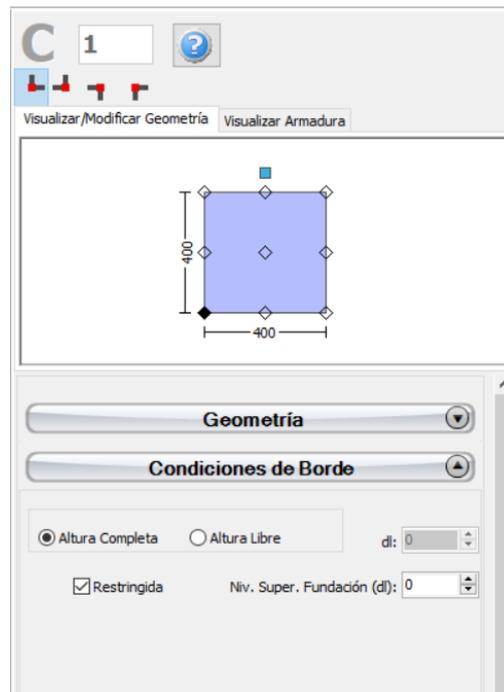
Columna Rectangular (Simple y Encamisada)

Columnas rectangulares pueden insertarse desde el menú principal (*Insertar > Columna Rectangular*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas . En la Ventana de Propiedades que aparece los usuarios pueden adaptar las dimensiones de las secciones en la venta de Ver /Modificar Geometría o seleccionando una sección de las secciones estándar predefinidas (rectangular o cuadrada).



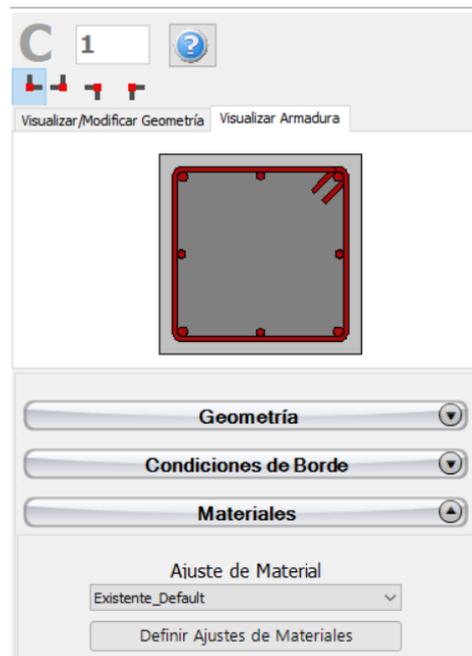
Editar dimensiones de las secciones

Es posible definir una columna diferente de la altura del piso general, a través del botón de selección de la razón de longitud Libre y asignando una longitud diferente. Si, por el contrario, se emplea el botón de longitud completa, entonces el miembro tiene la misma altura que el piso. Adicionalmente, el nivel de fundación de una columna puede cambiarse, de manera que se provee la posibilidad al usuario de definir diferentes niveles de fundación.



Condiciones de Borde

Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas> Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



Materiales

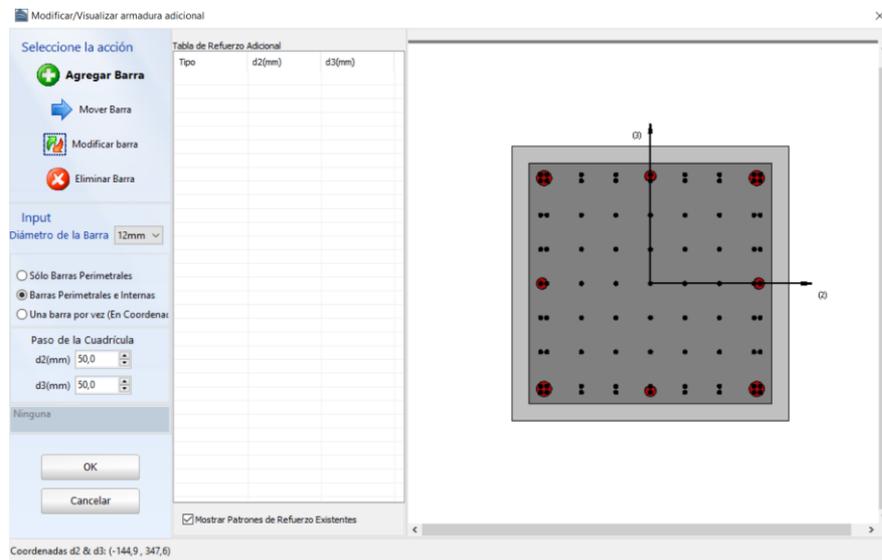
Se pueden definir cargas adicionales haciendo clic en el botón Cargas Distribuidas y de Borde. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformemente a lo largo de la longitud del miembro en las tres direcciones de traslación X, Y o Z, y fuerzas o momentos en cualquier dirección translacional o rotacional (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos bordes del miembro (inferior o superior). Se pueden aplicar cargas permanentes adicionales G' (no asociadas con el peso propio de la estructura), cargas vivas Q y cargas de nieve S , siendo estas últimas aplicables solo a ASCE 41 y TBDY. Por defecto, todas las cargas son iguales a cero.

Ventana de Cargas Distribuidas y de Borde

El refuerzo longitudinal y transversal puede definirse editando los controles de los patrones de reforzamiento relevantes.

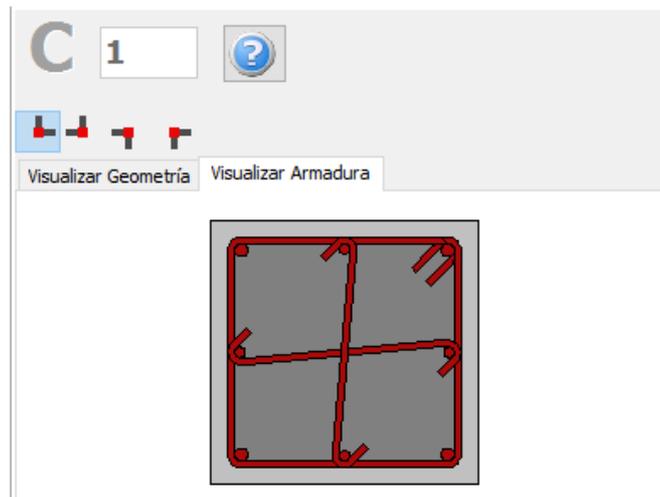
Patrón de Reforzamiento

Agregar una única varilla de refuerzo longitudinal también puede hacerse a través del módulo de Varillas de Refuerzo Adicionales, donde el refuerzo adicional puede introducirse gráficamente como se muestra en la siguiente figura:



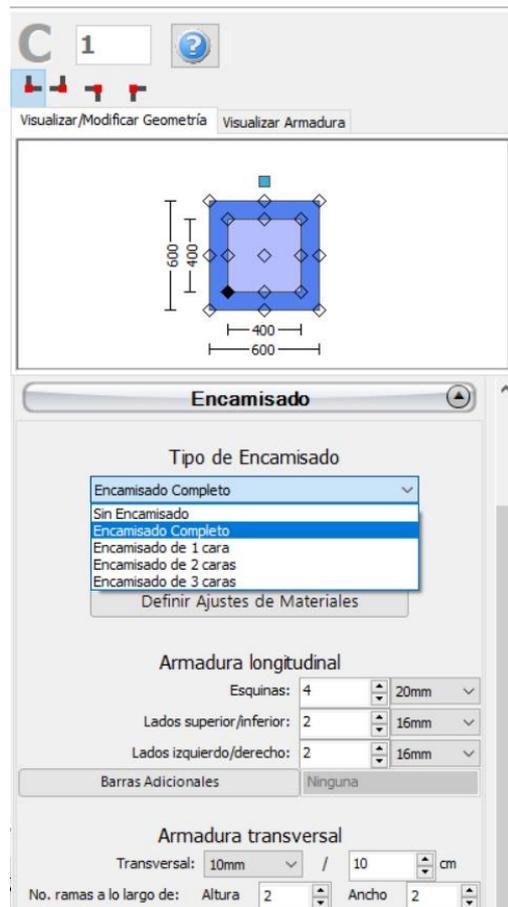
Ver/Modificar ventana de refuerzo adicional

En la Ventana de Propiedades los usuarios pueden escoger Ver el Refuerzo, donde se muestra la sección y su refuerzo (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde las dimensiones de la sección pueden verse y modificarse.



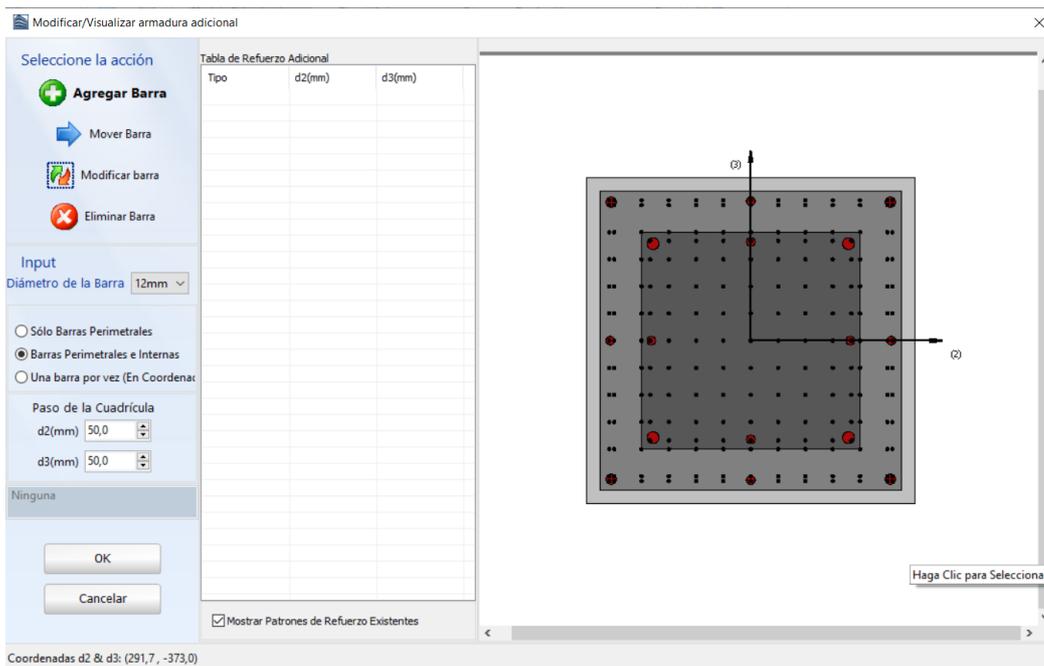
Vistas del Refuerzo

Los encamisados se pueden aplicar a la sección en el área de Encamisado seleccionando el tipo de encamisado, es decir, si es un encamisado completo, de 1 cara, de 2 caras o de 3 caras, y asignando el conjunto de material y el refuerzo longitudinal y transversal del encamisado.



Encamisado

La adición de barras de refuerzo longitudinales únicas al encamisado también se puede realizar a través del módulo de Barras Adicionales correspondiente, donde se pueden introducir armaduras adicionales de manera gráfica tanto en la parte existente como en la nueva, como se muestra en la siguiente figura:



Ventana de Modificación / Visualización de armaduras adicionales

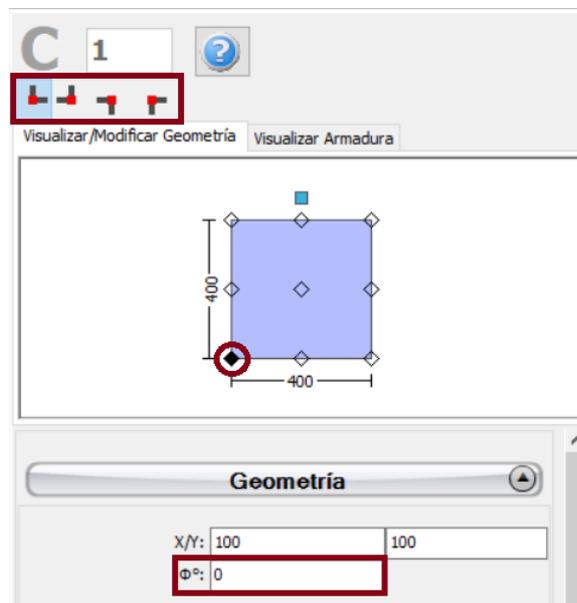
También se pueden agregar aisladores en diferentes ubicaciones de la columna. Se asignan a través del módulo Aislador, donde el usuario puede seleccionar la geometría (ubicación -punto inferior, superior o intermedio- y la altura del aislador), su tipo (elastomérico, elastomérico con núcleo de plomo o deslizador de superficie curva) y los parámetros del aislador: las rigideces vertical y horizontal, y el límite elástico al corte y la relación de endurecimiento por deformación (para aisladores elastoméricos y elastoméricos con núcleo de plomo, que se modelan como tipo de elemento aislador 1) o el coeficiente de fricción y el radio del péndulo (para los deslizadores de superficie curva, también conocidos como Sistema de Péndulo por Fricción (FPS), los cuales se modelan como tipo de elemento aislador2).

Además, envolturas de FRP pueden asignarse a elementos de columna a través del módulo de Envoltura FRP, donde los usuarios pueden seleccionar la envoltura FRP de una lista de los productos más comunes que se encuentran en el mercado, o introducir valores definidos por el usuario.

En el área de Modelado avanzado, la configuración basada en código del miembro estructural también se puede definir a través del cuadro de diálogo Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre desde el botón correspondiente. Los parámetros de modelado del miembro también se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros de Modelado, al que se accede mediante el botón correspondiente.

NOTA: Cuando la sección está encamisada, en el módulo Propiedades Avanzadas de Miembro, los usuarios deben tomar decisiones sobre los parámetros, para tener en cuenta toda la sección, es decir, tanto las partes existentes como las nuevas.

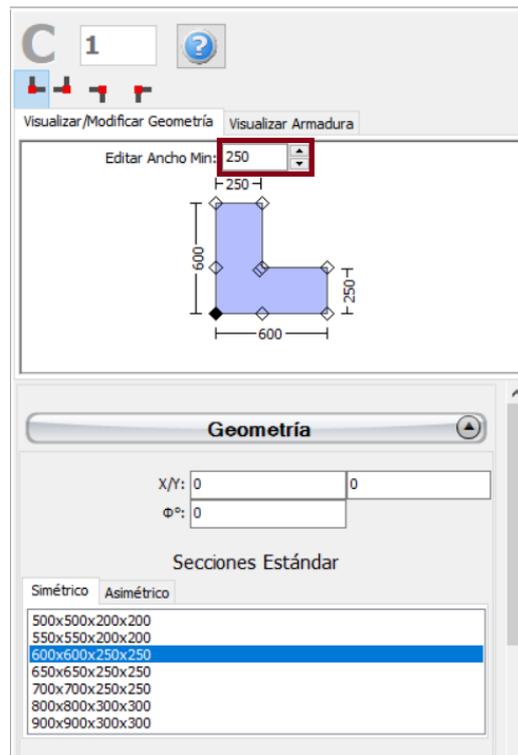
Después de definir todas las propiedades de la sección, el nuevo miembro se puede agregar con un simple clic en la ventana principal de Building Modeller. La ubicación de la sección que corresponde al punto de inserción (es decir, el clic del mouse) y la rotación de la sección en la vista en planta se pueden seleccionar en la ventana Propiedades de miembros.



Seleccionando el punto de inserción y rotando la vista en planta de la sección

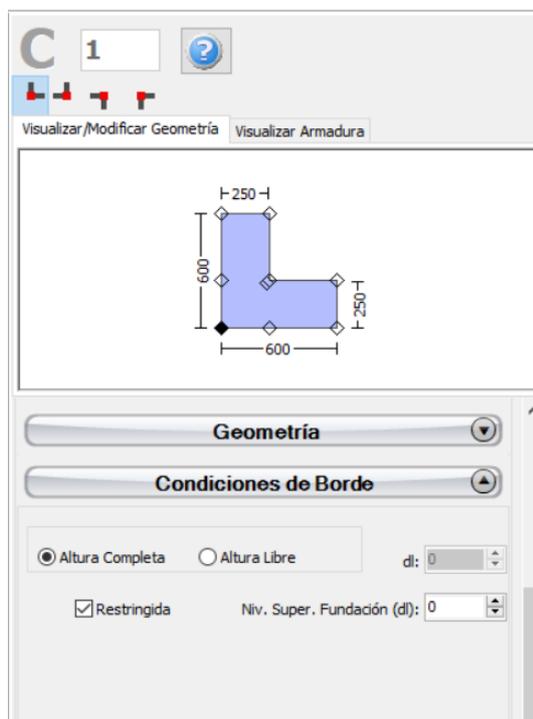
Columna en Forma de L (Simple o Encamisada)

Columnas con forma de L pueden insertarse desde el menú principal (*Insertar > Columna en Forma de L*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas . En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar las dimensiones de la sección ya sea en Ver/Modificar Geometría o seleccionando una sección de las secciones estándar predefinidas (simétrica o asimétrica).



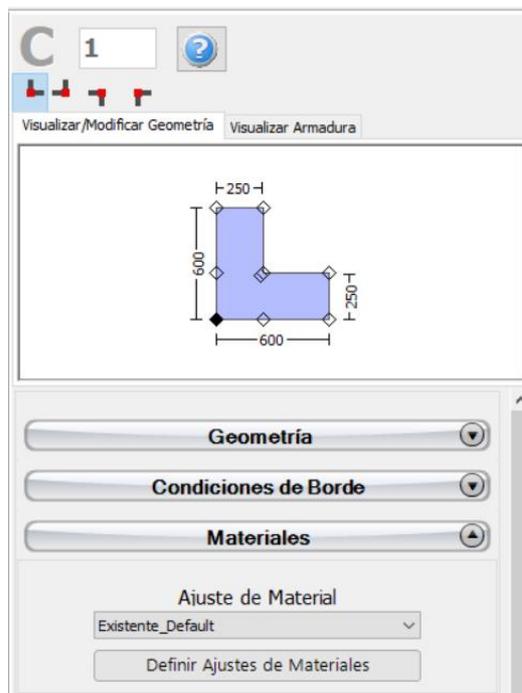
Editar dimensiones de secciones

Es posible definir una columna diferente de la altura del piso general, a través del botón de selección de la razón de longitud Libre y asignando una longitud diferente. Si, por el contrario, se emplea el botón de longitud completa, entonces el miembro tiene la misma altura que el piso. Adicionalmente, el nivel de fundación de una columna puede cambiarse, de manera que se provee la posibilidad al usuario de definir diferentes niveles de fundación.



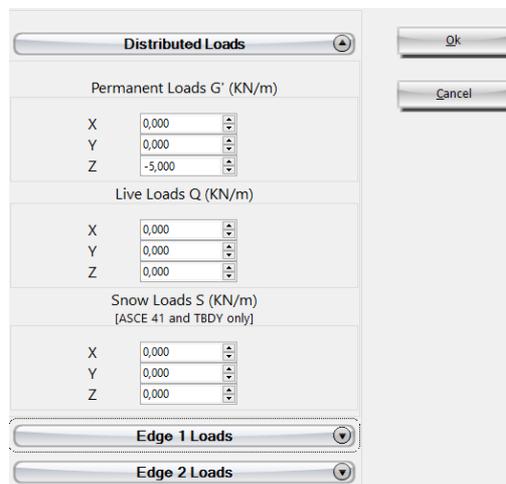
Condiciones de Borde (Fanis)

Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas> Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



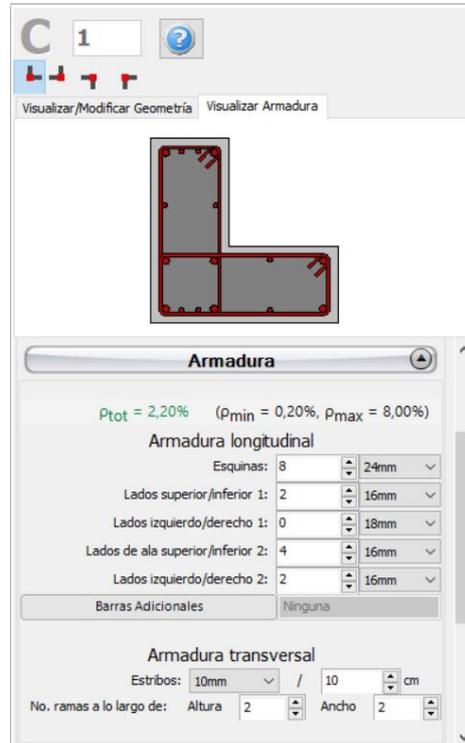
Materiales

Se pueden definir cargas adicionales haciendo clic en el botón Cargas Distribuidas y de Borde. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformemente a lo largo de la longitud del miembro en las tres direcciones de traslación X, Y o Z, y fuerzas o momentos en cualquier dirección translacional o rotacional (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos bordes del miembro (inferior o superior). Se pueden aplicar cargas permanentes adicionales G' (no asociadas con el peso propio de la estructura), cargas vivas Q y cargas de nieve S , siendo estas últimas aplicables solo a ASCE 41 y TBDY. Por defecto, todas las cargas son iguales a cero.



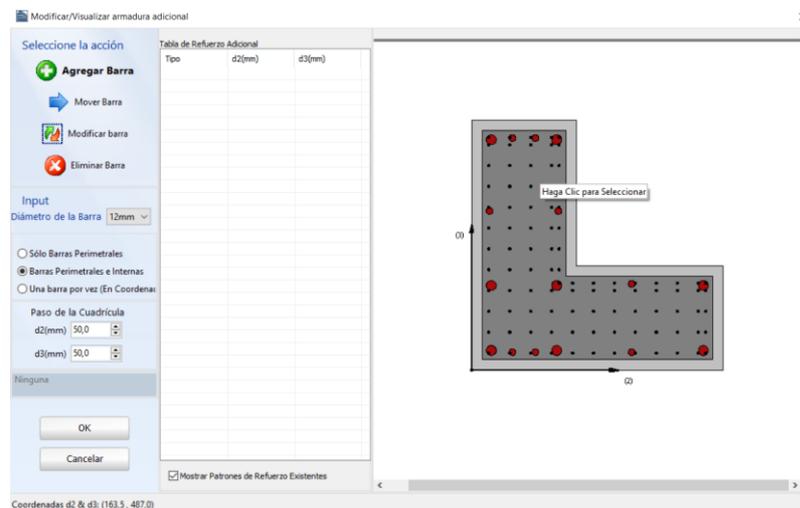
Ventana de Cargas Distribuidas y de Borde

El refuerzo longitudinal y transversal puede definirse editando los controles de los patrones de reforzamiento relevantes.



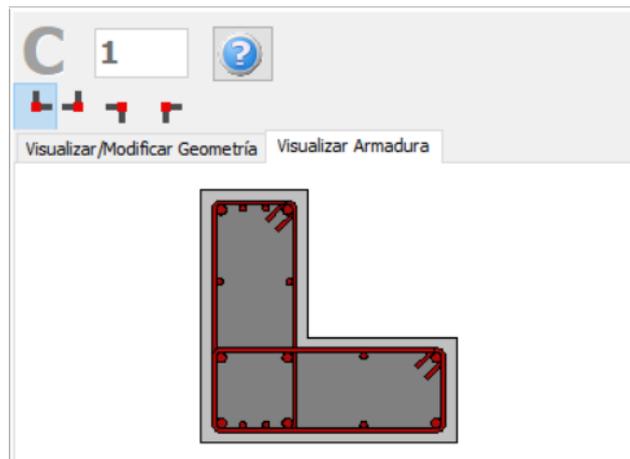
Patrón de Refuerzo

Agregar una única varilla de refuerzo longitudinal también puede hacerse a través del módulo de Varillas de Refuerzo Adicionales, donde el refuerzo adicional puede introducirse gráficamente como se muestra en la siguiente figura:



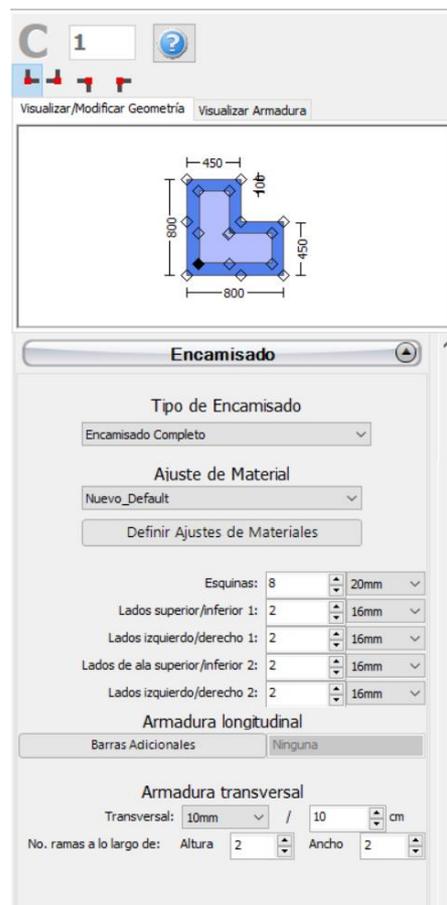
Ventana de Ver/Modificar refuerzo adicional

En la Ventana de Propiedades los usuarios pueden escoger Ver el Refuerzo, donde se muestra la sección y su refuerzo (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde las dimensiones de la sección pueden verse y modificarse.



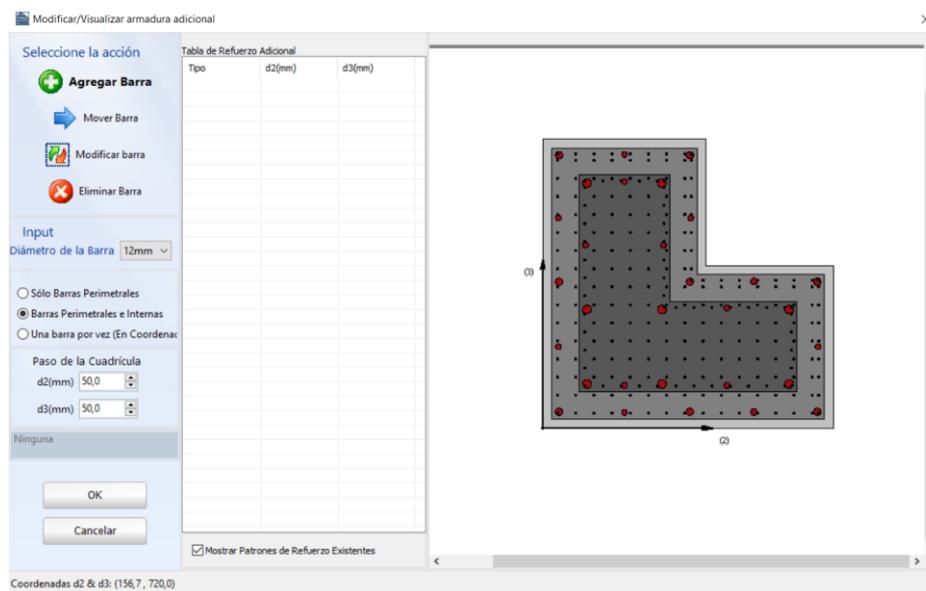
Vistas del Refuerzo

Los encamisados se pueden aplicar a la sección en el área de Encamisado seleccionando el tipo de encamisado, es decir, si es un encamisado completo, o de 3 caras, y asignando el conjunto de material y el refuerzo longitudinal y transversal del encamisado.



Encamisado

La adición de barras de refuerzo longitudinales únicas al encamisado también se puede realizar a través del módulo de Barras Adicionales correspondiente, donde se pueden introducir armaduras adicionales de manera gráfica tanto en la parte existente como en la nueva, como se muestra en la siguiente figura:



Ventana de Modificación / Visualización de armaduras adicionales

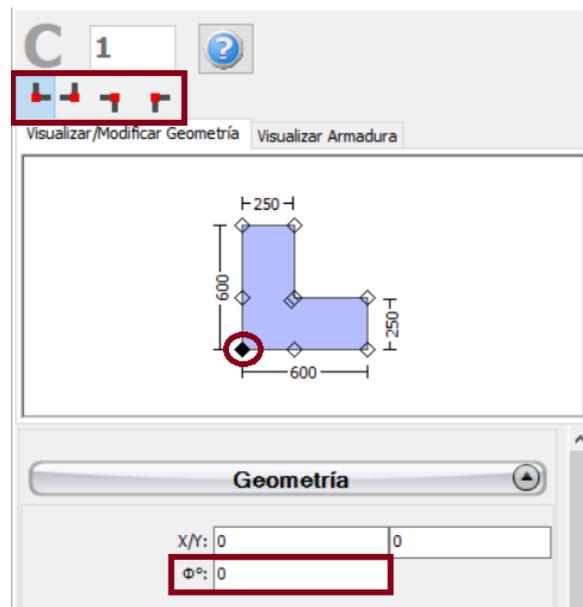
También se pueden agregar aisladores en diferentes ubicaciones de la columna. Se asignan a través del módulo Aislador, donde el usuario puede seleccionar la geometría (ubicación -punto inferior, superior o intermedio- y la altura del aislador), su tipo (elastomérico, elastomérico con núcleo de plomo o deslizador de superficie curva) y los parámetros del aislador: las rigideces vertical y horizontal, y el límite elástico al corte y la relación de endurecimiento por deformación (para aisladores elastoméricos y elastoméricos con núcleo de plomo, que se modelan como tipo de elemento aislador 1) o el coeficiente de fricción y el radio del péndulo (para los deslizadores de superficie curva, también conocidos como Sistema de Péndulo por Fricción (FPS), que se modelan como tipo de elemento *isolator2*).

Además, envolturas de FRP pueden asignarse a elementos de columna a través del módulo de Envoltura FRP, donde los usuarios pueden seleccionar la envoltura FRP de una lista de los productos más comunes que se encuentran en el mercado, o introducir valores definidos por el usuario.

En el área de Modelado avanzado, la configuración basada en código del miembro estructural también se puede definir a través del cuadro de diálogo Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre desde el botón correspondiente. Los parámetros de modelado del miembro también se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros de Modelado, al que se accede mediante el botón correspondiente.

NOTA: Cuando la sección está encamisada, en el módulo Propiedades Avanzadas de Miembro, los usuarios deben tomar decisiones sobre los parámetros, para tener en cuenta toda la sección, es decir, tanto las partes existentes como las nuevas.

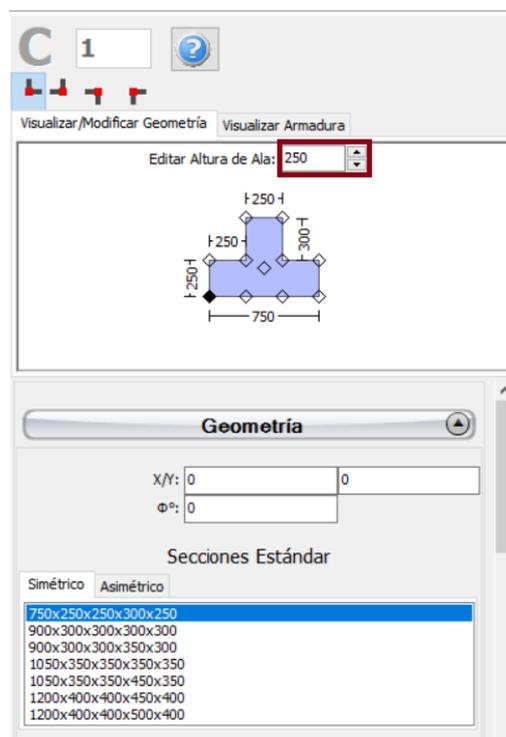
Después de definir todas las propiedades de la sección, el nuevo miembro se puede agregar con un simple clic en la ventana principal de Building Modeller. La ubicación de la sección que corresponde al punto de inserción (es decir, el clic del mouse) y la rotación de la sección en la vista en planta se pueden seleccionar en la ventana



Selección del punto de inserción y rotación de la vista en planta de la sección

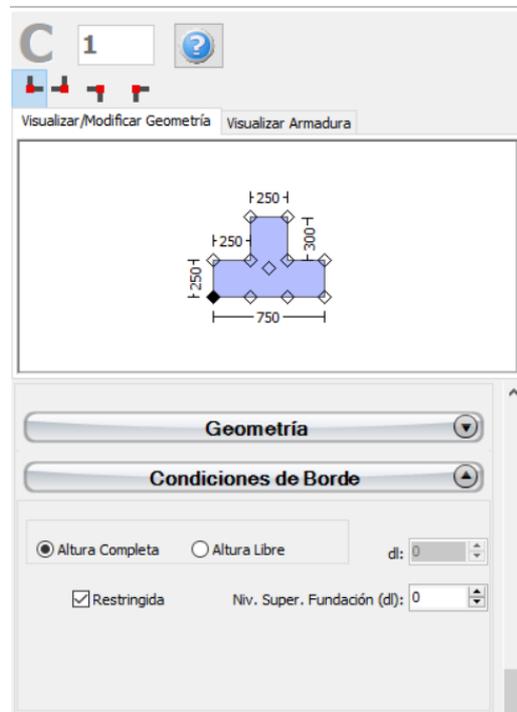
Columna en forma de T (Simple o Encamisada)

Columnas con forma de L pueden insertarse desde el menú principal (*Insertar > Columna en Forma de T*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas. En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar las dimensiones de la sección ya sea en Ver/Modificar Geometría o seleccionando una sección de las secciones estándar predefinidas (simétrica o asimétrica).



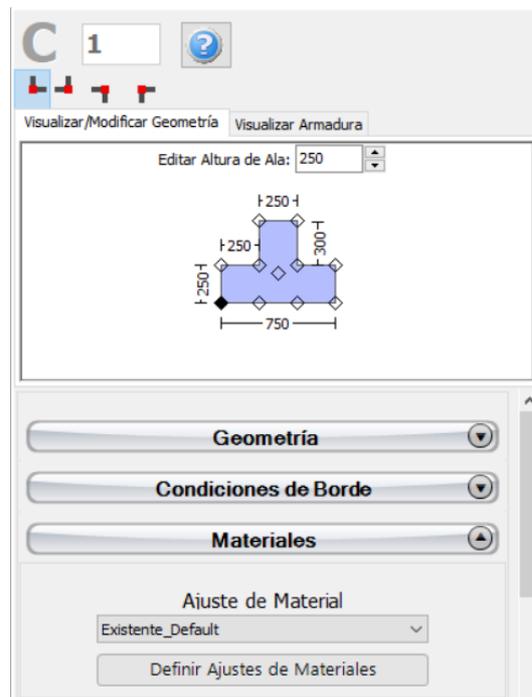
Editar dimensiones de secciones

Es posible definir una columna diferente de la altura general del piso, a través del botón de selección de la razón de longitud Libre y asignando una longitud diferente. Si, por el contrario, se emplea el botón de longitud completa, entonces el miembro tiene la misma altura que el piso. Adicionalmente, el nivel de fundación de una columna puede cambiarse, de manera que se provee la posibilidad al usuario de definir diferentes niveles de fundación.



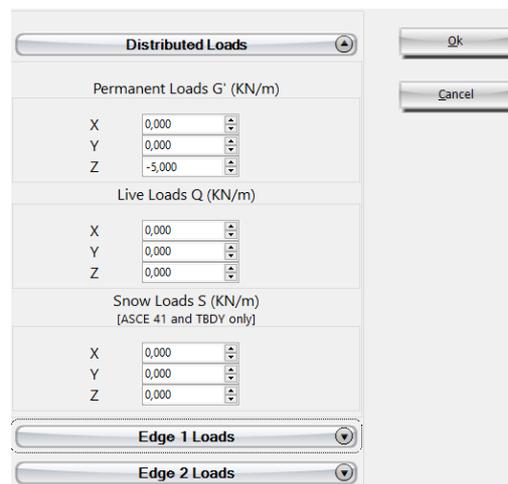
Condiciones de Borde (Fanis)

Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas> Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



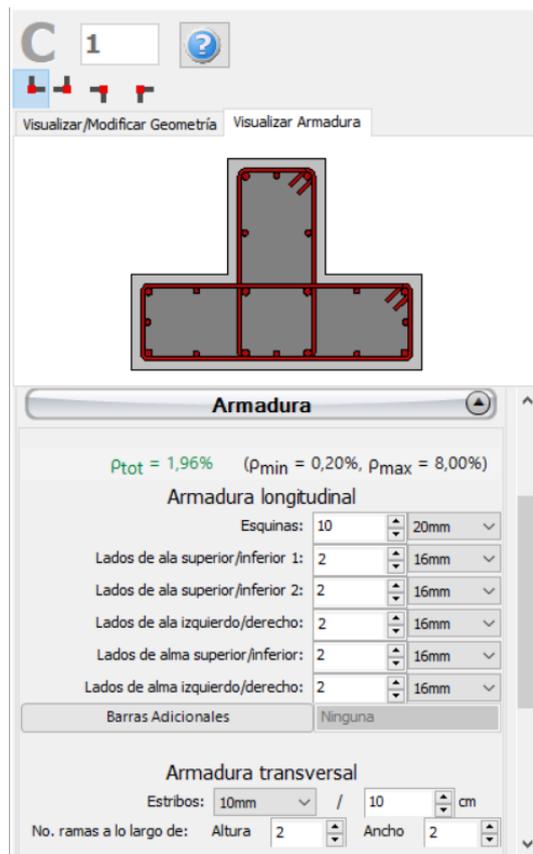
Materiales

Se pueden definir cargas adicionales haciendo clic en el botón Cargas Distribuidas y de Borde. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformemente a lo largo de la longitud del miembro en las tres direcciones de traslación X, Y o Z, y fuerzas o momentos en cualquier dirección traslacional o rotacional (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos bordes del miembro (inferior o superior). Se pueden aplicar cargas permanentes adicionales G' (no asociadas con el peso propio de la estructura), cargas vivas Q y cargas de nieve S , siendo estas últimas aplicables solo a ASCE 41 y TBDY. Por defecto, todas las cargas son iguales a cero.



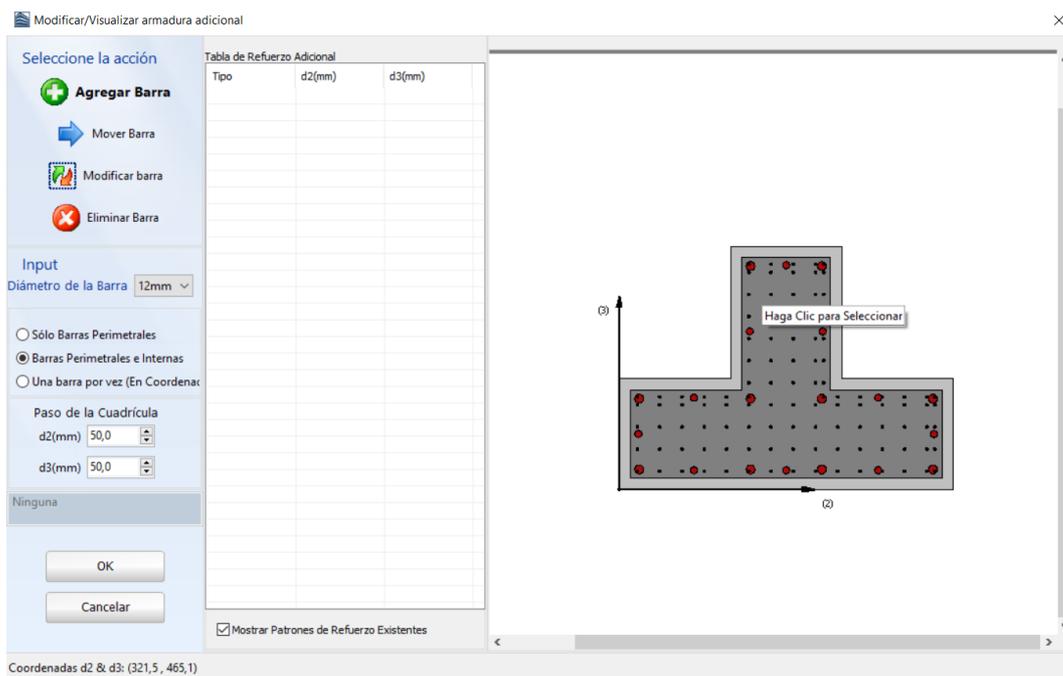
Ventana de Cargas Distribuidas y de Borde

El refuerzo longitudinal y transversal puede definirse editando los controles de los patrones de reforzamiento relevantes.



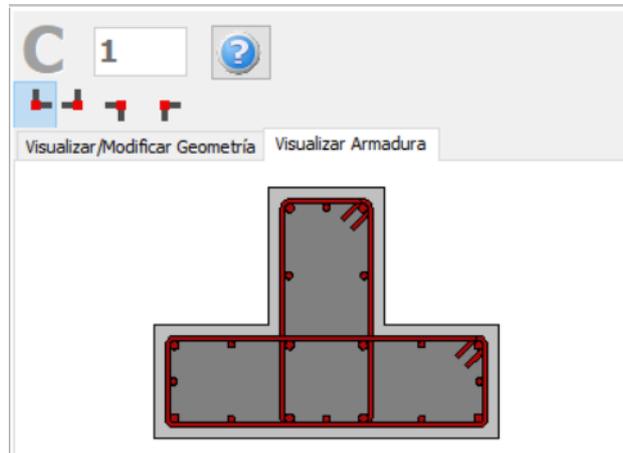
Patrón de Reforzamiento

Agregar una única varilla de refuerzo longitudinal también puede hacerse a través del módulo de Varillas de Refuerzo Adicionales, donde el refuerzo adicional puede introducirse gráficamente como se muestra en la siguiente figura:



Ver/Modificar ventana de refuerzo adicional

En la Ventana de Propiedades los usuarios pueden escoger Ver el Refuerzo, donde se muestra la sección y su refuerzo (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde las dimensiones de la sección pueden verse y modificarse.



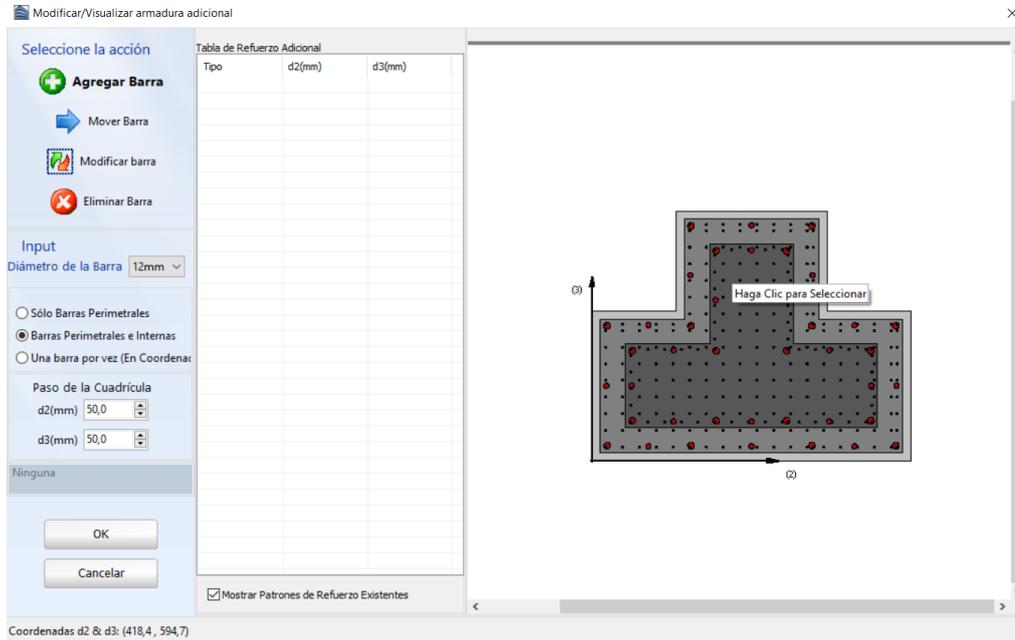
Vistas del Refuerzo

Los encamisados se pueden aplicar a la sección en el área de Encamisado seleccionando el tipo de encamisado, es decir, si es un encamisado completo, en 1 cara, en 2 caras o en 3 caras, y asignando el conjunto de material y el refuerzo longitudinal y transversal del encamisado.



Encamisado

La adición de barras de refuerzo longitudinales únicas al encamisado también se puede realizar a través del módulo de Barras Adicionales correspondiente, donde se pueden introducir armaduras adicionales de manera gráfica tanto en la parte existente como en la nueva, como se muestra en la siguiente figura:



Ventana de Modificación / Visualización de armaduras adicionales

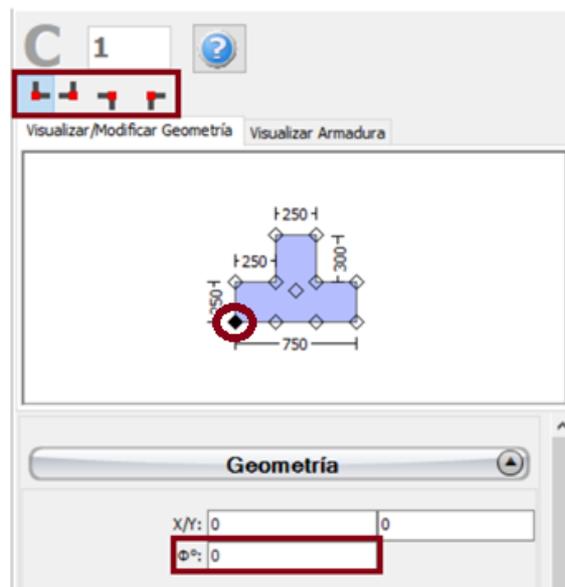
También se pueden agregar aisladores en diferentes ubicaciones de la columna. Se asignan a través del módulo Aislador, donde el usuario puede seleccionar la geometría (ubicación -punto inferior, superior o intermedio- y la altura del aislador), su tipo (elastomérico, elastomérico con núcleo de plomo o deslizador de superficie curva) y los parámetros del aislador: las rigideces vertical y horizontal, y el límite elástico al corte y la relación de endurecimiento por deformación (para aisladores elastoméricos y elastoméricos con núcleo de plomo, que se modelan como tipo de elemento aislador 1) o el coeficiente de fricción y el radio del péndulo (para los deslizadores de superficie curva, también conocidos como Sistema de Péndulo por Fricción (FPS), que se modelan como tipo de elemento *isolator2*).

Además, envolturas de FRP pueden asignarse a elementos de columna a través del módulo de Envoltura FRP, donde los usuarios pueden seleccionar la envoltura FRP de una lista de los productos más comunes que se encuentran en el mercado, o introducir valores definidos por el usuario.

En el área de Modelado avanzado, la configuración basada en código del miembro estructural también se puede definir a través del cuadro de diálogo Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre desde el botón correspondiente. Los parámetros de modelado del miembro también se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros de Modelado, al que se accede mediante el botón correspondiente.

NOTA: Cuando la sección está encamisada, en el módulo Propiedades Avanzadas de Miembro, los usuarios deben tomar decisiones sobre los parámetros, para tener en cuenta toda la sección, es decir, tanto las partes existentes como las nuevas.

Después de definir todas las propiedades de la sección, el nuevo miembro se puede agregar con un simple clic en la ventana principal de Building Modeller. La ubicación de la sección que corresponde al punto de inserción (es decir, el clic del mouse) y la rotación de la sección en la vista en planta se pueden seleccionar en la ventana



Selección del punto de inserción y rotación de la vista en planta de la sección

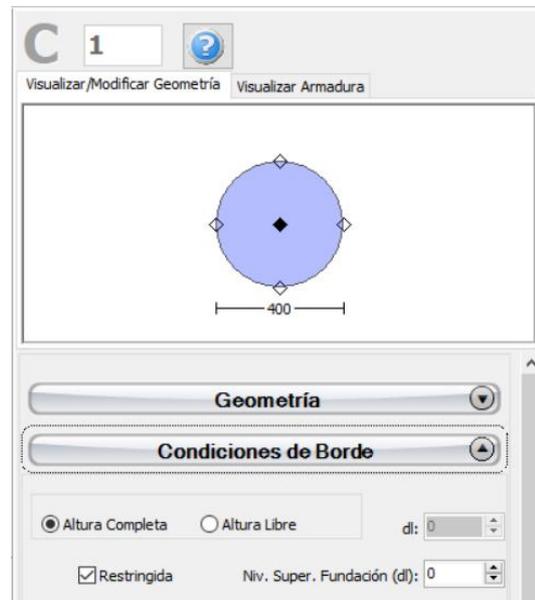
Columna Circular (Simple o encamisada)

Columnas con forma circular pueden insertarse desde el menú principal (*Insertar > Columna Circular*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas . En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar las dimensiones de la sección ya sea en Ver/Modificar Geometría o seleccionando una sección de las secciones estándar predefinidas.



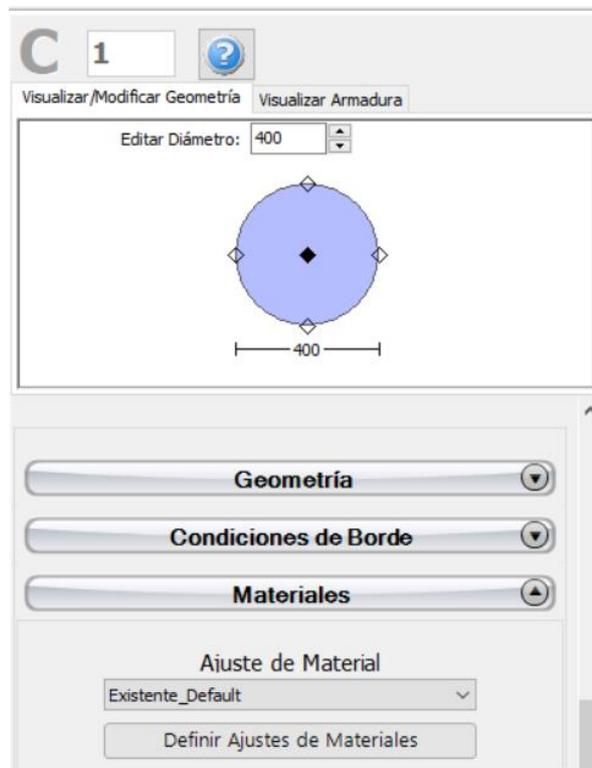
Editar dimensiones de secciones

Es posible definir una columna diferente de la altura general del piso, a través del botón de selección de la razón de *Longitud Libre* y asignando una longitud diferente. Si, por el contrario, se emplea el botón de longitud completa, entonces el miembro tiene la misma altura que el piso. Adicionalmente, el nivel de fundación de una columna puede cambiarse, de manera que se provee la posibilidad al usuario de definir diferentes niveles de fundación.



Condiciones de Borde (Fanis)

Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas> Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



Materiales

Se pueden definir cargas adicionales haciendo clic en el botón Cargas Distribuidas y de Borde. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformemente a lo largo de la longitud del miembro en las tres direcciones de traslación X, Y o Z, y fuerzas o momentos en cualquier dirección translacional o rotacional (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos bordes del miembro (inferior o superior). Se pueden aplicar cargas permanentes adicionales G' (no asociadas con el peso propio de la estructura), cargas vivas Q y cargas de nieve S, siendo estas últimas aplicables solo a ASCE 41 y TBDY. Por defecto, todas las cargas son iguales a cero.

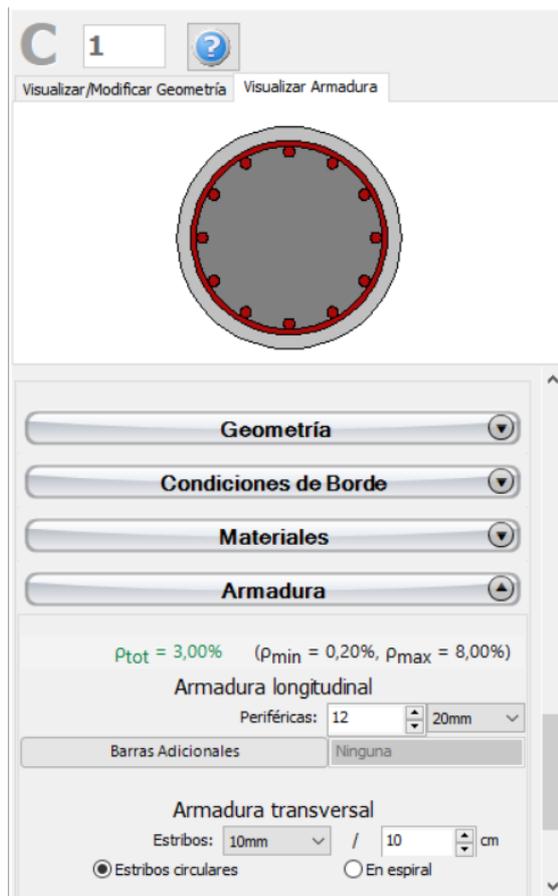
Permanent Loads G' (KN/m)	
X	0,000
Y	0,000
Z	-5,000

Live Loads Q (KN/m)	
X	0,000
Y	0,000
Z	0,000

Snow Loads S (KN/m) [ASCE 41 and TBDY only]	
X	0,000
Y	0,000
Z	0,000

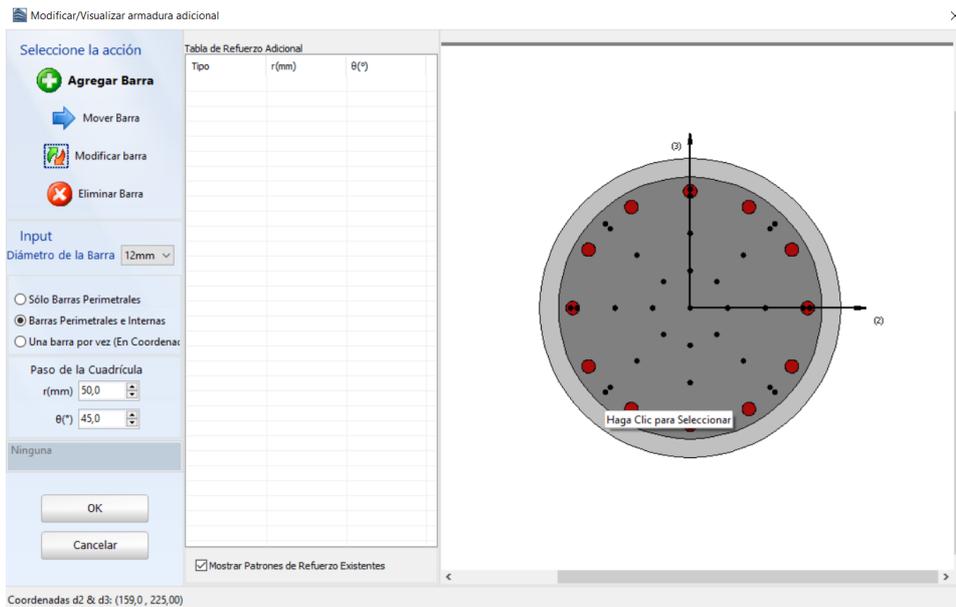
Ventana de Cargas Distribuidas y de Borde

El refuerzo longitudinal y transversal puede definirse editando los controles de los patrones de reforzamiento relevantes.



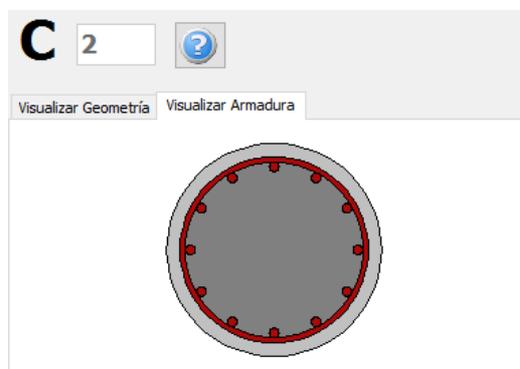
Patrón de Reforzamiento

Agregar una única varilla de refuerzo longitudinal también puede hacerse a través del módulo de Varillas de Refuerzo Adicionales, donde el refuerzo adicional puede introducirse gráficamente como se muestra en la siguiente figura:



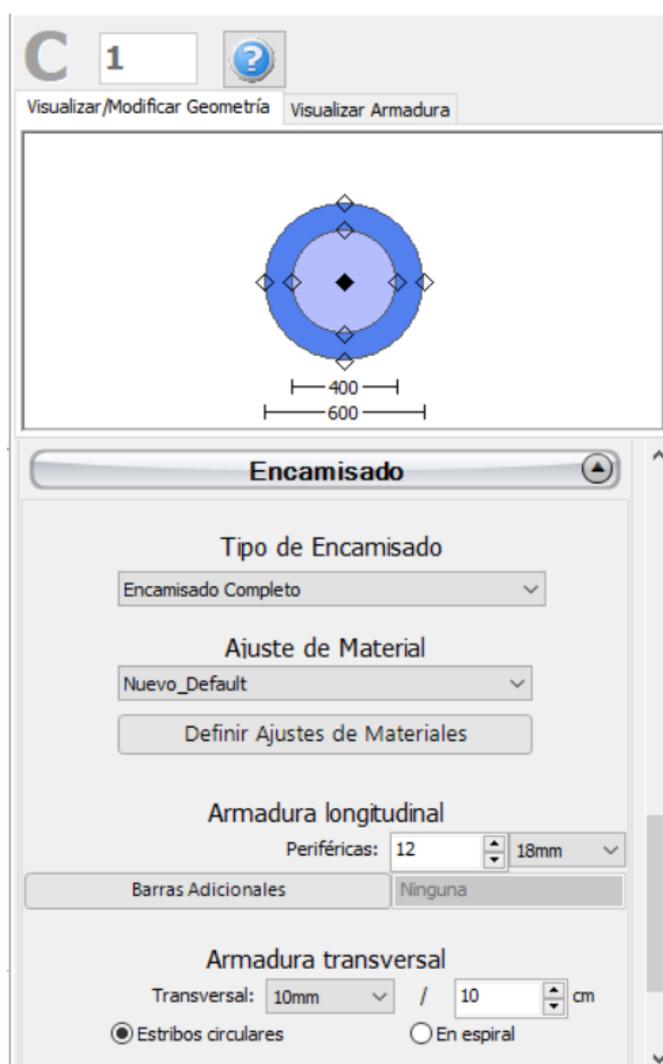
Ventana de Ver/Modificar refuerzo adicional

En la Ventana de Propiedades los usuarios pueden escoger Ver el Refuerzo, donde se muestra la sección y su refuerzo (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde las dimensiones de la sección pueden verse y modificarse.



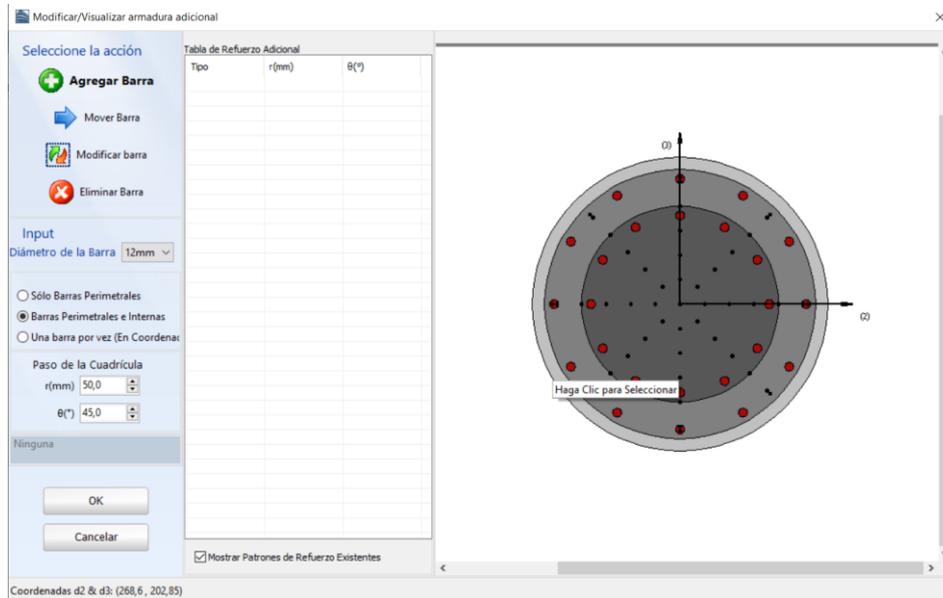
Vista de Refuerzo

Los encamisados se pueden aplicar a la sección en el área de Encamisado, y asignando el conjunto de material y el refuerzo longitudinal y transversal del encamisado.



Encamisado

La adición de barras de refuerzo longitudinales únicas al encamisado también se puede realizar a través del módulo de Barras Adicionales correspondiente, donde se pueden introducir armaduras adicionales de manera gráfica tanto en la parte existente como en la nueva, como se muestra en la siguiente figura:



Ventana de Modificación / Visualización de armaduras adicionales

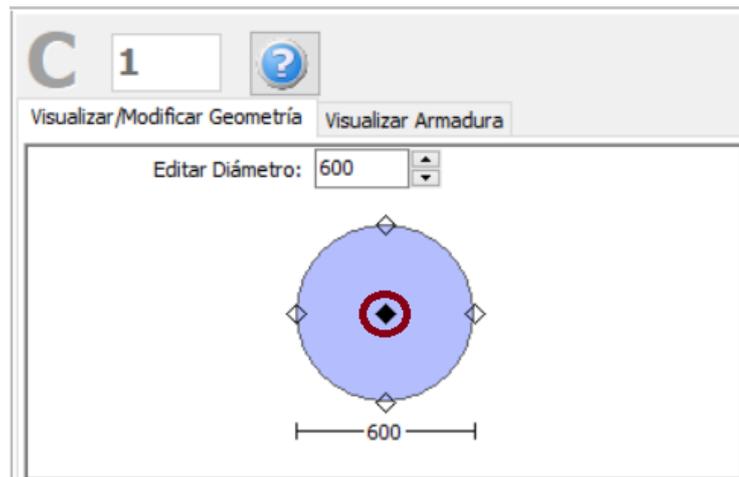
También se pueden agregar aisladores en diferentes ubicaciones de la columna. Se asignan a través del módulo Aislador, donde el usuario puede seleccionar la geometría (ubicación -punto inferior, superior o intermedio- y la altura del aislador), su tipo (elastomérico, elastomérico con núcleo de plomo o deslizador de superficie curva) y los parámetros del aislador: las rigideces vertical y horizontal, y el límite elástico al corte y la relación de endurecimiento por deformación (para aisladores elastoméricos y elastoméricos con núcleo de plomo, que se modelan como tipo de elemento aislador 1) o el coeficiente de fricción y el radio del péndulo (para los deslizadores de superficie curva, también conocidos como Sistema de Péndulo por Fricción (FPS), que se modelan como tipo de elemento *isolator2*).

Además, envolturas de FRP pueden asignarse a elementos de columna a través del módulo de Envoltura FRP, donde los usuarios pueden seleccionar la envoltura FRP de una lista de los productos más comunes que se encuentran en el mercado, o introducir valores definidos por el usuario.

En el área de Modelado avanzado, la configuración basada en código del miembro estructural también se puede definir a través del cuadro de diálogo Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre desde el botón correspondiente. Los parámetros de modelado del miembro también se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros de Modelado, al que se accede mediante el botón correspondiente.

NOTA: Cuando la sección está encamisada, en el módulo Propiedades Avanzadas de Miembro, los usuarios deben tomar decisiones sobre los parámetros, para tener en cuenta toda la sección, es decir, tanto las partes existentes como las nuevas.

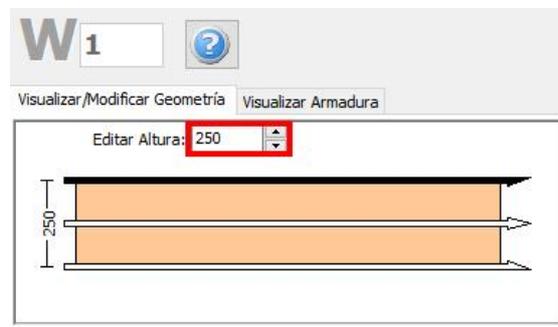
Después de definir todas las propiedades de la sección, el nuevo miembro se puede agregar con un simple clic en la ventana principal de Building Modeller. La ubicación de la sección que corresponde al punto de inserción (es decir, el clic del mouse) y la rotación de la sección en la vista en planta se pueden seleccionar en la ventana



Selección del punto de inserción

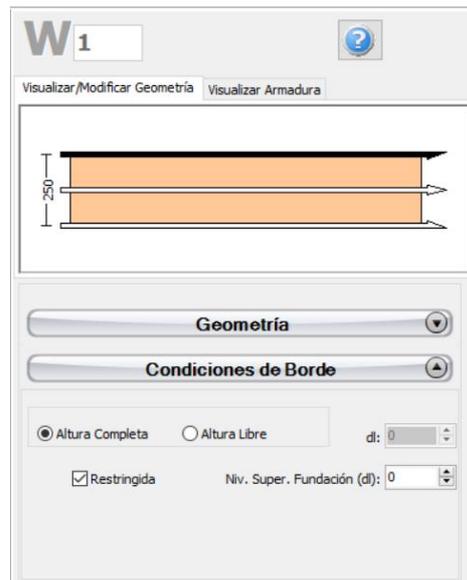
Muros

Los muros pueden agregarse desde el menú principal (*Insertar > Muro*) o con el botón de la barra de herramientas correspondiente . En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar el ancho de la sección en la ventana de Ver/Modificar Geometría, donde su longitud se define de forma gráfica al insertarse especificando dos puntos, en inicio y el final de la sección. Inicialmente, el ancho de las pseudo columnas se determina como un quinto (1/5) de la longitud total del muro, con un valor máximo de 600 mm. Luego de haber hecho la inserción, este valor puede modificarse en la Ventana de Propiedades del muro.



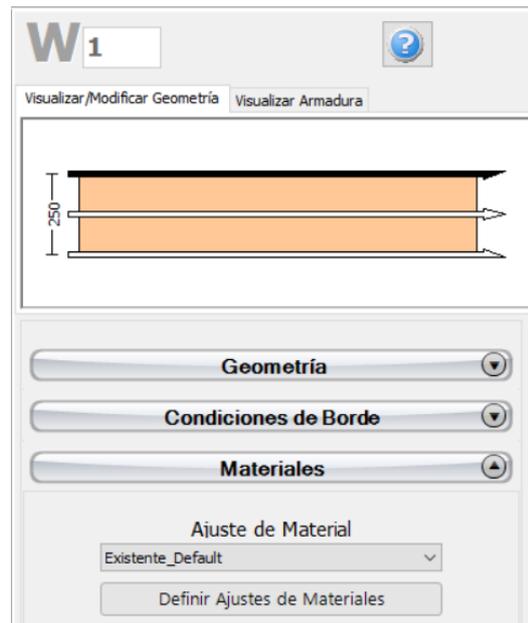
Editar dimensiones de secciones

Es posible definir una columna diferente de la altura general del piso, a través del botón de selección de la razón de longitud Libre y asignando una longitud diferente. Si, por el contrario, se emplea el botón de longitud completa, entonces el miembro tiene la misma altura que el piso. Adicionalmente, el nivel de fundación de una columna puede cambiarse, de manera que se provee la posibilidad al usuario de definir diferentes niveles de fundación.



Condiciones de Borde (Fanis)

Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas> Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



Materiales

Se pueden definir cargas adicionales haciendo clic en el botón Cargas Distribuidas y de Borde. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformemente a lo largo de la longitud del miembro en las tres direcciones de traslación X, Y o Z, y fuerzas o momentos en cualquier dirección traslacional o rotacional (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos bordes del miembro (inferior o superior). Se pueden aplicar cargas permanentes adicionales G' (no asociadas con el peso propio de la estructura),

cargas vivas Q y cargas de nieve S, siendo estas últimas aplicables solo a ASCE 41 y TBDY. Por defecto, todas las cargas son iguales a cero.

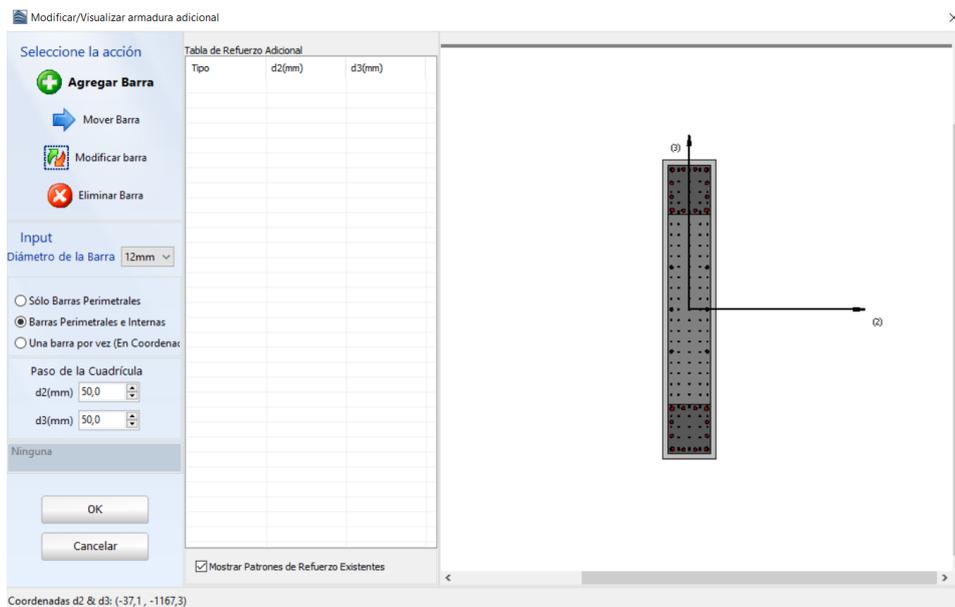
Ventana de Cargas Distribuidas y de Borde

El refuerzo longitudinal y transversal puede definirse editando los controles de los patrones de reforzamiento relevantes.

Además, la opción para incluir pseudocolumnas está disponible en el área de refuerzo y el refuerzo longitudinal y transversal se puede definir editando los controles de patrón de refuerzo relevantes.

Patrón de Refuerzo

Agregar una única varilla de refuerzo longitudinal también puede hacerse a través del módulo de Varillas de Refuerzo Adicionales, donde el refuerzo adicional puede introducirse gráficamente como se muestra en la siguiente figura:



Ventana de Ver/Modificar refuerzo adicional

NOTA 1: Para poder agregar varillas longitudinales a través del módulo de Varillas de Refuerzo Adicionales, los usuarios deben primero insertar la sección en el modelo, para tener completamente definidas las dimensiones del muro, que son su longitud total y el ancho de las pseudo columnas.

En la Ventana de Propiedades los usuarios pueden escoger Ver el Refuerzo, donde se muestra la sección y su refuerzo (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde las dimensiones de la sección pueden verse y modificarse.



Vista de Refuerzo

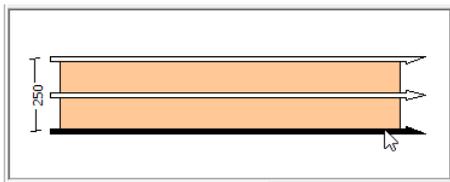
También se pueden agregar aisladores en diferentes ubicaciones del muro. Se asignan a través del módulo Aislador, donde el usuario puede seleccionar la geometría (ubicación -punto inferior, superior o intermedio- y la altura del aislador), su tipo (elastomérico, elastomérico con núcleo de plomo o deslizador de superficie curva) y los parámetros del aislador: las rigideces vertical y horizontal, y el límite elástico al corte y la relación de endurecimiento por deformación (para aisladores elastoméricos y elastoméricos con núcleo de plomo, que se modelan como tipo de elemento aislador 1) o el coeficiente de fricción y el radio del péndulo (para los deslizadores de superficie curva, también conocidos como Sistema de Péndulo por Fricción (FPS), que se modelan como tipo de elemento *isolator2*).

Además, envolturas de FRP pueden asignarse a elementos de columna a través del módulo de Envoltura FRP, donde los usuarios pueden seleccionar la envoltura FRP de una lista de los productos más comunes que se encuentran en el mercado, o introducir valores definidos por el usuario.

En el área de Modelado avanzado, la configuración basada en código del miembro estructural también se puede definir a través del cuadro de diálogo Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre desde el botón correspondiente. Los parámetros de modelado del miembro también se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros de Modelado, al que se accede mediante el botón correspondiente.

NOTA 2: Cuando la sección está encamisada, en el módulo Propiedades de miembro avanzadas, los usuarios deben tomar decisiones sobre los parámetros, para tener en cuenta toda la sección, es decir, tanto las partes existentes como las nuevas.

Al contrario de la definición de columnas, donde un simple clic es suficiente para definir el miembro, en las secciones de muro se deben delinear dos puntos en la Ventana del Modelador de Edificios. La línea de inserción puede estar en el centro o en cualquiera de las dos caras del muro; esto se puede determinar haciendo clic en cualquiera de las tres líneas en la ventana Ver / Modificar geometría (la línea negra es la opción seleccionada).



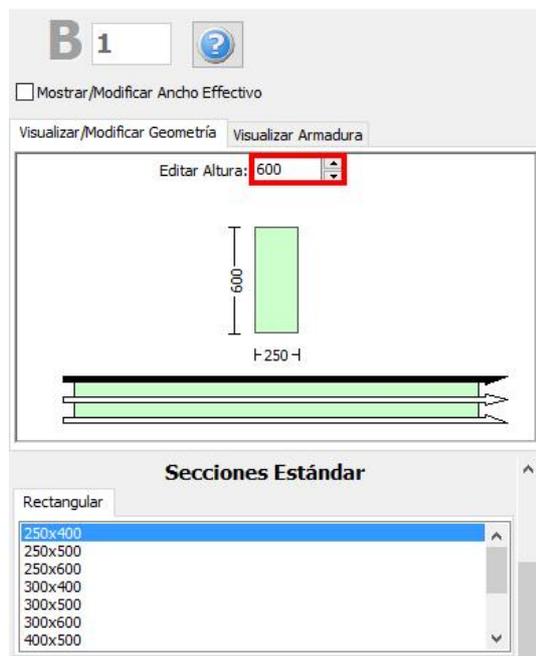
Selección de la línea de inserción



Inserción del muro

Vigas (Simples o Encamisadas)

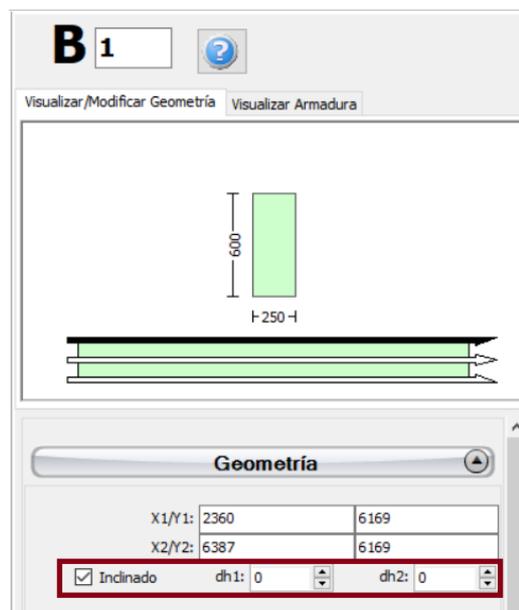
Las vigas insertarse desde el menú principal (*Insertar > Viga...*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas . En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar las dimensiones de la sección ya sea en Ver/Modificar Geometría o seleccionando una sección de las secciones estándar predefinidas.



Editar dimensiones de secciones

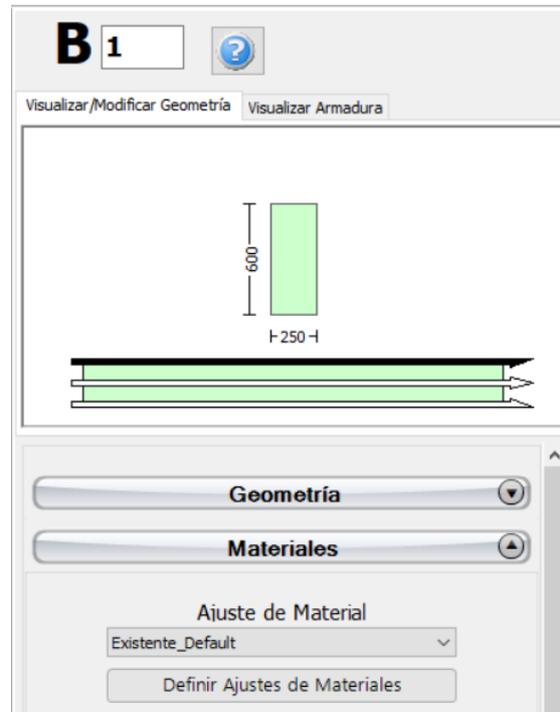
Vigas inclinadas pueden insertarse eficientemente especificando las diferencias de elevación entre los dos extremos de la viga relativos a la altura del piso. La altura de las columnas de apoyo se adapta automáticamente.

NOTA 1: En el caso de vigas soportadas por la misma columna en alturas distintas, el programa automáticamente subdivide el miembro de columna, de manera que se simula efectivamente la columna corta que se genera.



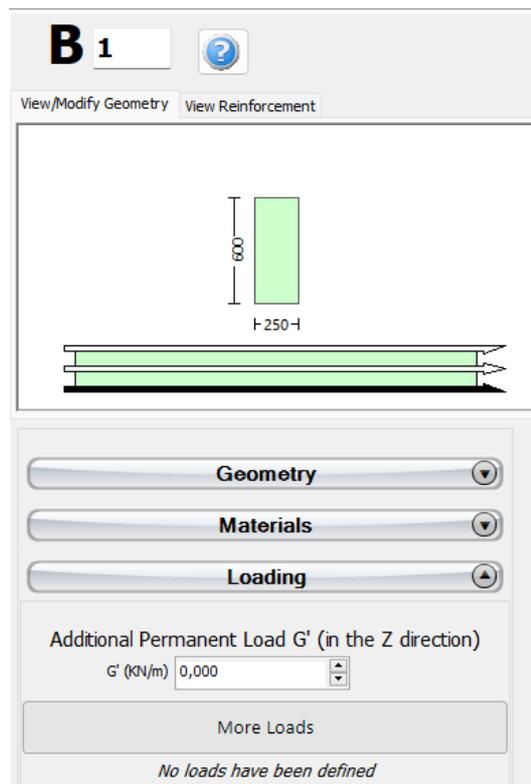
Viga Inclinada

Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas> Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



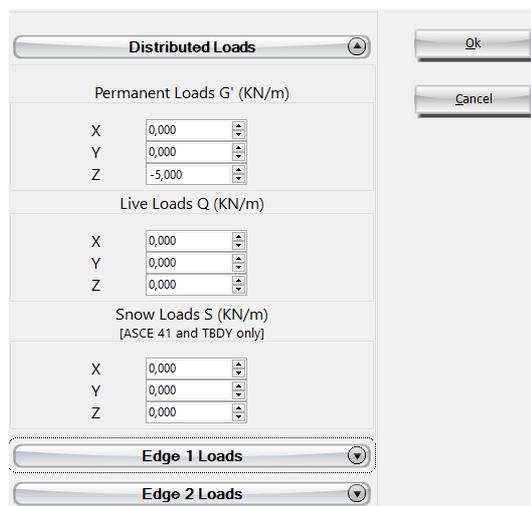
Materiales

En el módulo de secciones de vigas también se podrá asignar carga distribuida permanente adicional, que servirá para definir cualquier carga no asociada al peso propio de la estructura (por ejemplo, remates, rellenos, carga variable, etc).



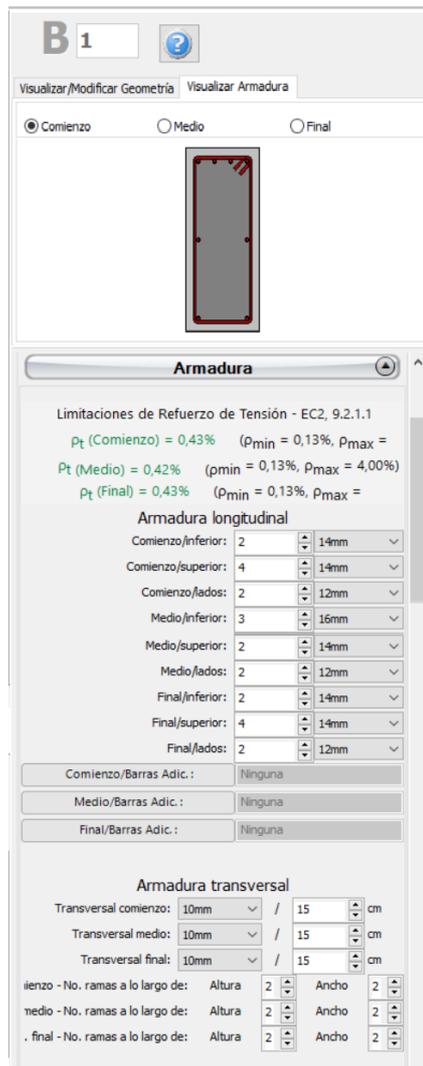
Cargas

También se pueden definir cargas haciendo clic en el botón Más Cargas. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformemente a lo largo de la longitud del miembro en las tres direcciones traslacionales X, Y o Z, y fuerzas o momentos en cualquier dirección traslacional o rotacional (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos bordes del miembro (inicio o fin). Se pueden aplicar cargas permanentes G' (no asociadas con el peso propio de la estructura), cargas vivas Q y cargas de nieve S , siendo estas últimas aplicables solo a ASCE 41 y TBDY. Por defecto, todas las cargas son iguales a cero.



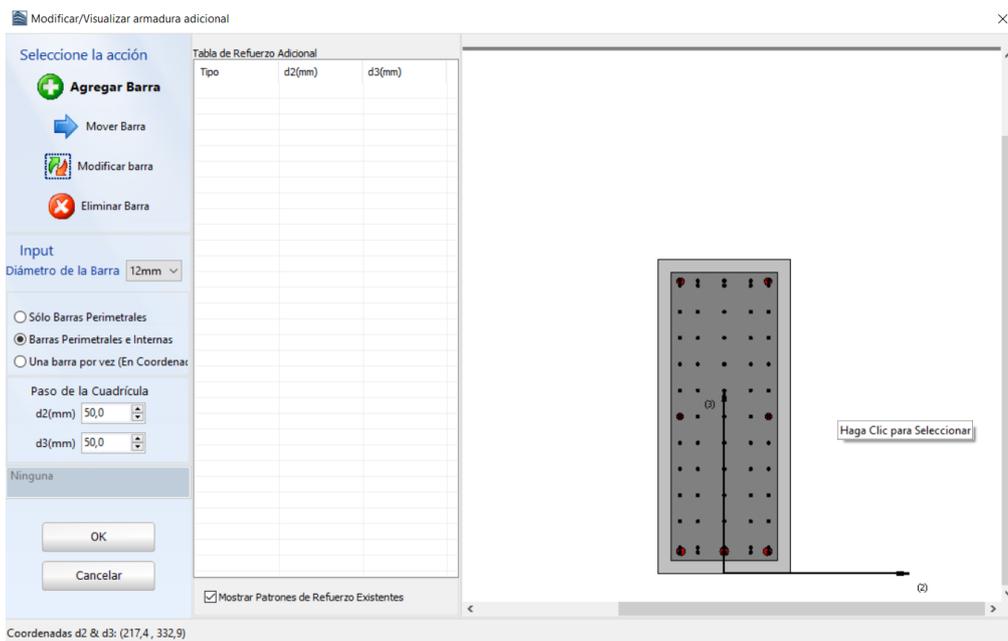
Ventana de Cargas Distribuidas y de Borde

El refuerzo longitudinal y transversal puede definirse editando los controles de los patrones de reforzamiento relevantes. Diferentes patrones de refuerzo pueden definirse en centro y los extremos de la viga.



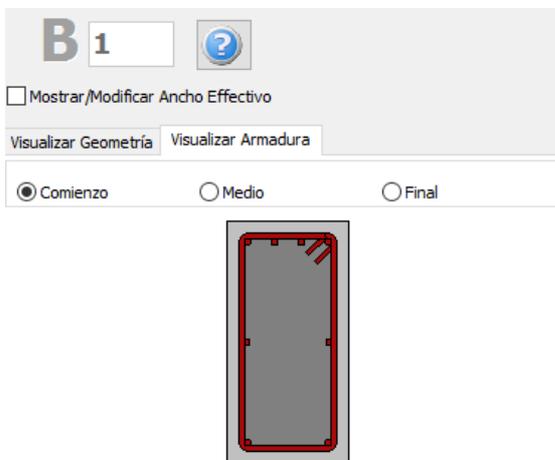
Patrón de refuerzo

Agregar una única barrade refuerzo longitudinal también puede hacerse a través del módulo de Varillas de Refuerzo Adicionales, donde el refuerzo adicional puede introducirse gráficamente como se muestra en la siguiente figura:



Ver/Modificar ventana de refuerzo adicional

En la Ventana de Propiedades los usuarios pueden escoger Ver el Refuerzo, donde se muestra la sección y su refuerzo (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde las dimensiones de la sección pueden verse y modificarse.

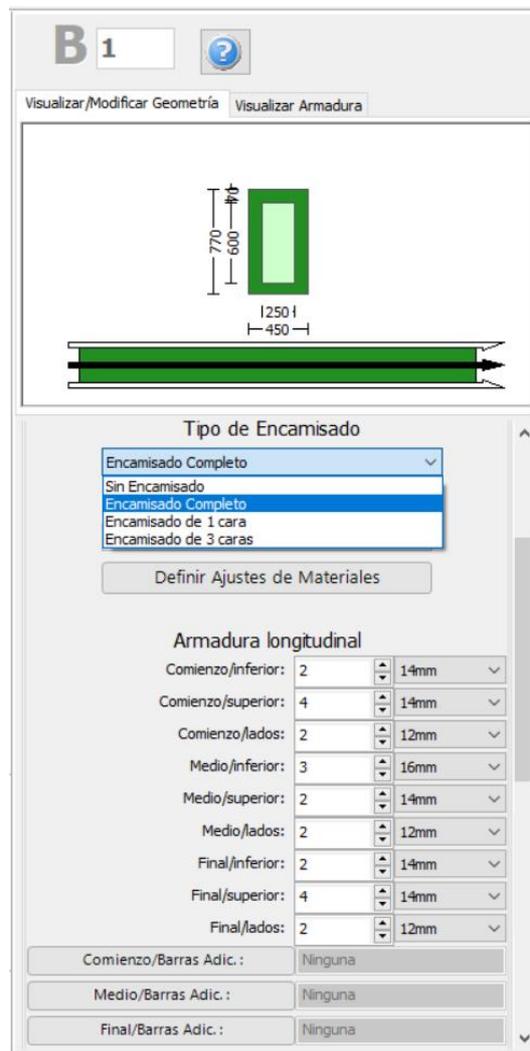


Refuerzo al inicio de la Viga



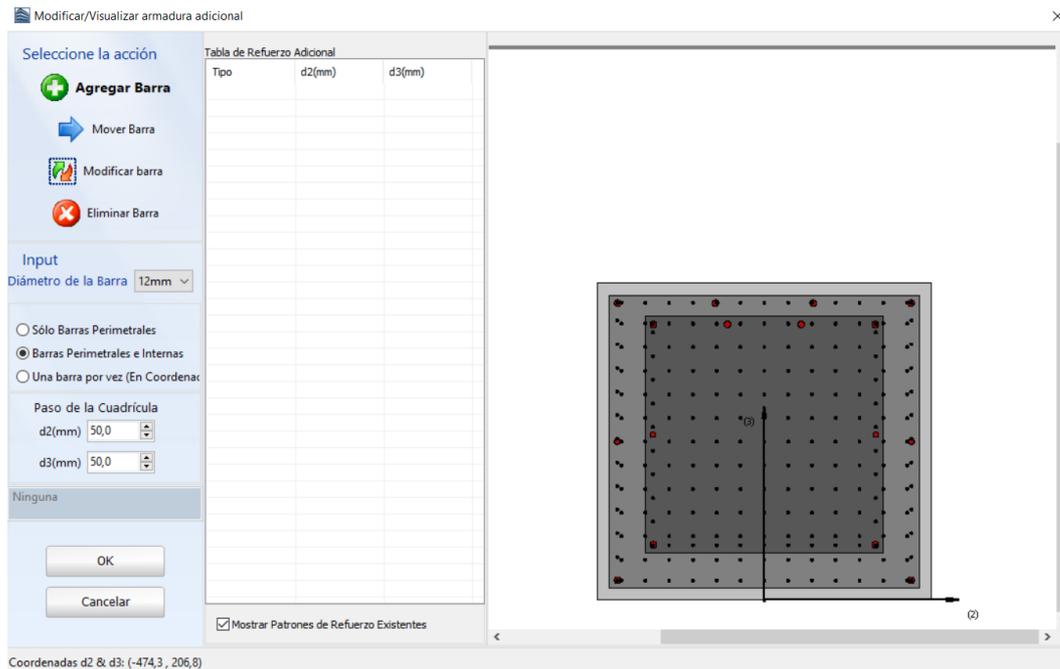
Refuerzo en el centro del claro de la viga

Los encamisados se pueden aplicar a la sección en el área de Encamisado seleccionando el tipo de encamisado, es decir, si es un encamisado completo, de 1 cara, de 2 caras o de 3 caras, y asignando el conjunto de material y el refuerzo longitudinal y transversal del encamisado.



Encamisado

La adición de barras de refuerzo longitudinales únicas al encamisado también se puede realizar a través del módulo de Barras Adicionales correspondiente, donde se pueden introducir armaduras adicionales de manera gráfica tanto en la parte existente como en la nueva, como se muestra en la siguiente figura:



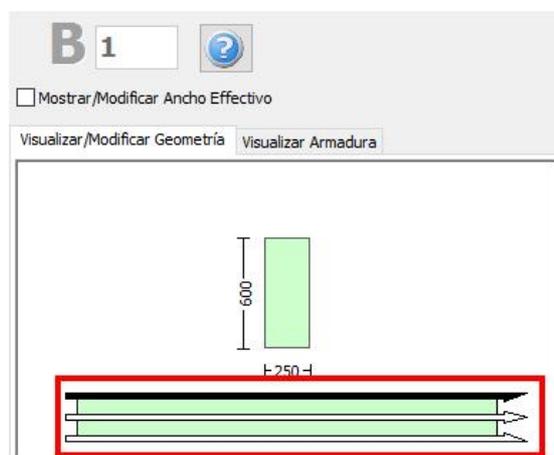
Ventana de Modificación / Visualización de armaduras adicionales

Además, los recubrimientos con FRP pueden asignarse a los elementos de viga a través del módulo de Envolturado con FRP, donde los usuarios pueden seleccionar el recubrimiento de FRP de una lista de los productos más comunes del mercado o introducir valores definidos por el usuario.

Los ajustes basados en código de los miembros estructurales también pueden definirse a través de la ventana de diálogo de Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre con el botón correspondiente. Los Parámetros de Modelaje del Miembro se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros del Modelaje, al que se accede mediante el botón correspondiente.

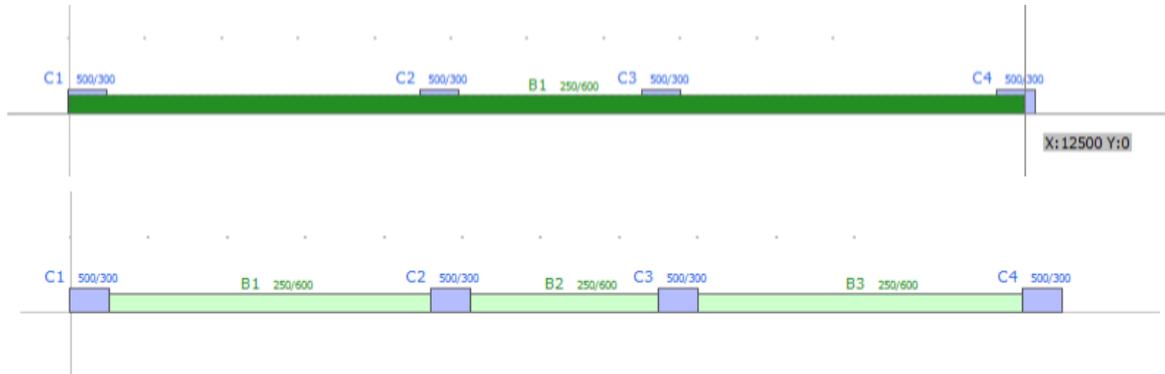
NOTA 2: Cuando la sección está encamisada, en el módulo Propiedades de miembro avanzadas, los usuarios deben tomar decisiones sobre los parámetros, para tener en cuenta toda la sección, es decir, tanto las partes existentes como las nuevas.

De manera similar a los muros, para la definición de una viga deben delinearse dos puntos en la Ventana Principal. La línea de inserción puede ser central o estar en los dos lados de la viga; esto puede determinarse haciendo clic en cualquiera de las tres líneas en la ventana de Ver/Modificar Propiedades (la línea negra es la opción preseleccionada).



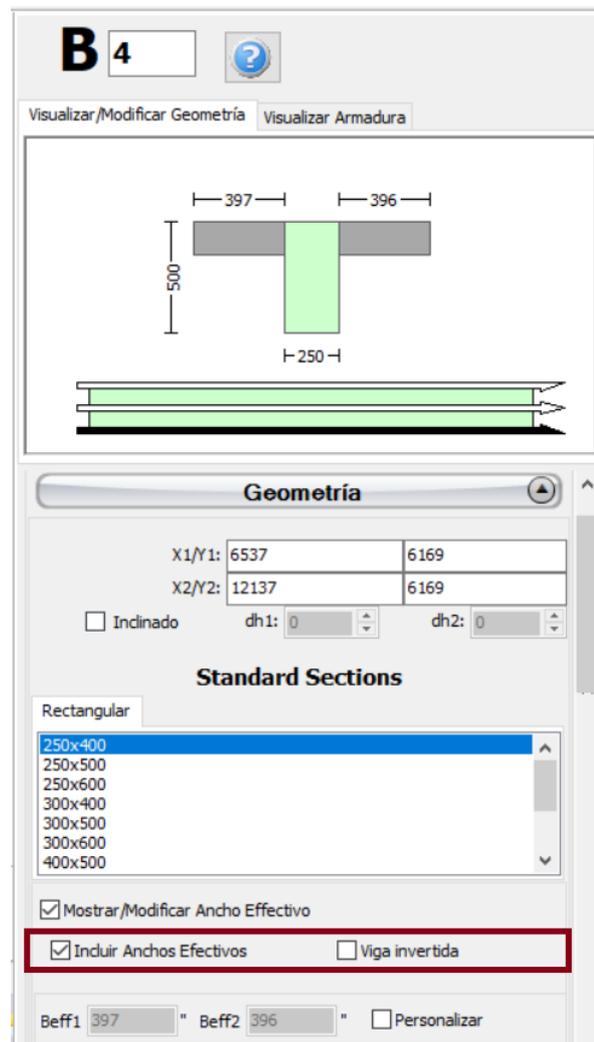
Seleccionando la línea de inserción

Cada viga asignada interseca una columna o muro existente, automáticamente se subdivide en dos miembros. Consecuentemente, varias vigas pueden definirse de manera simultánea con solo dos clics.



Insertando 3 vigas en una sola acción

Luego de la definición de las losas, dos opciones adicionales aparecen en el área de Geometría de la Ventana de Propiedades de las Vigas, (i) seleccionar si incluir o no el ancho efectivo de la viga en los cálculos y (ii) seleccionar si una viga está invertida o no. El ancho efectivo se calcula automáticamente por el programa, pero también puede ser modificado por el usuario.



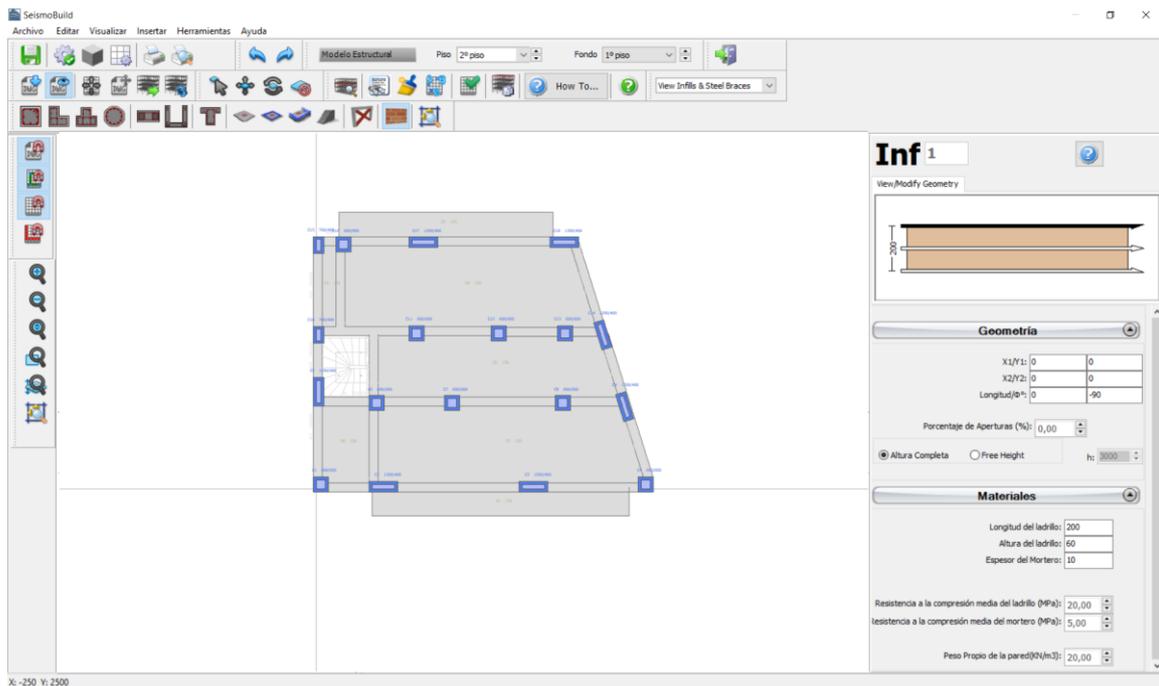
Ventana de Propiedades de Vigas (luego de la definición de las losas)

Paredes de Relleno

Las paredes de relleno se pueden insertar desde el menú principal (Insertar > Insertar pared de relleno) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas . En la ventana Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar los principales parámetros que afectan la resistencia y rigidez del nuevo pared de relleno.

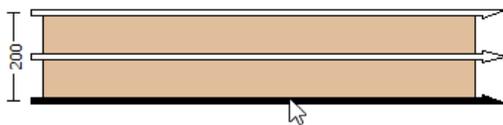
- (i) Las dimensiones, longitud y altura del ladrillo
- (ii) El espesor del mortero
- (iii) Las resistencias a la compresión del ladrillo y el mortero
- (iv) El porcentaje de aberturas en la pared y
- (v) El peso específico de la pared.

Es posible definir una altura de pared de relleno diferente a la altura general del piso, mediante la selección del botón de opción Altura Libre y la asignación de su altura. Cuando se selecciona esta opción, el programa subdivide automáticamente las columnas vecinas en miembros más cortos. Si, por otro lado, se selecciona el botón de opción Altura completa, entonces el miembro tiene la misma altura que la altura del piso.

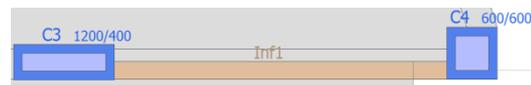


Editar los Parámetros del Pared de Relleno

De manera similar a los muros y las vigas, se deben delinear dos puntos en la Ventana del Modelador de edificios con el mouse. La línea de inserción puede estar en el centro o en cualquiera de los dos lados del relleno; esto se puede determinar haciendo clic en cualquiera de las tres líneas en la ventana Ver / Modificar geometría (la línea negra es la opción seleccionada).



Selección de la línea de inserción

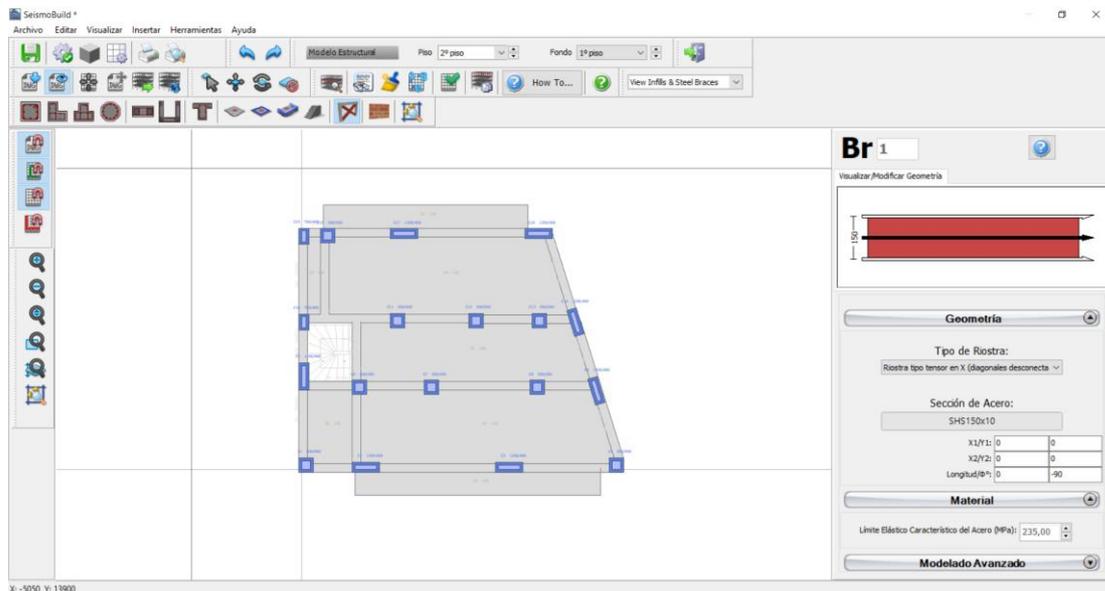


Insertando un Pared de Relleno

Riostras de Acero

Las Riostras de Acero se pueden insertar desde el menú principal (Insertar> Insertar Riostra de Acero) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas . En la ventana Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar los principales parámetros que afectan la resistencia y rigidez de la nueva Riostra.

- (i) Tipo de Riostra: Actualmente, los siguientes tipos están disponibles: (i) Riostra tipo tensor en X con diagonales conectadas, (ii) Riostra tipo tensor en X con diagonales desconectadas, (iii) Riostra Diagonal, (iv) Riostra diagonal invertida, (v) Riostra de Tipo V y (vi) Riostra de Tipo V Invertida (Riostra de Chevron).
- (ii) La sección de acero de los miembros de la riostra
- (iii) El límite elástico del acero de la riostra
- (iv) El tipo de conexión al pórtico de (articulada o fija)
- (v) Los parámetros de modelado



Editar Parámetros de la Riostra

De manera similar a los muros y las vigas, se deben delinear dos puntos en la Ventana del Modelador de edificios con el mouse. La línea de inserción puede estar en el centro o en cualquiera de los dos lados de la riostra; esto se puede determinar haciendo clic en cualquiera de las tres líneas en la ventana Ver / Modificar geometría (la línea negra es la opción seleccionada).

Contrariamente a los otros miembros estructurales que se definen con dos clics del mouse, en las Riostras de Acero no es necesario especificar el ancho de la riostra, ya que esta se considera automáticamente a partir de la sección de acero seleccionada.

Se observa que las vigas, que se encuentran debajo de la riostra de tipo V y sobre la riostra de tipo V invertida, se subdividen automáticamente por el programa.



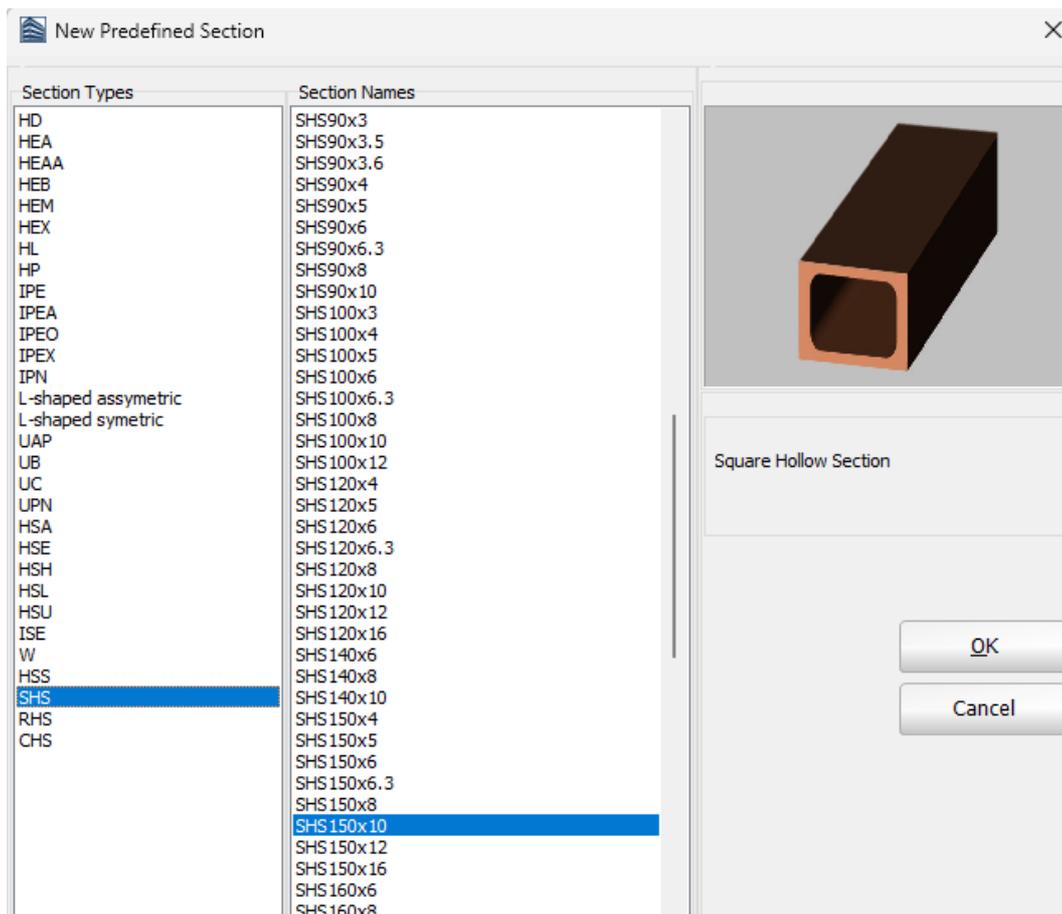
Selección de la línea de inserción



Insertando un Pared de Relleno

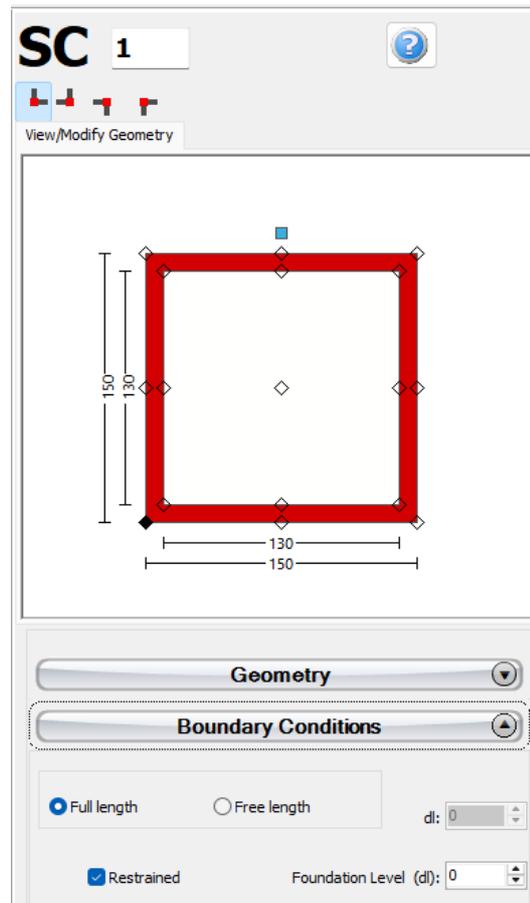
Columna de Acero

Las columnas de acero pueden insertarse desde el menú principal (Insertar > Columna de Acero) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas . En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios seleccionan una sección de entre las secciones estándar predefinidas.



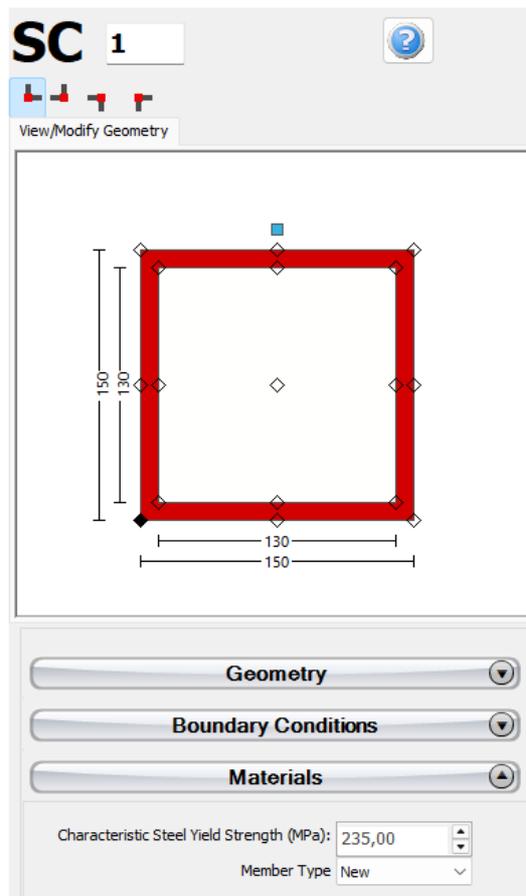
Secciones predefinidas

Es posible definir una altura de columna de acero distinta de la altura general del piso seleccionando el botón de opción *Longitud libre* y asignando una longitud diferente. Si, por el contrario, se selecciona el botón de opción *Longitud completa*, entonces el elemento tiene la misma altura que la altura del piso. Además, puede ajustarse el nivel de cimentación de la columna de acero, lo que permite al usuario definir distintos niveles de cimentación.



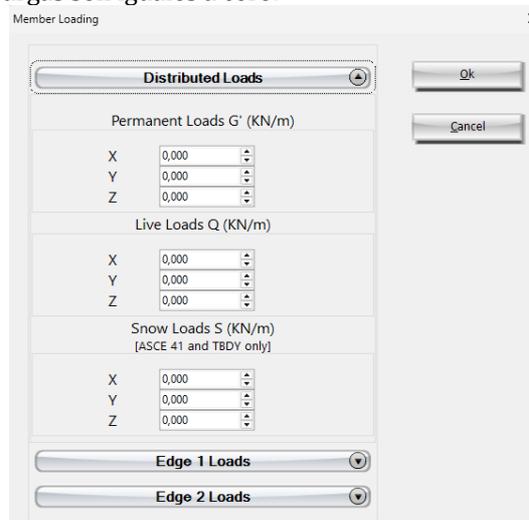
Condiciones de Contorno

Las propiedades del acero pueden definirse dentro de la Ventana de Propiedades del elemento. Deben definirse la resistencia característica a fluencia del acero y el tipo de elemento, es decir, si se trata de un elemento existente o nuevo.



Materiales

Las cargas adicionales pueden definirse haciendo clic en el botón Cargas Distribuidas y en Borde. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformes a lo largo de la longitud del elemento en las tres direcciones de traslación X, Y o Z, así como fuerzas o momentos en cualquier dirección de traslación o rotación (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos extremos del elemento (inferior o superior). Pueden aplicarse cargas permanentes adicionales G' (no asociadas al peso propio de la estructura), cargas de uso Q y cargas de nieve S, siendo estas últimas aplicables solo a ASCE 41 y TBDY. De forma predeterminada, todas las cargas son iguales a cero.

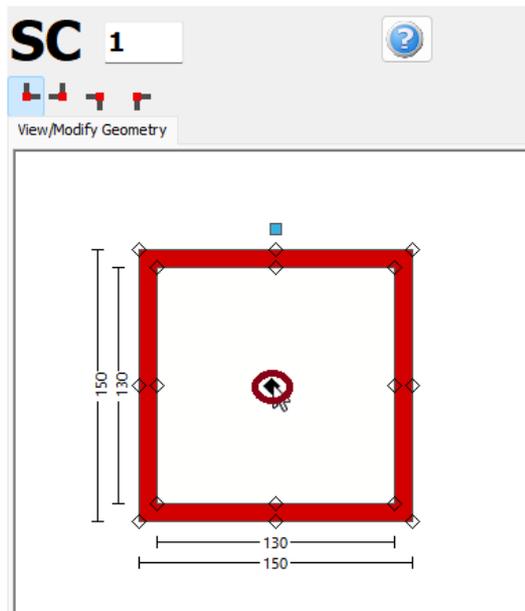


Ventana de Cargas Distribuidas y en Borde

También pueden añadirse aisladores en diferentes ubicaciones de la columna. Se asignan a través del módulo de Aisladores, donde los usuarios pueden seleccionar la geometría (ubicación —inferior, superior o punto intermedio— y la altura del aislador), su tipo (elastomérico, con núcleo de plomo o deslizador de superficie curva) y los parámetros del aislador: las rigideces vertical y horizontal, y la resistencia al corte y la relación de endurecimiento por deformación (para los aisladores elastoméricos y con núcleo de plomo, que se modelan como tipo de elemento *isolator1*) o el coeficiente de fricción y el radio del péndulo (para los deslizadores de superficie curva, también conocidos como Sistema de Péndulo por Fricción (FPS), que se modelan como tipo de elemento *isolator2*).

En el área de Modelado Avanzado, los ajustes basados en normativa del miembro estructural pueden definirse a través del cuadro de diálogo Propiedades Avanzadas del Miembro, que se abre desde el botón correspondiente. Los parámetros de modelado del miembro también pueden definirse desde el cuadro de diálogo Parámetros de Modelado, accesible mediante su botón correspondiente.

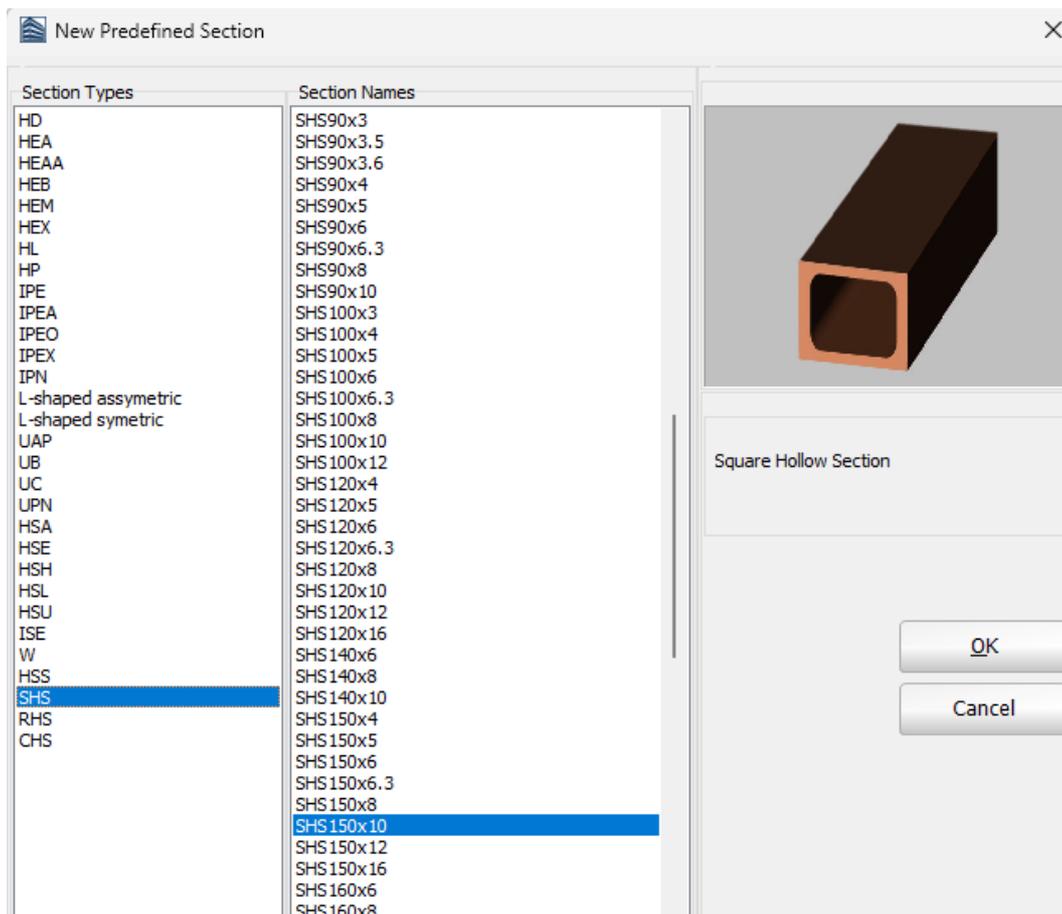
Después de definir todas las propiedades de la sección, el nuevo miembro puede añadirse con un simple clic en la Ventana Principal del Building Modeller. La ubicación de la sección que corresponde al punto de inserción (es decir, el clic del ratón) y la rotación de la sección en la vista en planta pueden seleccionarse desde la ventana Propiedades del Miembro.



Seleccionando el punto de inserción

Steel Beam

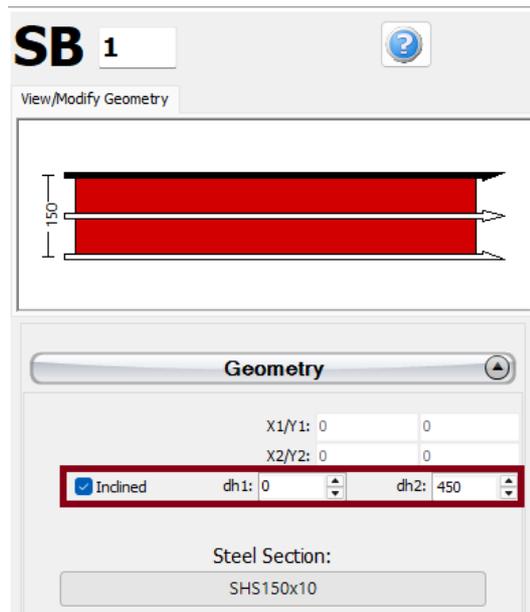
Las vigas de acero pueden insertarse desde el menú principal (Insertar > Viga de Acero) o mediante el botón correspondiente de la barra de herramientas . En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios seleccionan una sección de entre las secciones estándar predefinidas.



Secciones predefinidas

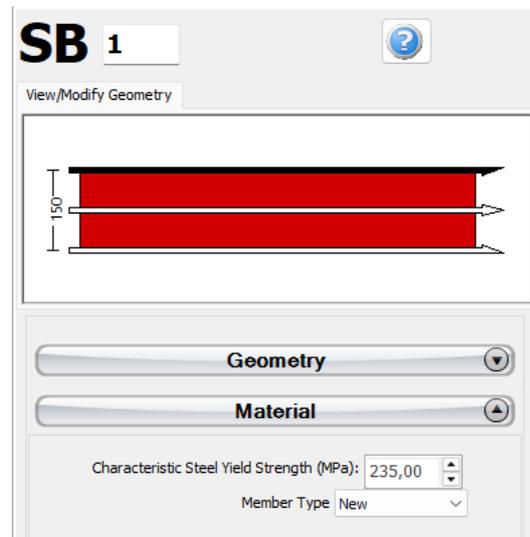
Las vigas inclinadas pueden modelarse de manera eficiente especificando las diferencias de elevación entre los dos extremos de la viga con respecto a la altura del piso. La altura de las columnas de apoyo se adapta automáticamente.

NOTA 1: En el caso de que las vigas estén apoyadas en la misma columna a diferentes alturas, el programa subdivide automáticamente el elemento de la columna, de modo que se simule eficazmente la columna corta que se genera.



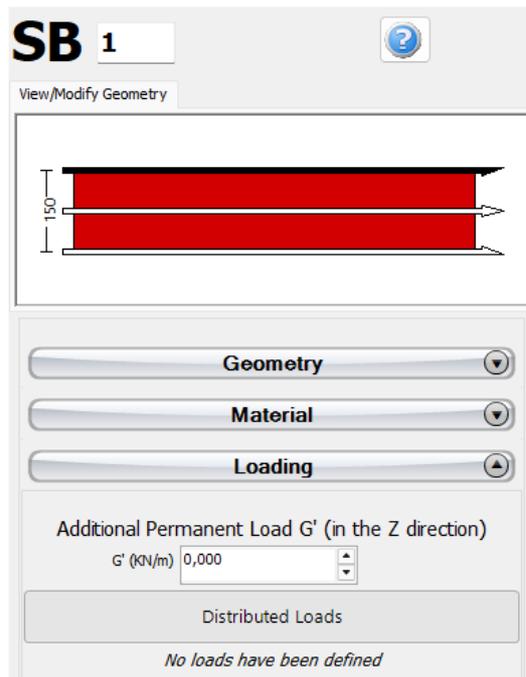
Viga inclinada

Las propiedades del acero pueden definirse dentro de la Ventana de Propiedades del elemento. Deben definirse la resistencia característica a la fluencia del acero y el tipo de miembro, es decir, si se trata de un miembro existente o nuevo.



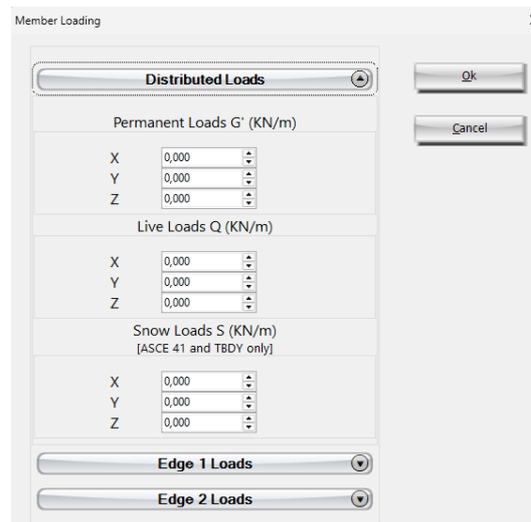
Material

En el módulo de secciones de la viga también puede asignarse una carga distribuida permanente adicional, la cual servirá para definir cualquier carga no asociada al peso propio de la estructura (por ejemplo, acabados, rellenos, cargas variables, etc.).



Cargas

También pueden definirse cargas haciendo clic en el botón Más Cargas. Los usuarios pueden definir fuerzas distribuidas uniformes a lo largo de la longitud del elemento en las tres direcciones de traslación X, Y o Z, así como fuerzas o momentos en cualquier dirección de traslación o rotación (X, Y, Z, RX, RY o RZ) en cualquiera de los dos extremos del elemento (inicio o fin). Pueden aplicarse cargas permanentes adicionales G' (no asociadas al peso propio de la estructura), cargas de uso Q y cargas de nieve S, siendo estas últimas aplicables únicamente a ASCE 41 y TBDY. De forma predeterminada, todas las cargas son iguales a cero.

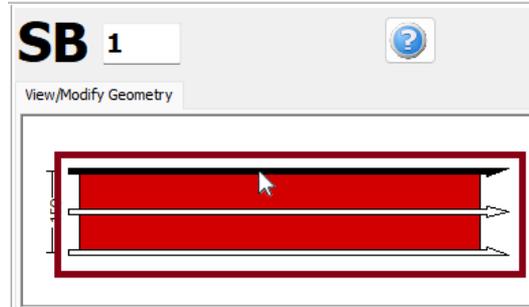


Ventana de Cargas Distribuidas y en Borde

En el área de Modelado Avanzado, los ajustes basados en normativa del miembro estructural pueden definirse mediante el cuadro de diálogo Propiedades Avanzadas del Miembro, que se abre desde el botón correspondiente.

Los parámetros de modelado del miembro también pueden definirse desde el cuadro de diálogo Parámetros de Modelado, al cual se accede mediante su botón correspondiente.

Para la definición de una viga deben señalarse dos puntos en la Ventana Principal. La línea de inserción puede ubicarse en el centro o en cualquiera de los dos lados de la viga; esto puede determinarse haciendo clic en cualquiera de las tres líneas en la opción Ver/Modificar Geometría (la línea negra es la opción seleccionada).

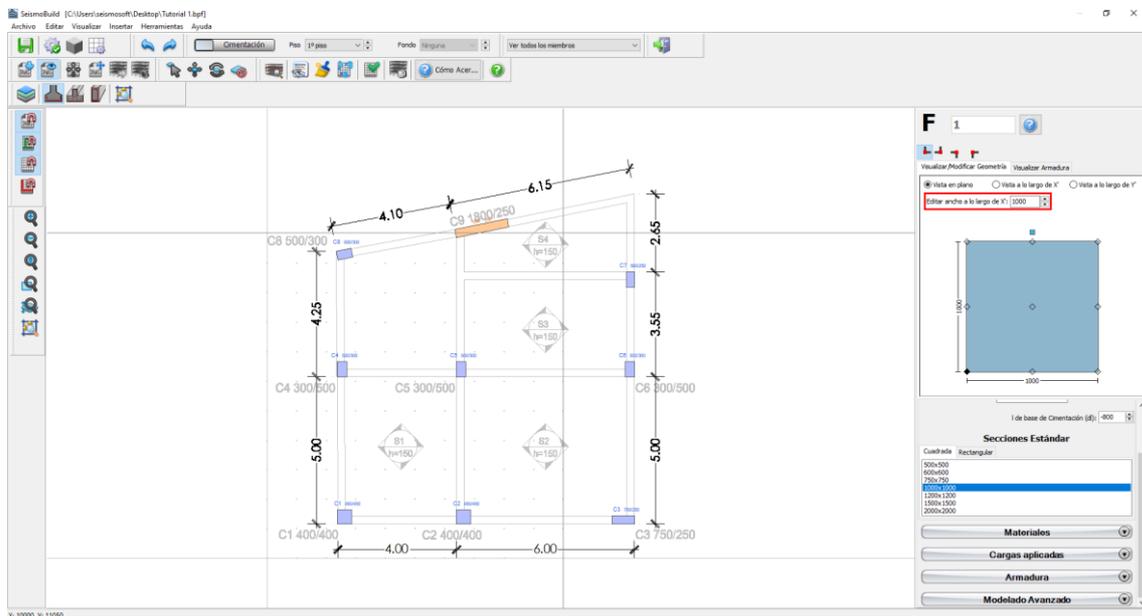


Seleccionando la línea de inserción

Cuando una viga asignada intersecta una columna o un muro existente, se subdivide automáticamente y, por lo tanto, se crean dos elementos. En consecuencia, pueden definirse varias vigas en fila con solo dos clics.

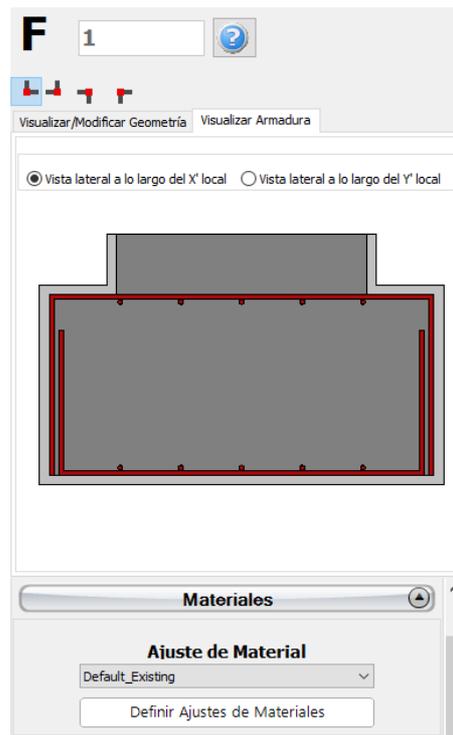
Zapatas Individuales

Las zapatas individuales se pueden insertar a través del botón correspondiente  de la barra de herramientas. En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar las dimensiones de la zapata ya sea en la ventana Ver/Modificar Geometría o seleccionando una sección de las secciones estándar predefinidas (cuadrada o rectangular).



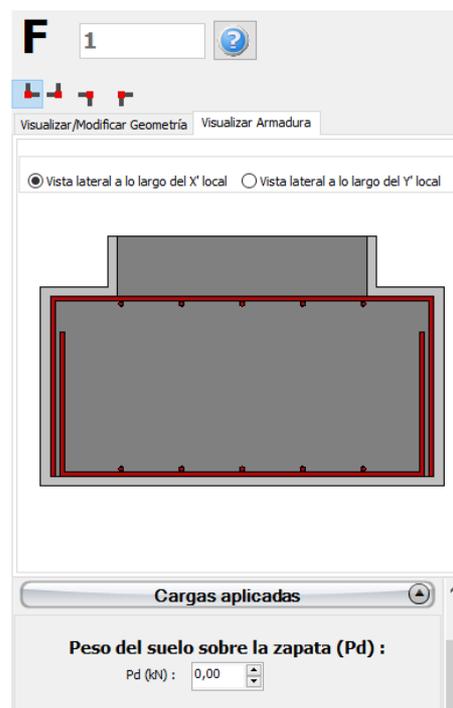
editar las dimensiones de la zapata

Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas > Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



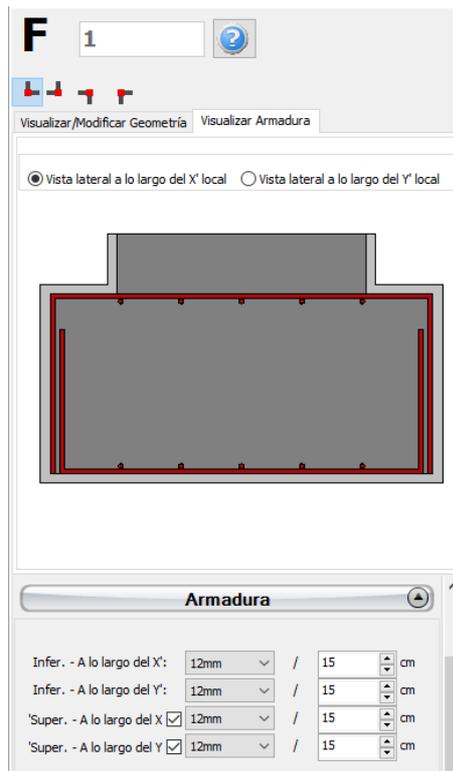
Materiales

La carga adicional a la Zapata Individual desde el suelo se puede especificar en el módulo de carga.



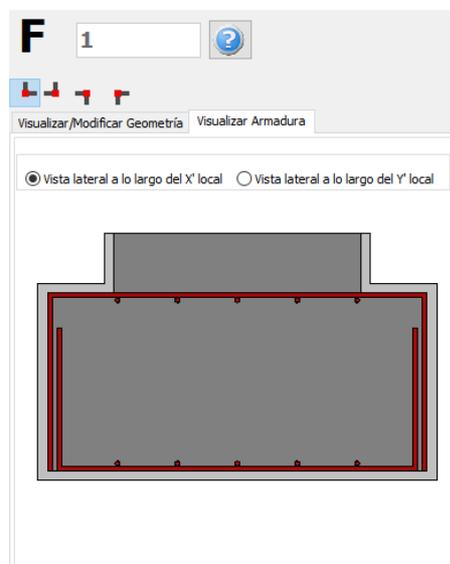
Carga

Además, el refuerzo de la parte inferior y superior de la zapata individual en las dos direcciones de refuerzo puede definirse editando los controles de patrón de refuerzo relevantes.



Patrón de refuerzo

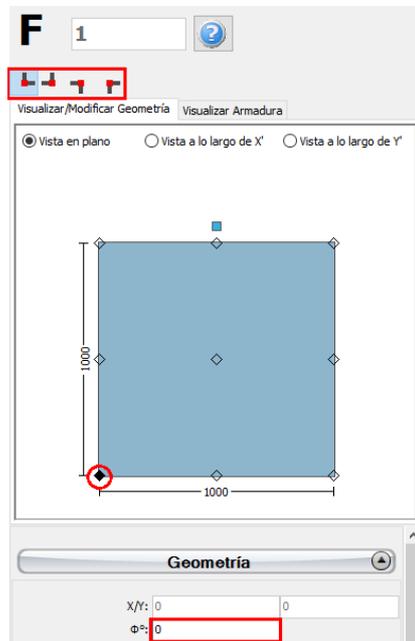
En la Ventana de Propiedades los usuarios pueden escoger Vistas del Refuerzo, donde se muestra la sección y su refuerzo (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde las dimensiones de la zapata pueden verse y modificarse.



Vistas del refuerzo

Los ajustes basados en código de las zapatas pueden definirse a través de la ventana de diálogo de Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre con el botón correspondiente. Los Parámetros de Modelaje de la zapata se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros del Modelaje, al que se accede mediante el botón correspondiente.

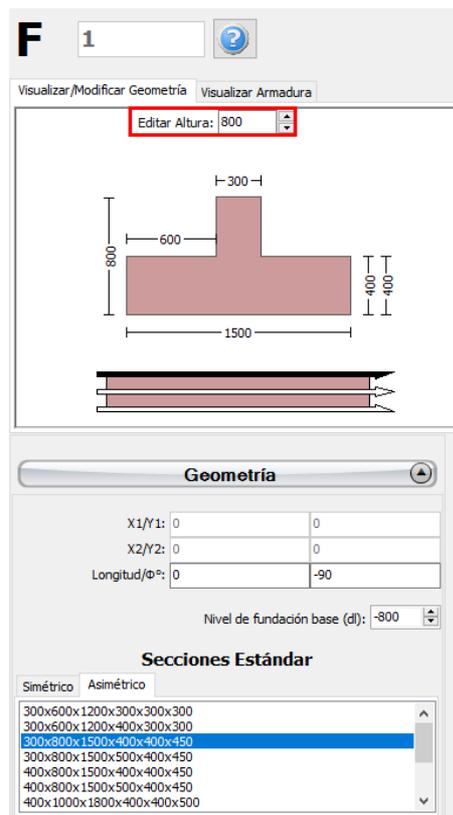
Después de definir todas las propiedades de la zapata individual, se puede agregar el nuevo miembro con un simple clic en la ventana principal del Building Modeller. La ubicación de la Zapata que corresponde al punto de inserción (es decir, el clic del mouse) y la rotación del miembro en la vista en planta se pueden seleccionar desde la ventana Propiedades del miembro.



Seleccionar el punto de inserción y rotar la vista en planta de la zapata individual

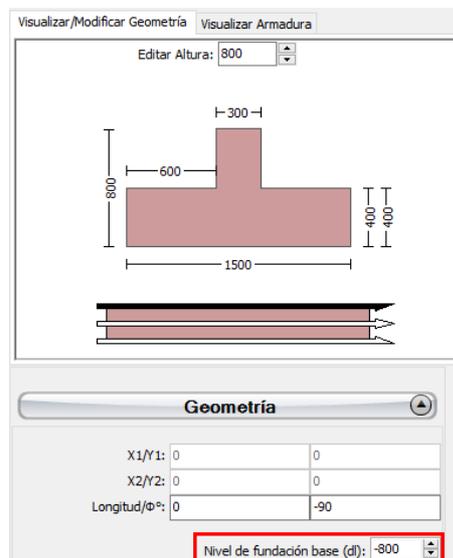
Zapata Corrida

Las Zapatas Corridas insertarse desde el menú principal (*Insertar > Viga Corrida...*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas . En la Ventana de Propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar las dimensiones de la sección ya sea en Ver/Modificar Geometría. La longitud de la Zapata corrida se define gráficamente con su inserción especificando el punto del inicio y el punto del fin.



Editar las dimensiones de la sección

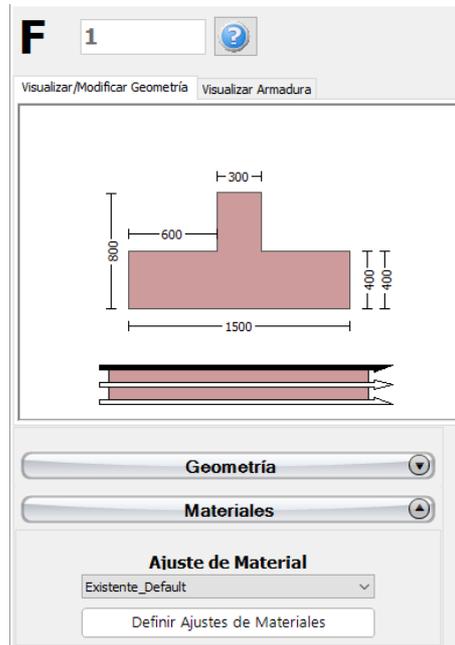
El nivel de base de la zapata corrida se puede adaptar en relación con el nivel de fundación del edificio, para definir un nivel de fundación diferente para alguna zapata corrida particular.



Nivel de Fundación de la base de la zapata (Fanis)

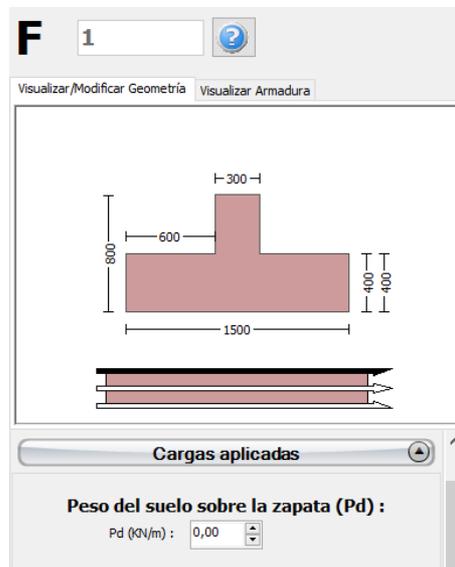
Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas> Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de

miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



Materiales

La carga adicional a la Zapata Corrida desde el suelo se puede especificar en el módulo de carga.



Carga

Además, el refuerzo longitudinal y transversal se puede definir editando los controles de patrón de refuerzo relevantes en el modulo de refuerzo.

Armadura

Armadura longitudinal

Inicio/alma inferior:	2	▲▼	14mm	▼
Inicio/alma superior:	4	▲▼	14mm	▼
Inicio/alma lados:	2	▲▼	12mm	▼
Medio/alma inferior:	3	▲▼	16mm	▼
Medio/alma superior:	2	▲▼	14mm	▼
Medio/alma lados:	2	▲▼	12mm	▼
Fin/alma inferior:	2	▲▼	14mm	▼
Fin/alma superior:	4	▲▼	14mm	▼
Fin/alma lados:	2	▲▼	12mm	▼

Ala inicio/inferior:	12mm	▼	/	15	▲▼	cm	
A	<input checked="" type="checkbox"/>	12mm	▼	/	15	▲▼	cm
Ala medio/inferior:	12mm	▼	/	15	▲▼	cm	
A	<input checked="" type="checkbox"/>	12mm	▼	/	15	▲▼	cm
Ala fin/inferior:	12mm	▼	/	15	▲▼	cm	
A	<input checked="" type="checkbox"/>	12mm	▼	/	15	▲▼	cm

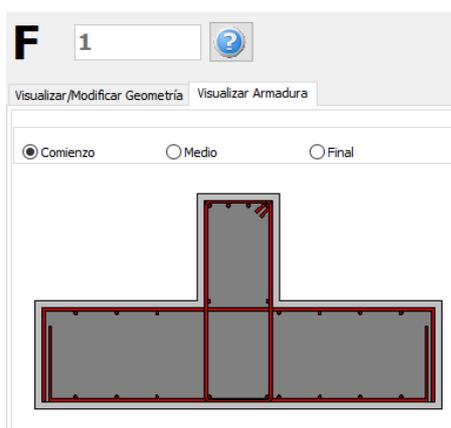
Armadura transversal

Ala inicio/estribos:	10mm	▼	/	15	▲▼	cm
Ala inicio/No. estribos al.:	Altura	2	▲▼	Ancho	2	▲▼
Ala medio/estribos:	10mm	▼	/	15	▲▼	cm
Ala medio/No. estribos al.:	Altura	2	▲▼	Ancho	2	▲▼
Ala fin/estribos:	10mm	▼	/	15	▲▼	cm
Ala fin/No. estribos al.:	Altura	2	▲▼	Ancho	2	▲▼

Ala inicio/inferior:	12mm	▼	/	15	▲▼	cm	
A	<input checked="" type="checkbox"/>	12mm	▼	/	15	▲▼	cm
Ala medio/inferior:	12mm	▼	/	15	▲▼	cm	
A	<input checked="" type="checkbox"/>	12mm	▼	/	15	▲▼	cm
Ala fin/superior:	12mm	▼	/	15	▲▼	cm	
A	<input checked="" type="checkbox"/>	12mm	▼	/	15	▲▼	cm

Patrón de refuerzo

En la Ventana de Propiedades los usuarios pueden escoger Vista del Refuerzo, donde se muestra la sección y su refuerzo (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde las dimensiones de la zapata pueden verse y modificarse.

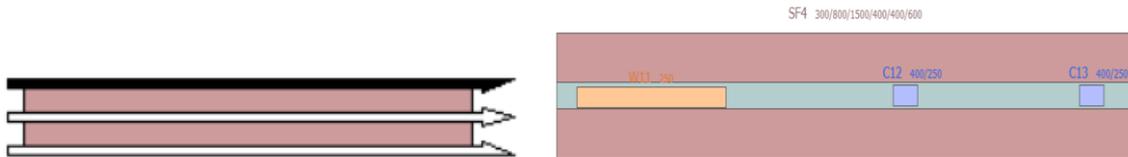


Vistas del Refuerzo

Los ajustes basados en código de las Zapatas Corridas pueden definirse a través de la ventana de diálogo de Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre con el botón correspondiente. Los Parámetros de

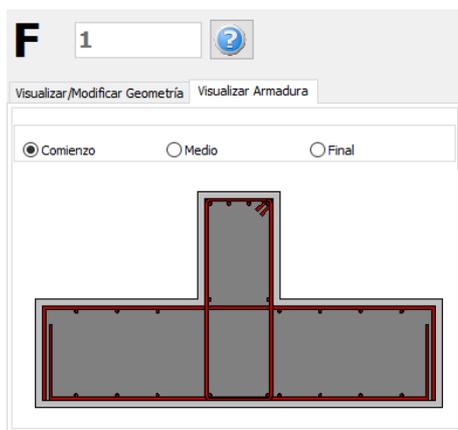
Modelaje de la Zapata Corrida se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros del Modelaje, al que se accede mediante el botón correspondiente.

Al contrario de la definición de Zapatas Individuales, donde un simple clic es suficiente para definir el miembro, en las secciones de Zapata Corrida se deben definir dos puntos en la ventana del Modelador de edificios. La línea de inserción puede estar en el centro o en cualquiera de los dos lados de la Zapata Corrida; esto se puede determinar haciendo clic en cualquiera de las tres líneas en la ventana Ver/Modificar geometría (la línea negra es la opción seleccionada).

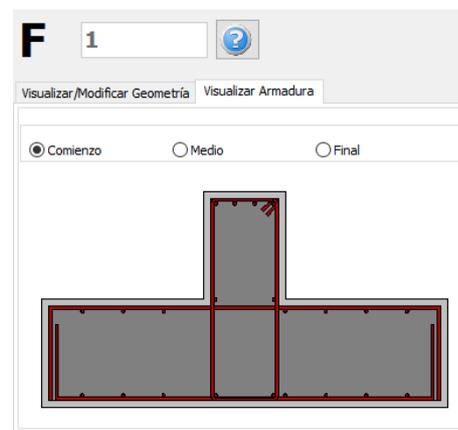


Seleccione la línea de inserción

Inserción de Zapata Corrida



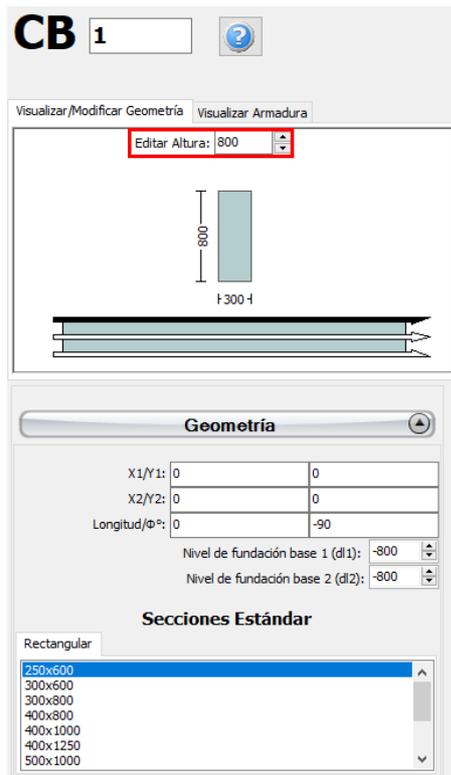
Refuerzo de la sección inicial de la Zapata Corrida



Refuerzo de la sección media de la Zapata Corrida

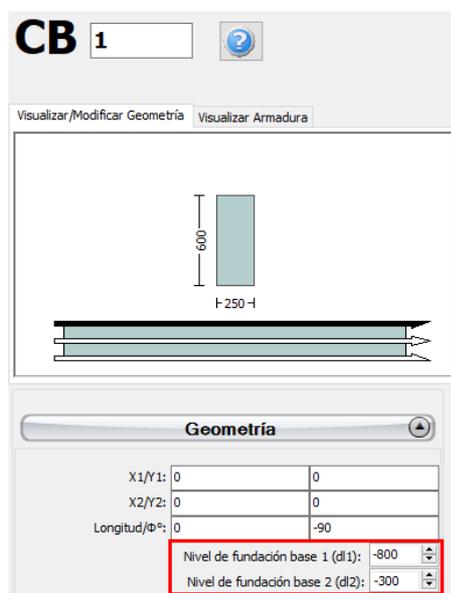
Viga de Conexión

Las Vigas de Conexión se pueden insertar desde el menú principal (*Insertar > Viga de Conexión ...*) o a través del botón correspondiente de la barra de herramientas . En la ventana de propiedades que aparece, los usuarios pueden adaptar las dimensiones de la sección en la ventana Ver/Modificar geometría o seleccionando una sección de las secciones estándar predefinidas.



Editar las dimensiones de la sección

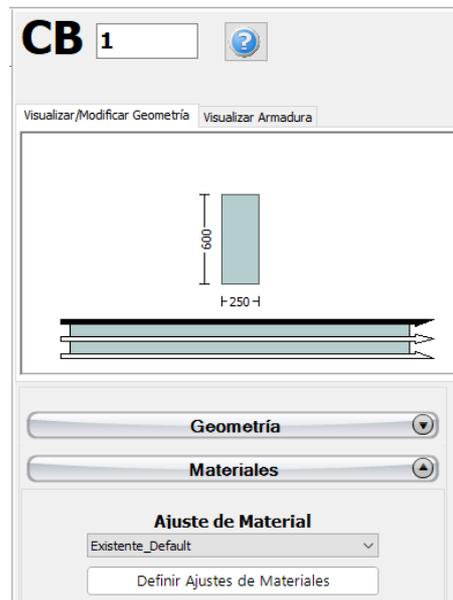
Las Vigas de Conexión inclinadas se pueden modelar eficientemente especificando las diferencias de elevación de los dos extremos de las Vigas de Conexión en relación con el nivel de base de la fundación.



Viga de Conexión inclinada

Las propiedades del conjunto de materiales se pueden definir desde el menú principal (Herramientas> Definir conjuntos de materiales), mediante el botón de la barra de herramientas correspondiente , o mediante el botón Definir conjuntos de materiales dentro de la Ventana de propiedades del miembro. Los valores requeridos para la definición de las propiedades de los materiales dependen del tipo de

miembros, es decir, miembros nuevos o existentes. Por defecto, hay dos esquemas de materiales, uno para los elementos existentes y otro para los nuevos.



Materiales

Además, el refuerzo longitudinal y transversal se puede definir editando los controles de patrón de refuerzo relevantes en el modulo de refuerzo. Further, the longitudinal and transverse reinforcement may be assigned through the relevant reinforcement pattern controls. Se pueden definir diferentes patrones de refuerzo en el medio y en los dos extremos de la viga.

CB 1

Visualizar/Modificar Geometría Visualizar Armadura

600
b=250

Armadura

Armadura longitudinal

Comienzo/inferior: 2 14mm

Comienzo/superior: 4 14mm

Comienzo/lados: 2 12mm

Medio/inferior: 3 16mm

Medio/superior: 2 14mm

Medio/lados: 2 12mm

Final/inferior: 2 14mm

Final/superior: 4 14mm

Final/lados: 2 12mm

Final/Barras Adic.: Ninguna

Medio/Barras Adic.: Ninguna

Comienzo/Barras Adic.: Ninguna

Transverse Reinforcement

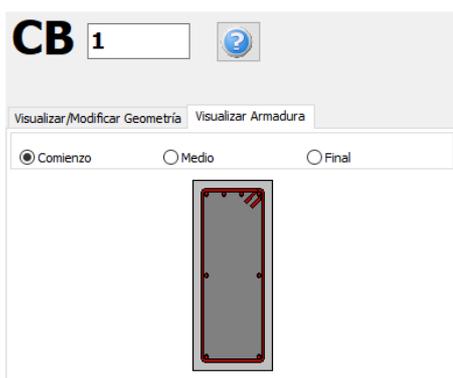
Transversal/comienzo: 10mm / 15 cm

Transversal/medio: 10mm / 15 cm

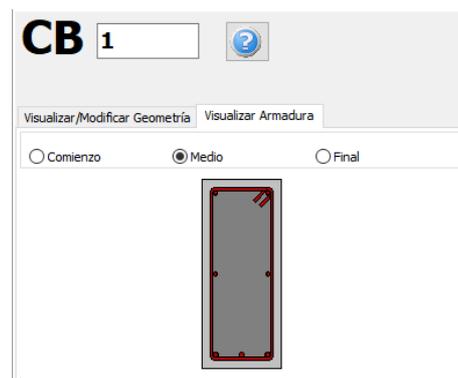
Transversal/final: 10mm / 15 cm

Patrón de refuerzo

En la Ventana de Propiedades, los usuarios pueden elegir entre Vista del Refuerzo, donde se muestra el refuerzo de las secciones inicial, media y final (longitudinal y transversal), y Ver/Modificar Geometría, donde se pueden ver y modificar las dimensiones de la sección.



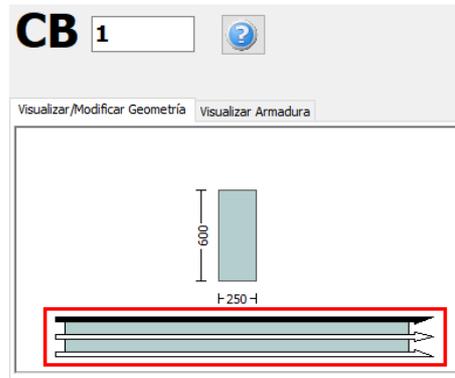
Refuerzo de la sección de inicio de la Viga de Conexión



Refuerzo de la sección media de la Viga de Conexión

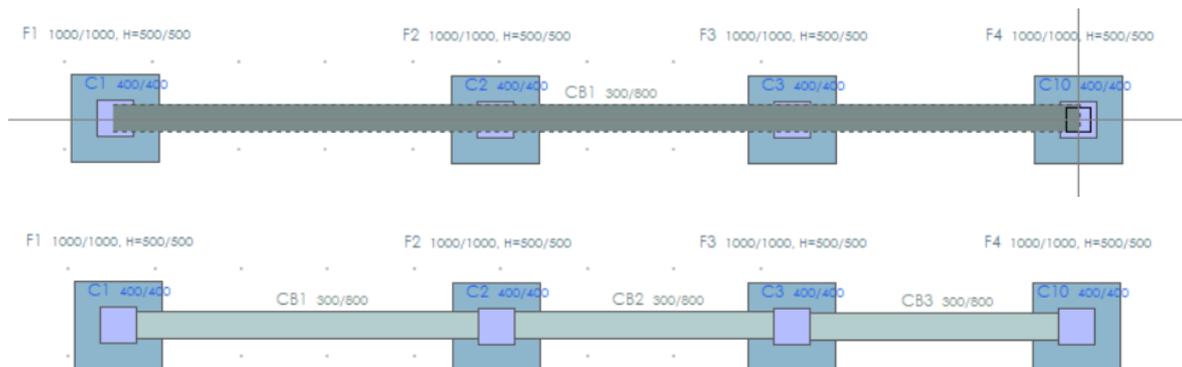
Los ajustes basados en código de las Vigas de Conexión pueden definirse a través de la ventana de diálogo de Propiedades Avanzadas de Miembro que se abre con el botón correspondiente. Los Parámetros de Modelaje de la Viga de Conexión se pueden definir desde el cuadro de diálogo Parámetros del Modelaje, al que se accede mediante el botón correspondiente.

De manera similar a las vigas la definición de las Vigas de Conexión se deben definir dos puntos en la ventana principal del Modelador de Edificios. La línea de inserción puede estar en el centro o en cualquiera de los dos lados de la Viga de Conexión; esto se puede determinar haciendo clic en cualquiera de las tres líneas en la ventana Ver/Modificar geometría (la línea negra es la opción seleccionada).



Selección del punto de inserción

Cuando una Viga de Conexión asignada se interseca con una Zapata o Zapata Corrida existente, se subdivide automáticamente y se crean dos miembros. Consecuentemente, varias vigas pueden definirse de manera simultánea con solo dos clics.



Insertando 3 Vigas de Conexión en una sola acción

Apéndice E – Clases de Elementos

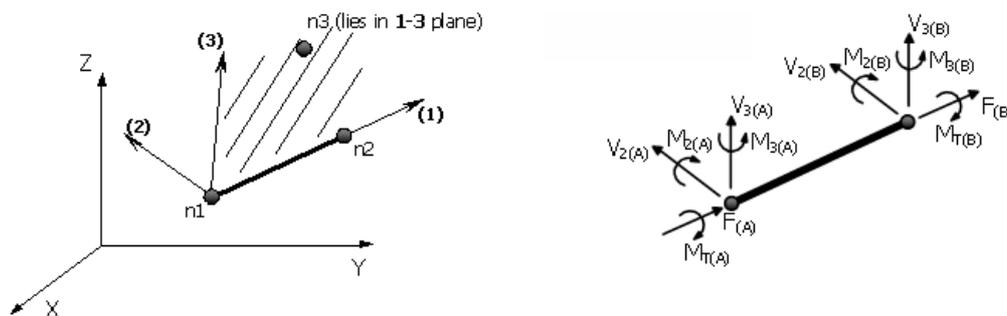
En este apéndice se describen en detalle los tipos de elementos disponibles.

Elementos inelásticos de pórtico con formulación - *infrmFB*

Son elementos 3D viga-columna que permiten modelar miembros de pórticos espaciales con no linealidades geométricas y de los materiales. Como se describe en la sección sobre Inelasticidad de los Materiales, el estado de esfuerzo-deformación de una sección de un elemento viga-columna se obtiene mediante la integración de la respuesta uniaxial no lineal del material en cada una de las fibras individuales en las cuales se ha subdividido la sección, de forma tal que se tiene en cuenta la propagación de la inelasticidad a lo largo de la longitud del miembro y en la altura de la sección

El elemento *infrmFB* es el más preciso de los cuatro tipos de elementos de marco inelásticos de SeismoBuild, ya que es capaz de capturar el comportamiento inelástico a lo largo de toda la longitud del miembro estructural, aun cuando se usa solamente un solo elemento por miembro. Por tanto, permite al usuario obtener resultados muy precisos en los análisis, al mismo tiempo que da la posibilidad de obtener la rotación de cuerda de los elementos para llevar a cabo revisiones de cumplimiento de código (p. ej. Eurocode 8, ASCE/SEI 41-23, etc.). El número de fibras se sección usadas en los cálculos de equilibrio que se llevan a cabo en cada sección de integración del elemento es de 150 por defecto.

Los ejes locales y la notación del output están definidos en la figura de abajo. Refiérase a la discusión sobre ejes locales y globales en el Apéndice B para una descripción detallada de la determinación de la orientación del sistema de ejes locales del elemento.



Ejes Locales y Notación del Output para los elementos *infrmFB*

Elemento inelástico de pórtico con formulación basada en fuerzas y rótula plástica - *infrmFBPH*

Esta es la versión "con rótula plástica" del elemento tipo *infrmFB*, por lo que presenta una inelasticidad distribuida basada en fuerzas similar a éste, pero concentra dicha inelasticidad dentro de una región determinada del elemento, como ha sido propuesto por Scott and Fenves [2006].

La ventaja de dicha formulación no es sólo la reducción del tiempo de análisis (ya que la integración de las fibras sólo es llevada a cabo en las dos secciones extremas del miembro), sino también el pleno control y calibración de la longitud de la rótula plástica (o propagación de la inelasticidad), lo cual permite superar las dificultades de su localización, como se describe, por ej., en Calabrese et al. [2010].

El número de fibras de la sección que se emplean en los cálculos de equilibrio los extremos del elemento es igual a 150. Este número es suficiente para garantizar una reproducción adecuada de la distribución de la distribución de esfuerzo deformación a través de la sección transversal del elemento.

Además, la longitud de la rótula plástica está definida como un porcentaje de la longitud total de los elementos, que por defecto en SeismoBuild es igual 16.67%.

Los ejes locales y la notación son iguales a los elementos `infrmFB`.

Elemento inelástico de pórtico con formulación basada en desplazamientos y rótula plástica - `infrmDBPH`

Este es un elemento viga columna 3D de rótula plástica con formulación basada en desplazamientos, con plasticidad concentrada en los dos extremos de los elementos. Es un modelo típico de un solo componente Giberson [Giberson, 1967], el cual consiste de una viga elástica con cuatro resortes rotacionales conectados en los dos extremos del elemento en el 2do y 3er eje local.

Todas las deformaciones no lineales del elemento están concentradas en estos resortes rotacionales, mientras que el resto del elemento permanece elástico. Las relaciones momento rotación en los dos ejes locales en cada extremo son independientes. Esta es una simplificación con respecto a los elementos de rótula plástica con formulación basada en fuerza, donde las deformaciones inelásticas se distribuyen a largo de una región finita en los extremos de la viga y el comportamiento en los dos ejes locales se correlaciona. Sin embargo, esta falta de precisión en el modelaje se compensa con estabilidad numérica y tiempos más cortos de análisis.

Las no linealidades geométricas, específicamente las relaciones entre la fuerza y el desplazamiento, se modelan en la formulación DBPH mediante cuatro resortes rotativos no lineales en los extremos del elemento que presentan una curva histérica basada en la curva de deterioro modificada de Ibarra Medina y Krawinkler (MIMK) con reglas histéricas bilineales. Los parámetros de la curva histerética se calculan automáticamente de acuerdo con las disposiciones de ASCE 41-23, por lo tanto, los usuarios solo necesitan especificar la sección del miembro.

Los ejes locales y la notación son iguales a los elementos `infrmFB`.

Elemento Inelástico de pórtico con formulación basada en fuerzas - `infrmDB`

Son elementos 3D viga-columna que permiten modelar miembros de pórticos espaciales con no linealidades geométricas y de los materiales. Como se describe en la sección sobre Inelasticidad de los Materiales, el estado de esfuerzo-deformación de una sección de un elemento viga-columna se obtiene mediante la integración de la respuesta uniaxial no lineal del material en cada una de las fibras individuales en las cuales se ha subdividido la sección, de forma tal que se tiene en cuenta la propagación de la inelasticidad a lo largo de la longitud del miembro y en la altura de la sección.

La formulación basada en desplazamientos sigue la metodología FE estándar [p. ej. Helleland y Scordelis 1981; Mari y Scordelis 1984], donde las deformaciones de los elementos son interpoladas de un campo de desplazamientos aproximado, antes de que el PVD se use para formar las relaciones de equilibrio en el elemento. Esta formulación DB tiene dos secciones de integración por elementos, y la cuadratura de Gauss se usa para obtener precisión mayor.

Para poder aproximar la respuesta no lineal del elemento, una deformación axial constante y una distribución lineal de curvatura se establecen a lo largo de la longitud del elemento, la cual es exacta solamente para elementos prismáticos con comportamiento elástico lineal. Consecuentemente, los `infrmDB` solo deben utilizarse con miembros de longitud pequeña, por tal razón en SeismoBuild solo se usan para modelar vigas y columnas cortas.

De igual forma que en los elementos con formulación basada en fuerzas, el número de fibras usadas en para satisfacer el equilibrio en los extremos del elemento es igual a 150.

Los ejes locales y la notación son iguales a los demás elementos de pórtico.

Elemento elástico de pórtico – `elfrm`

Hay casos en los que no se requiere el uso de un elemento de marco inelástico (por ejemplo, miembros sometidos a bajos niveles de excitación y, por lo tanto, responden dentro de su rango elástico). Para tales casos, el empleo de un elemento de marco lineal elástico puede ser deseable, por lo que se ha desarrollado e implementado el tipo de elemento `elfrm` en SeismoBuild.

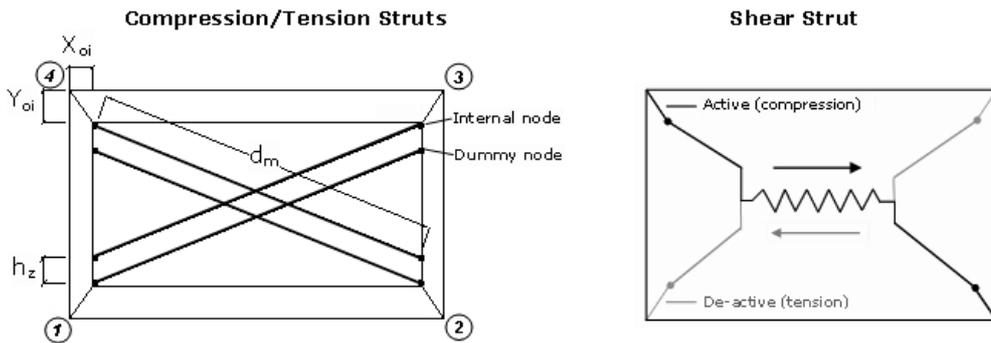
NOTA: En el elemento elfrm, se tienen debidamente en cuenta los efectos P-delta, así como los efectos de grandes desplazamientos/rotaciones.

Los ejes locales y la notación de salida son los mismos que los elementos infrmDB y infrmFB.

Tipo de elemento de Pared de Relleno inelástico - infill

En SeismoBuild, las Paredes de Relleno se modelan con el elemento de panel de mampostería de cuatro nodos propuesto por Crisafulli [1997] para el modelado de la respuesta no lineal de los Paredes de Relleno en estructuras tipo pórtico.

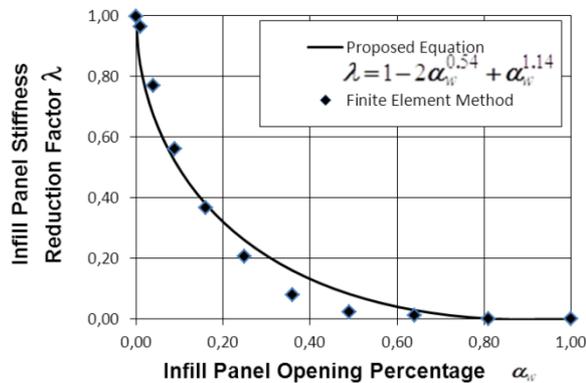
Cada panel está representado por seis bielas; cada dirección diagonal cuenta con dos bielas paralelas para transportar cargas axiales a través de dos esquinas diagonales opuestas y una tercera para llevar el corte desde la parte superior a la inferior del panel. Esta última biela solo actúa a través de la diagonal que está en compresión, por lo que su "activación" depende de la deformación del panel. Las bielas diagonales emplean un modelo histerético especializado que considera la degradación gradual del relleno con mayor deformación y ciclos de carga, mientras que la biela de corte utiliza un modelo histerético bi-lineal dedicado. La implementación del modelo en SeismoBuild apoya la disminución gradual en el área de los puntales diagonales con creciente deformación y daño, así como fallas fuera del plano para grandes derivas fuera del plano.



Bielas de compresión / tensión y cortante en el modelo de Pared de Relleno de SeismoBuild

El efecto de las aberturas del relleno se considera a través de la siguiente expresión propuesta por Asteris et al. [2011]:

$$\lambda = 1 - 2\alpha_w^{0.54} + \alpha_w^{1.14}$$



Factor de reducción de la rigidez de la Pared de Relleno en relación al porcentaje de aberturas

NOTA 1: En los tipos de análisis no lineal de SeismoBuild, la resistencia y rigidez de las Paredes de Relleno se introducen después de la aplicación de las cargas iniciales, para que los primeros no resistan las cargas de gravedad (que normalmente son absorbidas por el marco circundante, erigido en primero).

Tipo de elemento de Link lineal – linlink

Estos son los elementos de Tipo Link 3D con acciones axiales, cortantes y de momento desacopladas que se usan en SeismoBuild para modelar las Zapatas Individuales elásticas y en el modelado de las Zapatas Corridas Elásticas. Los seis Grados de Libertad locales del elemento (F1, F2, F3, M1, M2, M3) tienen comportamiento lineal.

Tipo de elemento de Link no lineal – NLink

Estos son los elementos de Tipo Link 3D con acciones axiales, cortantes y de momento desacopladas que se usan en SeismoBuild para modelar las Zapatas Individuales inelásticas y en el modelado de las Zapatas Corridas inelásticas.

Los elementos de Tipo Link conectan dos nodos estructurales inicialmente coincidentes y requieren la definición de una curva de respuesta de fuerza-desplazamiento (o momento-rotación) independiente para cada uno de sus seis grados de libertad locales (F1, F2, F3, M1, M2, M3).

Elemento aislador elastomérico (Bouc Wen) - isolator1

Los elementos isolator 1 son elementos 3D con longitud cero que se utilizan para modelar el comportamiento de los aisladores elastoméricos utilizados en aplicaciones de aislamiento sísmico. Los elementos isolator 1 tienen propiedades de plasticidad acopladas para las dos direcciones de corte (ejes 2 y 3 en el sistema de coordenadas local del elemento isolator 1), mientras que se caracterizan por un comportamiento elástico lineal para los cuatro tipos de deformación restantes. El comportamiento en las direcciones de corte se basa en el comportamiento histerético propuesto por Wen [1976] y Park et al. [1986].

Elemento aislador de péndulo de fricción – isolator 2

Los elementos Isolator 2 son elementos 3D con longitud cero que se utilizan para modelar el comportamiento de aisladores de péndulo de fricción utilizados en aplicaciones de aislamiento sísmico. Los elementos Isolator 2 tienen propiedades de plasticidad acopladas para las dos direcciones de corte (ejes 2 y 3 en el sistema de coordenadas local del elemento), mientras que se caracterizan por un comportamiento elástico lineal para los cuatro tipos de deformación restantes. El modelo de fricción descrito por Constantinou et al. [1999] se utiliza para calcular el coeficiente de fricción de la superficie deslizante del aislador del péndulo de fricción. El coeficiente de fricción se calcula según la siguiente ecuación:

$$\mu = f_{fast_1} - (f_{fast_1} - f_{slow_1}) \exp(-rate_1 |v|)$$

donde f_{fast_1} y f_{slow_1} son los coeficientes de fricción del aislador a velocidades rápidas y lentas respectivamente, v es la velocidad del aislador y $rate_1$ es la velocidad que controla la transición de velocidades lentas a rápidas.

El elemento Isolator 2 se comporta elásticamente en las direcciones de corte, con una rigidez igual a la rigidez elástica proporcionada por el usuario, hasta el límite de fluencia definido por el límite elástico que se calcula según la siguiente ecuación

$$Q_{yield} = \mu P$$

donde P es la carga vertical total sobre el aislador. Las deformaciones plásticas después del punto de fluencia se calculan utilizando un algoritmo de mapeo de retorno como lo describen Simo y Hughes [1998] para los modelos de endurecimiento. La rigidez posterior a la fluencia es igual a P/R donde R es el radio de curvatura del péndulo de fricción y P es la carga vertical total sobre el aislador.