



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

**Respuesta sismorresistente de
edificios de obra de fábrica.
Análisis de edificios tipo del
Ensanche de Barcelona**

Treball realitzat per:

Josep El Khouri López

Dirigit per:

Pere Roca Fabregat

Grau en:

Enginyeria d'Obres Públiques

Barcelona, 28/09/2020

Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental (DECA)

TREBALL FINAL DE GRAU



Declaració d 'originalitat

La declaració d 'originalitat signada és un component de cada treball de curs, treball de fi de grau, tesi de màster i qualsevol altre treball del Grau o Màster realitzat en el transcurs dels estudis, incloent-hi les corresponents versions electròniques.

Els professors també poden requerir una declaració d 'originalitat per a altres documents escrits i utilitzats per a les seves classes.

Per la present confirmo que sóc l' únic autor de l'obra escrita aquí adjuntada i que l'he redactat en les meves pròpies paraules. Les parts exceptuades són correccions de forma i contingut per part del/la tutor/a del treball.

Títol del treball (en lletra de pal):

RESPUESTA SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS DE OBRA DE FÁBRICA. ANÁLISIS DE EDIFICIOS TIPO DEL ENSANCHE DE BARCELONA

Escrit per (en lletra de pal):

Nom

JOSEP

Cognom:

EL KHOURI LÓPEZ

Amb la meva signatura confirmo que:

- No he comès cap de les formes de plagi
- He documentat tota la metodologia, dades i processos de manera veraç – No he manipulat cap dada.
- He esmentat totes les persones que han estat facilitadors significatius de l'obra.

Sóc conscient que el treball es pot analitzar electrònicament per a la comprovació d'un possible plagi.

Lloc data signatura

BADALONA (BARCELONA), 28/09/2020

RESUMEN

Capítulo 2 Estado del conocimiento

En esta parte del trabajo después de adquirir información de distintas investigaciones académicas y profesionales que el profesor Pere Roca Fabregat pudo proporcionar, se entendieron los diversos conceptos más generales y otros más específicos sobre la respuesta sismo-resistente de los edificios tipo de la zona del Ensanche. Después de entender los conceptos fundamentales de este tema tan amplio se pudieron escoger las zonas en las cuales se realizaría el posterior análisis.

Capítulo 3 Recogida de información

En el capítulo correspondiente se ha basado básicamente en clasificar e identificar toda la información que se necesitaría para elaborar un análisis adecuado. En este caso se necesitaban 8 edificios de los cuales se han identificado 6 mecanismos en cada uno de ellos. Por lo tanto, se ha enfocado más en la descripción de las características más básicas de cada edificio, de su configuración estructural y geométrica, con el fin de tener una idea de la distribución estructural y un concepto más amplio de cada uno de ellos. Además, se han hecho también varias comparaciones de las distintas diferencias que podía apreciarse en cada edificio. Estas diferencias son relevantes de cara a los cálculos que se harían posteriormente.

Capítulo 4 Aplicación del análisis cinemático

En este capítulo se ha llevado a cabo el análisis límite cinemático para evaluar el comportamiento de la respuesta sismo-resistente de cada edificio. A partir de la toma de datos de los distintos elementos constructivos y de la correspondiente clasificación de cada mecanismo de colapso se pudo evaluar la resistencia al desplazamiento que podría causarse en el macro-elemento, y también de la vulnerabilidad sísmica de la estructura debido a la acción sísmica.

Para la realización del análisis de cada muestra es recomendable tener un conocimiento previo de los fenómenos históricos que se han producido a lo largo de la historia y que han podido causar daños estructurales importantes en Cataluña. De tal modo que, en el momento de escoger la zona en la que se sitúa cada edificio se tomarán unos datos que serán predominantes en los cálculos. De hecho, en la selección de cada edificio y su correspondiente emplazamiento, se obtendrán unos valores que dependerán de la rigidez del edificio, las zonas geográficas en la que estará expuesto, el tipo de suelo, el material de construcción que estará compuesto, etc.

Además, se utilizarán varias normativas para que posteriormente se puedan comparar resultados de cada una, y saber cuál es la más y la menos adecuada con tal de verificar la seguridad del edificio. Se aplicarán dos normativas; el Eurocódigo (E8) y la normativa española (NCSE02), con la finalidad de comparar el comportamiento de ambos códigos con las diversas muestras. Y así finalmente obtener los resultados del comportamiento de los distintos edificios de estudio sobre la vulnerabilidad sísmica.

Capítulo 5 Conclusiones

En este capítulo lo fundamental es detallar y explicar los resultados más importantes que se han podido obtener del análisis límite cinemático. En este caso se harán unas conclusiones definitivas de los aspectos más relevantes de cada muestra de estudio. Por lo tanto, es importante puntualizar cada resultado obtenido para poder valorar la situación del edificio, con la finalidad de saber con seguridad si puede ser perjudicial o no va a tener ningún problema frente a la sollicitación sísmica.

ABSTRACT

Chapter 2 State of the art

In this part of final work, after acquiring information about different academic research that professor Pere Roca was able to provide, the various more general and other more specific ones about the response seismic-resistant on the buildings at the zone of Ensanche were understood. After understanding the fundamental concepts of this broad topic, it was possible to choose the areas in which the subsequent analysis would carry out.

Chapter 3 Information gathering

In this chapter it has based basically classifying and identifying all of information which it would need to elaborate a correct analysis. In this case it needed 8 buildings of which 6 mechanisms have been identified in each other of them. Therefore, in every building it has been done a description of its basics characteristics, its structural and geometrical configuration in order to have a structural distribution and a wide concept of each other of them. Moreover, several comparisons have been made of every differences that it could appreciate in every building. This differences are relevant for the calculations that will be made later.

Chapter 4 Application of analysis cinematic

In this chapter the analysis limit cinematic it has been carried out to know the behaviour of the response of seismic-resistant of every building. From data collection of different constructive elements and the classification of every collapse mechanism it could evaluate the resistant of the displacement that it could generate on the macroelement, and also the seismic vulnerability of structure due to the seismic action.

For the analysis of each sample it is recommended to have a previous knowledge about historic phenomena that they have gone producing along to the history and have been able to cause structural damages in Cataluña. So that, at the moment to choose the zone of building it will take a data which it will be relevant in calculation. In fact, in selection of every building and his emplacement it will get a values that they will depend on the building stiffness, the geographic zones, the type of ground, the material of construction that will be composed, etc.

In addition, it will use varies regulations so that later it will be able to compare results each other and thus know which is the most and the worst appropriate in order to verify the security of the building. It will use 2 regulations; Eurocode 8 (E8) and Spanish regulate (NCSE02), with the aim of comparing the behaviour of both regulations.

Finally, results will be obtained on the behaviour of the different study buildings on seismic vulnerability.

Chapter 5 Conclusions

In this chapter, the fundamental aim is detail and explain the most important results which it they have obtained on the analysis limit cinematic. In this case, it will do some definitive conclusions about the most relevant aspects of each building sample. Therefore, is important to point out every result in order to can assess the building situation, with the aim to know for sure if it can be damaging or it will have no problem due to seismic action.

RESUM

Capítol 2 Estat del coneixement

En aquesta part del treball després d'adquirir informació de diverses investigacions acadèmiques i professionals que el professor Pere Roca Fabregat em va poder proporcionar, es van entendre els diversos conceptes més generals i altres més específics sobre la resposta sismorresistent dels edificis tipo de la zona de l'Eixample. Després d'entendre els conceptes fonamentals d'aquest tema tan ampli es va poder escollir les zones en les quals es realitzaria el posterior anàlisi.

Capítol 3 Recollida d'informació

En el capítol corresponent s'ha basat bàsicament en classificar i identificar tota la informació que es necessitaria per elaborar un adequat anàlisi. En aquest cas es necessitaven 8 edificis dels quals s'han identificat 6 mecanismes en cadascun d'ells. Per tant, s'ha enfocat més en la descripció de les característiques més bàsiques de cada edifici, de la seva configuració estructural i geomètrica, amb la finalitat de tenir una idea de la distribució estructural i un concepte més ampli de cadascun d'ells. A més, s'han fet també varies comparacions de les distintes diferències que podia apreciar-se en cada edifici. Aquestes diferències son rellevants de cara al càlculs que es faran posteriorment.

Capítol 4 Aplicació de l'anàlisi cinemàtic

En aquest capítol s'ha realitzat l'anàlisi límit cinemàtic per avaluar el comportament de la resposta sismorresistent de cada edifici. A partir de la toma de dades dels diferents elements constructius i de la corresponent classificació de cada mecanisme de col·lapse s'ha pogut avaluar la resistència al desplaçament que podria causar-se en el macro-element, i també de la vulnerabilitat sísmica de la estructura degut a l'acció sísmica.

Per la realització de l'anàlisi de cada mostra es recomanable tenir un concepte previ dels fenòmens històrics que s'han produït al llarg de la historia i que han pogut causar danys importants estructurals a Catalunya. Per tant, en el moment d'escollir la zona en la que es situa cada edifici es tomaren unes dades que seran predominants en els càlculs. De fet, en la selecció de l'edifici i en el seu corresponent emplaçament, s'obtindran uns valors que dependran de la rigidesa de cadascun, les zones geogràfiques en la que estarà exposat, el tipus de sòl, el material de construcció que estarà compost, etc.

A més, s'utilitzaran varies normatives per a que posteriorment es puguin comparar resultats de cadascuna, i saber quina es la mes i la menys adequada amb la finalitat de verificar la seguretat de l'edifici. S'aplicaran dues normatives; el Eurocódigo-8 (E8) i la normativa espanyola (NCSE02), tot això per comparar el comportament dels dos codis amb les diverses mostres. I finalment, obtenir els resultats del comportament dels distints edificis d'estudi sobre la vulnerabilitat sísmica.

Capítol 5 Conclusions

En aquets capítol l'objectiu fonamental es detallar i explicar els resultats més importants que s'han pogut obtenir de l'anàlisi límit cinemàtic. En aquest cas es faran unes conclusions definitives dels aspectes més rellevants de qualsevol mostra d'estudi. Per tant, es important puntualitzar qualsevol resultat per poder valorar la situació de l'edifici, amb la finalitat de saber amb seguretat si pot ser perjudicial o no tindrà ningun problema enfront de la sol·licitació sísmica.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quería agradecer al profesor Pere Roca Fabregat por facilitarme toda la información que me sirvió de ayuda para adquirir unos conocimientos previos sobre un tema que no se dio con profundidad en el grado. También agradecerle por guiarme constantemente, y darme recomendaciones y algunas pautas para la resolución de los diversos problemas que me iban apareciendo con tal de tener un buen avance durante toda la tesis.

En segundo lugar, quería agradecer a mis amigos/as por el apoyo mutuo que nos hemos dado y por las experiencias vividas durante todo este tiempo.

Por último, y en especial, quería agradecer a mis familiares por ese apoyo que me han brindado constantemente. Ha sido muy importante para mí, y que sin ese apoyo hubiera sido muy complicado haber acabado el grado y el continuo desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	5
1.1 Motivación	5
1.2 Objetivos	5
CAPÍTULO 2 ESTADO DEL CONOCIMIENTO	6
2.1 Sismicidad	6
2.1.1 Intensidad sísmica.....	6
2.1.2 Vulnerabilidad sísmica	6
2.1.3 Sismicidad en Cataluña.....	8
2.2 Edificios tipo del distrito del Ensanche de Barcelona.....	9
2.2.1 La obra de fábrica de ladrillo	9
2.2.2 Historia del Ensanche de Barcelona	9
2.2.3 Localización de la zona de estudio	12
2.2.4 Tipología estructural y elementos de estudio.....	12
2.3 Guía de desarrollo de los análisis sísmicos en estructuras existentes	15
2.3.1 Método del análisis límite cinemático	15
2.3.1.1 Curva de capacidad	16
2.3.1.2 Método A o método de igual energía (N2)	19
2.3.1.3 Método B o método de la capacidad espectral (CSM)..	21
2.3.1.4 Espectro de respuesta	22
2.3.2 Evaluación de la vulnerabilidad aplicando el método de capacidad espectral	27
CAPÍTULO 3 RECOGIDA DE INFORMACIÓN	28
3.1 Selección de muestras.....	28
3.2 Toma de datos y análisis de información	37
CAPÍTULO 4 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS LÍMITE CINEMÁTICO	40
4.1 Identificación de los posibles casos de mecanismos de colapso	40
4.2 Análisis límite cinemático de las muestras seleccionadas.....	43
4.2.1 Espectros de respuesta.....	44
4.2.2 Curvas de capacidad.....	51
4.2.2.1 Fachada de la calle Aragón 277	52
4.2.2.2 Fachada de la calle Aribau 117	58
4.2.2.3 Fachada de la calle Calàbria 207	64
4.2.2.4 Fachada de la calle Consell de Cent 362	70
4.2.2.5 Fachada de la calle Consell de Cent 364	76

4.2.2.6 Fachada de la calle de Girona 65	82
4.2.2.7 Fachada de la calle Mallorca 312.....	99
4.2.2.8 Fachada de la calle Pau Clarís 96	94
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES	100
CAPÍTULO 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
ANEXOS	104
A.1 Gráficas de las curvas de capacidad y demanda.....	104
A.1.1 Fachada de la calle Aragó 277	104
A.1.2 Calle Aribau 117.....	116
A.1.3 Fachada de la calle Calàbria 207	128
A.1.4 Fachada de la calle Consell de Cent 362.....	140
A.1.5 Fachada de la calle Consell de Cent 364.....	152
A.1.6 Fachada de la calle Girona 65	164
A.1.7 Fachada de la calle Mallorca 312	176
A.1.8 Fachada de la calle Pau Clarís 96	188
A.2 Gráficas de los puntos de desempeño y de los grados de daño en las curvas de capacidad	200
A.2.1 Fachada de la calle Aragó 277	200
A.2.2 Fachada de la calle Aribau 117	203
A.2.3 Fachada de la calle Calàbria 207	206
A.2.4 Fachada de la calle Consell de Cent 362.....	209
A.2.5 Fachada de la calle Consell de Cent 364.....	212
A.2.6 Fachada de la calle Girona 65	215
A.2.7 Fachada de la calle Mallorca 312	218
A.2.8 Fachada de la calle Pau Clarís 96	221

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

En primer lugar, es un trabajo interesante de hacer, ya que es de gran importancia prevenir el daño estructural debido a los fenómenos naturales que se pueden dar en alguna circunstancia imprevista. También es importante que el edificio pueda constituir de unas condiciones estables, resistentes y seguras con el fin de que cualquier acción que se solicite en el edificio no suponga un problema en cualquier momento de toda la vida útil de la construcción.

En segundo lugar, aunque en la zona de Barcelona no haya un gran riesgo sísmico, hay que tener en consideración de que los edificios históricos del Ensanche tienden a ser vulnerables frente al sismo debido a la esbeltez de las paredes de carga. Por esa razón, es necesario realizar ciertos análisis para poder comprobar el nivel de daño que se pudiera ocasionar en el edificio. Es decir, sabiendo aproximadamente el comportamiento que se desempeña en las estructuras del edificio se tendría una idea del grado de vulnerabilidad de los elementos frente a la acción sísmica.

Por esa misma razón, es necesario desarrollar un trabajo de evaluación del comportamiento del edificio de la zona del Ensanche para determinar si su respuesta sismo-resistente es adecuada o deficiente, y de ese modo no pueda perjudicar negativamente la globalidad del edificio. Por lo tanto, sabiendo su respuesta dependiendo de cómo sea el grado de daño se intentaría buscar unas posibles intervenciones o se buscaría una solución en relación al daño estructural del edificio estudiado.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es determinar la respuesta sismo-resistente de los edificios de obra de fábrica de los edificios tipo del Ensanche. Para saber su respuesta se han de tener en cuenta otros objetivos específicos que se llevarán a cabo durante el desarrollo del trabajo.

Estos objetivos específicos son los siguientes:

- Hacer un estudio previo general de toda la información que se necesita adquirir para la realización del análisis de la respuesta sismo-resistente de los edificios tipo del Ensanche.
- Realizar una recogida de información de los edificios que se van a analizar a lo largo del trabajo.
- Identificar los mecanismos de colapso de los edificios tipo que pueden desarrollarse en cada muestra durante una acción sísmica.
- Realizar un análisis estructural de cada muestra seleccionando los mecanismos de colapso más representativos.
- Después de la obtención de los resultados del análisis estructural del edificio frente al sismo se llevará a cabo unas conclusiones con la finalidad de saber la vulnerabilidad sísmica del macroelemento que se ha analizado, que en este caso serán las fachadas principales de cada edificio.

CAPÍTULO 2 ESTADO DEL CONOCIMIENTO

En este capítulo como se explicó en el resumen general, es un capítulo donde se explican los temas fundamentales para dar a entender la respuesta sísmica de los edificios del Ensanche.

En los subcapítulos siguientes se dará una explicación detallada de cada concepto que se tuvo en cuenta a la hora de poder comprender y analizar los estudios correspondientes a estos edificios.

2.1 Sismicidad

2.1.1 Intensidad sísmica

Según Ayala-Carcedo et al (2002) la principal característica para saber la localización del lugar del terremoto es conocer donde hay una rotura de tierras o el hipocentro, y su proyección en la superficie o el epicentro. Esto nos permitirá relacionar los posibles fallos en el área y finalmente su localización en espacio y tiempo.

El primer paso para determinar la magnitud del terremoto es a través de sus efectos, o que es lo mismo, por los daños causados en los edificios y en las construcciones y/o las modificaciones que se han ido produciendo en la superficie terrestre. En estos tipos de efectos nos basamos en el parámetro de la **intensidad sísmica**.

A lo largo del tiempo ha habido escalas de intensidad severa, clasificadas en grados de intensidad sísmica, definidas por una serie de descripciones. Esto comienza por una descripción basada en la percepción de los humanos, continuando por los posibles daños en edificios y su clasificación acorde a su calidad constructiva y diseño, finalizando con una descripción de los efectos que pueden ser observados por toda la naturaleza.

Como ya se ha explicado se necesitarían varias escalas de distinto grado de intensidad para poder clasificar correctamente el sismo. A raíz de esa clasificación en función de los daños que se han podido causar en la edificación, la sensación de las personas sobre el sismo y lo que se ha podido generar en la propia naturaleza se podrá diseñar y construir cualquier edificio u obra civil que se tenga prevista en un área determinada teniendo en cuenta el parámetro de la intensidad sísmica.

Se tendrán que considerar unos conceptos fundamentales de las acciones sísmicas, ya que con el entendimiento de estos términos se podrá analizar correctamente la muestra de estudio. En la sección siguiente se podrán ver con más detalle los términos correspondientes.

2.1.2 Vulnerabilidad sísmica

El peligro sísmico va dirigido hacia una serie de problemas, lo que hace necesario definir una serie de variables para su evaluación. Principalmente, se definirán las variables más importantes en la probabilidad de riesgo independientemente del tipo de fenómeno natural, pero, aun así, adaptándose a un caso sísmico. En segundo lugar, se establecerán los conceptos de **peligro, vulnerabilidad y riesgo**.

Según Milutinovic y Trendafilosk (2004), la vulnerabilidad es definida como el **grado de daño** de uno o más elementos debido a un cierto peligro. Mientras que, la **vulnerabilidad sísmica** del edificio es una medida de daño que el edificio probablemente experimente debido al movimiento del suelo con una cierta intensidad.

Según UNDRO (Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator) (1979), en el informe de análisis de desastres y vulnerabilidad de la reunión del grupo de expertos, 9-12 de Julio en Génova.

La reunión se hizo entre el 9 de julio y el 12 de 1979, definiendo los términos y conceptos siguientes:

Peligro sísmico: magnitud que cuantifica el riesgo debido a la zona geográfica sobre la cual se emplaza la estructura.

Peligro natural: es la probabilidad de ocurrencia en un periodo de tiempo en un área dada de un fenómeno natural potencialmente dañino.

Vulnerabilidad: es una magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo, y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo. El objetivo es reducir el riesgo sísmico teniendo en cuenta los costos y los principios de la ingeniería estructural.

Elementos de riesgo: se refiere a la población, edificios y trabajos de ingeniería civil, actividades económicas, servicios públicos, utilidades e infraestructura, etc, al riesgo en un área dada.

Riesgo específico: es un decrecimiento esperado de pérdida debido a un fenómeno natural y como una función de ambos del peligro natural y de la vulnerabilidad.

Riesgo: número esperado de vidas perdidas, personas heridas, daños en la propiedad, ruptura de la actividad económica debido a un fenómeno natural y consecuentemente del producto del riesgo específico y de los elementos de riesgo.

A lo largo de los años, estos conceptos han sido utilizados como una teoría base para estudios de investigación. Para el estudio del fenómeno sísmico, se requiere el conocimiento de conceptos más específicos como el **grado de peligro** y la **función de vulnerabilidad**.

El peligro sísmico de un área, según Barbat et al (1994), son los efectos causados en el terreno por un terremoto en una zona sísmica. Sus efectos son representados por la **aceleración**, la **velocidad**, el **desplazamiento** o la **intensidad** del sismo en esa área. De hecho, es necesario asegurar el fenómeno que se produce desde la emisión de la onda sísmica en el centro hasta que estas ondas lleguen hacia a fuera.

El objetivo del peligro sísmico es estimar el movimiento del suelo en un lugar específico. Si hay alguna posibilidad por la estimación del movimiento del suelo, sería necesaria una estimación de la magnitud de ese terremoto en el lugar en cuestión.

En el próximo apartado se explicará un poco más el concepto de la sismicidad, pero centrándose en el lugar del objeto de estudio.

2.1.3 Sismicidad en Cataluña

Barcelona, ciudad de la comunidad de Cataluña y de la comarca del Barcelonés. Está ubicada en la costa del Mediterráneo, a unos 120km al sur de la cadena montañosa de los Pirineos y de la frontera con Francia, en un pequeño llano litoral limitado por el mar al este, la sierra de Collserola al oeste, el río Llobregat al sur y el río Besós al norte.

Según Idescat, la ciudad de Barcelona tiene una población de 1.636.762 habitantes (2019), con una superficie de 101.35km² dando una densidad de población de 16149.6 hab/km².

Según Casquero (2011), al final de la época Romana, la ciudad tuvo casi 12.000 habitantes. Para el final del siglo IV, Barcelona era una ciudad amurallada fortificada, cubierta alrededor de 10,5 Ha. La evolución de Barcelona hacia una gran ciudad comenzó en 1868, cuando ciudades colindantes se añadieron a la ciudad siendo sus actuales distritos. Entre el 1910 y 1930, la población creció de 587.411 hasta 1.005.565 habitantes.

El incremento de la población iba acompañado por un periodo de construcción altamente productivo, durante en las cuales no se disponía del código sísmico. Por lo tanto, muchos de los edificios construidos no disponían de este código sísmico. La combinación de muchos edificios antiguos construidos sin **consciencia sísmica**, con una alta población y siendo una ciudad activa podía estar extremadamente en riesgo, bajo los efectos de un terremoto moderado.

Cuando se comparan con las otras regiones en el Mar Mediterráneo, la **sismicidad** de la región de Cataluña es moderada, pero la evidencia indica que entre los siglos XIV y XV, la actividad sísmica informada en Cataluña estaba por encima de la media natural y varios terremotos causaron daños en Barcelona. El 2 de febrero de 1428 un terremoto en los Pirineos con una magnitud local de 6,5 y una distancia del epicentro de 90 Km, dañó ligeramente algunas de las iglesias más importantes en Barcelona. En 1448 otro terremoto con una magnitud local de 5,5 fisuró un muro en un castillo.

Según Irizarry (2004), durante el siglo 20 pocos terremotos habían sido percibidos en la ciudad con una intensidad máxima de 4 grados en la escala de intensidad MSK. La mayoría de la generación que conforma la sociedad de Barcelona no ha experimentado los efectos dañinos de un terremoto moderado. Para la mayoría de su población los terremotos han sido desastres que siempre han ido afectando a otras ciudades de alrededor del mundo, pero la posibilidad de ser afectado por un terremoto moderado/intenso como los que ocurrieron en el pasado siempre está presente.

En la siguiente sección, se explicará con detalle las distintas características de los edificios de la zona del Ensanche. Con el propósito de tener una ligera idea del material que los compone, la historia de la construcción de la zona, la localización y, por último, la tipología estructural de los edificios.

2.2 Edificios tipo del distrito del Ensanche de Barcelona

2.2.1 La obra de fábrica de ladrillo

Según Paricio (2001), para poder analizar el sistema constructivo de los edificios del Ensanche se tendrá que hacer un análisis de los materiales primarios que han constituido los diferentes elementos. Entre estos materiales se pueden destacar la cerámica y el mortero de cal, que unidos conforman la obra de fábrica. La obra de fábrica es la técnica que define el sistema de construcción de los edificios.

La cerámica es un material que se ha utilizado a lo largo del tiempo, y la resistencia de la cerámica no ha supuesto ningún problema para absorber cargas. Por lo tanto, todas esas resistencias mínimas, todas las producciones de cerámica de las distintas épocas, con sus varianzas, no han sido obstáculos para ser utilizadas.



Figura 2.2.1 Obra de fábrica de ladrillo

Con el estudio de estos materiales primarios se podrá saber una aproximación del comportamiento de cada uno de ellos, y también del material conjunto como es el de la obra de fábrica de ladrillo. Después de analizar qué efectos podrían producirse en el material con la representación gráfica de las tensiones y deformaciones se podría saber una respuesta aproximada de cómo se deformaría el material frente una sollicitación.

2.2.2 Historia del Ensanche de Barcelona

Antes de explicar la arquitectura y su evolución en la historia hubo un ingeniero en el cual se dedicó a un estudio con “la idea urbanizadora”. Ildefonso Cerdà Suñer era un hombre que expandió Barcelona con la realización de su Plan Cerdà. El objetivo de este plan consistía en hacer justicia social urbanística que diera confort e igualdad a sus ciudadanos sin diferenciar si eran ricos o pobres.

En base a unos estudios de condiciones de los barceloneses comprobó los principales problemas, que eran la densidad, movilidad y la mortalidad. Para tratar estos problemas trato de hacer una ciudad más higiénica, con una mejor movilidad y más saludable.

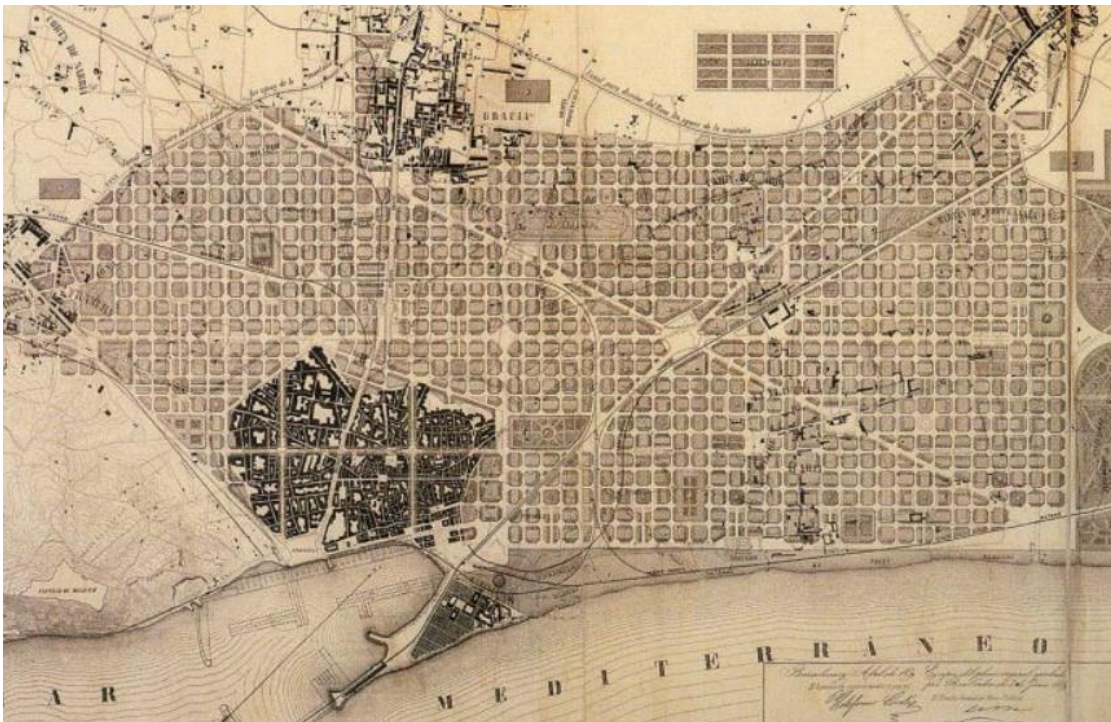


Figura 2.2.2 Plano de Barcelona y sus alrededores (1855)

Arquitectura del Ensanche

La arquitectura se desarrolló en base a 3 estilos arquitectónicos según “Els colors de l’Eixample” (1999)

Pre-modernismo (1860-1900)

El periodo de la primera construcción comienza alrededor de 1860 hasta 1900. Incluye aproximadamente el 45% de las construcciones. La arquitectura de este estilo es muy austera y clasicista con edificios de 3 pisos y fachadas planas. La fachada estaba normalmente pintada con yeso y cal.

El primer periodo, de 1860 hasta 1890, la arquitectura es caracterizada por un estilo neoclásico. La altura de los pisos se reduce a medida que el piso es más alto.

El segundo periodo, de 1890 hasta 1900, es caracterizado por el eclecticismo. En este periodo ya se puede apreciar que los niveles del suelo introducen pilares de acero, permitiendo dimensiones de aberturas superiores. También ventanas metálicas de balcones aparecen a principios del periodo.

Modernismo (1888-1915)

El Modernismo consta del segundo periodo de la construcción del Ensanche. Comienza alrededor de 1888 y llega hasta 1915. Incluye aproximadamente el 15% de los edificios del

Ensanche. Este periodo, diseñado la mayoría por la primera generación de arquitectos graduados en la Universidad de Barcelona, es caracterizado por más de tres tipos, dejando de lado la austeridad de la arquitectura del primer periodo. Durante este tiempo, gran importancia se tuvo en cuenta en la historia principal, la cual es diseñada con una altura adicional y un volumen externo. Los Balcones se aferran a la estructura con vigas de acero, y las ventanas de los balcones hechas de piedra.

Post-Modernismo (1910-1939)

El Post-Modernismo constituye el último periodo y cae entre el 1910 y 1939 (hasta el final de la Guerra Civil). Actualmente, este periodo incluye, aproximadamente el 20% de los edificios. Este periodo es caracterizado por el retorno de la austeridad de las primeras construcciones, tan bien como la simplificación de las formas. Las buhardillas eran revestidas con pizarra, tan bien como los apartamentos de áticos los cuales son recogidos desde una vista vertical de la fachada.

A continuación, se explicarán las modificaciones que se generaron en estos edificios por el aumento de la población que se produjo en Barcelona.

Debilidad estructural

Según Casquero (2011), durante años por problemas de gran densidad en la población, muchos edificios tuvieron adiciones de nuevas plantas, y esto causó sobrecargas que retrasaron las plantas más altas de los edificios.

En los núcleos centrales de edificios sufrieron cambios en las plantas bajas, tales como aberturas en paredes. Muchas de las decoraciones externas están ancladas, como consecuencia pueden provocar fallos estructurales debidos a las acciones sísmicas.

En algunos casos los muros de carga con los muros perpendiculares a ellos no han estado totalmente enlazados debido a asentos diferenciales generados en el terreno.

Las plantas bajas son puntos débiles para los movimientos sísmicos, ya que la estructura vertical a ese nivel es de hierro. Soportan mallas de hierro o vigas de acero donde las cargas más altas de los muros de cargas están soportadas.

2.2.3 Localización de la zona de estudio

La zona del ensanche es un distrito de Barcelona que está situada en la parte central de la ciudad, y como se comentó anteriormente fue diseñada por Ildefonso Cerdà. Según Idescat (2019), es el distrito más poblado de Barcelona con 265.910 habitantes.



Figura 2.2.3 Mapa del distrito del Ensanche de Barcelona

2.2.4 Tipología estructural y elementos de estudio del edificio

Según Paricio (2008), a lo largo de los primeros años de construcción del Ensanche la sociedad fue capaz de establecer acuerdos para que haya una gran variedad de características en los edificios, hasta que el año 1891 el Decreto cambió este hecho. Desde entonces las tipologías comenzaron a homogeneizarse, e insistiendo mucho en las alturas, concretamente en el número de pisos, la proyección de balcones, las galerías y ventanas de los balcones, la proyección de las cornisas y la particularidad de las fachadas en el criterio de diseño.

La mayoría de los edificios típicos del Ensanche consisten en estructuras de muros de carga de obra de fábrica de ladrillo. En muchos casos, los muros de carga están en las fachadas y en muros paralelos internos. Las alturas de las fachadas suelen variar en función de los niveles de pisos, y con profundidades de edificación aproximadamente de 22,5 metros permitiendo dos planos por piso. El muro divisor es localizado perpendicular a la fachada principal.

Los muros de carga son complementados con muros perpendiculares secundarios que garantizan la estabilidad. Desafortunadamente, esos muros no están siempre contruidos dejando su función al muro divisor más delgado. En algunos casos, la unión entre los muros de carga y los muros secundarios ha sido dañada o incluso ha sido perdida debido a las fisuras causadas por los asentamientos en el suelo. Generalmente, los muros de carga de las fachadas o los muros secundarios tienen un espesor de 30cm.

Según Paricio (1998), el modelo del Ensanche vino definido desde el edificio, la planta, las diferentes alturas entre pisos, dando lugar a la formación de sus proporciones volumétricas.

En los edificios tradicionales del Ensanche podemos distinguir 4 tipologías de secciones transversales:

- Edificios por encima del nivel del suelo. Pertenecen a los edificios contruidos a lo largo del primer periodo de la construcción del Ensanche.
- Edificios con un sótano. Esta tipología constituye a la segunda generación de la construcción del Ensanche.
- Edificios con un entresuelo precisamente por debajo de la estructura de la planta del suelo. Es un modelo extraño.
- Edificios con un sótano que ventila directamente hacia afuera.

Introducción a la tipología de los edificios

Con documentación de algunos edificios de la tesis de Cornado (2015), se detallará resumidamente la tipología sea geométrica y/estructural de los edificios del Ensanche, para tener un mejor entendimiento de la distribución de los elementos en planta, tanto en banda como en chaflán.

Como se dijo anteriormente los edificios del Ensanche están contruidos con una estructura de muros de carga de fábrica de ladrillo.

Se puede decir que generalmente las **plantas bajas** de estos, específicamente los muros pueden ser sustituidos por pórticos de pilares y jácenas de diferentes materiales. En las **plantas tipo** en cambio, la estructura vertical está contruida con muros de carga.

Según Cornadó (2015), las diferencias funcionales de las plantas bajas respecto a las plantas tipo, hacen que las plantas bajas tengan una configuración y un sistema estructural generalmente diferente a las plantas superiores. Puesto que, las líneas de carga, aunque se mantengan, los muros están conectados en jácenas y pilares.

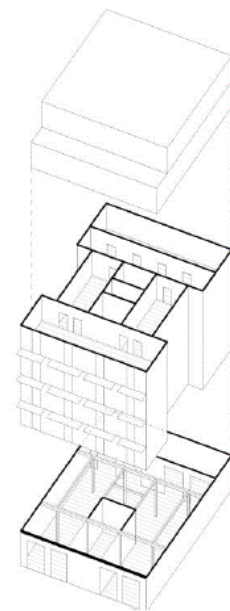


Figura 2.2.4 Tres unidades de análisis estructural extraída de la tesis de Cornadó (2015)

A continuación, se mostrarán los **criterios y principios** que expone Còssima (2015) para la generación de un modelo estructural:

- **Morfología de la parcela:** influye directamente en la morfología de la configuración estructural, se distinguirán los edificios posicionados en **banda** o en **chaflán**.



Figura 2.2.5 Edificio posicionado en banda extraído de la tesis de Cornadó (2015)

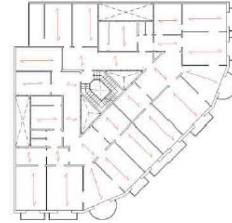


Figura 2.2.6 Edificio posicionado en chaflán extraída de la tesis de Cornadó (2015)

- **Ubicación de la caja de escalera:** puede estar ubicada en la parte central o adosada en las paredes medianeras. La situación de la escalera repercutirá en la disposición de otros muros estructurales.

- **Existencia de patios:** a medida que la parcela se ensancha, se hace necesaria la aparición de patios adosados en las paredes medianeras, además de los patios ya existentes en la posición central en contacto con la caja de escalera, los cuales favorecerán la iluminación y la ventilación de la zona central de la planta.

- **Dirección y luz del envigado:** depende directamente de la ubicación de los muros.

- **Grueso de los muros:** los muros, que forman la estructura vertical de la planta principal y plantas superiores son, en su mayoría, de 15cm de grueso, a excepción del muro de fachada principal que es de 30cm de ancho según Paricio (2008). La fachada posterior puede ser de 15cm o de 30cm.

- **Uniones con otros muros**

- **Número y tipo de aberturas**

Realmente estos criterios se tendrán que considerar a la hora de establecer el modelo estructural porque son elementos que en la totalidad de las muestras de esta tesis se les hace referencia y son representativos para el posterior análisis sísmico.

Como se ha podido apreciar, hay elementos que engloban en el edificio y que son relevantes en el estudio y que se deben de considerar previamente para realizar el análisis.

En estos apartados que se han visto se ha explicado de forma resumida los conceptos fundamentales de la sismicidad, el comportamiento del material de obra de fábrica de ladrillo y del análisis tipológico del edificio. Todo esto con el fin de entender cómo se comportan estos materiales de la zona del ensanche frente a una acción sísmica.

Por lo tanto, en el siguiente apartado se llevará a cabo una explicación de los análisis sísmicos con la aplicación del método de análisis límite cinemático.

2.3 Guía de desarrollo de los análisis sísmicos en estructuras existentes

En esta sección se explicará con detalle el procedimiento de como analizar el comportamiento de una estructura mediante la activación de posibles **mecanismos de colapso**. Se definirán todos los parámetros que se utilicen y los respectivos códigos normativos que se tendrán que aplicar para obtener unos términos específicos a la hora de evaluar el nivel de daño estructural. Los términos de cada código se mostrarán con más detalle en los apartados siguientes.

Se necesitarán definir los macro-elementos para elaborar el método de análisis límite cinemático que se aplicarán en el capítulo 4. Los macro-elementos son partes arquitectónicas de una estructura en la cual puede tener ciertos comportamientos respecto al resto del edificio.

Estos macro-elementos pueden tener un número posible de mecanismos de colapso y como consecuencia un nivel de vulnerabilidad o de daño que puede ser asignado en cada uno de ellos.

Los mecanismos de colapso que se identificarán se definirán con más detalle en el subcapítulo 4.1.

2.3.1 Método del análisis límite cinemático

La idea básica del método es suponer un cuerpo de sólido rígido en movimiento. Esto lo satisface, ya que el material de obra de fábrica no es elástico, isotrópico ni material homogéneo. Luego, a lo largo del método se obtendrá una **curva de capacidad** que será desarrollada, y luego evaluada en función al **espectro de demanda**.

El método implica un cálculo de la capacidad sísmica de un macro-elemento acorde a un mecanismo de colapso dado, por ejemplo, el vuelco de la fachada principal.

La curva de capacidad es obtenida en términos de relación entre el **cortante base** de la estructura y el **desplazamiento de un punto de control** escogido. Luego, la curva de capacidad es evaluada a través del espectro de demanda o demanda sísmica, representada por el espectro de respuesta.

El objetivo es determinar la **aceleración del suelo** necesaria para activar cada mecanismo y asegurar el nivel de actuación alcanzado. Con el **punto de desempeño** se podrá determinar el **nivel de daño**.

En la siguiente figura se muestran los diferentes parámetros que dispone el cuerpo sólido rígido en movimiento en los cuales serán importantes para entender el concepto de este método de análisis.

P1: peso del bloque

b1: grosor del bloque

Fuerzas actuantes en él bloque:

N1: carga vertical aplicada en la parte superior

N10: componente horizontal de la carga vertical

T1: tirante

$\alpha_0 P_1$: fuerza horizontal aplicada en el centro de gravedad para activar el mecanismo de colapso

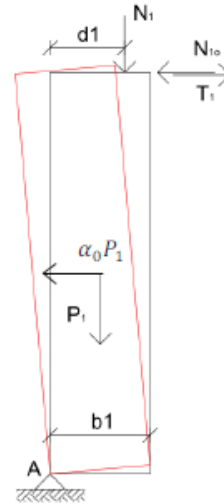


Figura 2.3.1 Bloque de cuerpo rígido en movimiento, Benincà et al (2009)

2.3.1.1 Curva de capacidad

Principalmente según la sección C7.3.4.2 de la Circolare, comienza definiendo la curva de capacidad en función del **cortante de la base (Fb)** y el **desplazamiento de un punto de control conocido (dc)**, NTC (2019). Para simplificar los cálculos la curva de capacidad será representada en términos de aceleración base α_0 , en lugar de base cortante. La base cortante puede ser obtenida a partir de α multiplicando por el peso de los elementos que participan en el mecanismo.

Para realizar un análisis de cuerpo rígido de mecanismos locales, según en la sección C8.7.1.2.1 de la Circolare será utilizada, NTC (2019). Principalmente **la curva α -dc** es obtenida a través del análisis no lineal cinemático; representa la curva de capacidad para un sistema real. La teoría del trabajo virtual es aplicada para obtener el multiplicador α_0 donde la fuerza horizontal $\alpha_0 P_1$ activa el mecanismo. El desplazamiento es normalizado considerando el máximo desplazamiento del centro de la masa del bloque más alto con un valor igual a 1. Luego, los desplazamientos incrementados son asumidos, y el valor de α calculado por cada uno de ellos es hasta α igual a 0. Esto es la parte inelástica de la curva de capacidad.

$$\alpha_0 = \frac{\sum_{k=1}^N P_k \delta_{Py,k} - \sum_{k=1}^m F_k \delta_{F,k} + L_i}{\sum_{k=1}^N (P_k + Q_k) \delta_{PQx,k}}$$

Ecuación 2.3.1

N: número de bloques que componen el macro-elemento;

m: número de fuerzas externas;

P_k: fuerza del peso aplicada en el centro de masa;

Q_k: resultante de los esfuerzos de cada peso correspondiente;

F_k: fuerza general externa aplicada en uno de los bloques; estas fuerzas pueden favorecer la activación del mecanismo;

δP_{y,k}: desplazamiento vertical virtual en el centro de gravedad de las fuerzas de peso propio P_k, actuantes en k bloques;

δF_k: desplazamiento virtual del punto de aplicación de la fuerza externa, proyectada en la misma dirección;

δPQ_{x,k}: desplazamiento horizontal virtual en el centro de masa de fuerzas horizontales, actuando en k bloque, asumiendo como dirección positiva aquella que la acción sísmica active el mecanismo;

L_i: trabajo total de algunas fuerzas internas.

Al final la estructura real debe estar asociada a un sistema equivalente con un solo grado de libertad. Para determinar la curva fuerza-desplazamiento del sistema equivalente, la aproximación cinemática no lineal puede ser utilizada. Las ecuaciones siguientes convierten la aceleración y el desplazamiento a un **sistema oscilador con un solo grado de libertad**. Asumen que el muro es infinitamente rígido antes de que se forme el mecanismo.

$$a = \frac{\alpha(d_c)}{e^*FC} \quad \text{Ecuación 2.3.2}$$

$$d = d_c \frac{\sum_{k=1}^N (P_k + Q_k) \delta_{PQx,k}^2}{\delta_{Cx} \sum_{k=1}^N (P_k + Q_k) \delta_{PQx,k}} \quad \text{Ecuación 2.3.3}$$

Donde FC es el factor de seguridad de la ecuación que se podrá ver posteriormente.

δC_x es el desplazamiento horizontal virtual del punto de control, como δPQ_{x,k}, comenzando desde una configuración inicial indeformada;

$$e^* = \frac{[\sum_{k=1}^N (P_k + Q_k) \delta_{PQx,k}]^2}{[\sum_{k=1}^N (P_k + Q_k)][\sum_{k=1}^N (P_k + Q_k) \delta_{PQx,k}^2]} \quad \text{Ecuación 2.3.4}$$

e^* es la fracción de la participación de la masa en la cual, su primera aproximación, puede ser evaluada considerando los desplazamientos virtuales relacionando al mecanismo cinemático como representativo del modo de vibración del mecanismo local.

El factor de seguridad de la Tabla 4.1 de la Guía Italiana es calculado basado en el nivel de conocimiento. Para el levantamiento geométrico la disponibilidad de dibujos y el desarrollo de un mapa llevaron al factor de seguridad $F_{C1}=0$, pero el nivel de investigación era bajo para el material y estudio constructivo $F_{C2}=0,12$, propiedades mecánicas $F_{C3}=0,12$ y terreno y cimentaciones $F_{C4}=0,06$, según G.U. no. 47 (2011).

$$FC = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{Ck} \quad \text{Ecuación 2.3.5}$$

Donde F_{Ck} son factores de seguridad parciales para diferentes aspectos de la estructura.

Las ecuaciones anteriores darán la porción inelástica de la curva, la cual es válida si el cuerpo es asumido completamente rígido antes de que se forme el mecanismo. Sin embargo, una rama elástica puede ser calculada si se asume alguna deformación elástica antes de que comience el mecanismo. Para el análisis cinemático la sección C8.7.1.2.1.2 de la Circolare describe el método de la obtención de la parte elástica de la curva, según NTC (2019).

$$a_e = \frac{4\pi^2}{T_0^2} d \quad \text{Ecuación 2.3.6}$$

$$T_0 = k\lambda L \sqrt{\frac{W}{Eg}} \quad \text{Ecuación 2.3.7}$$

Donde k es un coeficiente con valor 6.2 para elementos de voladizo, y 2.2 para mecanismos sometidos a flexión vertical;

L es la altura del elemento;

λ es la esbeltez del elemento

W es el peso específico de la obra de fábrica;

E es el módulo elástico de la obra de fábrica.

Finalmente, alguna operación debe ser realizada para analizar la actuación estructural. La capacidad de la estructura y la demanda sísmica o espectro de demanda para una estructura no son independientes. La razón es que cuando la demanda aumenta, la estructura finalmente se ve modificada por efecto del aumento del daño. La aceleración sísmica depende del periodo, por lo tanto, la demanda sísmica cambia cuando la estructura se ve modificada.

Por tanto, un edificio respondiendo a la acción sísmica disipa energía con amortiguamiento hiperestático. La energía disipa desde la estructura, y este amortiguamiento disminuye la demanda de desplazamiento. Hay un punto en el cual la capacidad de la estructura encuentra a la demanda reducida por el terremoto específico. Este punto es llamado **punto de desempeño**, según ATC (1996). Este punto de desempeño cae en ambos lados, en la capacidad espectral y en una curva de demanda espectral reducida representando la demanda no lineal, según Milutinovic & Trendafilosk (2004). Para saber la posición del punto de desempeño en la curva de capacidad, esta puede ser determinada si la estructura reúne los objetivos de actuación requeridos. Hay dos métodos para obtener el punto de desempeño de la estructura, definidos en la Circolare: **Método A y Método B**, según NTC (2019).

A continuación, se explicarán ambos métodos:

2.3.1.2 Método A o método de igual energía (N2)

La curva bilineal está compuesta por dos partes:

1. Elástica.
2. Plástica, la cual tiene un valor inicial de fuerza que activa el mecanismo.

Según la NTC (2018), el periodo elástico del sistema es dado por la fórmula siguiente:

$$T^* = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m^*}{k^*}} \quad \text{Ecuación 2.3.7}$$

$$m^* = \sum m_i \cdot \Phi_i^2 \quad \text{Ecuación 2.3.8}$$

$$K^* = \frac{m^* a_y}{d y^*} \quad \text{Ecuación 2.3.9}$$

Donde en el término T^* :

K^* es la rigidez de la parte elástica de la curva de capacidad;

a_y es la aceleración máxima del tramo elástico en términos de aceleración;

$d y^*$ es el desplazamiento correspondiente a la rama elástica;

m^* es la masa del sistema bilineal equivalente.

Y en el término m^* :

Φ es el primer modo de vibración de la estructura;

Mi o Mt es un vector de masas que indica la masa de cada piso. Suponiendo que la masa de cada piso es aproximadamente igual, m^* es el resultado de multiplicar desplazamiento (normalizado a 1) de cada piso por la masa correspondiente, lo que resulta igual a $\frac{1}{2}$ de la masa total. Por tanto, se puede tomar $m^* = \frac{1}{2} \cdot m$ (m =masa total)

La curva de capacidad del sistema bilineal equivalente como está determinada representa la habilidad de la estructura para hacer frente a las acciones sísmicas sin considerar el fenómeno sísmico, al que nunca se hace referencia, pero basado en las características resistentes intrínsecas de la estructura. En la curva de capacidad es posible seguirla, en el progreso del estado de daño, ya que aumenta la deformación sometida por el esfuerzo sísmico.

El máximo desplazamiento puede ser determinado siguiendo las siguientes condiciones:

Según la Circolare (2019), si $T^* \geq T_c$ el sistema es considerado flexible.

$$d_{max}^* = d_{\varepsilon,max} = S_{d\varepsilon}(T^*) \quad \text{Ecuación 2.3.10}$$

Donde $S_{d\varepsilon}(T^*)$ es la demanda de desplazamiento para un periodo T^* , obtenida para un espectro de respuesta que se define posteriormente.

Si $T < T_c$, el sistema es considerado rígido

$$d_{max}^* = \frac{d_{\varepsilon,max}^*}{q^*} \left[1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] \geq d_{\varepsilon,max}^* \quad \text{Ecuación 2.3.11}$$

$$q^* = S_e(T^*) m^* / F_y^*; \quad \text{Ecuación 2.3.12}$$

Donde q^* es la relación entre la fuerza del espectro de respuesta y el desempeño estructural del sistema equivalente.

Si $q^* \leq 1$ entonces:

$$d_{max}^* = d_{e,max} = S_{de}(T^*)$$

Ecuación 2.3.13

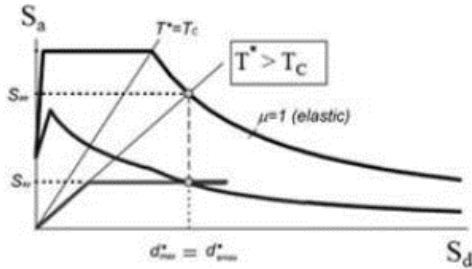


Figura 2.3.2 Intersección en el rango elástico $T^* \geq T_c$

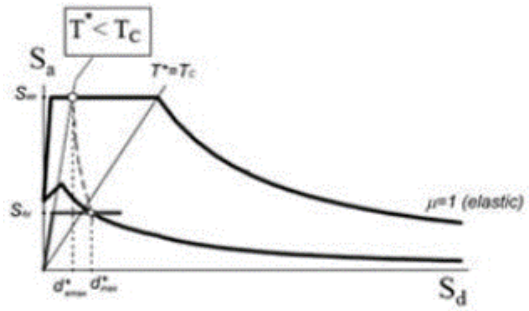


Figura 2.3.3 Intersección en el rango inelástico $T^* \leq T_c$

2.3.1.3 Método B o método de la capacidad espectral (CSM)

En el método B, el punto de desempeño es obtenido bajo un proceso iterativo. Es necesario presentar la demanda espectral en un formato de ordenadas espectrales (ADRS), o el plano a-d, con la aceleración espectral S_e , representada en funciones de desplazamientos espectrales SDe para obtener el punto de desempeño, según la NTC (2018).

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Ecuación 2.3.14

La primera condición para el punto de desempeño es que el **desplazamiento máximo** d_{max}^* sea igual al desplazamiento elástico de la estructura con periodo T^* .

$$d_{max}^{*(0)} = d_e = S_{De}(T^*)$$

Ecuación 2.3.15

Para el caso cuando la curva bilineal del sistema equivalente F^*-d^* es conducida a través de cálculos cinemáticos, para encontrar el punto de desempeño el **factor de amortiguamiento** es introducido.

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{\xi_{eq}^{(1)} + 5}}$$

Ecuación 2.3.16

El amortiguamiento asociado equivalente $\xi_{eq}(1)$ es expresado como porcentaje.

$$\xi_{eq}^{(1)} = k \frac{63.7(F_y^{*(0)} d_{max}^{*(0)} - F_{max}^{*(0)} d_y^{*(0)})}{F_{max}^{*(0)} d_{max}^{*(0)}} + 5 \quad \text{Ecuación 2.3.17}$$

Donde k, es el coeficiente que considera la capacidad disipadora del material y sus características las cuales los valores están dados en la sección C7.3.4.2 de la Circolare, según la NTC (2019).

Gracias a este coeficiente, el espectro de respuesta puede ser calculado correctamente. La intersección del espectro de respuesta y la curva de capacidad equivalente en la ordenada ADSR tendrá actualizado el punto de desempeño mostrado en la siguiente figura, caracterizado por el desplazamiento $d_{max}^{*(1)}$ cerca del desplazamiento previo $d_{max}^{*(0)}$ encontrado a través del método A. El proceso iterativo de la reducción espectral es la repetición de una cantidad de veces hasta que la solución converja a una tolerancia de 0,001m.

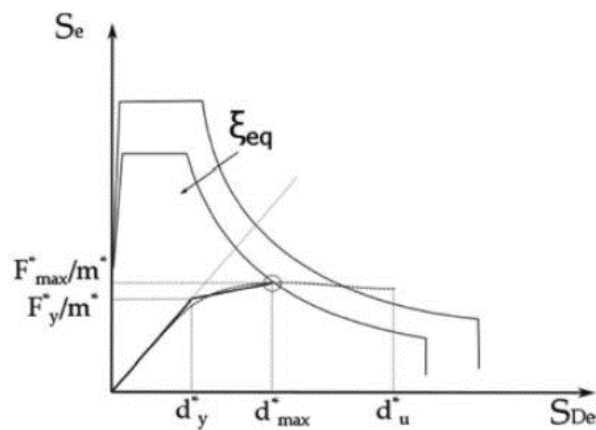


Figura 2.3.4 Reducción de la demanda espectral

2.3.1.4 Espectro de respuesta

Para la obtención de los espectros de respuesta de la zona del Ensanche se utilizará la normativa española **NCSE-02**, y el código europeo **Eurocode 8**.

En ambas normativas informan de los diferentes parámetros que puedes aplicar, como en este caso uno de ellos es la aceleración sísmica.

A continuación, se mostrarán los diversos términos que hay expuestos en las dos normativas NCSE-02 y Eurocode 8.

La aceleración sísmica es primero calculada, y luego es utilizada para representar por escalas el espectro de respuesta.

Principalmente se mostrarán los términos que corresponden a la normativa española **NCSE-02**:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad \text{Ecuación 2.3.18}$$

Donde a_b es la aceleración sísmica básica;

ρ es el coeficiente de riesgo adimensional basado en la importancia de la estructura;

S es el coeficiente de amplificación del terreno.

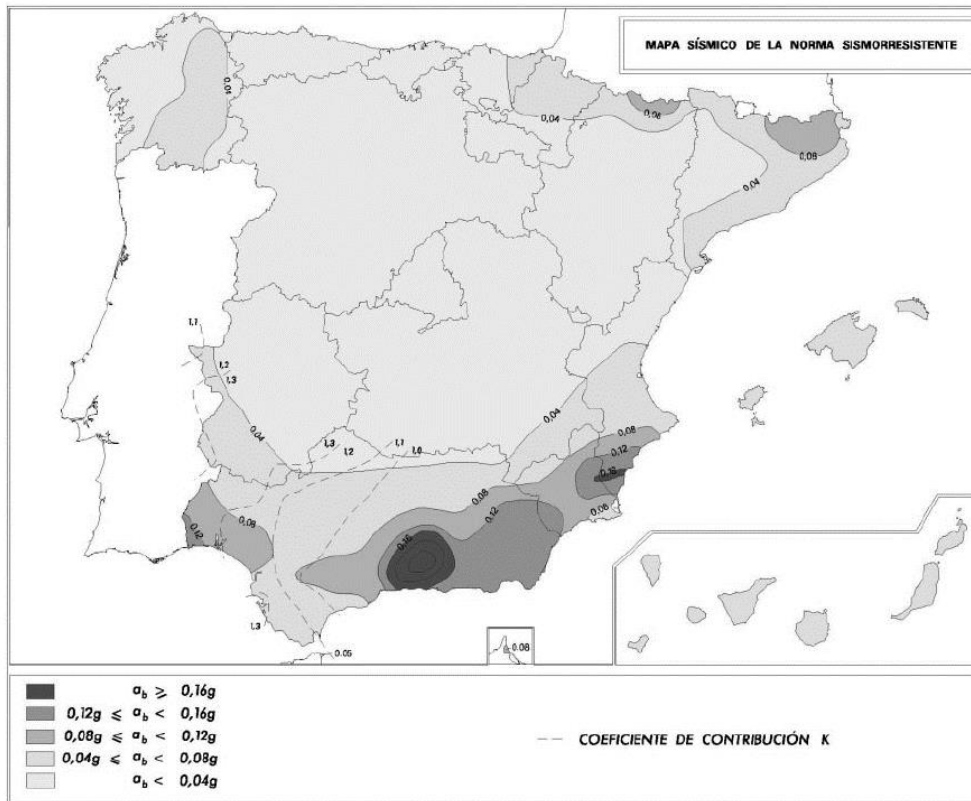


Figura 2.3.5 Mapa de peligrosidad sísmica

Para definir el coeficiente de amplificación S se ha de considerar en el mapa de peligrosidad el tipo de aceleración básica. Como se aprecia en el mapa depende de la zona geográfica del emplazamiento de los edificios correspondientes.

Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 g$

Ecuación 2.3.19

$$S = \frac{C}{1,25}$$

Ecuación 2.3.20

En la lista siguientes de rangos de velocidades de propagación dependen del tipo de terreno. Para poder elegir el terreno de la zona de estudio se tendría que saber la velocidad aproximada que se va propagando el sismo donde se vaya a realizar el análisis sísmico.

- Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750$ m/s.
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400$ m/s.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compactación media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200$ m/s.
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s \leq 200$ m/s.

Posteriormente al elegir el tipo de terreno con su velocidad de propagación, ya se podría calcular el coeficiente de amplificación S. De ese modo, obtendríamos el valor del coeficiente del terreno C, a partir de la tabla siguiente:

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Tabla 2.3.1 Tipos de terrenos y coeficientes de terreno C

Una vez calculados los parámetros fundamentales se llevaría a cabo los cálculos de los espectros de respuesta para cada periodo propio.

Seguidamente se deberá de definir los valores de espectros de aceleración elásticos normalizados $\alpha(T)$. Cada rango de periodos característicos tendrá su término correspondiente asociado a $\alpha(T)$.

$$\text{Si } T < T_A \quad \alpha(T) = 1 + 1,5 \cdot T/T_A \quad \text{Ecuación 2.3.21}$$

$$\text{Si } T_A \leq T \leq T_B \quad \alpha(T) = 2,5 \quad \text{Ecuación 2.3.22}$$

$$\text{Si } T > T_B \quad \alpha(T) = K \cdot C/T \quad \text{Ecuación 2.3.23}$$

Con el cálculo de los diferentes términos de $\alpha(T)$ en cada fase delimitada por los periodos característicos T_A y T_B , se podrá representar gráficamente los espectros de respuesta para cada tipo de suelo con su respectivo coeficiente del terreno.

Donde $\alpha(T)$ es el valor normalizado del espectro de respuesta elástica;

T es el periodo natural del oscilador;

K es el coeficiente de contribución basado en el tipo de terremoto esperado, y varía por la región.

T_A, T_B son periodos característicos del espectro de respuesta, con valores:

$$T_A = k \cdot \frac{C}{10} \quad \text{Ecuación 2.3.24}$$

$$T_B = k \cdot \frac{C}{2,5} \quad \text{Ecuación 2.3.25}$$

Donde C es el coeficiente del terreno que depende del tipo de suelo.

Finalmente, el **espectro de respuesta elástica** $S_e(T)$ es dado en la siguiente ecuación:

$$S_e(T) = \alpha(T) \cdot a_c \cdot \eta \quad \text{Ecuación 2.3.26}$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55 \quad \text{Ecuación 2.3.27}$$

Donde η es el factor de corrección de amortiguamiento;

ξ es la relación de amortiguamiento viscoso de la estructura, tomado en porcentajes.

A continuación, se mostrarán los términos que corresponden al **Eurocode 8**:

Como se puede apreciar el espectro de respuesta elástica varía ligeramente respecto al de la normativa española.

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} (2.5\eta - 1) \right] \quad \text{Ecuación 2.3.28}$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \quad \text{Ecuación 2.3.29}$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad \text{Ecuación 2.3.30}$$

$$T_D \leq T \leq 4s \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \quad \text{Ecuación 2.3.31}$$

Donde $S_e(T)$ es el valor de la aceleración del espectro de respuesta elástica;

a_g es la aceleración de diseño del suelo con suelo tipo A;

$$a_g = \gamma_I \cdot a_{g,R} \quad \text{Ecuación 2.3.32}$$

Donde γ_I es el factor de importancia;

$a_{g,R}$ es la aceleración pico de referencia del suelo;

S es el coeficiente de amplificación del terreno;

T es el periodo natural del oscilador;

T_B , T_C , T_D son los periodos característicos del espectro de respuesta.

2.3.2 Evaluación de la vulnerabilidad aplicando el método de capacidad espectral

Según Lagomarsino y Penna (2007), si la capacidad espectral es registrada entonces los niveles de actuación del edificio pueden ser obtenidos. El primer paso es identificar el punto de rendimiento y el desplazamiento último. En el paso siguiente, la curva de capacidad es dividida en 5 partes donde cada una de ellas determina el nivel de daño esperado para el elemento estructural. Finalmente, la posición del punto de desempeño calculado a través del método A y B proporciona un mejor entendimiento del comportamiento del edificio durante un terremoto.

Seguidamente se muestra una tabla representando una clasificación de los diferentes niveles de daño en función del espectro de desplazamiento analizado.

Damage State k	Spectral displacement SD_k
0- No damage	-
1- Slight damage	$Sd_1 = 0.7D_y$
2- Moderate damage	$Sd_2 < 1D_y$
3- Extensive damage	$Sd_3 = D_y + 0.25(D_u - D_y)$
4- Very heavy damage	$Sd_4 = D_u$
5- Complete	$Sd > D_u$

Tabla 2.3.2 Niveles de actuación y condiciones extraída de Lagomarsino y Penna (2007)

Donde:

D_y es el desplazamiento correspondiente al límite de la rama elástica;

D_u es el desplazamiento correspondiente a una aceleración igual al 85% de la aceleración máxima.

CAPÍTULO 3 RECOGIDA DE INFORMACIÓN

En el capítulo actual se dará una explicación más general de la información más representativa de cada edificio. Por otro lado, en el capítulo posterior en subcapítulo 4.1 de identificación de mecanismos de colapso se podrá detallar con más profundidad la función de cada elemento estructural por la generación de dichos mecanismos.

En este apartado se pretende mostrar toda la documentación con su determinada información que se ha recogido en la tesis de Cornadó (2015). Se eligieron 8 edificios teniendo en cuenta la variabilidad en el número de pisos, tamaños de aberturas, dimensión en planta y ubicación de cajas de escalera y patios interiores, con el fin de realizar un mejor estudio en el análisis y obtener datos más variados. De hecho, ya se sabe que para hacer un estudio y un análisis idóneo del comportamiento estructural concretamente sismo-resistente, se debe de recoger una información previa sobre el lugar donde se quiere hacer el estudio. Seguidamente hacer una toma de datos para una correcta anotación de las dimensiones que se dispone de la muestra para luego realizar un adecuado proceso práctico.

En este caso como se realizará un estudio en las fachadas principales de cada edificio únicamente nos bastaría representar el plano de la planta tipo porque supondremos que la fachada está conectada con una misma distribución de plantas tipo a lo largo de la altura y de esa manera llevar a cabo una simplificación en el cálculo.

Para la selección de los edificios, éstos tienen que ser regulares y representativos, ya que el estudio se basa en identificar el comportamiento de los edificios aislados frente a la acción sísmica. De ese modo habrá que tener en cuenta la variabilidad y distribución de cada elemento en el edificio de estudio como se ha comentado anteriormente.

3.1 Selección de muestras

A continuación, se hará una explicación detallada de cada parcela escogida con su información correspondiente. Por lo tanto, se ha elaborado una ficha para cada muestra que dispondrá de esta información que será importante para el posterior análisis. Además, cabe destacar que en este capítulo en cada representación en planta de la muestra se representarán las dimensiones principales, ya que en los capítulos posteriores más prácticos se visualizarán con más precisión otras dimensiones que serán relevantes en el cálculo.

Calle de Aragò 277

- Año de construcción: 1884
- Arquitecto: Emili Sala Cortés
- Ancho parcela: 11,60m
- Profundidad edificada: 27,70m

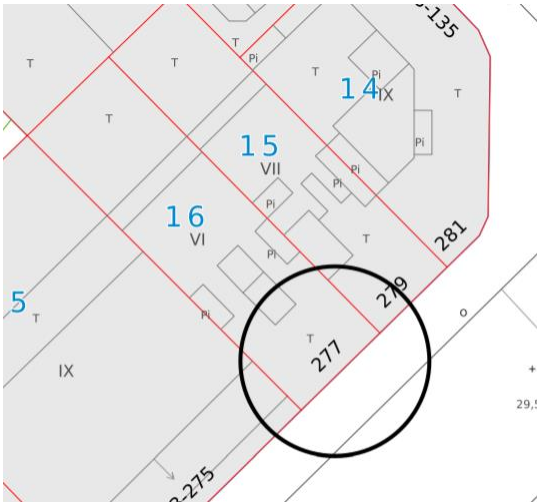


Figura 3.1.1 Plano urbanístico extraído de geo.bcn.cat



Figura 3.1.2 Fachada principal del edificio de la calle Aragò 277

Datos más representativos

- Posición del edificio en banda.
- El edificio consta de 6 niveles.
- Cuatro aberturas en cada planta tipo y tres en planta baja.
- Caja de escalera ubicada en la parte central.
- Patios interiores ubicados en la parte central y adosados en las paredes medianeras.

Se puede ver que a medida que aumenta la altura, se va reduciendo el tamaño de los huecos. También cabe destacar que los tamaños en el nivel del suelo son superiores por el uso comercial que se les atribuye.

En la figura() muestra detalladamente la dimensión de la planta tipo con las principales medidas de ancho de parcela y profundidad edificada.

Los gruesos de los muros interiores suelen ser de 15 cm, pero el grueso de la fachada principal suele ser de 15 o 30cm. En este caso el grueso corresponde a 30cm.

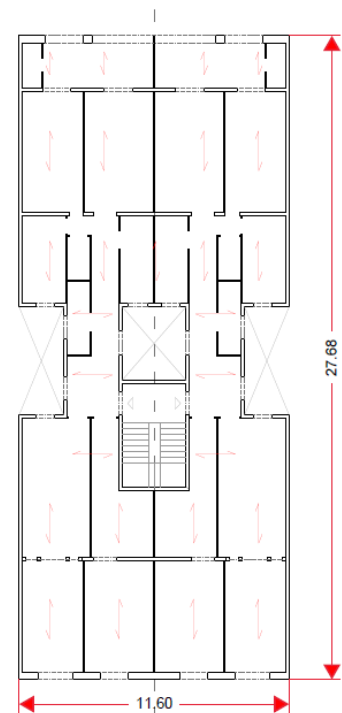


Figura 3.1.3 Plano estructural de la distribución en planta del edificio de la calle de Aragò 277 extraído de Cornadó (2015)

Calle de Aribau 117

Año de construcción: 1907

Arquitecto: Joan Bruguera Roget

Ancho parcela: 11m

Profundidad edificada: 27,70m



Figura 3.1.4 Plano urbanístico extraído de geo.bcn.cat

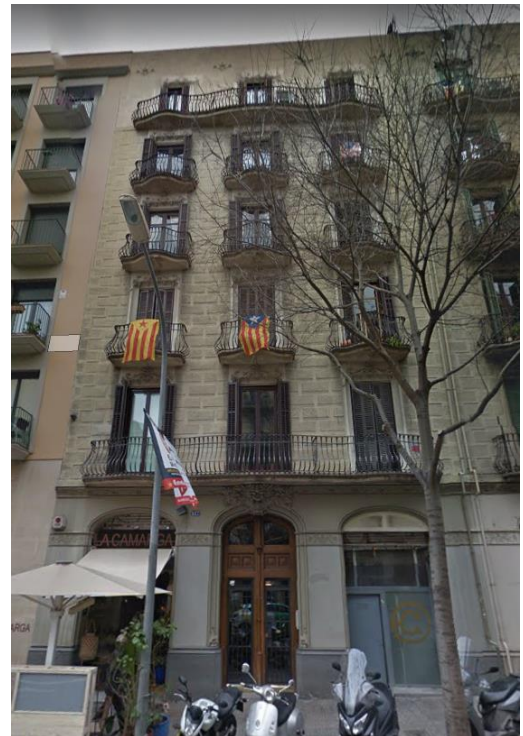


Figura 3.1.5 Fachada principal del edificio de la calle de Aribau 117

Datos más representativos

- Posición del edificio en banda.
- El edificio consta de 6 niveles.
- Tres aberturas en cada planta tipo con otras tres en la planta baja.
- La caja de escalera se encuentra ubicada en la parte central de la planta.
- Los patios interiores se ubican en la parte central y en las paredes medianeras.

Se puede apreciar que en comparación a la muestra anterior tienen dimensiones muy parecidas, pero la profundidad de los patios laterales en este caso es más grande. La única diferencia notable que se puede observar es en el número de aberturas que dispone en la fachada principal.

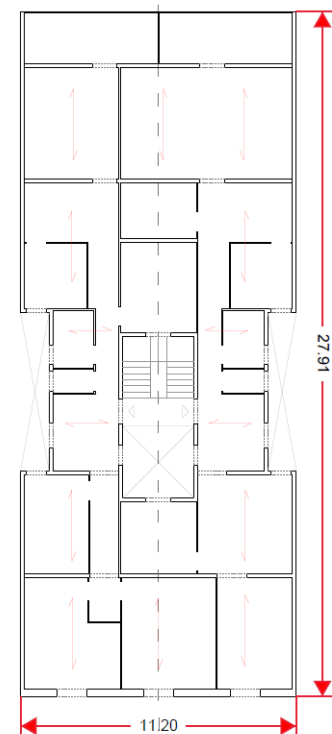


Figura 3.1.6 Plano estructural de la distribución en planta del edificio de la calle de Aribau 117 extraído de Cornadó (2015)

Calle de Calàbria 207

Año de construcción: 1920 (supuesto)

Ancho parcela: 11,70m

Profundidad edificada: 22,80m

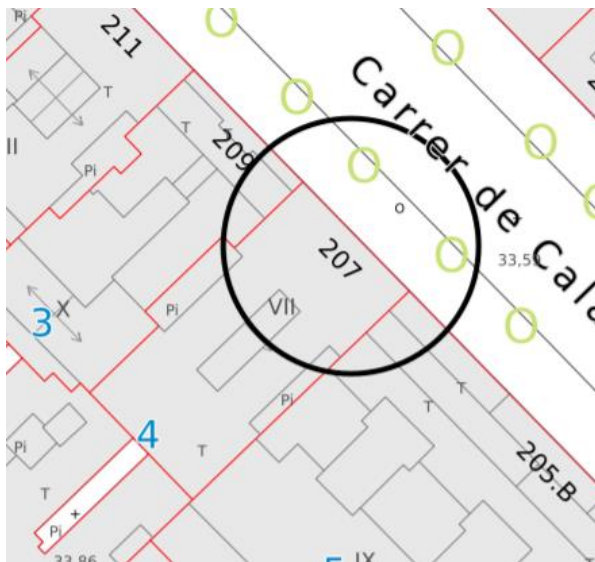


Figura 3.1.7 Plano urbanístico extraído de geo.bcn.cat



Figura 3.1.8 Fachada principal del edificio de la calle de Calàbria 207

Datos más representativos

- Posición del edificio en banda.
- El edificio consta de siete niveles.
- En cada nivel de planta tipo dispone de cuatro aberturas, y en la planta baja de tres.
- La caja de escalera está ubicada en la parte central del edificio.
- Un patio interior se encuentra en la parte central y otros dos están adosados en las paredes medianeras.

Se observa que la parte central tiene más profundidad edificada respecto a las otras dos muestras anteriores, además de que tiene una distribución estructural más compleja que la zona de la fachada principal y la zona de la fachada posterior.

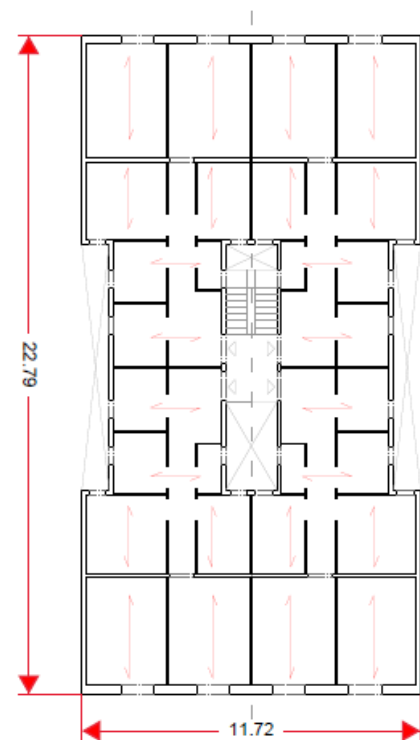


Figura 3.1.9 Plano estructural de la distribución en planta del edificio de la calle de Calàbria 207 extraído de Cornadó (2015)

Calle de Consell de Cent 362

Año de construcción: 1870

Ancho parcela: 12,60m

Profundidad edificada: 34,70m

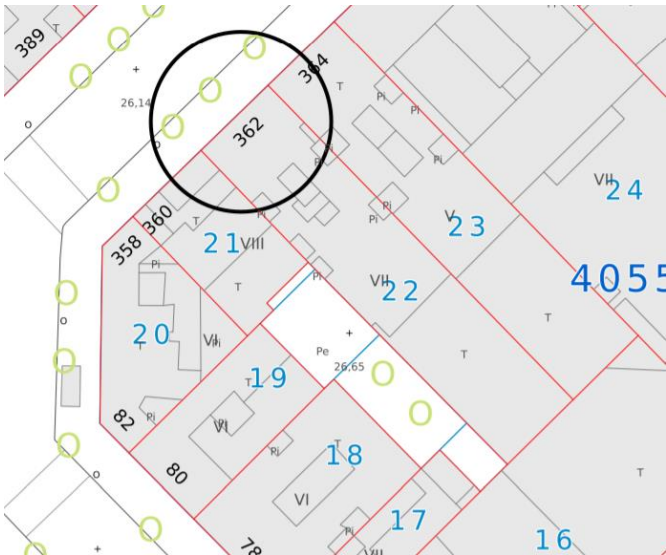


Figura 3.1.10 Plano urbanístico extraído de geo.bcn.cat



Figura 3.1.11 Fachada principal del edificio de la calle de Consell de Cent 362

Datos más representativos

- Posición del edificio en banda.
- El edificio consta de siete niveles.
- La fachada tiene tres aberturas por el nivel de planta piso y otras tres aberturas en nivel de planta baja.
- La caja de escalera está ubicada en la parte central del edificio.
- Tiene cinco patios interiores repartidos por las paredes medianeras y otro patio por la parte central.

Se puede apreciar la diferencia que hay con las anteriores muestras en la ubicación de los patios interiores laterales. Esto ha podido ser debido a la ampliación de la profundidad edificada que se creó conveniente repartir los patios en cuatro zonas y no construir únicamente dos con más longitud. Además, se puede decir también que es una de las plantas tipo con más variaciones de las que se han escogido.

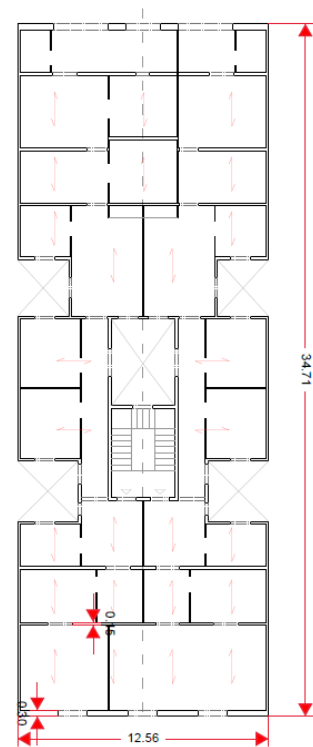


Figura 3.1.12 Plano estructural de la distribución en planta del edificio de la calle de Consell de Cent 362 extraído de Cornadó (2015)

Calle de Consell de Cent 364

Año de construcción: 1870

Arquitecto: Jaume Ubach

Ancho parcela: 12,60m

Profundidad edificada: 34,70m

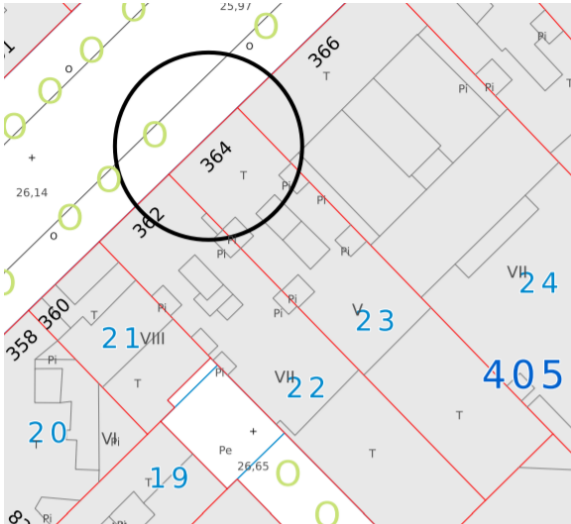


Figura 3.1.13 Plano urbanístico extraído de geo.bcn.cat



Figura 3.1.14 Fachada principal del edificio de la calle de Consell de Cent 364

Datos más representativos

- Posición del edificio en banda.
- El edificio consta de 5 niveles.
- La fachada principal dispone de cuatro aberturas en cada nivel de piso y tres aberturas en el nivel del suelo.
- La ubicación de la caja de escalera está en la parte central del edificio.
- La distribución de los patios interiores es exactamente igual que la de la muestra anterior, tiene 4 patios adosados en las paredes medianeras y otro patio interior en la parte central.

La diferencia que se puede apreciar notablemente es en el número de aberturas que dispone la fachada principal en cada nivel de piso. Los dos edificios tienen el mismo ancho de parcela, pero con distinta distribución de ventanas con balcones en cada piso.

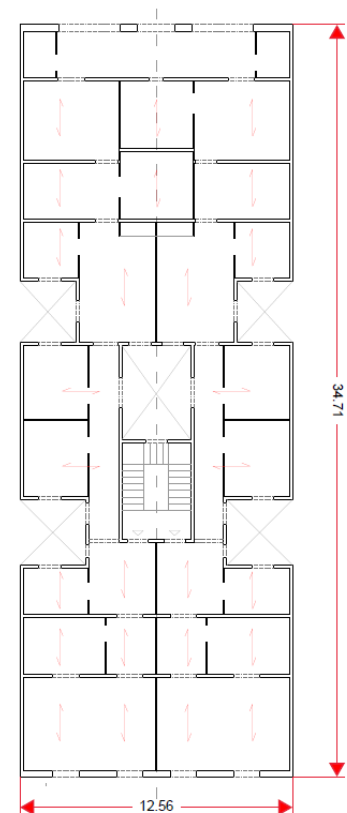


Figura 3.1.15 Plano estructural de la distribución en planta del edificio de la calle de Consell de Cent 364 extraído de Cornadó (2015)

Calle de Girona 65

Año de construcción: 1867

Arquitecto: Francesc Batlle i Felip

Ancho parcela: 8,70m

Profundidad edificada: 26m

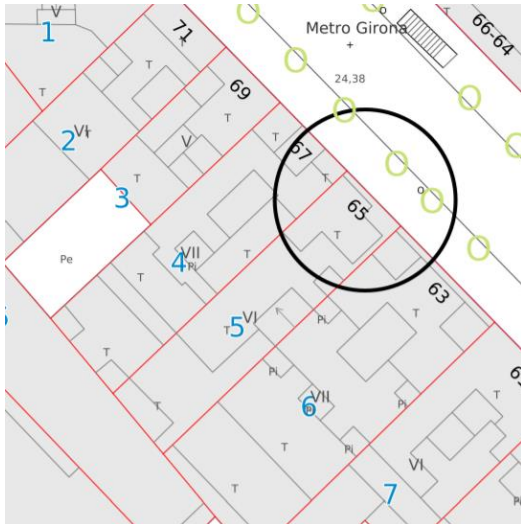


Figura 3.1.16 Plano urbanístico extraído de geo.bcn.cat



Figura 3.1.17 Fachada principal del edificio de la calle de Girona 65

Datos más representativos

- Posición del edificio en banda
- El edificio consta de 5 niveles
- La fachada principal dispone de tres aberturas en cada nivel de piso y otras tres en el nivel del suelo.
- La ubicación de la caja de escalera se encuentra en la parte lateral derecha del edificio.
- Los patios interiores se encuentran adosados, uno en la parte lateral izquierda y otro justo conectado con la caja de escalera en la parte lateral derecha.

Se observa que el ancho de parcela es más reducido respecto a las demás muestras, por lo que la configuración estructural de los muros se modifica dejando menos espacio para la distribución de patios interiores en la parte central, y también de la colocación de la caja de escalera en el centro.

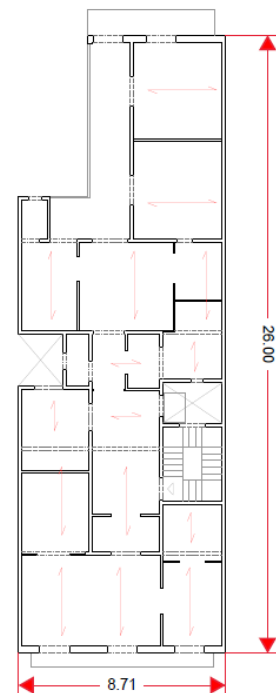


Figura 3.1.18 Plano estructural de la distribución en planta del edificio de la calle de Girona 65 extraído de Cornadó (2015)

Calle de Mallorca 312

Año de construcción: 1912

Arquitecto: Juli Maria Fossas

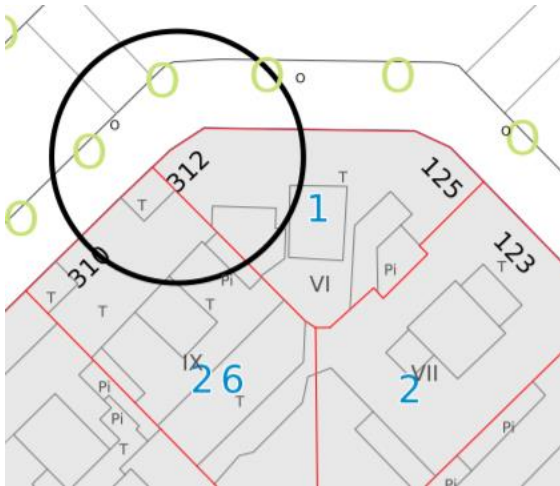


Figura 3.1.19 Plano urbanístico extraído de geo.bcn.cat



Figura 3.1.20 Fachada principal del edificio de la calle de Mallorca 312

Datos más representativos

- Posición del edificio en chaflán.
- El edificio consta de seis niveles.
- La fachada principal dispone de ocho aberturas en cada nivel de piso y otras ocho en el nivel del suelo.
- La ubicación de la caja de escalera se sitúa en la parte central del edificio.
- El único patio interior que se aprecia está en el centro conectado con la caja de escalera.



Figura 3.1.21 Plano estructural de la distribución en planta del edificio de la calle de Mallorca 312 extraído de Cornadó (2015)

Calle de Pau Claris 96

Año de construcción: 1891

Arquitecto: Joaquim Bassegoda

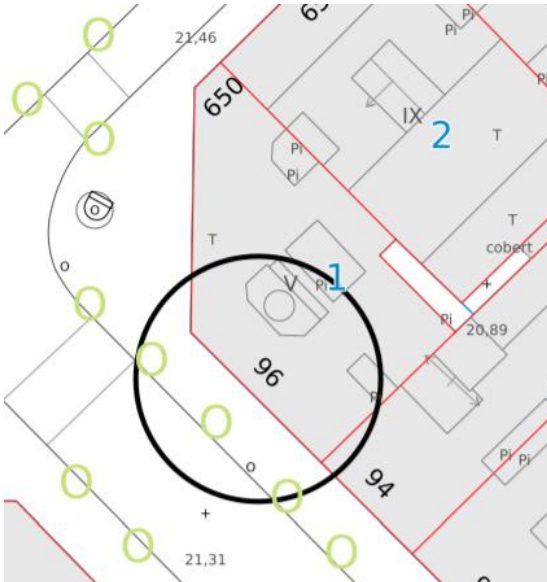


Figura 3.1.22 Plano urbanístico extraído de geo.bcn.cat



Figura 3.1.23 Fachada principal del edificio de la calle de Pau Claris 96

Datos más representativos

- Posición del edificio en chaflán
- El edificio consta de cinco niveles.
- La fachada principal dispone de diez aberturas por cada nivel piso y otras diez en el nivel bajo.
- La caja de escalera está situada en la parte central conectada en el muro paralelo al muro de fachada principal.
- Dos patios interiores se encuentran adosados en las paredes medianeras y otro patio en el cuerpo central.

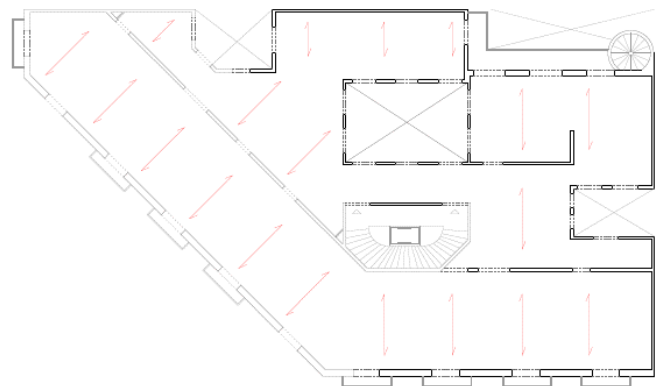


Figura 3.1.24 Plano estructural de la distribución en planta del edificio de la calle de Pau Claris 96 extraído de Cornadó (2015)

Se observa que la configuración estructural de un edificio en chaflán es completamente distinta respecto al que está posicionado en banda. La posición de los muros portantes hace que la distribución de cargas sea totalmente distinta y haya peculiaridades en la construcción del edificio.

3.2 Toma de datos y análisis de información

En este apartado se harán unas comparaciones de muestras similares, pero con algunas diferencias que pueden cambiar la configuración estructural del edificio respecto a la otra.

A continuación, se harán comparaciones de las muestras que tengan el mismo número de pisos. Y a raíz de ahí se comentarán las numerosas diferencias estructurales de todas las muestras seleccionadas.

En primer lugar, en las figuras 3.2.1 y 3.2.2 se aprecian que los tipos de planta son similares, aunque la configuración del cuerpo central es distinta. Con otras palabras, en la planta de la Calle de Aragón la distribución de los patios interiores respecto al cuerpo central no es continua a la pared medianera. En cambio, en la distribución de los patios interiores de la Calle de Aribau hace que sea continua en toda la pared medianera.

A raíz de la construcción de estos patios interiores se tuvo que añadir aberturas para tener buena iluminación y ventilación en la vivienda.

Según Cornadó (2015), una característica peculiar de este tipo de muros del cuerpo central como el edificio de la calle Aribau es que tiene una función portante, ya sea para recoger el envigado de las crujías que vienen perpendiculares a la fachada, como los muros de la caja de escalera o de los muros laterales o medianeros que recogen las crujías una vez girado el sentido de carga. En cambio, los muros de los de la calle Aragón no tienen función portante, sino que únicamente hacen la función de cerramiento a los patios.

Las ubicaciones de las escaleras como se aprecian están en la zona central, pero con una posición relativamente diferente. Además, como se puede observar la única diferencia que hay es el muro transversal interior que sirve para dar una función de traba al conjunto del núcleo de las escaleras.

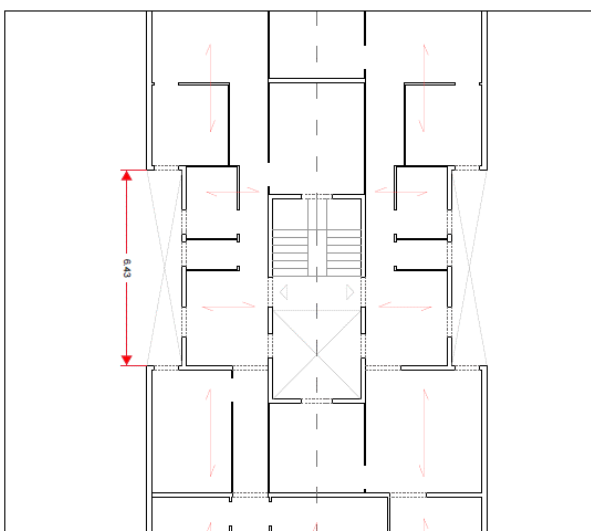


Figura 3.2.1 Detalle cuerpo central del edificio de la calle de Aribau 277

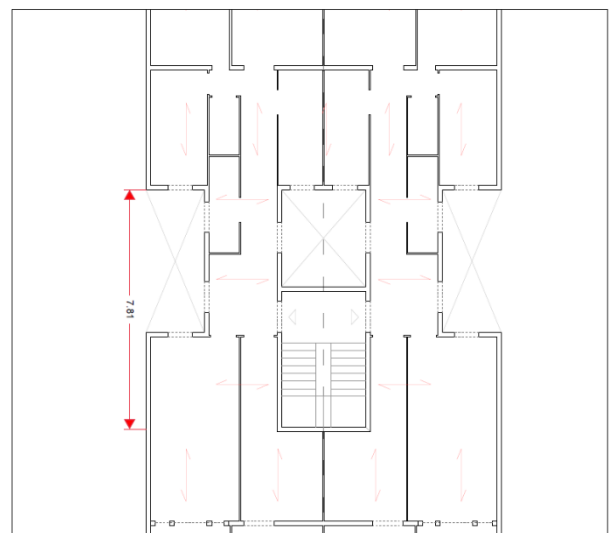


Figura 3.2.2 Detalle cuerpo central del edificio de la calle de Aragón 117

En la segunda comparación de muestras se puede ver en las figuras 3.2.3 y 3.2.4 que en la planta del edificio de la calle Calàbria la distribución de los dos patios interiores laterales es continua

en todo el cuerpo central. De hecho, con la misma distribución que el de la calle Aribau correspondiente a la figura 3.2.1.

En la planta del edificio de la calle de Consell de Cent 362 se aprecia que dispone de bastantes diferencias que en los anteriores planos, pero con la misma particularidad que el de la calle de Aragón. Es decir, las distribuciones de los patios interiores no se representan de forma continua en los laterales, sino que hay una repartición de los patios laterales generando un pliego en los muros de las paredes medianeras.

Se puede observar también que el núcleo de escaleras de la figura 3.2.4 se define un muro transversal interior que dará función de traba al núcleo de escaleras.

Otra característica mencionada anteriormente es que en la figura 3.2.3 al disponer de patios interiores laterales continuos la función de los muros son de muros portantes. En cambio, en la de la figura 3.2.4 no tienen los muros esa función portante, sino que simplemente tienen la función de cerramiento del patio.

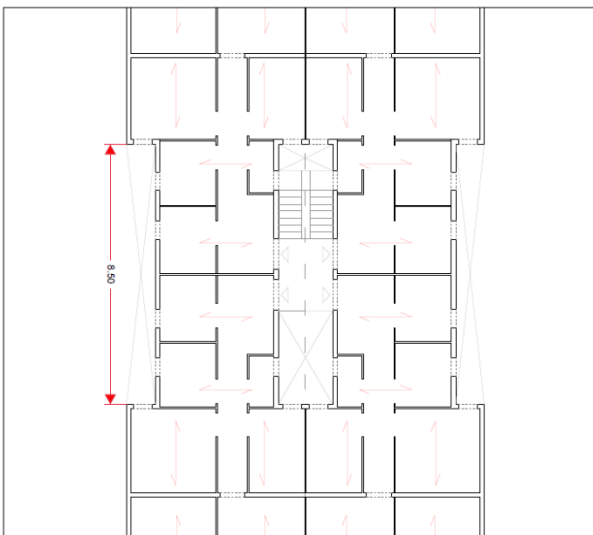


Figura 3.2.3 Detalle del cuerpo central del edificio de la calle Calàbria 207

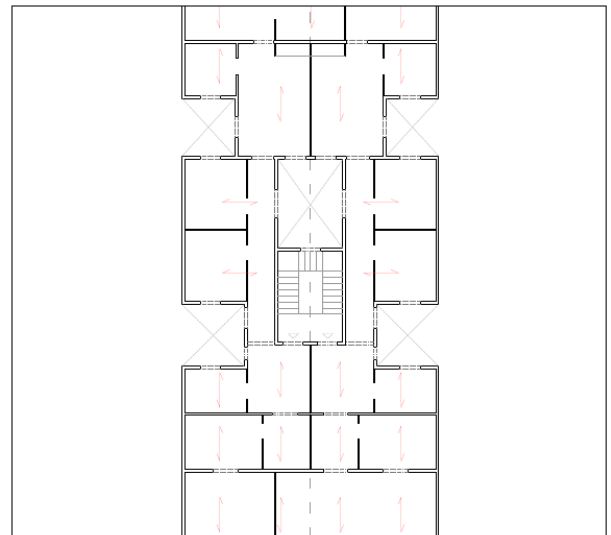


Figura 3.2.4 Detalle del cuerpo central del edificio de la calle de Consell de Cent 362

En el tercer análisis de la tipología de muestras se aprecia que en la figura 3.2.5 tiene la misma configuración estructural que la figura 3.2.4. Simplemente lo que variaría de esas dos muestras es en el número de pisos y en el número de aberturas que pueden disponer en los diversos muros sean exteriores como interiores en ambos edificios.

En la planta de la calle de Girona se aprecia una diferencia notable respecto a las demás muestras, dando lugar a la reducción del ancho de parcela. Como consecuencia de esta reducida anchura cabe destacar que, al no disponer de suficiente espacio, la distribución de los patios interiores y del núcleo de escaleras está ubicada en la parte lateral del edificio modificando completamente la configuración estructural de las plantas de las anteriores muestras.

Cabe añadir que en ambos núcleos de escalera de cada planta disponen de muros transversales interiores.

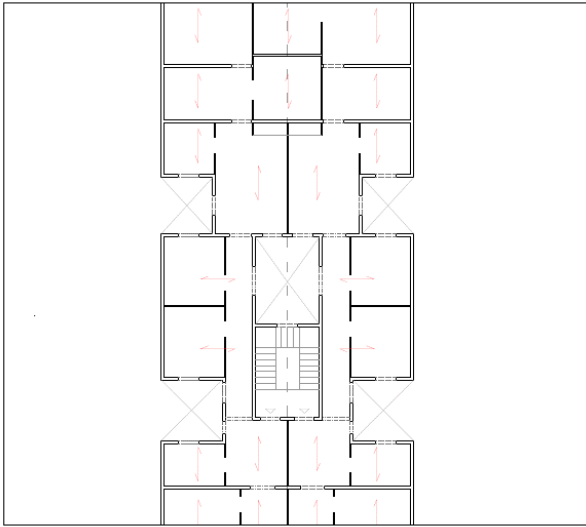


Figura 3.2.5 Detalle cuerpo central del edificio de la calle Consell de Cent 364



Figura 3.2.6 Detalle cuerpo central del edificio de la calle Girona 65

Seguidamente se compararán dos muestras de edificios que se encuentran ubicados en chaflán con el fin de introducirse en una tipología de edificios que no se ha visto con la misma frecuencia que en los edificios posicionados en banda.

Se puede observar que en ambos casos el sentido del envigado se mantiene perpendicular a la fachada, y se disponen de muros paralelos a la fachada dando la forma al giro de la esquina.

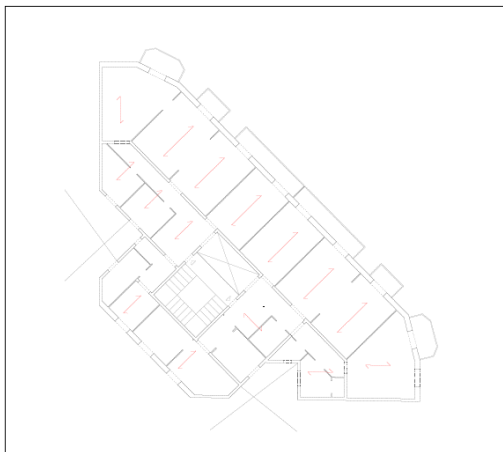


Figura 3.2.7 Planta tipo calle Mallorca 312

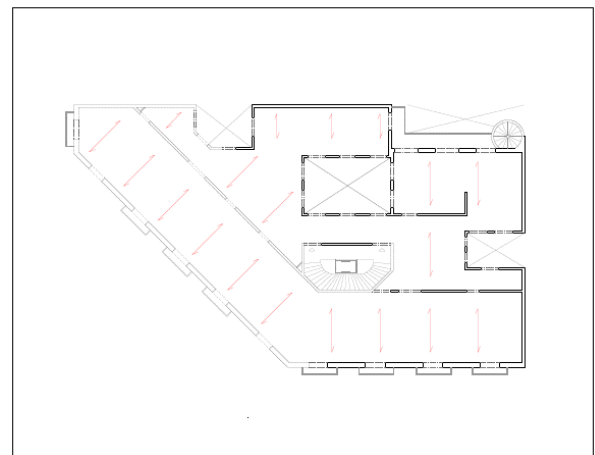


Figura 3.2.8 Planta tipo calle Pau Claris 96

CAPÍTULO 4 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS LÍMITE CINEMÁTICO

El objetivo de este capítulo como se ha explicado detalladamente en el capítulo 2, trata de analizar el comportamiento de la fachada frente a una acción sísmica. Principalmente se definirán los mecanismos que se identifican, y se elegirán los más representativos de las muestras seleccionadas. Se definirán también los espectros de respuesta de las 2 normativas que se van a aplicar, seguidamente obtendremos mediante un procedimiento también explicado en el capítulo 2 de la curva de capacidad. Con estos dos términos obtenidos se podrá saber el punto de desempeño de cada muestra, y de ese modo saber el nivel de daño alcanzado del sismo sobre la fachada principal, y la vulnerabilidad que puede sufrir la estructura del edificio.

4.1 Identificación de los posibles casos de mecanismos de colapso

En este apartado como se ha especificado anteriormente se pretende identificar y clasificar los diferentes mecanismos de colapso que se podrían generar en las fachadas principales de cada muestra de edificio. Cada mecanismo asociado al elemento de estudio (macro-elemento), que en este caso será la fachada principal, tendrá un comportamiento distinto dependiendo de los elementos en los cuales contribuyan en la acción del mecanismo.

A continuación, se clasificarán los mecanismos más representativos de todos lo que se identifiquen y que puedan generarse en la fachada principal frente a una acción sísmica.

Identificación de los posibles mecanismos de colapso

- Vuelco de la fachada principal
- Vuelco parcial de la fachada principal
- Vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales
- Vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales
- Vuelco de la banda vertical de la fachada principal
- Vuelco de la parte superior del último nivel
- Vuelco del último nivel con los dos paneles laterales
- Fallo en esquina de fachada
- Deslizamiento de fachada principal

De los mecanismos identificados se elegirán para el análisis los que se definirán seguidamente. A priori no se sabría cuál de ellos sería el predominante, de esa manera elegiremos los más representativos y se analizará cuál tendría un efecto más negativo frente a una acción sísmica.

Selección de los mecanismos de colapso más representativos

- Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal
- Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal
- Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales
- Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales
- Mecanismo 5: Vuelco de la fachada principal por rotura diagonal
- Mecanismo 6: Vuelco de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral

- Mecanismo 1 y mecanismo 2: vuelco de la fachada principal total o parcial

El vuelco de la fachada principal es debido a la poca o insuficiente conexión que hay con los muros transversales medianeros considerando estable el nivel del suelo. También podría ser generado por la debilidad de la estructura por causa de numerosos asientos diferenciales que provocan el debilitamiento de las propiedades resistentes de la estructura.

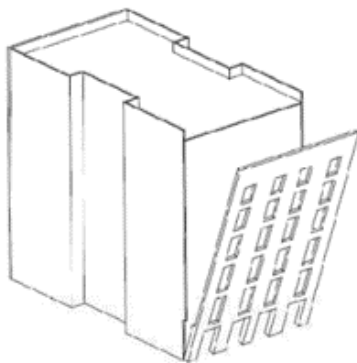


Figura 4.1.1 Mecanismo 1: vuelco total de fachada principal

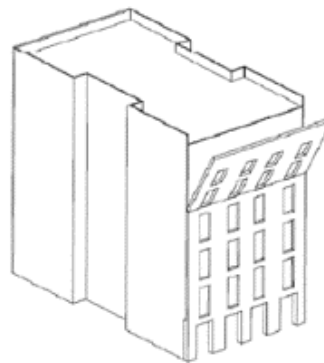


Figura 4.1.2 Mecanismo 2: Vuelco parcial de fachada principal

- Mecanismo 3 y mecanismo 4: Vuelco de la fachada principal total o parcial con los dos paneles laterales

En este mecanismo consiste en la conexión de los muros transversales medianeros con la fachada principal.

Se puede apreciar el ángulo de la inclinación de 15° entre el borde vertical de la fachada y el plano de fallo de los muros ortogonales.

Este ángulo de inclinación depende de varios factores que deberán considerarse para evitar la activación de dicho mecanismo. Puede depender de:

- La fuerza de enlazamiento adecuada y peso específico entre unidades
- Propiedades mecánicas de la obra de fábrica de ladrillo
- Características geométricas del tamaño de los bloques
- La altura media de los niveles

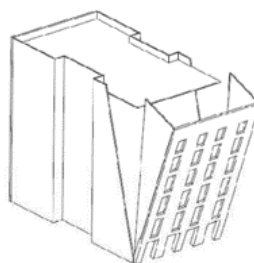


Figura 4.1.3 Mecanismo 3: Vuelco total de fachada principal con los dos paneles laterales

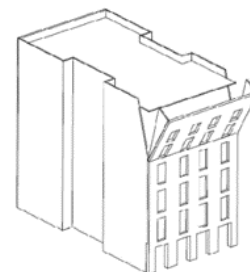


Figura 4.1.4 Mecanismo 4: Vuelco parcial de fachada principal con los dos paneles laterales

- Mecanismo 5: Vuelco de la fachada principal con rotura diagonal

Este tipo de mecanismo consiste en el vuelco parcial de la fachada fuera de plano. Esta rotura que se produce de forma diagonal va siguiendo las aberturas de la fachada formando un ángulo hasta llegar al nivel del suelo. Esto puede ser debido por la mala conexión que hay en los diferentes niveles de la fachada con los muros transversales, y también por unas características insuficientes y pobres de la obra de fábrica. Suele comenzar la rotura desde unos niveles elevados.

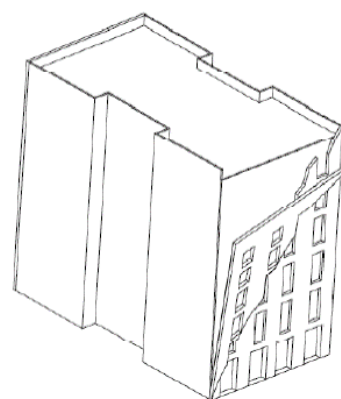


Figura 4.1.5 Mecanismo 5: vuelco parcial de fachada principal por rotura diagonal

- Mecanismo 6: vuelco de la fachada principal con rotura diagonal con panel lateral

Este mecanismo es similar al mecanismo anterior, pero en este caso la fachada viene conectada con la pared medianera. Se puede intuir en este mecanismo que la conexión de la fachada con los muros transversales es buena. Se aprecia que el ángulo de rotura a lo largo de muro transversal se asumió 15° con respecto al borde de la fachada principal como se ha podido ver en el mecanismo 1. Cabe destacar que los mecanismos de vuelcos de fachadas sin las paredes laterales pueden ser mucho más sensibles debido a esta mala calidad en la conexión entre elementos.

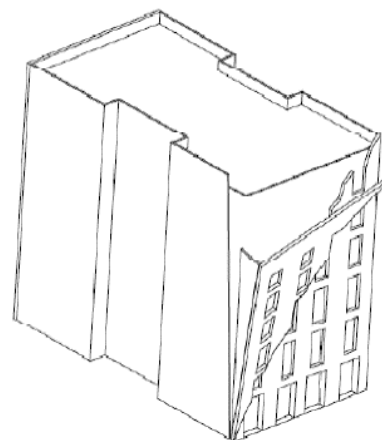


Figura 4.1.6 Mecanismo 6: vuelco parcial de fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral

A continuación, después de definir y resumir de forma breve los mecanismos de colapso seleccionados se aplicará el método de análisis límite cinemático para estudiar en profundidad el macro-elemento, que es la fachada principal de cada muestra a través de los diversos mecanismos que se han elegido.

4.2 Análisis límite cinemático de las muestras seleccionadas

Principalmente, en este apartado se comenzarán a definir los espectros de respuesta de la normativa española (NCSR-02) y de la europea (Eurocode 8). Para ello, se ha tenido que leer cada una de ellas para obtener los parámetros específicos de los espectros de respuesta. Se ha tenido que considerar el peligro sísmico de la zona del Ensanche para la determinación de unos factores que influyen notablemente en algunos términos.

Seguidamente se expondrá detalladamente los procesos para la obtención de espectro de respuesta y su transformación hacia el espectro de demanda de ambas normativas. Para finalizar el apartado 4.2.1 se representará gráficamente la comparación de los espectros de cada tipo de suelo de las dos normativas.

Después de obtener los espectros de demanda, en el apartado 4.2.2 se llevarán a cabo las representaciones de las curvas de capacidad de cada edificio con su correspondiente mecanismo de colapso.

4.2.1 Espectros de respuesta

En primer lugar, se detallará el cálculo del espectro de respuesta aplicando los valores de la normativa española (NCSR-02).

Para hallar la ecuación 2.3.17 de la aceleración sísmica de cálculo como se explicó en el capítulo 2 se ha de tener en cuenta el coeficiente de amplificación del terreno S , el coeficiente de riesgo adimensional ρ tomando un valor de construcción de importancia normal igual a 1, y la aceleración sísmica básica a_b .

En este caso Barcelona corresponde con un $a_{g,r}=0.04$. Por lo tanto, $a_b=0.04g$. Con saber este valor ya resulta posible calcularse el coeficiente de amplificación S .

Un parámetro también relevante para el cálculo es el coeficiente del terreno C . Este factor depende del tipo de terreno, y de la velocidad de propagación de las ondas de cizalla.

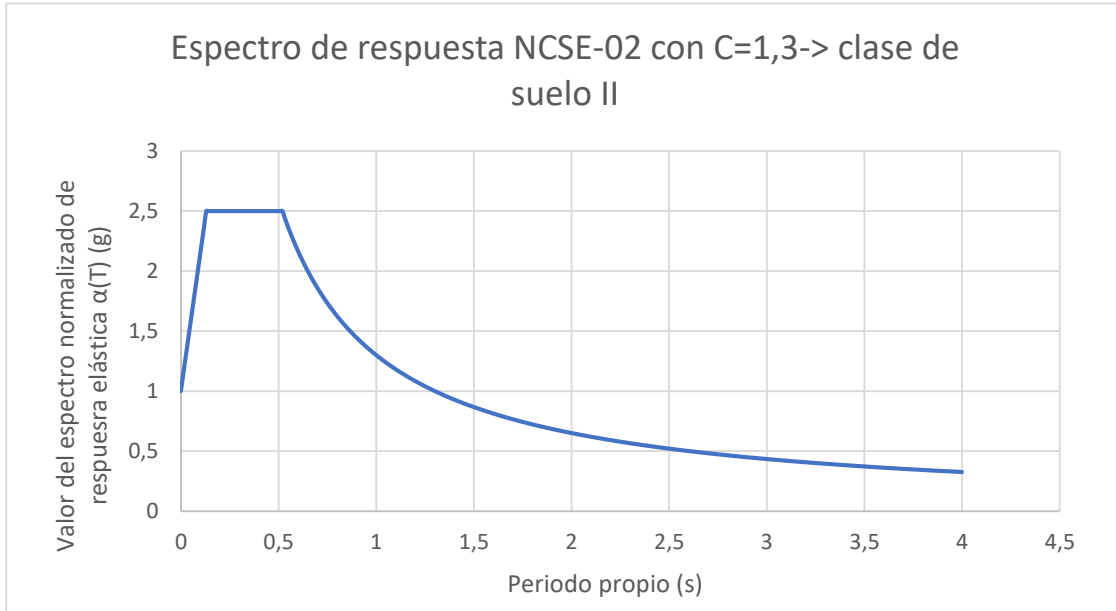
En este caso en la zona de Barcelona no estaba tan claro qué tipo de terreno podría corresponder, por lo que se ha optado por analizar dos tipos de suelo: tipo de suelo II y el tipo de suelo III considerando la zona geográfica del distrito del Ensanche y la velocidad de propagación.

Como se ha detallado en el capítulo 2, después de saber qué tipos de suelo consta nuestra zona se tuvo que escoger el rango específico de velocidades de propagación para cada suelo correspondiente. En este caso se habría escogido los rangos siguientes:

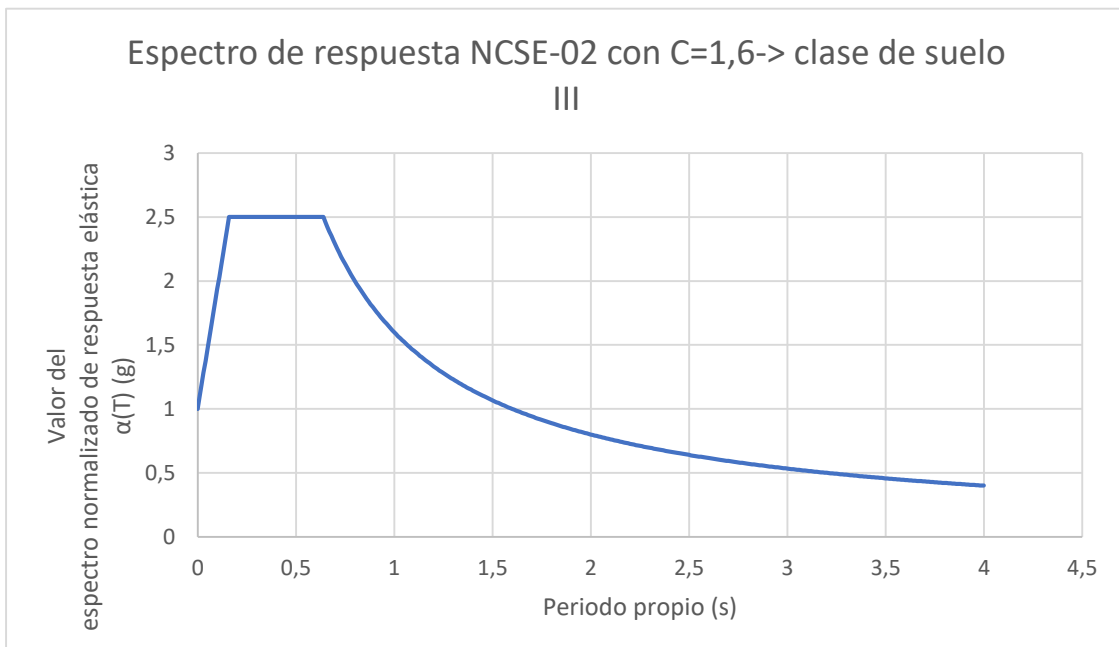
- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400 \text{ m/s}$.
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$.

A partir de aquí, se elegiría el tipo de terreno con su correspondiente coeficiente de terreno en la tabla 2.3.1. Para un tipo de terreno II el coeficiente de terreno C es 1,3. Mientras que para un tipo de terreno III el coeficiente de terreno es 1,6.

A continuación, se representarán los espectros de respuesta para ambos suelos utilizando las ecuaciones 2.3.21, 2.3.22 y 2.3.23 del capítulo 2 del estado de conocimiento.



Gráfica 4.2.1 Espectro de respuesta con normativa NCSE02 con C=1,3



Gráfica 4.2.2 Espectro de respuesta con normativa NCSE02 con C=1,6

Una vez determinado el espectro de respuesta se hace la transformación que relaciona el espectro de aceleración y el periodo propio hacia un formato que relaciona el espectro de

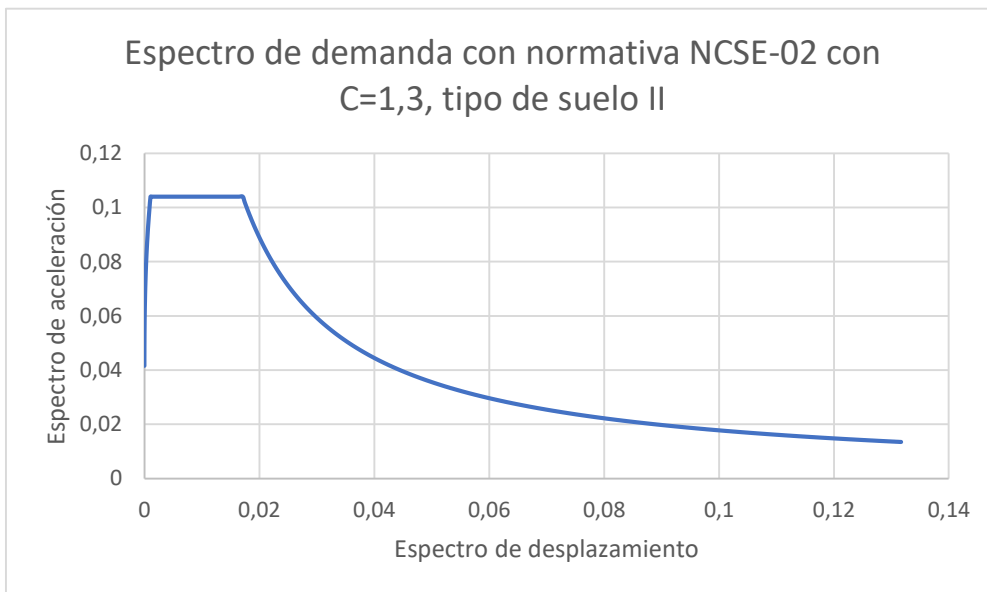
aceleración y el espectro de desplazamiento. De ese modo, se definiría el espectro de respuesta aceleración-desplazamiento o simplemente demanda espectral.

Con la ecuación siguiente se haría la transformación a un formato de espectro de aceleración y espectro de desplazamiento.

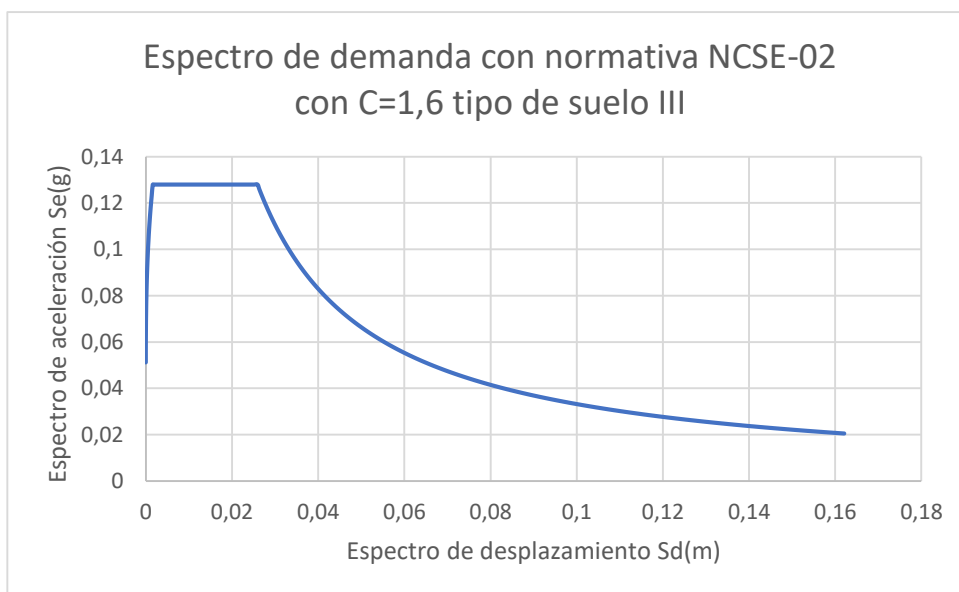
$$S_d = S_a \cdot \left(\frac{T^2}{4 \cdot \pi^2} \right)$$

Ecuación 4.2.1

Seguidamente se representarán los espectros de demanda de ambos suelos:



Gráfica 4.2.3 Espectro de demanda con normativa NCSE02 con C=1,3



Gráfica 4.2.4 Espectro de demanda con normativa NCSE02 con C=1,6

En segundo lugar, se definirán los espectros de respuesta correspondientes a la normativa del Eurocódigo 8.

El proceso es similar al de la normativa española, pero tiene ligeras diferencias a la hora de calcular los espectros elásticos de respuesta normalizados para cada rango de periodo propio.

Como se observó en el capítulo 2, en la aplicación del Eurocódigo 8 se han tenido que utilizar otros términos para obtener los parámetros en comparación con la normativa española NCSE-02.

Primero de todo se escogieron las clases de terreno de la zona del Ensanche de la lista expuesta en la Norma, que corresponden a las clases B' y C.

Clase de terreno	S	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)
A	1.00	0.05	0.25	1.20
B	1.35	0.05	0.25	1.20
B'	1.20	0.05	0.35	1.20
C	1.50	0.10	0.30	1.20
D	1.60	0.10	0.30	1.20
E	1.80	0.05	0.20	1.20

Tabla 4.2.1 Parámetros correspondientes a la clase de terreno de la zona de estudio

Clasificación litológica	Velocidad de cizalla V _s (m/s)
Roca dura (HR)	> 800
Roca blanda y suelo duro (SR)	360 - 800
Suelo blando (SS)	180 - 360
Suelo muy blando (VSS)	< 180

Tabla 4.2.2 Clasificación de suelos y las velocidades de propagación asociadas a cada tipo de suelo

Como se puede apreciar, a raíz de la selección de la clase de terreno se obtiene el coeficiente de amplificación S y los periodos característicos T_B, T_C y T_D.

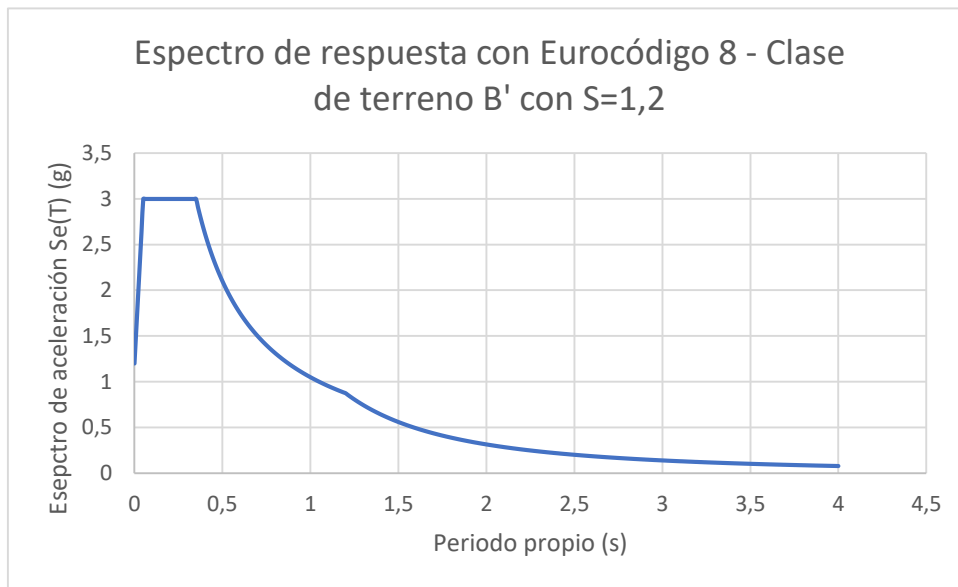
Posteriormente, en la ecuación 4.2.2 se calcularía el factor de corrección por amortiguamiento, que al ser el amortiguamiento del 5% se tomaría como 1.

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{(5 + \xi)}} \geq 0,55\eta$$

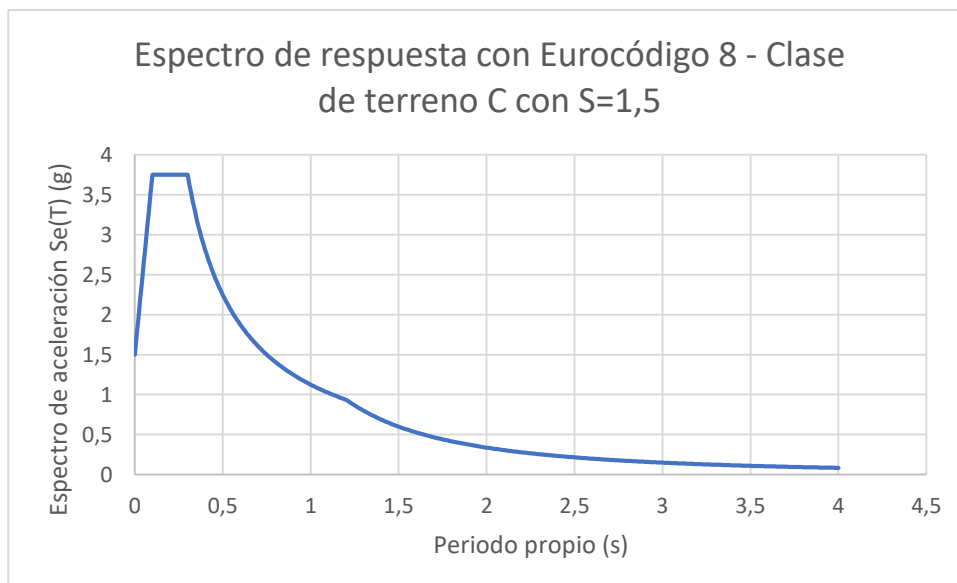
Ecuación 4.2.2

Una vez obtenidos los parámetros necesarios, ya se podría realizar el cálculo de cada término de valor de espectros elásticos de respuesta en aceleración normalizados para cada rango de periodos propios en las ecuaciones 2.3.28, 2.3.29, 2.3.30 y 2.3.31 del capítulo 2 del estado de conocimiento.

Seguidamente al calcular cada término se definirán gráficamente los espectros de respuesta para cada suelo correspondiente.

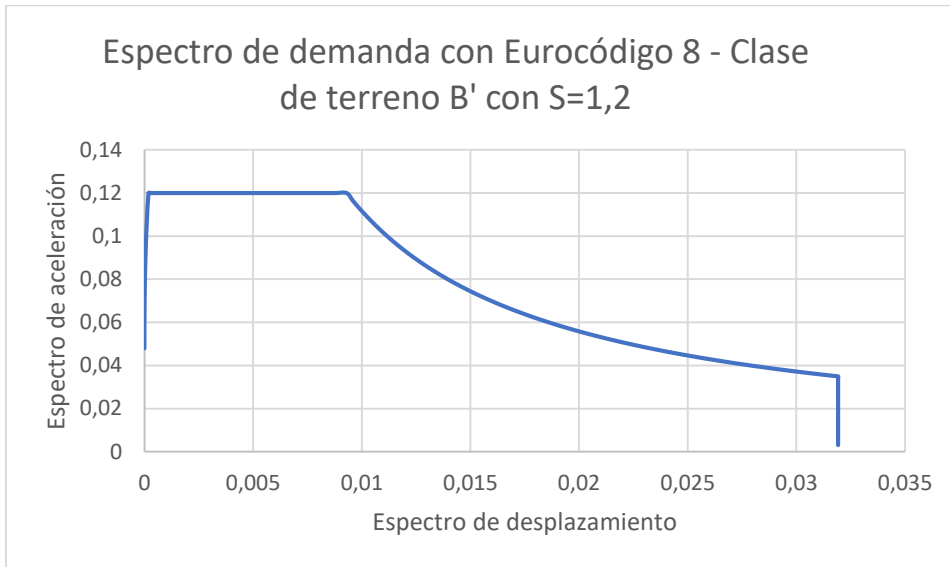


Gráfica 4.2.5 Espectro de respuesta con Eurocódigo-8 con S=1,2

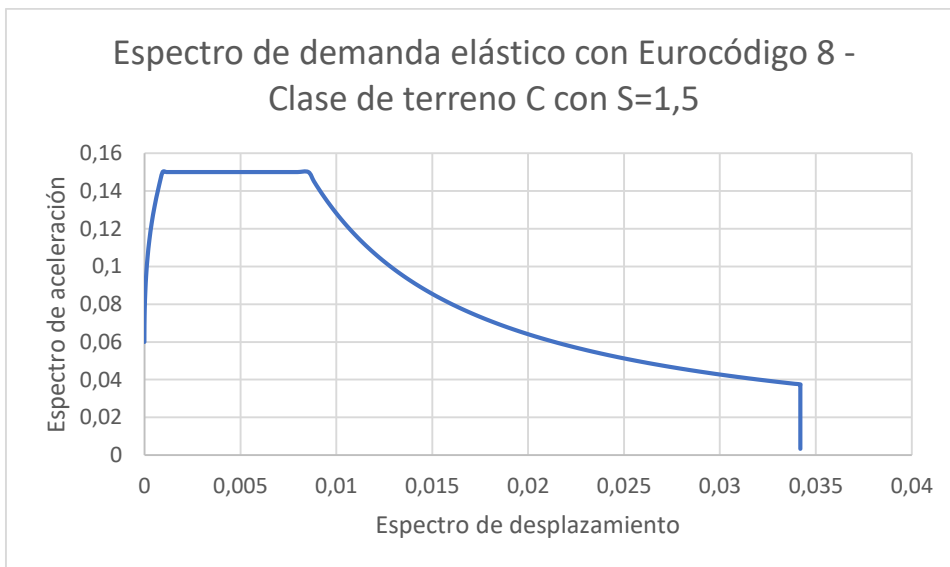


Gráfica 4.2.6 Espectro de respuesta con Eurocódigo-8 con S=1,5

A continuación, de forma similar como se hizo en la normativa española NCSE-02, se hará una transformación de espectro de respuesta a espectro de demanda, y se verá el comportamiento gráficamente dependiendo de la aceleración y el desplazamiento utilizando la expresión 4.2.1.

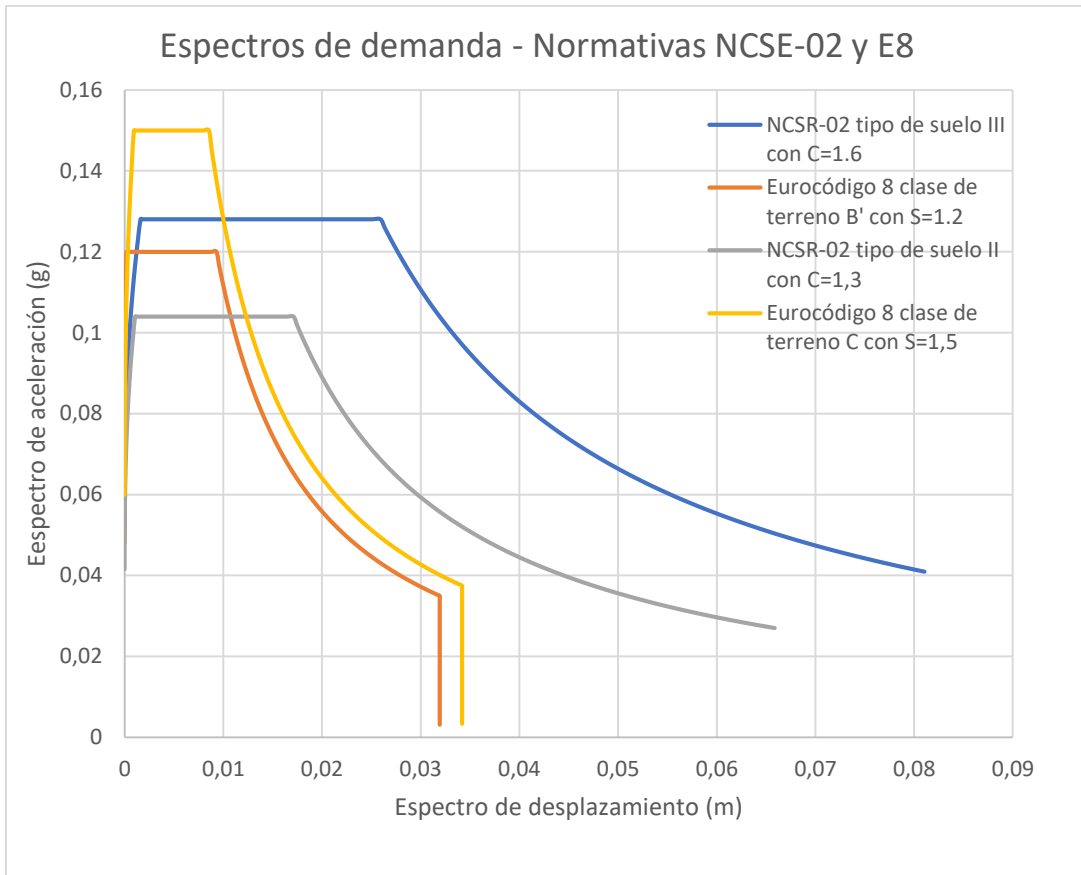


Gráfica 4.2.7 Espectro de demanda con Eurocódigo-8 con S=1,2



Gráfica 4.2.8 Espectro de demanda con Eurocódigo-8 con S=1,5

Después de mostrar ambos registros de demanda espectral de la acción sísmica en las zonas correspondientes al Ensanche, se representará gráficamente la combinación de los espectros de demanda de ambos suelos. De ese modo, se podrá ver con detalle que diferencias se obtienen.



Gráfica 4.2.9 Combinación de espectros de demanda de ambas normativas (NCSE02 y Eurocódigo-8)

4.2.2 Curvas de capacidad

En este apartado después de definir los espectros de respuesta de ambas normativas se podrán definir las curvas de capacidad de cada edificio elegido a partir de los mecanismos de colapso identificados que se generan en el macro-elemento de estudio, que viene siendo la fachada principal.

Por lo tanto, en cada edificio se irán obteniendo los parámetros representativos con el fin de elaborar una curva de capacidad, y de esa manera intersecarla con los espectros de demanda definidos. Posteriormente se definirán los puntos de desempeño que se han calculado aplicando el método A (N2) con la determinación de los distintos grados de daño que puede llegar a sufrir la estructura dependiendo de cada situación.

Se irá clasificando cada edificio definiendo en cada mecanismo el comportamiento que se puede producir a partir de las curvas de capacidad. Además, se podrá visualizar de algún modo la capacidad sísmica del edificio dependiendo de qué mecanismo se ocasione en el momento. También se definirán los puntos de desempeño de cada suelo de ambas normativas, con el fin de saber hasta qué punto se vería modificada la estructura por un efecto de daño causado por el sismo.

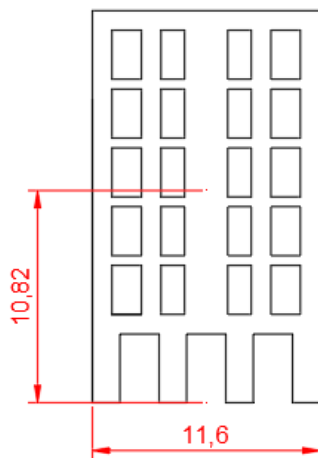
Cada mecanismo al comportarse de diferente manera se podrá ver con detalle con representaciones gráficas de estas curvas con sus puntos de desempeño calculados. Por otra parte, para saber el nivel de daño que se puede producir, habrá que delimitar los grados de daño con el objetivo de conocer la vulnerabilidad sísmica del edificio de estudio.

A continuación, se mostrarán las gráficas más representativas que representan las curvas de capacidad y los puntos de desempeño de cada suelo, con la finalidad de determinar el grado de daño de la estructura frente a la acción sísmica. Las demás gráficas relacionadas con la curva espectral/curva de capacidad se podrán ver con más detalle en el anejo de cálculos.

4.2.2.1 Fachada de la calle Aragón 277

Esta fachada como se ha explicado en capítulos anteriores consta de 6 niveles como se puede observar en la figura 4.2.1. En este capítulo no se hará una descripción de cada fachada porque ya se explicó en el subapartado 3.1 del capítulo 3, sino una representación de todas las muestras sobre las capacidades sísmicas en comparación con las demandas sísmicas con la finalidad de representar la vulnerabilidad sísmica de la muestra en cada mecanismo que se ha identificado.

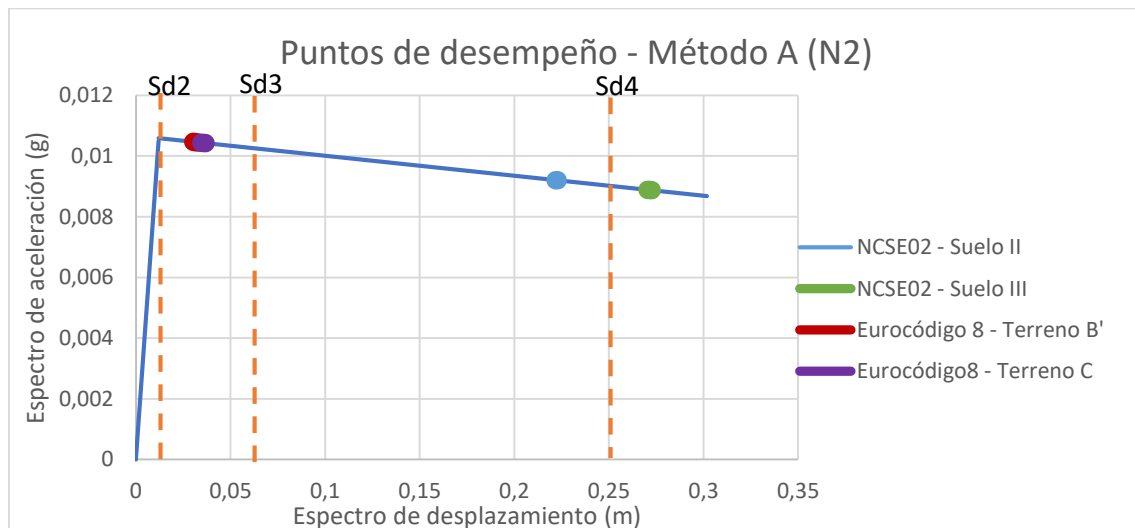
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,00833
sd2	0,0119
sd3	0,072225
sd4	0,2532

Tabla 4.2.3 Grados de daño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Aragón 277

Figura 4.2.1 Mecanismo 1 del edificio de la calle Aragón 277



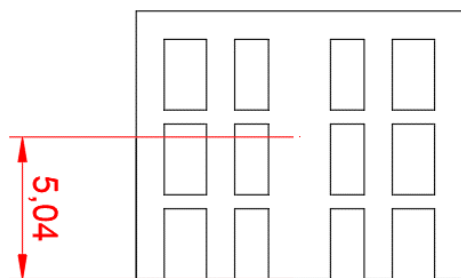
Gráfica 4.2.10 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle de Aragón 277

Como se puede observar el Eurocódigo-8 está posicionados en un grado de daño moderado, es decir los elementos de la fachada serían ligeramente vulnerables frente al sismo. En cambio, en

la normativa española es determinante, ya que el suelo más resistente como era de esperar está en un grado de daño inferior al del suelo más blando.

Por ese motivo, el punto de desempeño de la NCSE02 tendrá un grado de daño intenso/muy fuerte.

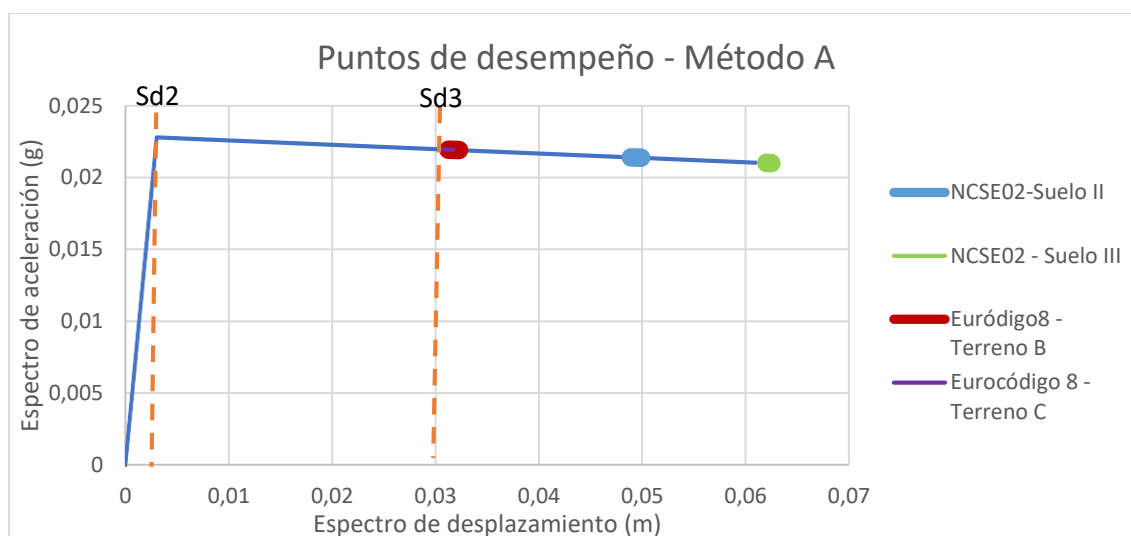
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0014112
sd2	0,002016
sd3	0,030362
sd4	0,1154

Tabla 4.2.4 Grados de daño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Aragón 277

Figura 4.2.2 Mecanismo 2 del edificio de la calle Aragón 277

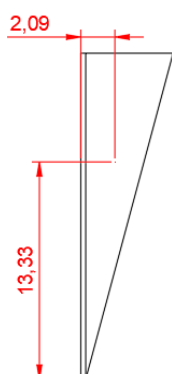


Gráfica 4.2.11 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle de Aragón 277

En la gráfica 4.2.11 se ve que en el mecanismo de vuelco parcial de la fachada de los últimos 3 pisos el punto donde comienza la rama descendiente cae en una aceleración sísmica mayor que un vuelco total de fachada de la gráfica 4.2.10.

En cuantos a los puntos de desempeño de ambas normativas de este mecanismo se posicionan en un grado intenso de daño estructural. Es decir, tienen un grado de vulnerabilidad sísmica alto, por lo que tienden a sufrir fácilmente las estructuras frente al sismo con este tipo de mecanismo. Los puntos de desempeño del Eurocódigo8 están en una zona con una vulnerabilidad más baja. Por tanto, no les afectaría tanto como los de la normativa española.

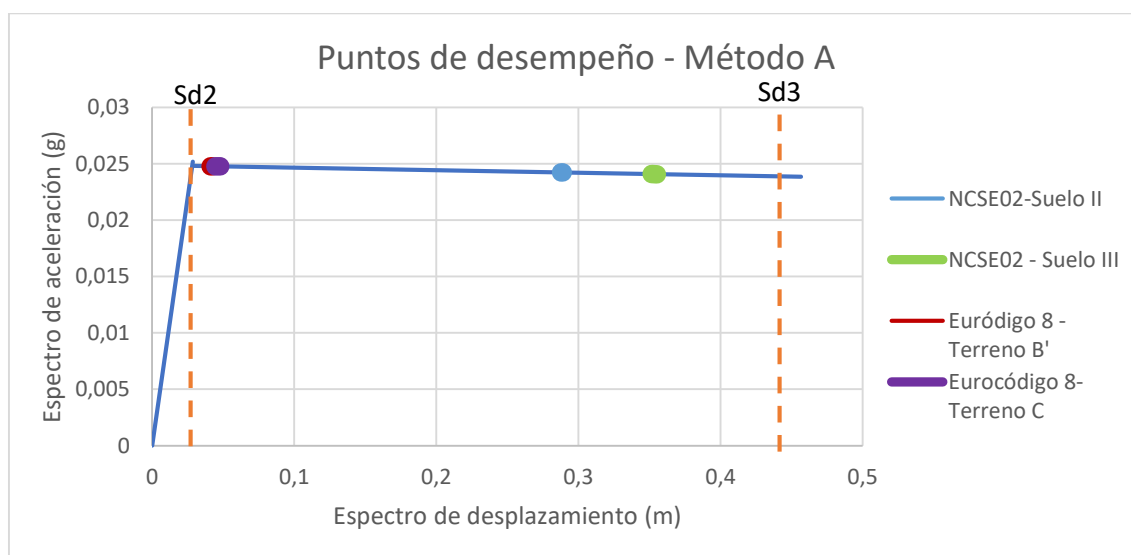
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,01995
sd2	0,0285
sd3	0,441
sd4	1,6785

Tabla 4.2.5 Grados de daño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Aragón 277

Figura 4.2.3 Mecanismo 3 del edificio de la calle Aragón 277



Gráfica 4.2.12 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle de Aragón 277

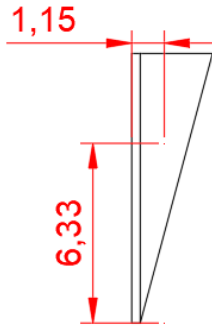
Se puede apreciar en la gráfica 4.2.12 que este mecanismo de vuelco total de fachada principal con los dos paneles laterales dispone de una gran resistencia respecto a los vuelcos de fachada principal.

Esta resistencia como se comentó en el subcapítulo 4.1 sobre los mecanismos de colapso del capítulo 4, es debida a la gran conexión que hay entre la fachada y el muro transversal posicionado en los extremos de la fachada.

Gracias a estas características del mecanismo se pueden permitir unas aceleraciones sísmicas mayores, aunque éstas no determinen el comportamiento final. Además, también permiten unos grandes desplazamientos en el momento que se active este mecanismo.

En este caso, por el hecho de resistir mejor al sismo que los mecanismos 1 y 2, en ambas normativas se sitúan en un grado de daño inferior. En el caso del Eurocódigo-8 están representados en la zona límite de la rama elástica ascendente. Por tanto, la vulnerabilidad sería baja en este aspecto. En cambio, los suelos de la norma española están representados en una zona de daño sísmico moderado. Por lo que se ha observado que en estas condiciones la estructura no se vería tan modificada por el efecto de daño que causaría el sismo.

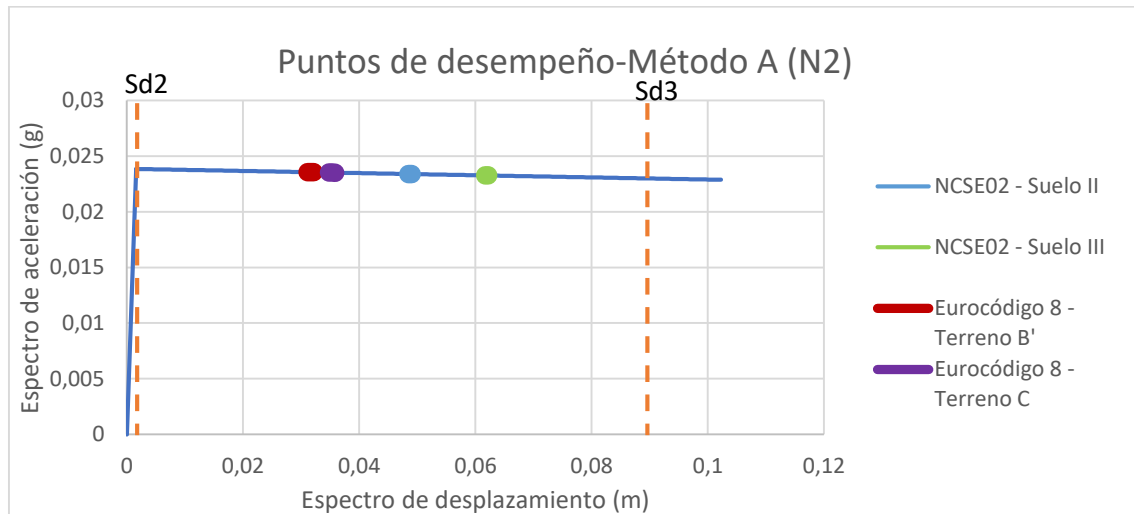
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,001106
sd2	0,00158
sd3	0,094185
sd4	0,372

Tabla 4.2.6 Grados de daño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Aragón 277

Figura 4.2.4 Mecanismo 4 del edificio de la calle Aragón 277

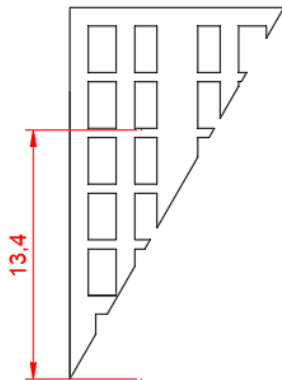


Gráfica 4.2.13 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle de Aragón 277

En la gráfica 4.2.13 se puede ver la similitud de las características del mecanismo 2 de la gráfica 4.2.11. Sin embargo, en este mecanismo predomina la altura de la fachada que es inferior, por lo que tendrá menos duración en la rama elástica. Tiene menos duración, pero como se ha comentado resistirán a unas aceleraciones sísmicas mayores a la de un mecanismo de vuelco de fachada principal sin paneles laterales. Aunque esto no desencadenará grandes problemas ya que, las aceleraciones sísmicas no caracterizan el comportamiento final del edificio frente a la acción sísmica, sino el desplazamiento máximo de los puntos de desempeño en los distintos grados de daño.

En cuanto a los puntos de desempeño, en ambas normativas pertenecen a un grado de daño moderado, que comparado con el mecanismo 2, tiene más capacidad sísmica porque como se aprecia en la gráfica 4.2.11 los puntos de desempeño están situados en un grado de daño intenso. Por tanto, con el mecanismo 4 las estructuras no se verían tan afectadas como en el mecanismo 2 de fachada parcial sin paneles laterales.

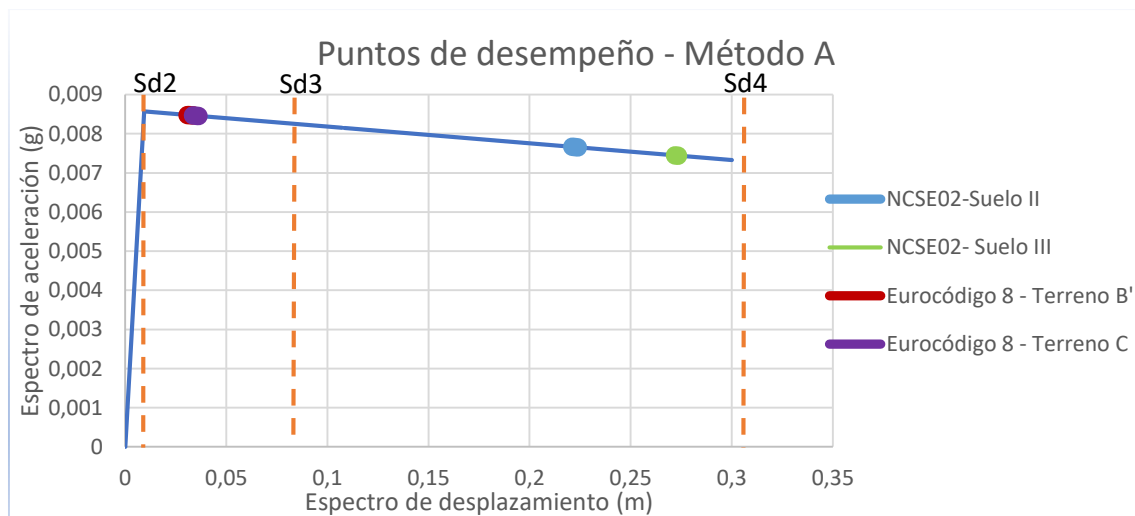
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Grados de daño	(m)
sd1	0,006566
sd2	0,00938
sd3	0,084535
sd4	0,31

Tabla 4.2.7 Grados de daño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Aragón 277

Figura 4.2.5 Mecanismo 5 del edificio de la calle Aragón 277



Gráfica 4.2.14 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle de Aragón 277

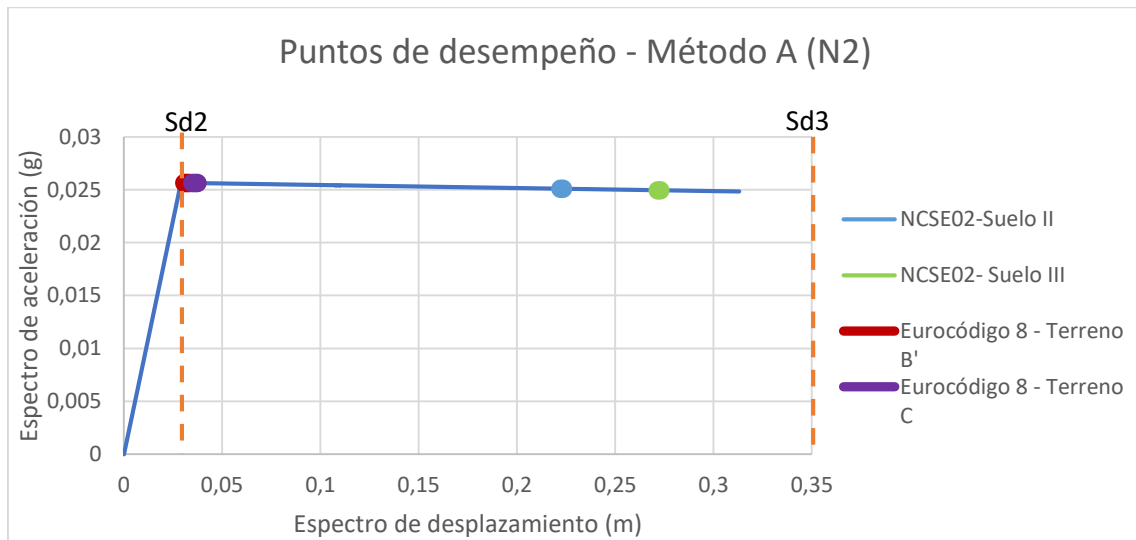
En la gráfica 4.2.14 la estructura alcanza el límite de la rama elástica a una aceleración inferior a la del vuelco total de fachada principal. Con un sismo que no sea muy importante puede activarse el mecanismo. A pesar de ello, en cuanto a los grados de daño permitirá un desplazamiento último de la estructura superior al del vuelco total de la fachada principal, como se observa en la gráfica 4.2.10. Este hecho hace que favorezca la capacidad de la estructura del mecanismo 5 a desplazarse a una distancia superior a la del mecanismo 1.

Se puede ver en la gráfica 4.2.14 que los puntos de desempeño del eurocódigo-8 corresponden a un grado de daño moderado, mientras que los puntos de desempeño de la norma sismorresistente española están una zona de grado de daño intenso.

Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral

Grados de daño	(m)
sd1	0,02058
sd2	0,0294
sd3	0,35955
sd4	1,35

Tabla 4.2.8 Grados de daño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Aragón 277



Gráfica 4.2.15 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle de Aragón 277

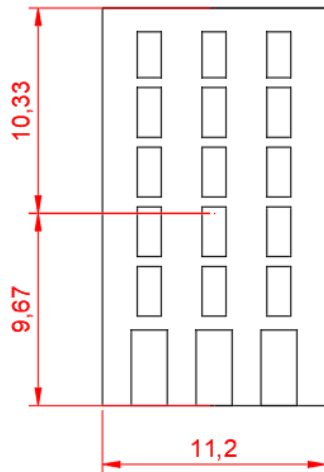
El mecanismo de la gráfica 4.2.15 es similar al anterior, pero conectando una parte de fachada con 1 panel lateral. Esta conexión entre elementos lo que hace es proporcionar más capacidad sísmica. Se aprecia que, en comparación al mecanismo 5 al tener más capacidad sísmica tiene más dificultad para que la estructura se vea afectada.

Los puntos de desempeño del Eurocódigo8 pertenecen a un grado de daño moderado, mientras que los suelos de la normativa sismorresistente española se acercan a un grado de daño moderado. Se aprecia también que en las estructuras de la NCSE02 serán más vulnerables que las estructuras correspondientes al Eurocódigo-8 por estar en un límite de grado de daño ligero.

4.2.2.2 Fachada de la calle Aribau 117

En este edificio de la calle Aribau 117 como se comentó consta de 3 huecos en cada nivel con un ancho de 11,2 metros. Comparado con el anterior edificio le hace ser más estrecho, pero con la misma altura. Posteriormente se podrá observar que diferencias pueden aparecer debido a estas peculiaridades.

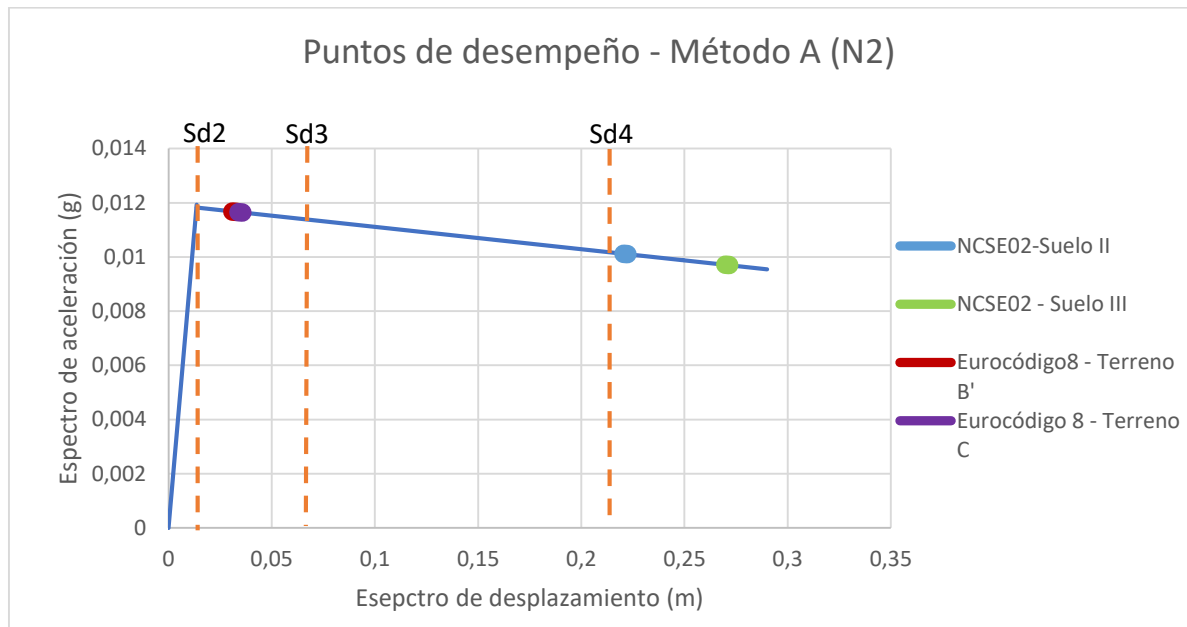
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0094766
sd2	0,013538
sd3	0,0676535
sd4	0,23

Tabla 4.2.9 Grados de daño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Aribau 117

Figura 4.2.6 Mecanismo 1 del edificio de la calle Aribau 117

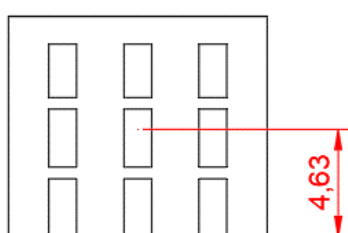


Gráfica 4.2.16 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle de Aribau 117

En la gráfica 4.2.16 comparado con el mecanismo 1 del edificio de la calle Aragón (véase gráfica 4.2.10), puede alcanzar con mismos desplazamientos, unos grados de daño inferiores. De ese modo, le hace tener más capacidad resistente frente al sismo.

Por tanto, los puntos de desempeño del eurocódigo-8 se sitúan en un grado de daño moderado con una baja vulnerabilidad sísmica. En cambio, se puede apreciar una diferencia importante respecto a la NCSE02 que pertenecen a un grado de daño será muy fuerte. Por lo que, en estos últimos, sus estructuras tendrán un desempeño muy grande frente a la acción sísmica.

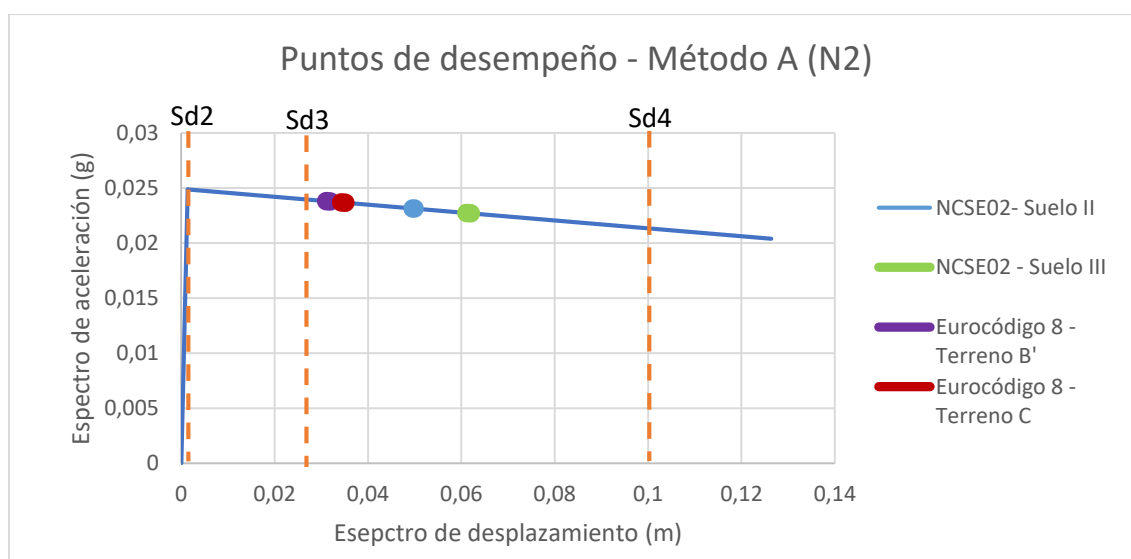
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



Grados de daño	(m)
sd1	0,0009723
sd2	0,001389
sd3	0,02729175
sd4	0,105

Figura 4.2.7 Mecanismo 2 del edificio de la calle Aribau 117

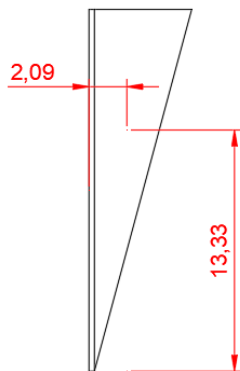
Tabla 4.2.10 Grados de daño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Aribau 117



Gráfica 4.2.17 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle de Aribau 117

Como se puede ver en la gráfica 4.2.17 comparado con el mecanismo 2 del edificio de la calle Aragón (véase gráfica 4.2.11), en ambas normativas se comportan de forma similar, pero la posición de sd3 es ligeramente inferior. Lo que significa que los puntos de desempeño de este edificio en el mecanismo dado pueden alcanzar antes un nivel de daño intenso. Pero, tienen una ligera diferencia en la vulnerabilidad sísmica, es decir en cuanto a la vulnerabilidad no habría diferencias notables.

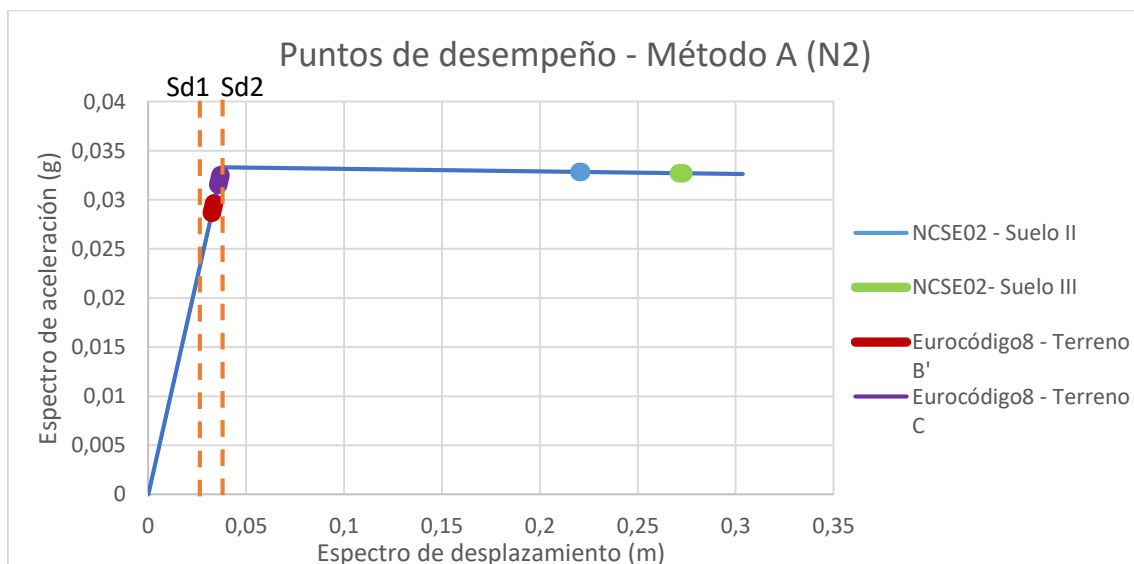
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,02656255
sd2	0,0379465
sd3	0,51445988
sd4	1,944

Tabla 4.2.11 Grados de daño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Aribau 117

Figura 4.2.8 Mecanismo 3 del edificio de la calle Aribau 117

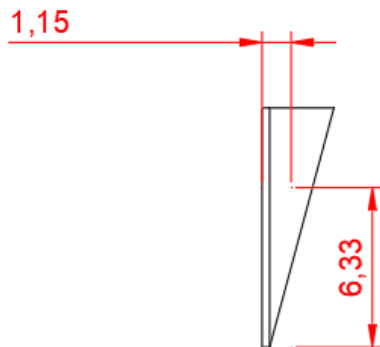


Gráfica 4.2.18 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle de Aribau 117

Se puede apreciar en la gráfica 4.2.18 que los puntos de desempeño no están situados en unas zonas muy peligrosas, y, por tanto, la estructura se vería muy modificada por el sismo. Se visualiza en el Eurocódigo-8 tienen un grado de daño ligero con muy poca vulnerabilidad sísmica, en cambio los de la norma sismorresistente española se encuentran en un grado de daño moderado con un aumento de la vulnerabilidad sísmica.

En comparación al edificio de la calle Aragón en la gráfica 4.2.12, en el edificio actual el grado de daño moderado abarca más desplazamiento. Esto significa que en la NCSE02 caería en este caso en un grado de daño moderado/intenso.

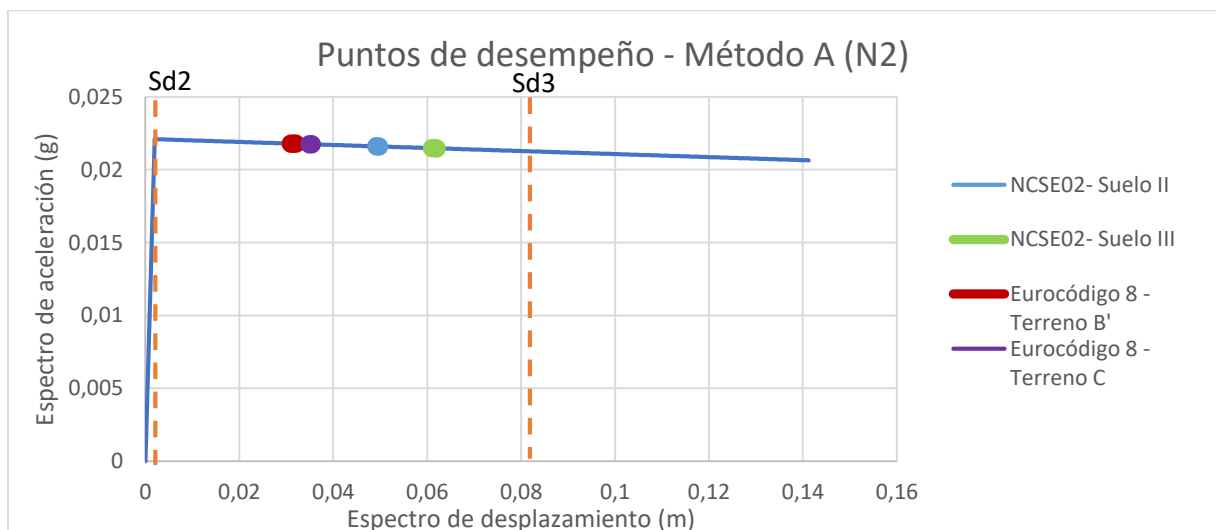
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



Grados de daño	(m)
sd1	0,00137781
sd2	0,0019683
sd3	0,08147623
sd4	0,32

Tabla 4.2.12 Grados de daño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Aribau 117

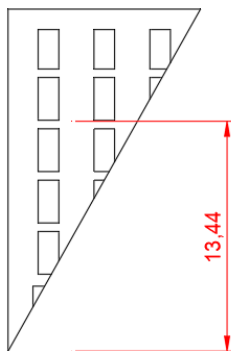
Figura 4.2.9 Mecanismo 4 del edificio de la calle Aribau 117



Gráfica 4.2.19 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle de Aribau 117

Se puede ver en la gráfica 4.2.19, que se permiten unos desplazamientos inferiores al mecanismo 4 del edificio anterior (véase la gráfica 4.2.13). Con lo cual resulta que la estructura en este caso tiene menos capacidad sísmica, pero hay muy poca diferencia. No obstante, se aprecia una diferencia respecto a los mecanismos. En este caso de igual modo, los puntos de desempeño se sitúan en un grado de daño moderado.

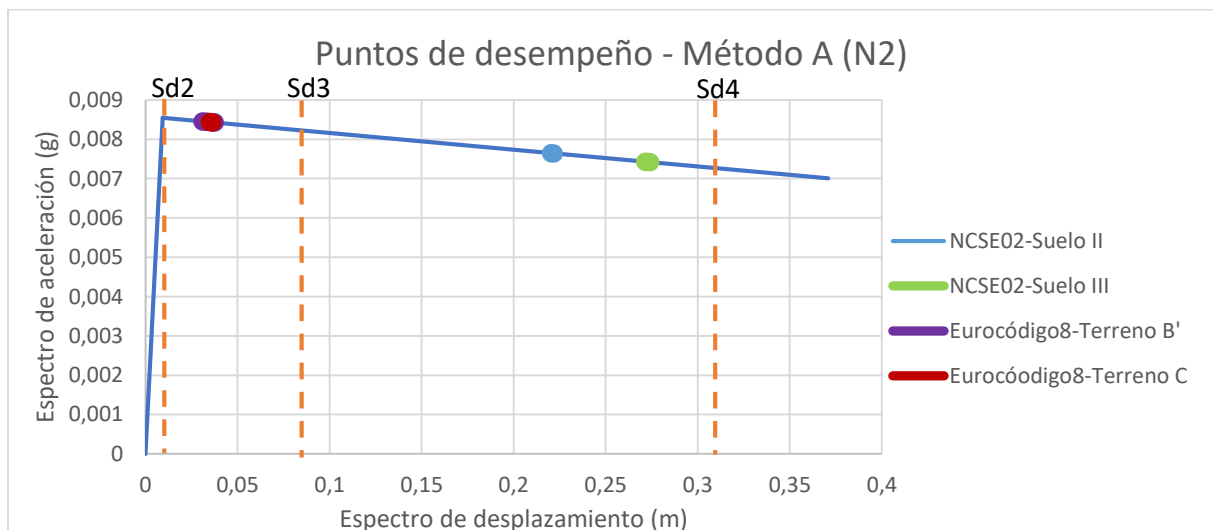
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Grados de daño	(m)
sd1	0,00658
sd2	0,0094
sd3	0,08505
sd4	0,312

Tabla 4.2.13 Grados de daño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Aribau 117

Figura 4.2.10 Mecanismo 5 del edificio de la calle Aribau 117



Gráfica 4.2.20 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle de Aribau 117

En la gráfica 4.2.20 los valores que se observan son similares al edificio de la calle Aragón (véase gráfica 4.2.14). Es decir, no presentan comportamientos distintos, lo cual van a actuar con una capacidad sísmica lo más parecida posible. Los puntos de desempeños del Eurocódigo8 se sitúan en un grado de daño moderado, mientras que los de la norma sismorresistente española tienen un grado de daño intenso. La vulnerabilidad sísmica en estos últimos se verá bastante modificada.

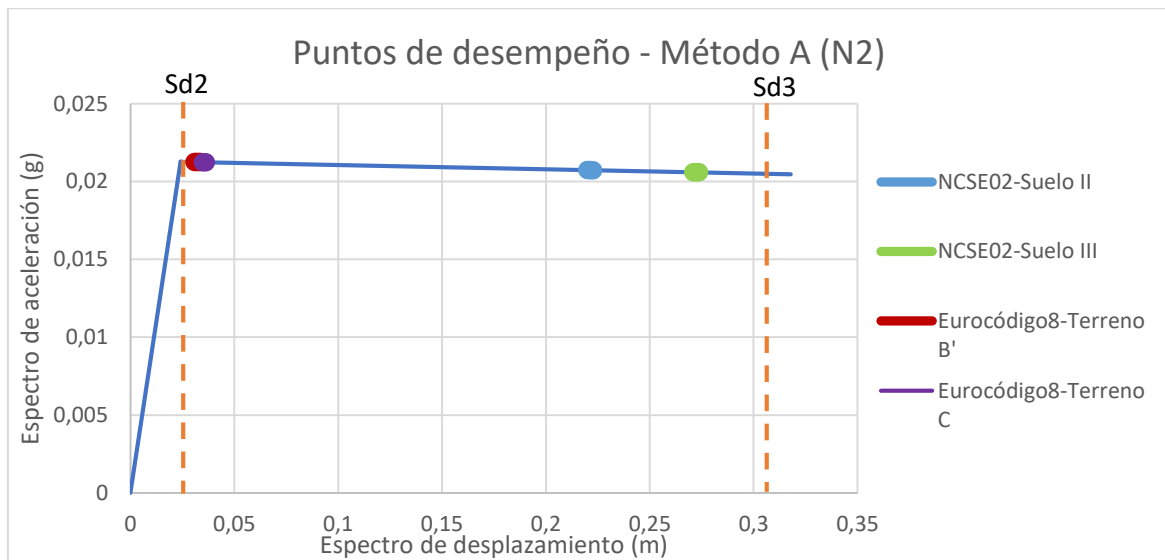
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Grados de daño	(m)
sd1	0,016905
sd2	0,02415
sd3	0,3136125
sd4	1,182

Tabla 4.2.14 Grados de daño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Aribau 117

Figura 4.2.11 Mecanismo 6 del edificio de la calle Aribau 117



Gráfica 4.2.21 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle de Aribau 117

En la gráfica 4.2.21 en comparación al del edificio anterior (véase gráfica 4.2.13), alcanza el grado de daño Sd3 en un desplazamiento inferior. Aunque no hay mucha diferencia por lo que respecta en la capacidad y en la vulnerabilidad sísmica.

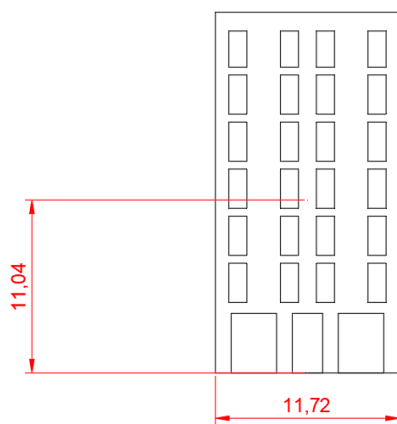
En los puntos de desempeño se mantienen en un grado de daño moderado. Concretamente en el Eurocódigo-8 tendrán mucha menos vulnerabilidad sísmica que en la NCSE02.

4.2.2.3 Fachada de la calle Calàbria 207

En la fachada siguiente se aprecia una diferencia respecto a las dos anteriores que es la altura. Esta fachada tiene 7 niveles con 4 aberturas en los niveles tipo, y 3 en el nivel del suelo. La anchura es similar a la fachada de la Calle Aragón, pero 60 cm mayor que la de Aribau.

Con estas diferencias mencionadas se podrá deducir que cambios podrían tener las distintas curvas de capacidad que se generan en cada mecanismo con la finalidad de saber el comportamiento frente a la acción sísmica.

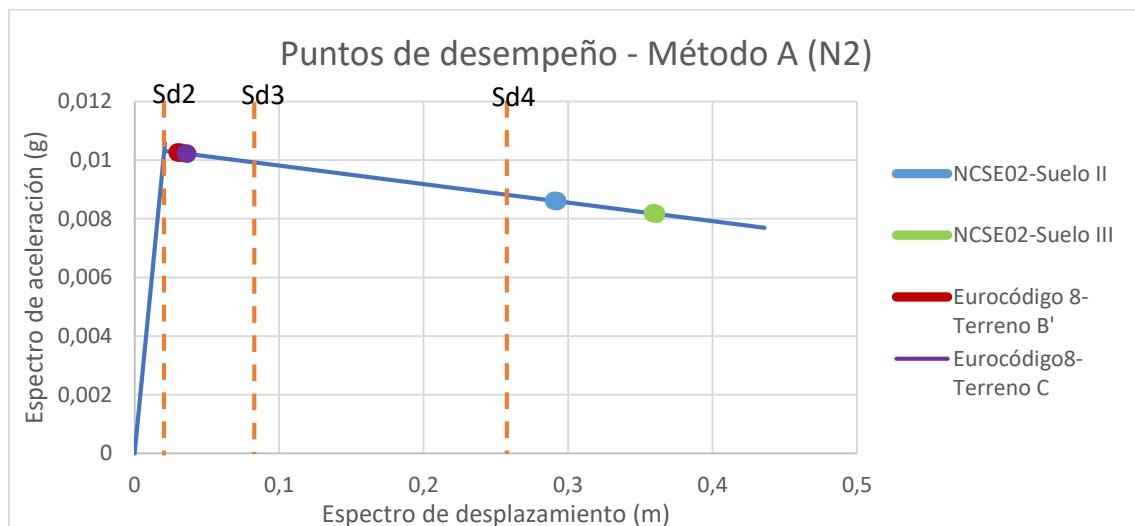
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0146832
sd2	0,020976
sd3	0,082807
sd4	0,2683

Tabla 4.2.15 Grados de daño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Calàbria

Figura 4.2.12 Mecanismo 1 del edificio de la calle Calàbria 207

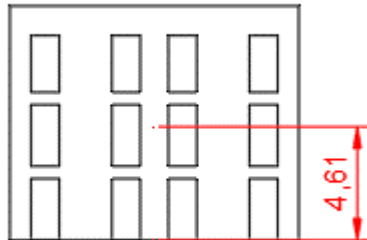


Gráfica 4.2.22 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Calàbria 207

Se puede observar en la gráfica 4.2.22 que con las características de este edificio denotan algo más de capacidad sísmica que en los anteriores. Sin embargo, se observa que en la NCSE02 están

en un grado de daño muy fuerte, donde las estructuras se verán muy afectadas por el sismo. En cambio, en el Eurocódigo-8 se mantienen en un grado de daño moderado que no comportaría ningún problema importante.

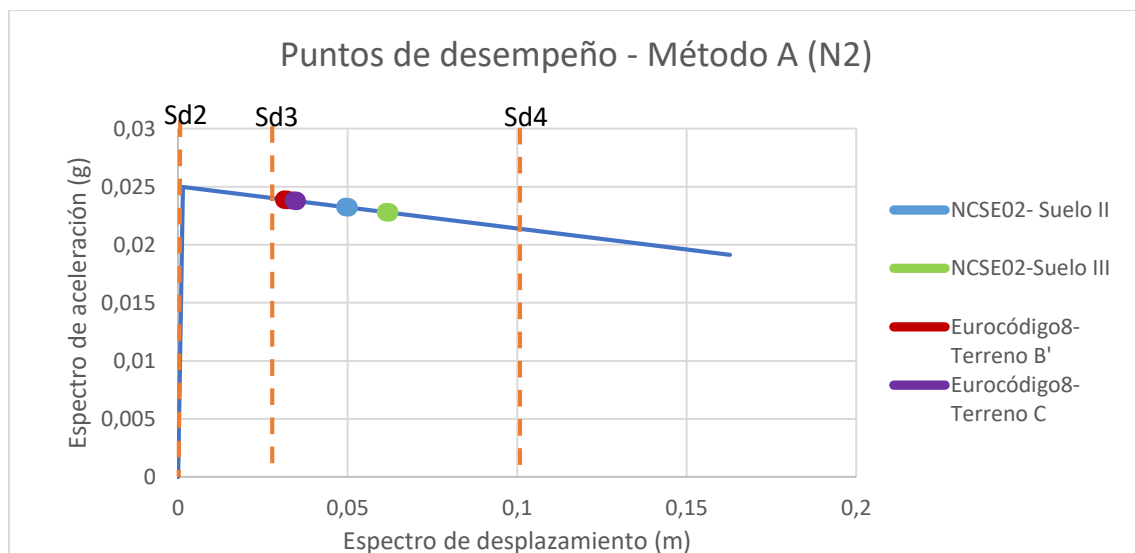
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



Grados de daño	(m)
sd1	0,0009681
sd2	0,001383
sd3	0,02718725
sd4	0,1046

Tabla 4.2.16 Grados de daño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Calàbria 207

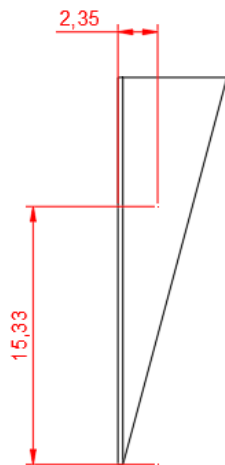
Figura 4.2.13 Mecanismo 2 del edificio de la calle Calàbria 207



Gráfica 4.2.23 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Calàbria 207

Se observa en la gráfica 4.2.23 que el desempeño estructural de ambas normativas alcanza un grado de daño intenso. Por tanto, las estructuras en este mecanismo se verán afectadas de manera importante con un efecto de daño que produce el sismo. Se puede observar también que no les falta mucha distancia para que alcancen el grado de daño muy máximo.

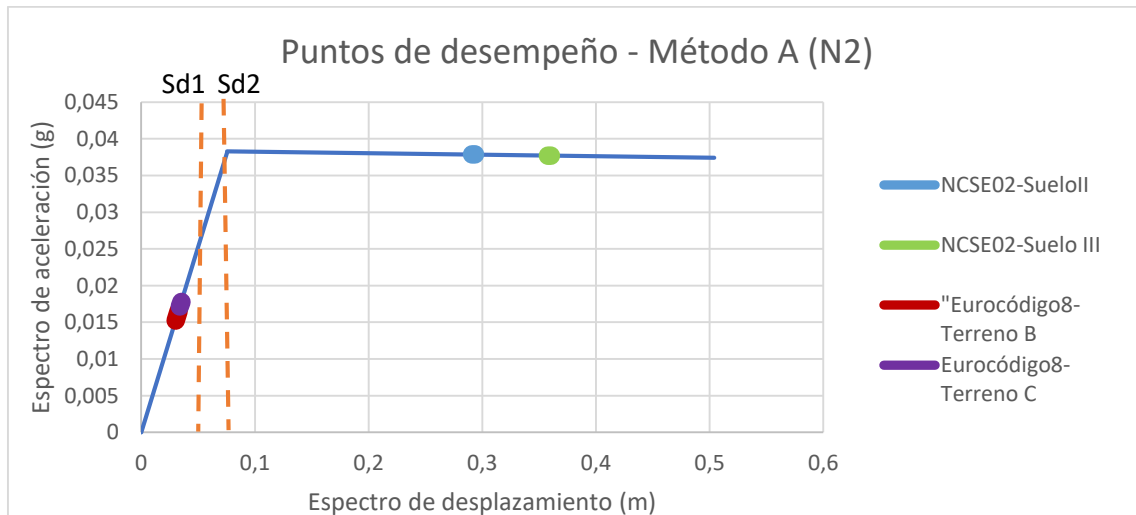
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,05292
sd2	0,0756
sd3	0,7702
sd4	2,854

Tabla 4.2.17 Grados de daño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Calàbria 207

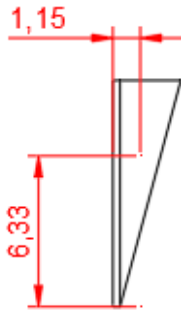
Figura 4.2.14 Mecanismo 3 del edificio de la calle Calàbria 207



Gráfica 4.2.24 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Calàbria 207

Se puede visualizar en la representación de la gráfica 4.2.24 que los puntos de desempeño del Eurocódigo-8 están en un grado de daño donde la acción sísmica no produciría ningún efecto de daño importante a la estructura. No sobrepasan el desplazamiento Sd1 que está situado dentro de la rama elástica. En cambio, los de la normativa sismorresistente española se sitúan en un grado de daño moderado. Estos aumentarían la vulnerabilidad sísmica.

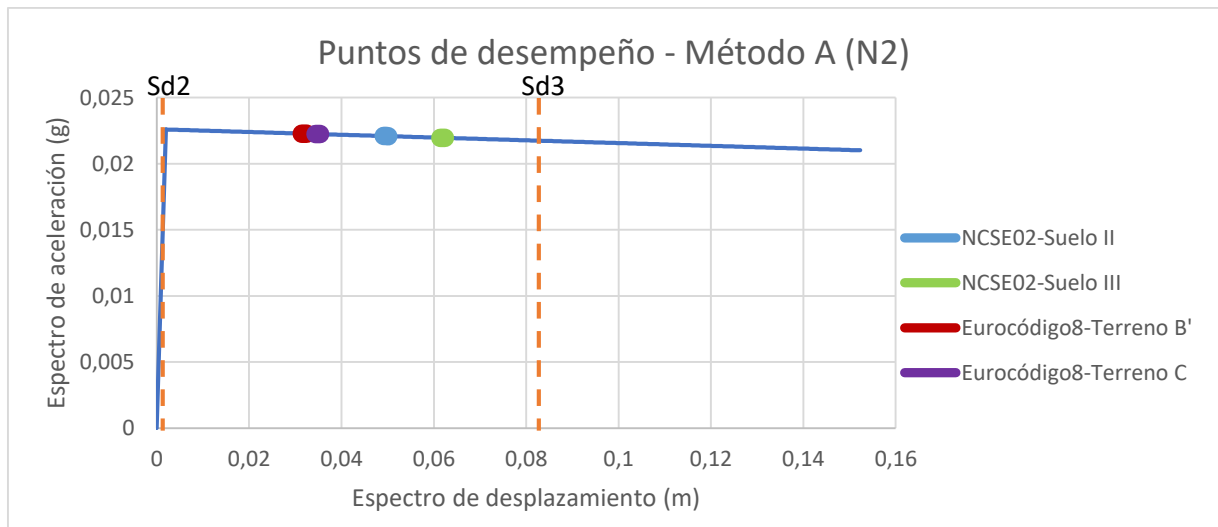
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



Grados de daño	(m)
sd1	0,0013755
sd2	0,001965
sd3	0,08277375
sd4	0,3252

Tabla 4.2.18 Grados de daño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Calàbria 207

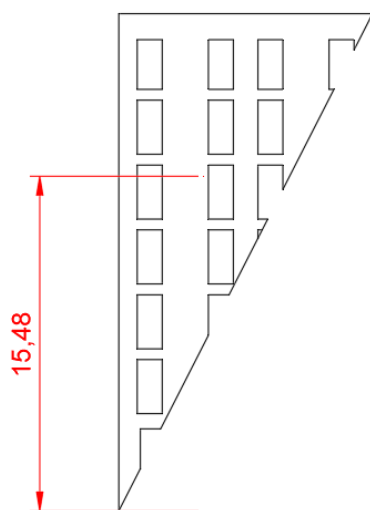
Figura 4.2.15 Mecanismo 4 del edificio de la calle Calàbria 207



Gráfica 4.2.25 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Calàbria 207

Se puede ver en la gráfica 4.2.25 que en ambas normativas se sitúan con un grado de daño moderado. No se aprecian diferencias importantes respecto al edificio anterior.

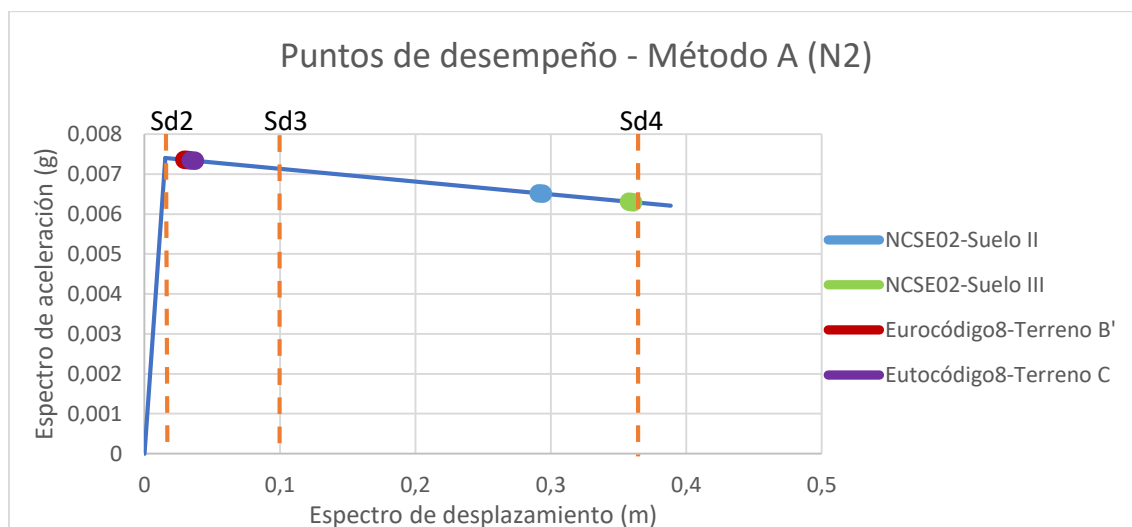
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Grados de daño	(m)
sd1	0,010836
sd2	0,01548
sd3	0,10216
sd4	0,3622

Tabla 4.2.19 Grados de daño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Calàbria 207

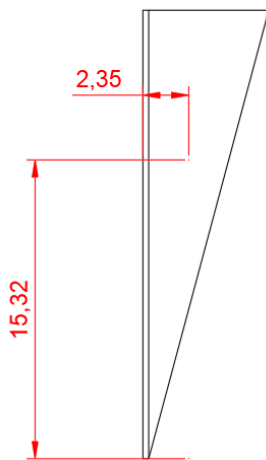
Figura 4.2.16 Mecanismo 5 del edificio de la calle Calàbria 207



Gráfica 4.2.26 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Calàbria 207

En la gráfica 4.2.26 se puede ver que en el Eurocódigo-8 los puntos de desempeño están en una zona de grado de daño moderado, mientras que los de la normativa española se sitúan en una zona de grado de daño intenso. Se aprecia que la NCSE02 le falta muy poco para alcanzar un grado de daño muy fuerte. De esa manera, las estructuras de los suelos que están al final del tramo de grado intenso se verán bastante modificadas por el efecto de daño producido por el sismo.

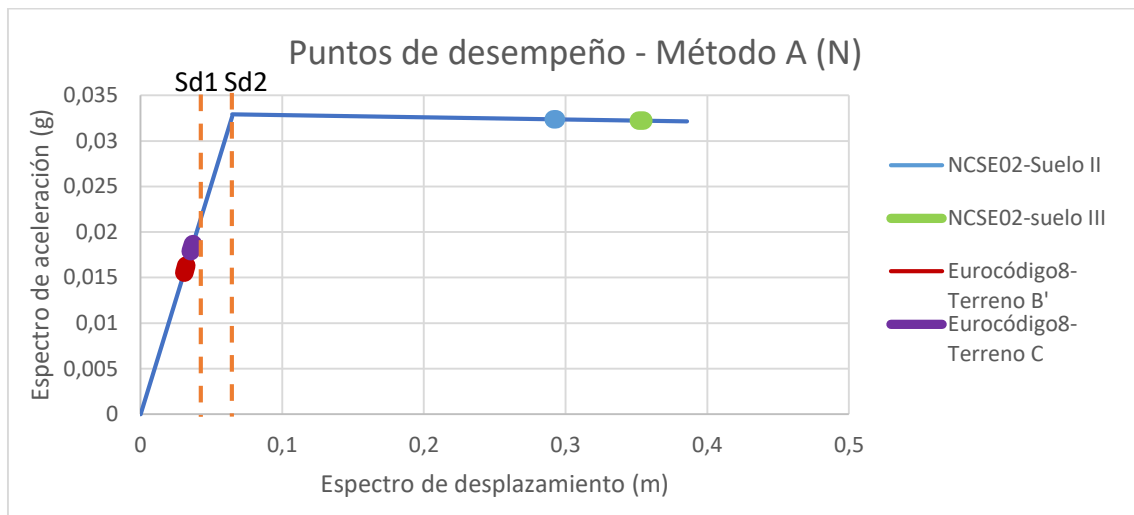
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Grados de daño	(m)
sd1	0,045353
sd2	0,06479
sd3	0,5734925
sd4	2,0996

Tabla 4.2.20 Grados de daño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Calàbria 207

Figura 4.2.17 Mecanismo 6 del edificio de la calle Calàbria 207



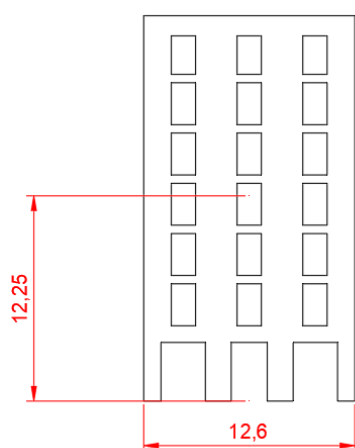
Gráfica 4.2.27 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Calàbria 207

En la gráfica 4.2.27 se aprecia que los puntos de desempeño del Eurocódigo-8 están situados en la parte elástica de la curva de capacidad sin sobrepasar Sd1. De ese modo, el sismo no desencadenaría ningún problema estructural. En cambio, los de la norma sismorresistente española están en un grado algo más conflictivo, que es un grado de daño moderado. De todos modos, en este edificio se observa un aumento de la capacidad sísmica respecto a los anteriores edificios, puesto que los límites de los grados de daño albergan más distancia en los desplazamientos.

4.2.2.4 Fachada de la calle Consell de Cent 362

El edificio de la calle Consell de Cent 362 de 7 pisos consta del mismo número de niveles que del edificio de la calle Càlabria, pero con la diferencia del ancho y del número de huecos que constituye toda la fachada. Con esta diferencia en los huecos a lo largo de la fachada, y las distintas alturas de las demás fachadas de edificios anteriores se podrán encontrar algunas diferencias representativas que se enfoquen específicamente en el comportamiento de cada curva de capacidad. Por ello en cada mecanismo se irán comparando las diferencias como se ha hecho anteriormente.

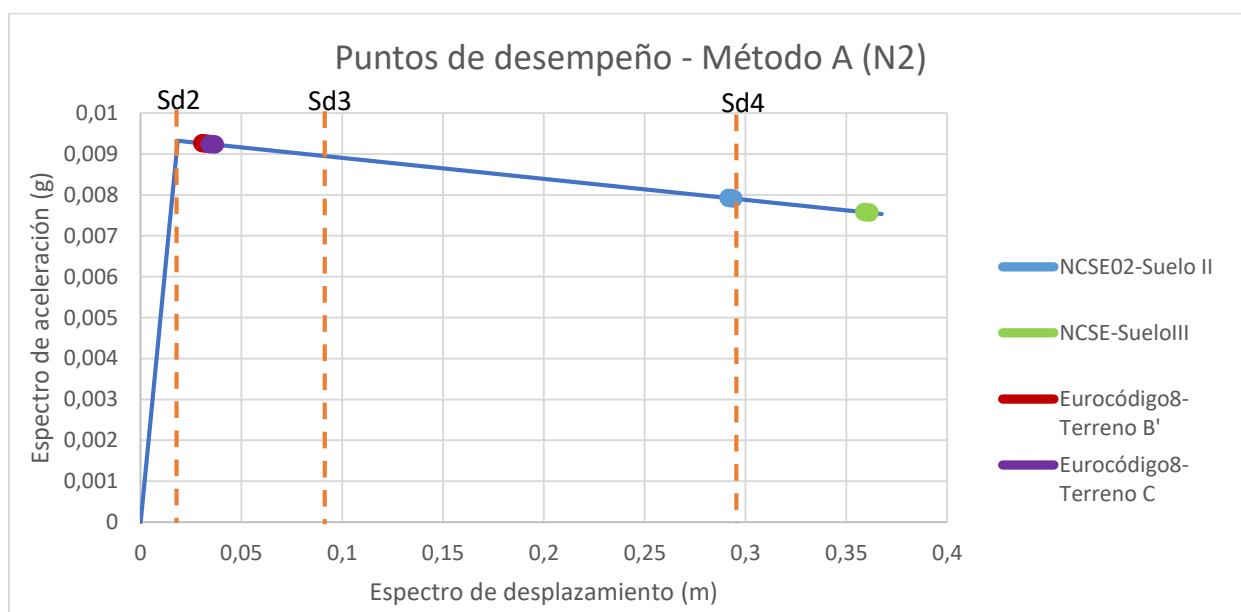
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0128625
sd2	0,018375
sd3	0,08728125
sd4	0,294

Tabla 4.2.21 Grados de daño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Figura 4.2.18 Mecanismo 1 del edificio de la calle Consell de Cent 362



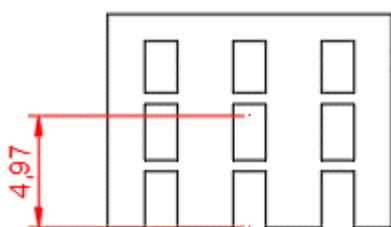
Gráfica 4.2.28 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Consell de Cent 362

En la gráfica 4.2.28 no se puede ver gran diferencia respecto al edificio anterior, pero en este caso hay un ligero aumento de la capacidad sísmica. Puede permitirse esta fachada un desplazamiento máximo superior que el de la calle Calàbria (véase gráfica 4.2.22).

Los puntos de desempeño del Eurocódigo-8 se mantienen en un nivel de daño moderado, por lo que no se verían las estructuras tan afectadas como en el caso anterior.

Cabe destacar en la gráfica 4.2.22, que la posición de los puntos de desempeño de de la normativa española del edificio anterior está situada en un grado de daño máximo. Es interesante este dato, ya que la fachada de la calle de Calabria es más estrecha (11,72m), y tiene un peso de los elementos del bloque inferior a este. Por tanto, esta diferencia puede influir por las dimensiones y las propiedades mecánicas del material.

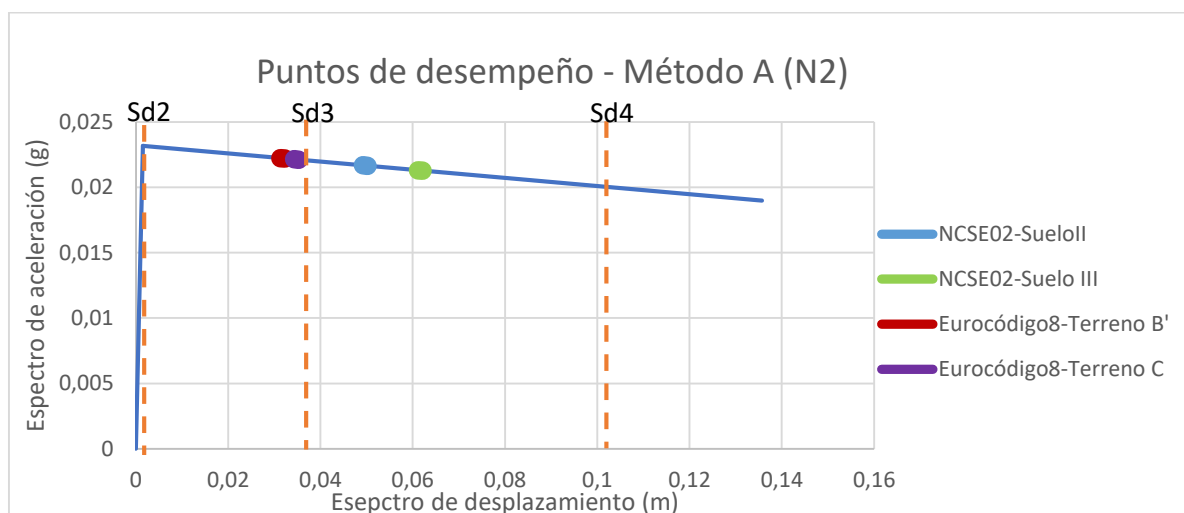
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



Grados de daño	(m)
sd1	0,0010437
sd2	0,001491
sd3	0,02944325
sd4	0,1133

Tabla 4.2.22 Grados de daño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Figura 4.2.19 Mecanismo 2 del edificio de la calle Consell de Cent 362



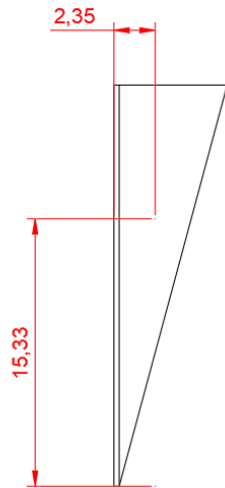
Gráfica 4.2.29 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Se aprecia en la gráfica 4.2.29 que los puntos de desempeño del Eurocódigo-8 se posicionan en el tramo final de un grado de daño moderado. Sin embargo, en el edificio anterior (véase la gráfica 4.2.23), estos puntos permanecen a un grado de daño intenso. Por tanto, como se ha

comentado anteriormente al obtener más capacidad sísmica, la estructura de la calle de Consell de Cent 362 sufrirá menos daños, y no se situarán los puntos de desempeño en un grado de daño tan vulnerable.

En el caso de los puntos de desempeño de la normativa española se comportan de la misma manera, llegarían a un grado de daño moderado y tendrían una vulnerabilidad sísmica importante.

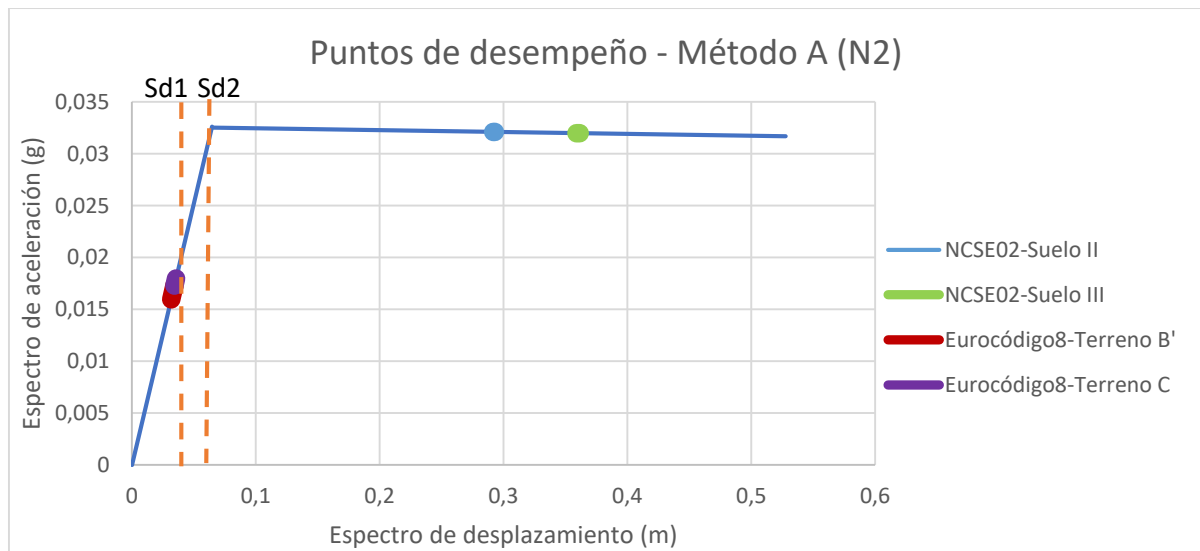
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,045269
sd2	0,06467
sd3	0,7282025
sd4	2,7188

Tabla 4.2.23 Grados de daño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Figura 4.2.20 Mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 362



Gráfica 4.2.30 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Se observa en la gráfica 4.2.30 que no hay grandes diferencias respecto al edificio anterior. Aunque estos mecanismos como en cualquier edificio explicado anteriormente proporcionan

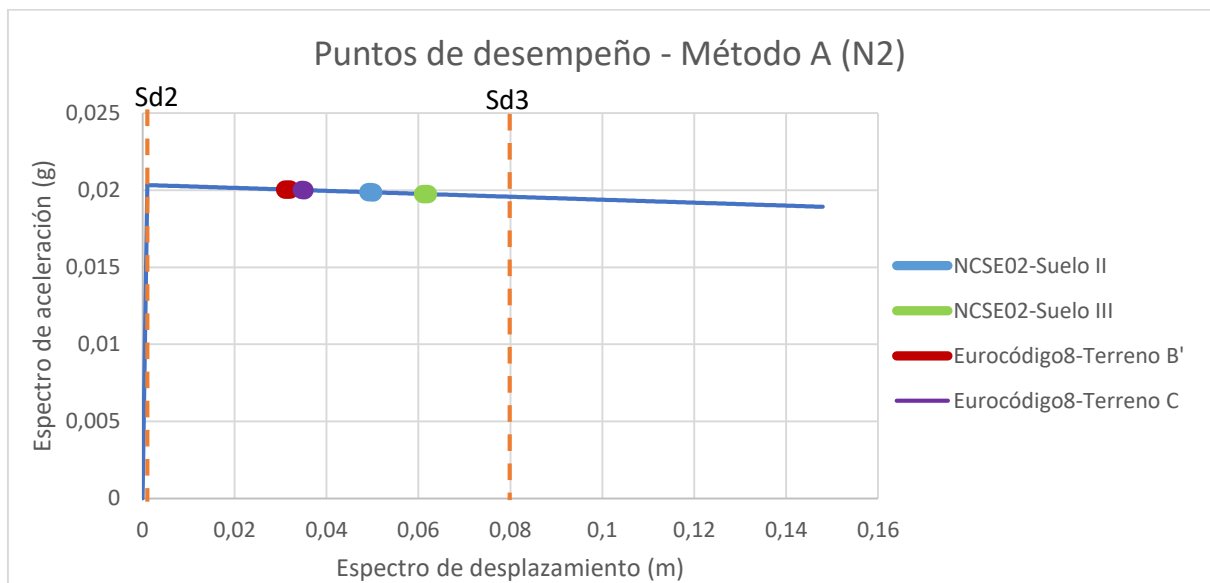
gran capacidad sísmica por el mero hecho de resistir la estructura de forma adecuada al sismo y que no se deteriore hasta el colapso de la estructura.

Los puntos de desempeño del Eurocódigo 8 se sitúan en un grado en el cual no se verá afectada la estructura por el sismo. En cambio, los puntos de desempeño de la norma española están en un grado de daño moderado.

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)

Grados de daño	(m)
sd1	0,000721
sd2	0,00103
sd3	0,0804225
sd4	0,3186

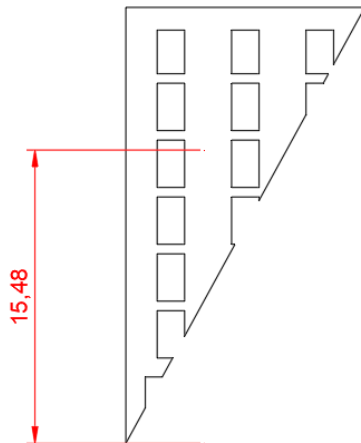
Tabla 4.2.24 Grados de daño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Consell de Cent 362



Gráfica 4.2.31 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Se puede apreciar en la gráfica 4.2.31 que ambas normativas pertenecen a un grado de daño moderado. Lo cual no comportaría grandes daños en la estructura. Tendrían un cierto grado de vulnerabilidad sísmica pero no tan radical. Además, no hay muchas diferencias respecto al edificio de la calle Calabria, ya que tienen un comportamiento similar en este aspecto.

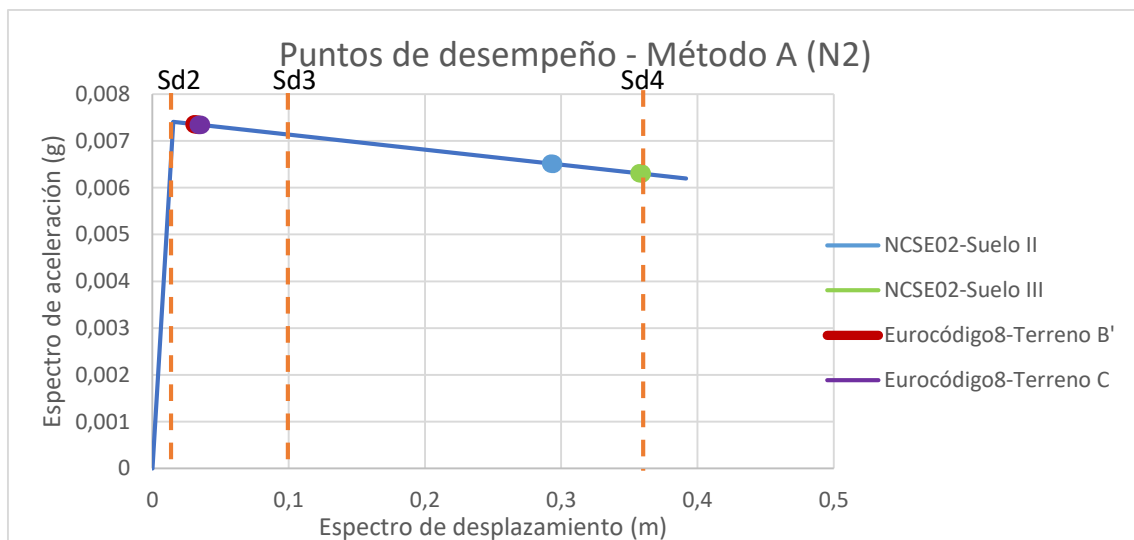
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Grados de daño	(m)
sd1	0,010836
sd2	0,01548
sd3	0,1021675
sd4	0,36223

Tabla 4.2.25 Grados de daño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Figura 4.2.21 Mecanismo 5 del edificio de la calle Consell de Cent 362



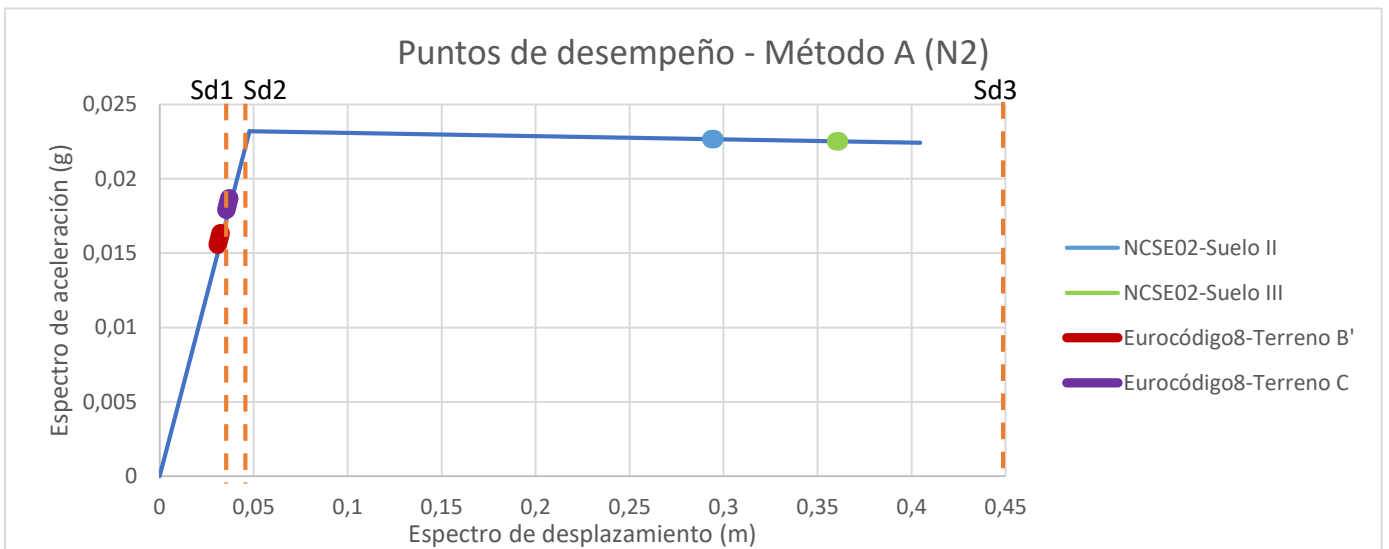
Gráfica 4.2.32 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Consell de Cent 362

En la gráfica 4.2.32 el desempeño estructural que se genera en el Eurocódigo8 es bastante bajo, ya que se sitúa en la zona inicial de la rama descendente. La estructura en este caso no se vería tan perjudicada por el movimiento sísmico. En cambio, en los de la norma sismorresistente española se sitúan en una zona un poco más alarmante, puesto que se posicionan en un tramo final de un grado de daño intenso. Las estructuras alcanzando desplazamientos de 30-36cm en los puntos de desempeño de la NCSE02 se verían bastante afectadas y rozando una zona de riesgo estructural.

Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral

Grados de daño	(m)
sd1	0,033509
sd2	0,04787
sd3	0,4509025
sd4	1,66

Tabla 4.2.26 Grados de daño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Consell de Cent 362



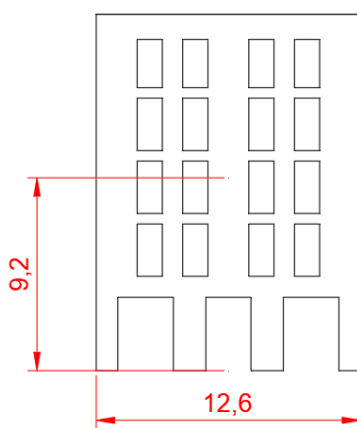
Gráfica 4.2.33 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Se observa en la gráfica 4.2.33 que los puntos de desempeño del Eurocódigo-8 se sitúan en una zona sin daño sísmico, entrando el terreno C en un grado de daño ligero. En cambio, los de la norma sismorresistente española pertenecen en un grado moderado. Por tanto, las estructuras de la NCSE02 serán bastante más vulnerables por tener una capacidad sísmica muy inferior a la de los del E8.

4.2.2.5 Fachada de la calle Consell de Cent 364

El edificio de la calle Consell de Cent 364 consta de 5 pisos con 4 aberturas en cada nivel tipo, y 3 aberturas a nivel del suelo. Respecto a los demás edificios es el que alberga menos altura, pero tiene el mismo ancho que el edificio de la calle Consell de Cent 362, que por lo que respecta ese edificio es uno de los edificios más altos que se han mostrado. Sin embargo, dispone de un ancho igual al anterior y le hace ser rígido. Por tanto, se podrá ver qué diferencias son representativas por la variación de las características de cada fachada.

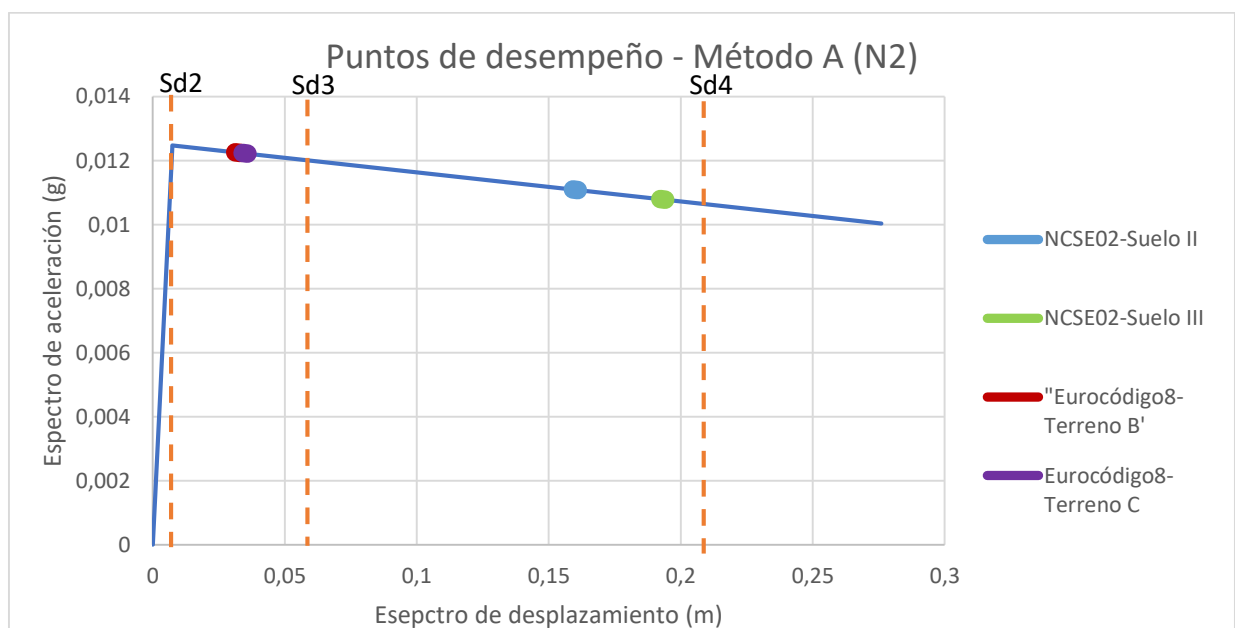
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,005152
sd2	0,00736
sd3	0,05911
sd4	0,21436

Tabla 4.2.27 Grados de daño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Figura 4.2.22 Mecanismo 1 del edificio de la calle Consell de Cent 364



Gráfica 4.2.34 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Se observa en la gráfica 4.2.34 que los puntos de desempeño del Eurocódigo-8 se posicionan en un grado de daño moderado, mientras que los de norma española en un grado intenso. Con diferencia al edificio anterior los límites de los grados de daño abarcan desplazamientos inferiores (véase gráfica 4.2.28).

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)

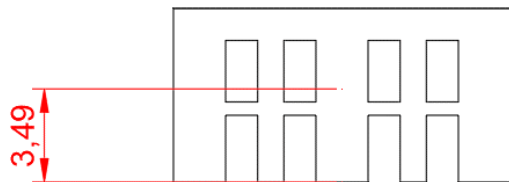
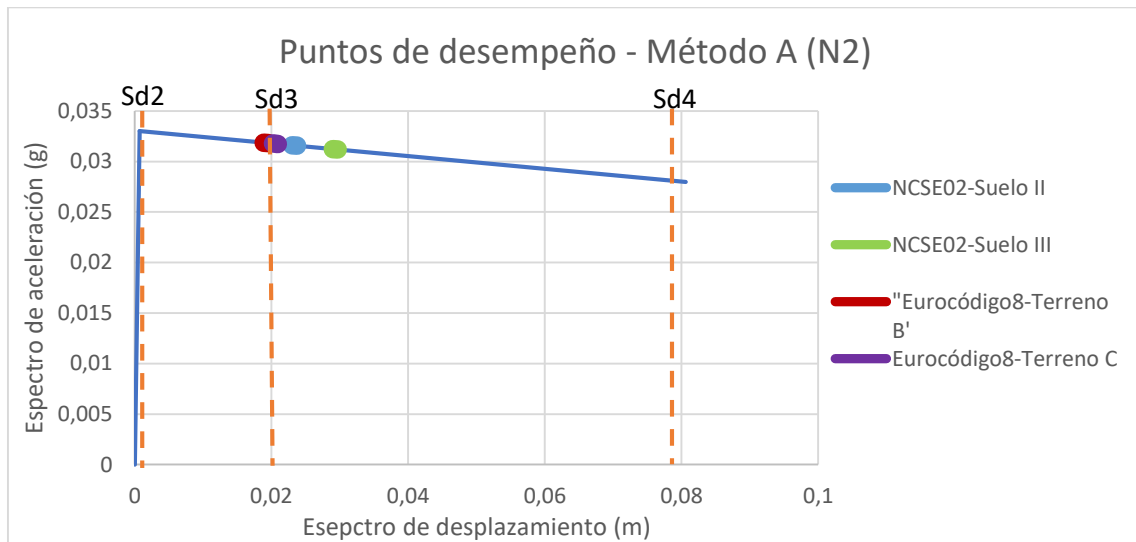


Figura 4.2.23 Mecanismo 2 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Grados de daño	(m)
sd1	0,0004886
sd2	0,000698
sd3	0,0203285
sd4	0,07922

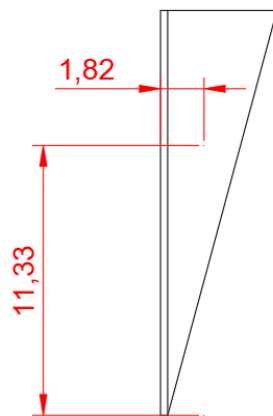
Tabla 4.2.28 Grados de daño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Consell de Cent 364



Gráfica 4.2.35 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Consell de Cent 364

En la gráfica 4.2.35 en ambas normativas los puntos de desempeño están en un grado de daño similar perteneciendo a la interfase de un grado de daño moderado/intenso.

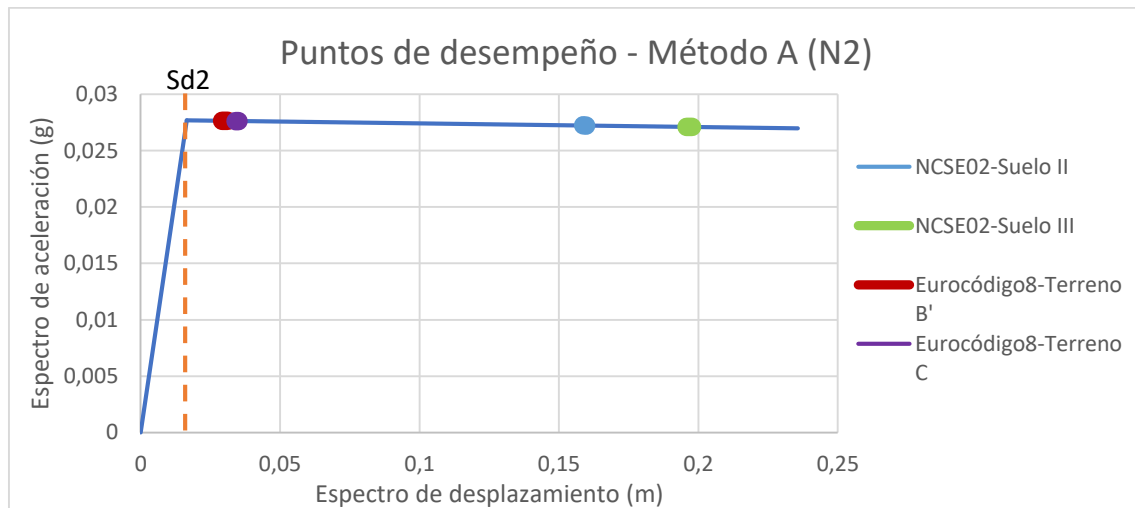
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,011585
sd2	0,01655
sd3	0,34521
sd4	1,33119

Tabla 4.2.29 Grados de daño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Figura 4.2.24 Mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 364

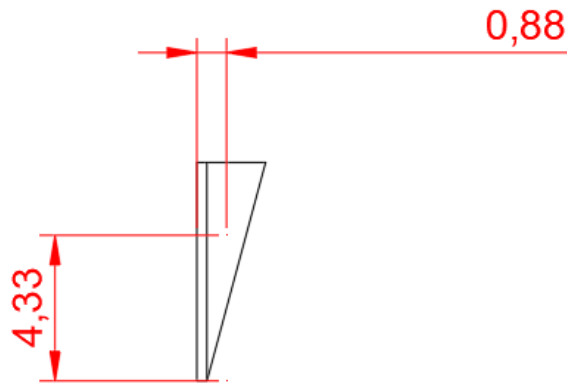


Gráfica 4.2.36 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Se observa en la gráfica 4.2.36 que los puntos de desempeño se mantienen en un grado de daño moderado. Sin embargo, los de la NCSE02 se van acercando a un grado de daño más intenso y más problemático.

En el edificio de la calle Consell de Cent 362 los puntos de desempeño del Eurocódigo 8 (véase la gráfica 4.2.30), están situados en una zona sin peligro donde no transcurre ningún tipo de daño. En este caso se puede ver que se sitúan con un grado de daño moderado y con una vulnerabilidad sísmica mayor.

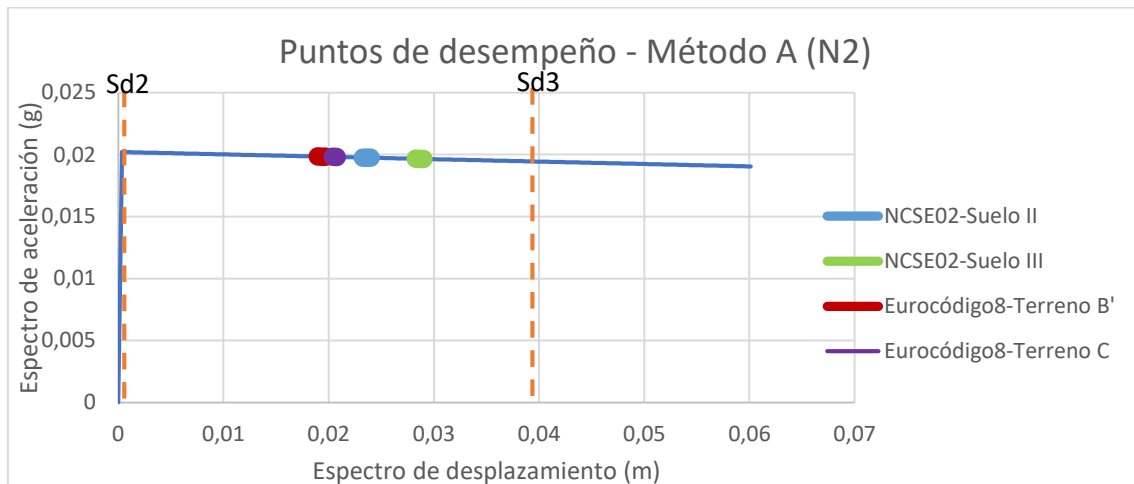
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 2 pisos)



Grados de daño	(m)
sd1	0,00050114
sd2	0,00071591
sd3	0,03978693
sd4	0,157

Tabla 4.2.30 Grados de daño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Consell de Cent 364

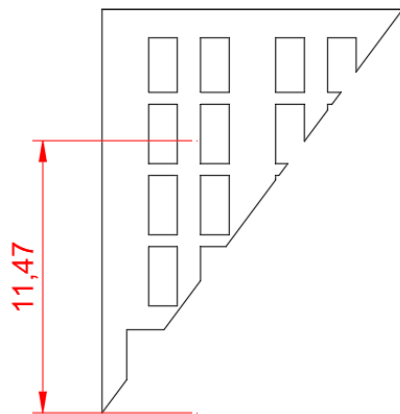
Figura 4.2.25 Mecanismo 4 del edificio de la calle Consell de Cent 364



Gráfica 4.2.37 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Consell de Cent 364

En la gráfica 4.2.37 se aprecia que los puntos de desempeño respecto al edificio anterior están en la misma fase de daño moderada. Pero se ve claramente que el límite sd3 tiene un desplazamiento inferior, eso significa que la capacidad sísmica se vería reducida en este aspecto.

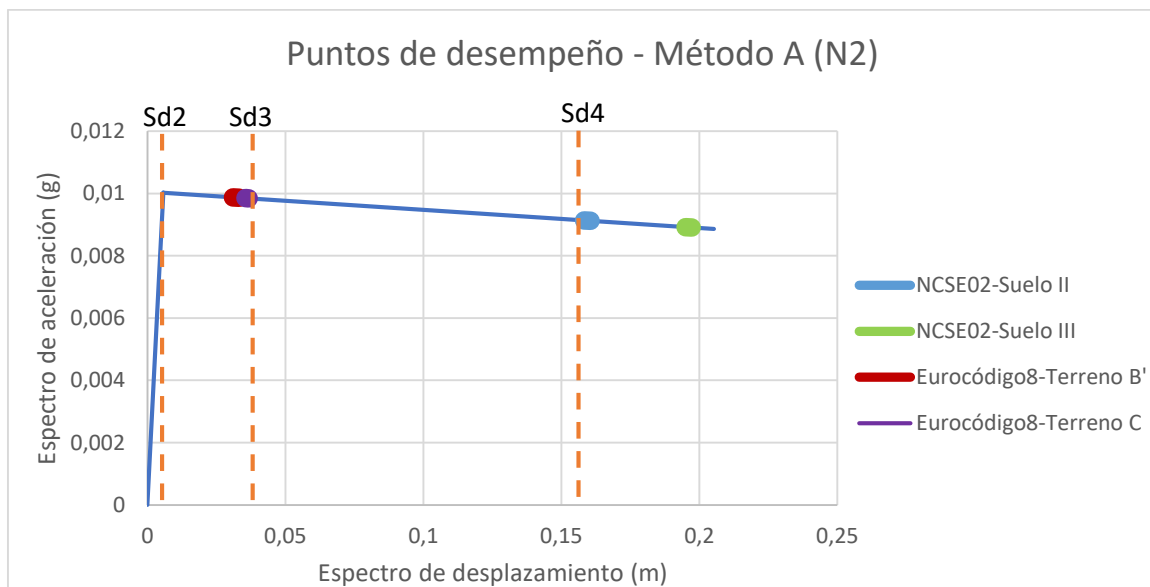
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Grados de daño (m)	
sd1	0,0040145
sd2	0,005735
sd3	0,04355125
sd4	0,157

Tabla 4.2.31 Grados de daño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Figura 4.2.26 Mecanismo 5 del edificio de la calle Consell de Cent 364



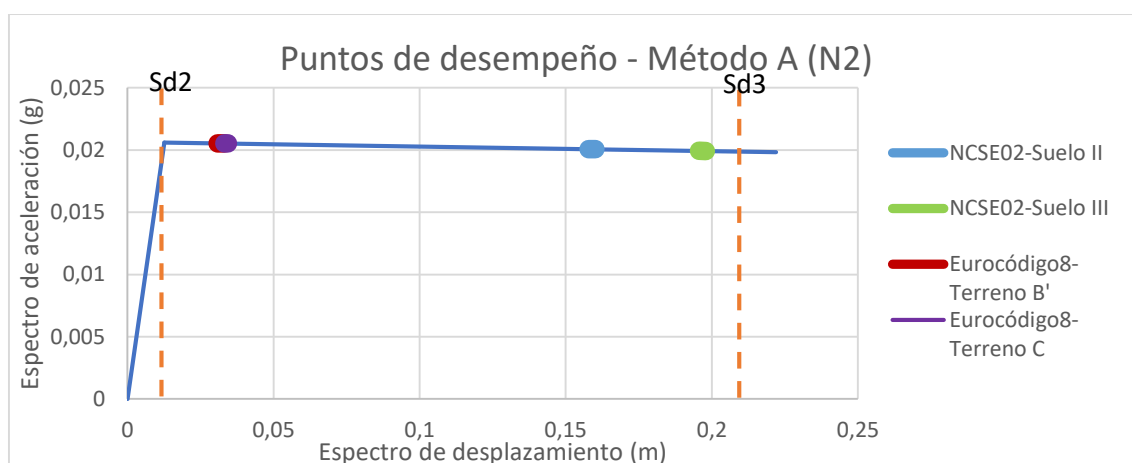
Gráfica 4.2.38 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Se aprecia en la gráfica 4.2.38 que los puntos de desempeño del Eurocódigo 8 se sitúan en un grado de daño moderado, mientras que los de la NCSE02 se posicionan en un grado de daño muy fuerte. En comparación al edificio anterior (véase la gráfica 4.2.31), en el edificio anterior los puntos de desempeño de la normativa sismorresistente española pertenecen a un grado de daño más seguro proporcionando al sistema estructural una vulnerabilidad sísmica más baja. Además, en la gráfica actual que este edificio necesita un desplazamiento mucho menor para alcanzar un grado de daño muy problemático, mientras que en el edificio de la gráfica 4.2.31 se necesita un desplazamiento de 36cm para que la estructura sea muy vulnerable.

Mecanismo 6: vuelco parcial de fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral

Grados de daño	(m)
sd1	0,0088102
sd2	0,012586
sd3	0,2222645
sd4	0,8513

Tabla 4.2.32 Grados de daño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Consell de Cent 364



Gráfica 4.2.39 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Consell de Cent 364

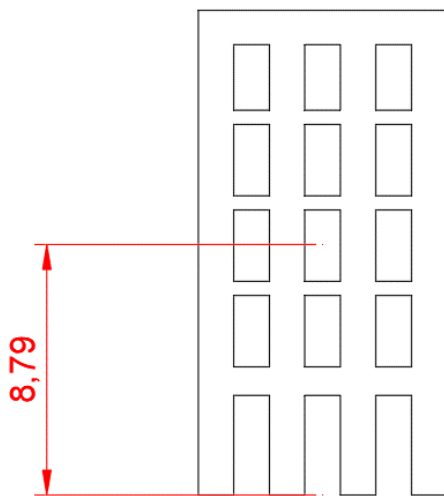
Como se puede ver en la gráfica 4.2.39 en ambas normativas se mantienen en un grado de daño moderado. Los de la norma española se acercan más a un grado más intenso, mientras que los de la norma europea están más próximos de un grado de daño ligero.

En comparación al edificio anterior (véase la gráfica 4.2.32), en el edificio de la calle Consell de Cent 362 se observa menos vulnerabilidad sísmica, puesto que permite un desplazamiento inferior antes de llegar a grados de daño importantes. Los puntos de desempeño del Eurocódigo8 se sitúan en una zona sin daño sísmico, mientras que los de la norma sismorresistente española se mantienen en el mismo grado de daño que del edificio actual.

4.2.2.6 Fachada de la calle de Girona 65

El edificio de la calle Girona 65 es el edificio más estrecho y con 5 niveles. Por tanto, en este caso se podrán apreciar varias diferencias representativas respecto a los demás edificios. En principio, el comportamiento estructural que tendrá el edificio a primera vista deberá de ser más débil que cualquier otro. De todos modos, en los siguientes mecanismos se podrán deducir como se comportarán realmente, y si hay algún que otro mecanismo que disponga de alguna característica que le haga ser más resistente a otro edificio más rígido.

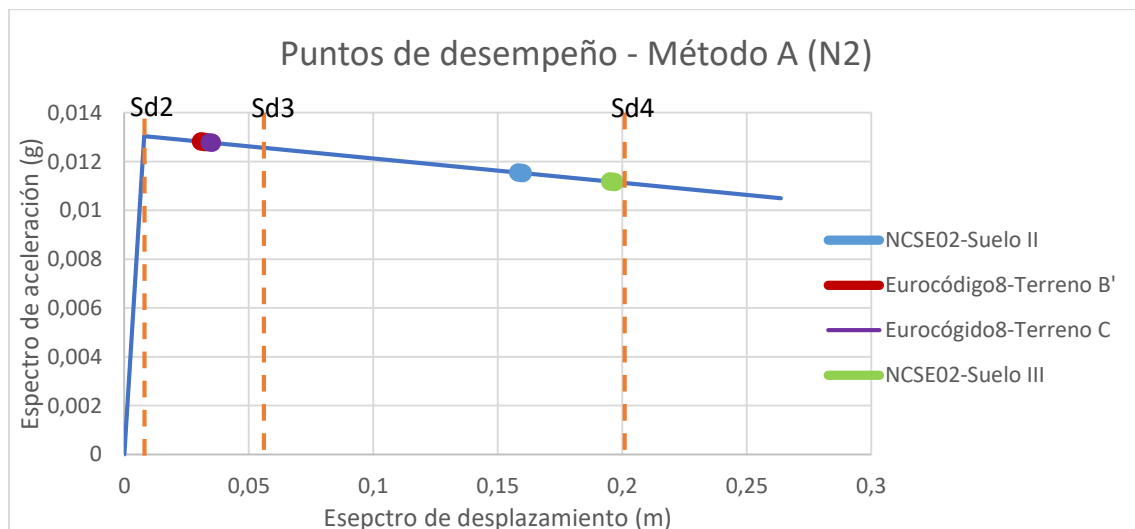
Mecanismo 1: vuelco total de fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0055377
sd2	0,007911
sd3	0,05713325
sd4	0,2048

Tabla 4.2.33 Grados de daño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Girona 65

Figura 4.2.27 Mecanismo 1 del edificio de la calle Girona 65



Gráfica 4.2.40 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Girona 65

En la gráfica 4.2.40 se aprecia que los puntos de desempeño del Eurocódigo8 se sitúan en un grado de daño moderado, mientras que los de la norma sismorresistente española están en un

grado de daño intenso, pero rozando el límite de la fase de daño máxima. Se sabe que el ancho de esta fachada es inferior al de la fachada de la calle de Consell de Cent 364. Es decir, era de esperar que el comportamiento de la capacidad sísmica del edificio anterior fuese más alto que el comportamiento de esta fachada, ya que la fachada del edificio anterior es más ancha y de esa manera dispone de más masa que le hace ser al elemento más rígido. Sin embargo, se percibe el aumento de esa capacidad sísmica pero la diferencia es muy leve.

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)

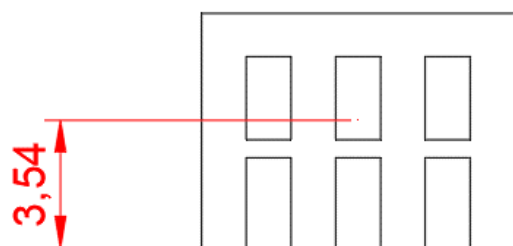
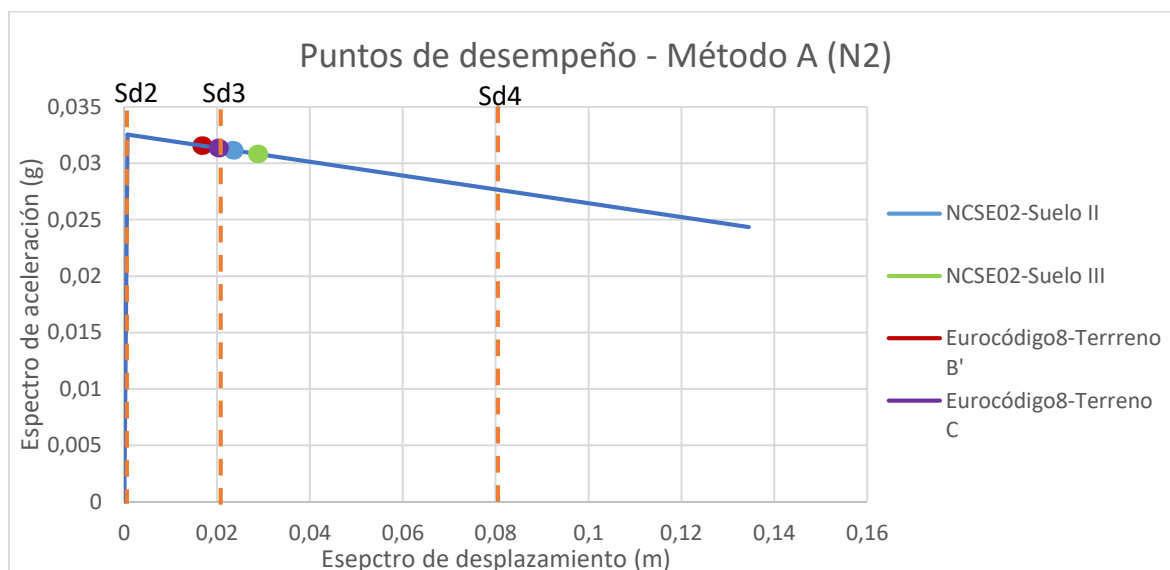


Figura 4.2.28 Mecanismo 2 del edificio de la calle Girona 65

Grados de daño	(m)
sd1	0,0004956
sd2	0,000708
sd3	0,0206205
sd4	0,080358

Tabla 4.2.34 Grados de daño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Girona 65



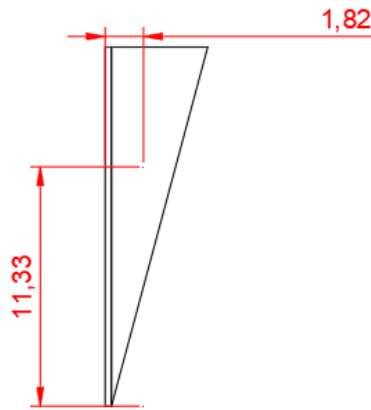
Gráfica 4.2.41 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Girona 65

En la gráfica 4.2.41 los puntos de desempeño de ambas normativas coinciden en una etapa de grado de daño. Se sitúan en una interfase de grado de daño moderado/intenso.

A primera vista, se aprecia que en la activación del mecanismo proporciona un vuelco de una parte de fachada de solo 2 pisos. Por lo que la masa que se desplaza es muy reducida, con lo cual la duración que se genera hasta el comienzo de la rama descendente de la estructura debido al sismo es muy corta. Debido a esto, con solo desplazarse a una distancia considerable la fachada puede que sea bastante vulnerable.

En comparación con el edificio anterior (véase la gráfica 4.2.35), no se aprecia ninguna diferencia importante a destacar. El desempeño estructural se mantiene de forma similar al edificio que tiene un ancho superior a este.

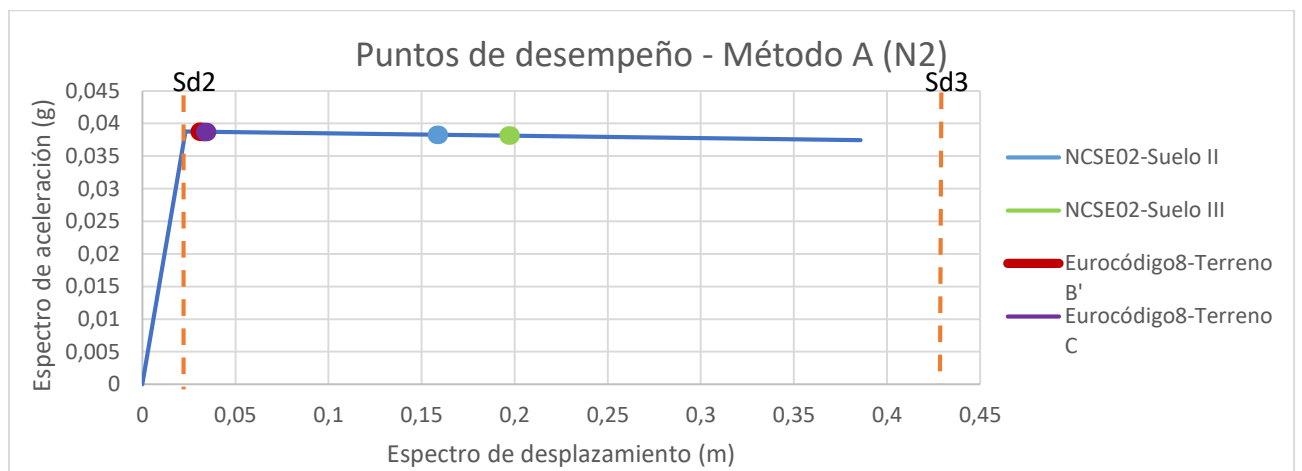
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,016205
sd2	0,02315
sd3	0,4345875
sd4	1,6689

Tabla 4.2.35 Grados de daño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Girona 65

Figura 4.2.29 Mecanismo 3 del edificio de la calle Girona 65



Gráfica 4.2.42 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Girona 65

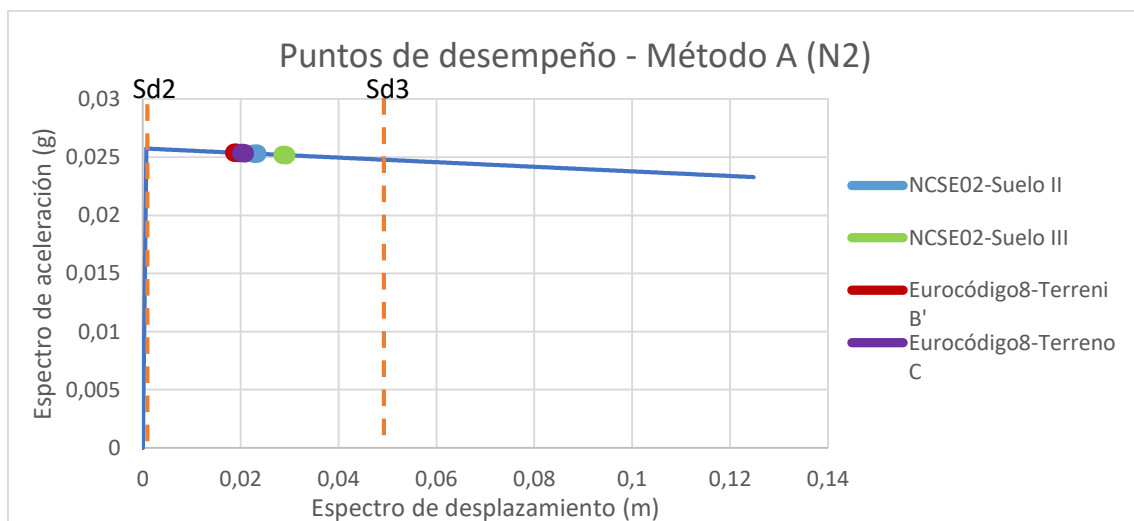
En la gráfica 4.2.42 todos los puntos de desempeño de ambas normativas están un grado de daño moderado. El desempeño estructural del edificio en base a este mecanismo no se verá muy afectado como en los demás edificios con este mecanismo. Cabe destacar que, comparado con un edificio de 7 niveles, el edificio actual tendrá menos capacidad sísmica. Es decir, los elementos estructurales del edificio, en este caso la fachada será más vulnerable al sismo que en el caso de la fachada de 7 pisos (véase la gráfica 4.2.30). En el edificio de la calle de Consell de Cent 362 con 7 pisos, se aprecia que las distancias de los límites son más grandes, lo cual permite mucha más capacidad frente al sismo.

Por otro lado, en la gráfica 4.2.36 que corresponde al mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 364, tiene la misma altura que el edificio actual, pero con un ancho superior como se comentó anteriormente. Luego, se observa que hay una diferencia en capacidades sísmicas. En el edificio actual se ve que el límite Sd4 alcanza una distancia superior al otro edificio, con lo que se puede intuir que el ancho no es un parámetro fundamental para proporcionarle a un edificio capacidad frente al sismo.

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 2 pisos)

Grados de daño	(m)
sd1	0,0005061
sd2	0,000723
sd3	0,04966725
sd4	0,1965

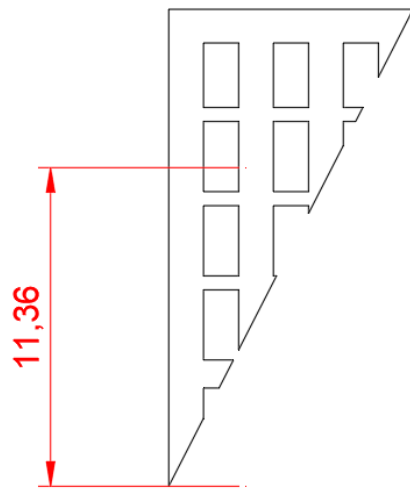
Tabla 4.2.36 Grados de daño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Girona 65



Gráfica 4.2.43 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Girona 65

Se observa en la gráfica 4.2.43 que todos los puntos de desempeño tienen un grado de daño moderado. Es un caso similar al del vuelco parcial de fachada con la diferencia de tener los dos paneles laterales. Es decir, el edificio anterior se comporta de una manera más resistente por el hecho de ser más rígido y a la vez más estable.

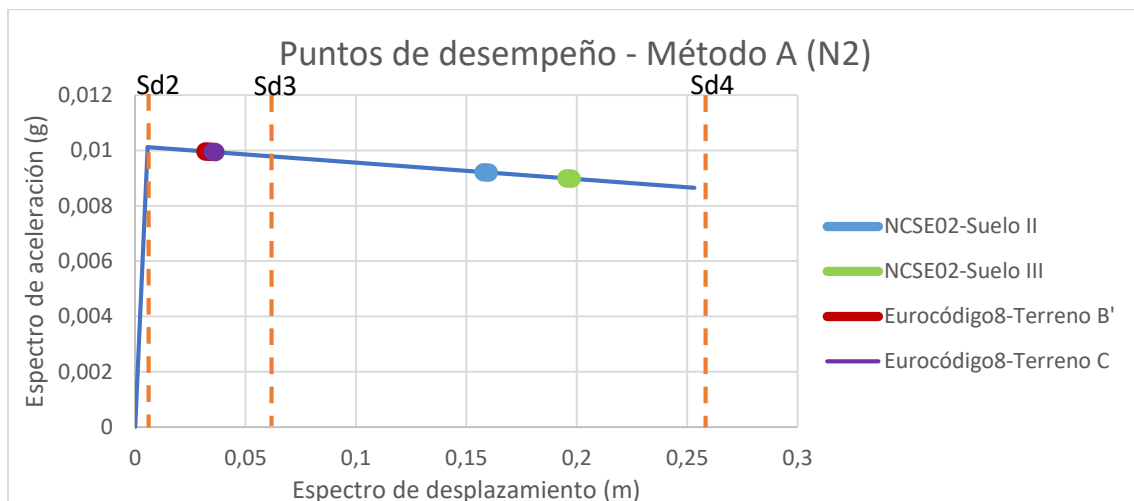
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Grados de daño	(m)
sd1	0,003976
sd2	0,00568
sd3	0,06958
sd4	0,26128

Tabla 4.2.37 Grados de daño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Girona 65

Figura 4.2.30 Mecanismo 5 del edificio de la calle Girona 65



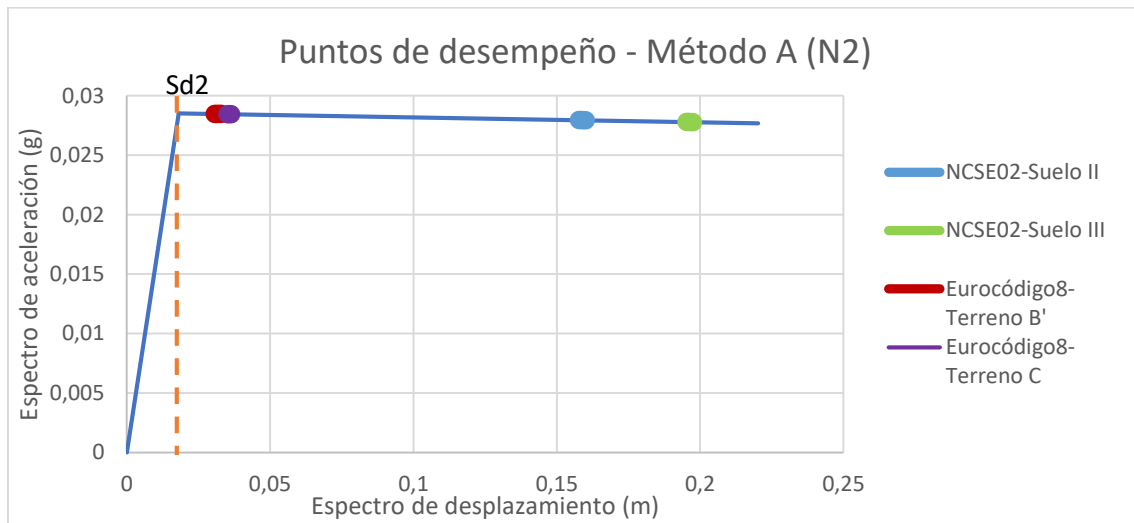
Gráfica 4.2.44 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Girona 65

Se aprecia en la gráfica 4.2.44 que el desempeño estructural para el Eurocódigo8 alcanza un grado de daño moderado, mientras que los de la norma sismorresistente española en un grado de daño intenso. Cabe destacar que, la capacidad sísmica es superior al edificio anterior (véase la gráfica 4.2.38), porque permite más desplazamiento para alcanzar un grado de daño muy alto. En el caso del edificio anterior los puntos de desempeño de la NCSE02 alcanzan un grado de daño muy fuerte. En este caso con el mecanismo correspondiente ese edificio sería más vulnerable con esos tipos de suelos.

Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral

Grados de daño	(m)
sd1	0,012712
sd2	0,01816
sd3	0,277545
sd4	1,0557

Tabla 4.2.38 Grados de daño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Girona 65



Gráfica 4.2.45 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Girona 65

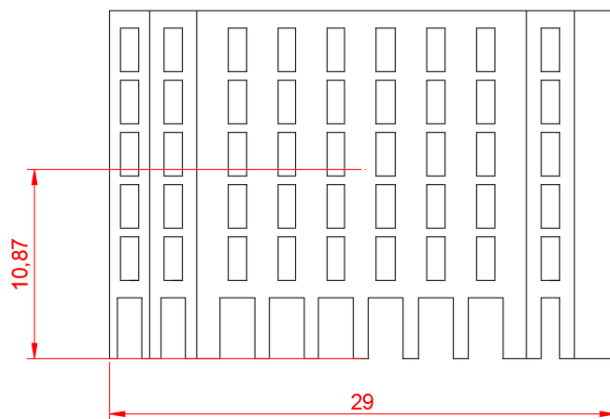
Se observa en la gráfica 4.2.45 que los puntos de desempeño se sitúan en un grado de daño moderado. En este caso la estructura con los suelos de la norma española les faltaría bastante margen para meterse en un grado de daño intenso. En cambio, la fachada en los suelos del Eurocódigo8 tendría una vulnerabilidad sísmica inferior por situarse en una zona inicial de un grado de daño moderado.

4.2.2.7 Fachada de la calle Mallorca 312

Los últimos dos edificios que se explicarán serán posicionados en chaflán. Con lo cual al ver modificada la configuración estructural es posible que en la fachada pueda producirse algunos cambios concretamente en el comportamiento de la capacidad sísmica a la hora de generarse los mecanismos. Se aprecia que este edificio consta de 9 huecos en cada nivel con una altura de 6 pisos.

A continuación, se expondrán unas explicaciones sobre las diferencias que pueden ocasionarse debido a la posición de este edificio y las correspondientes características que constituye la fachada.

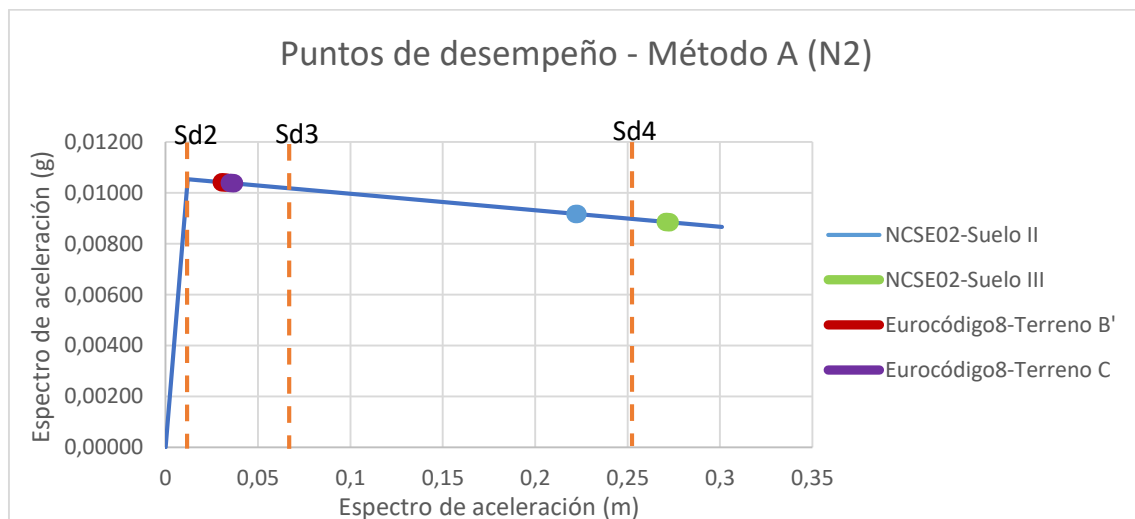
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0083699
sd2	0,011957
sd3	0,072829
sd4	0,255445

Tabla 4.2.39 Grados de daño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Mallorca 312

Figura 4.2.31 Mecanismo 1 del edificio de la calle Mallorca 312



Gráfica 4.2.46 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Mallorca 312

Se observa en la gráfica 4.2.46 que el elemento en el Eurocódigo8 se sitúa en un grado de daño moderado, mientras que en la NCSE se mantiene entre un grado de daño intenso/muy fuerte.

Respecto al edificio de la calle Aragón (véase la gráfica 4.2.1), las características en el comportamiento de la curva de capacidad son realmente similares, tienen diferencias insignificantes. En cambio, con el edificio de la calle Aribau (véase la gráfica 4.2.6), se aprecian algunas diferencias respecto al centro de gravedad. El edificio de la calle Aribau al tener menos centro de gravedad se aprecia una mejor capacidad sísmica, puesto que los puntos de desempeño se sitúan en unos grados de daño no tan importantes como el edificio de la gráfica 4.2.46 que se sitúan en fase más dañinas para la estructura.

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)

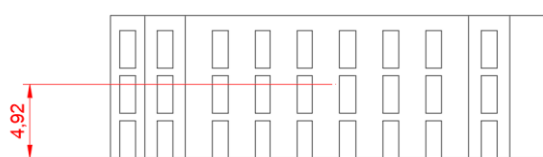
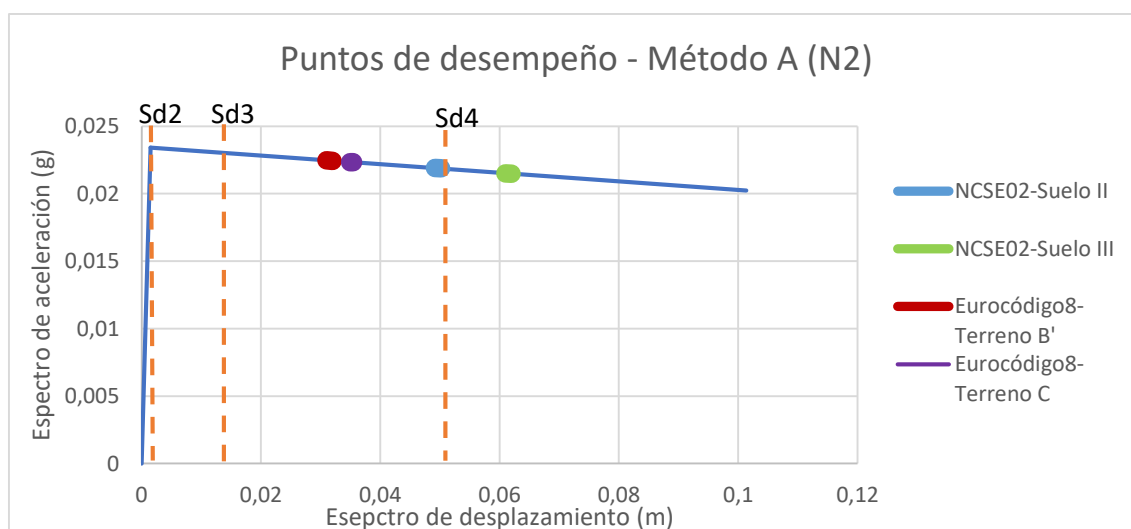


Figura 4.2.32 Mecanismo 2 del edificio de la calle Mallorca 312

Grados de daño	(m)
sd1	0,0010332
sd2	0,001476
sd3	0,014514
sd4	0,053628

Tabla 4.2.40 Grados de daño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Mallorca 312



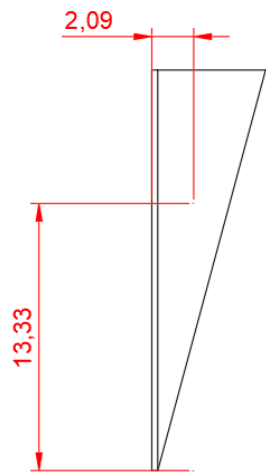
Gráfica 4.2.47 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Mallorca 312

En la gráfica 4.2.47 se ve que el elemento en el Eurocódigo8 se mantiene en un grado de daño intenso. En cambio, en la NCSE se mantendrían en un grado de daño intenso/muy fuerte.

Cabe destacar que, este edificio consta de un peso importante y en comparación con otros que son más reducidos puede haber unas diferencias considerables en el desempeño sísmico de las fachadas en los mecanismos. El peso de la estructura le puede proporcionar gran capacidad sísmica, sin embargo, si el edificio dispone de una altura importante hace que pierda estabilidad y el comportamiento se vea afectado.

Una diferencia respecto al edificio de la calle Girona se puede explicar con detalle (véase la gráfica 4.2.42), en el cual es el edificio más estrecho de todos y de 5 niveles. El edificio de la calle de Girona al ser un edificio con un centro de gravedad inferior a éste (3,54m), podrá permitirse unas aceleraciones sísmicas mayores, y por tanto una capacidad sísmica superior al edificio actual que corresponde a un centro de gravedad de 4,92m.

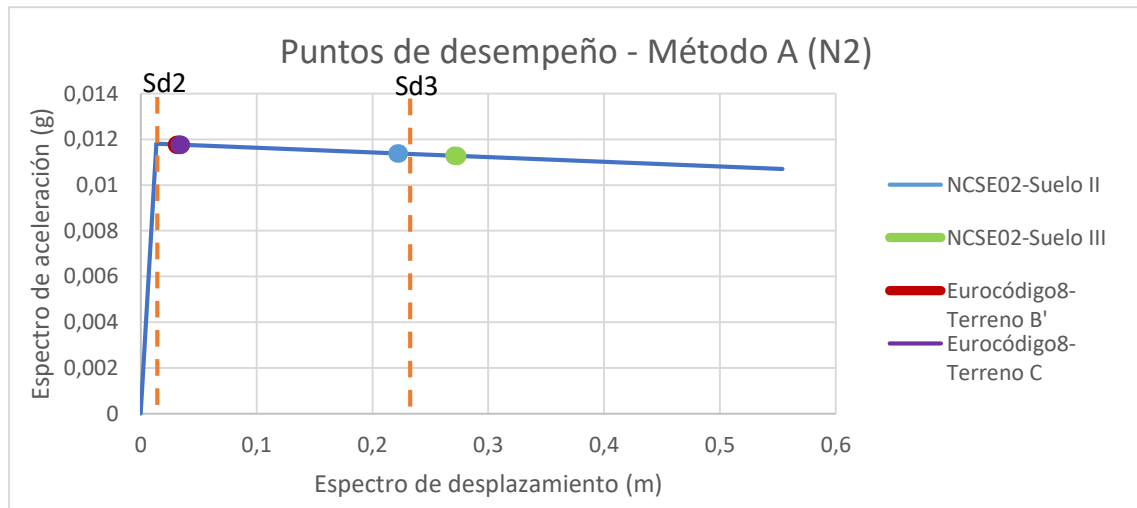
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,0093611
sd2	0,013373
sd3	0,23122975
sd4	8848

Tabla 4.2.41 Grados de daño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Mallorca 312

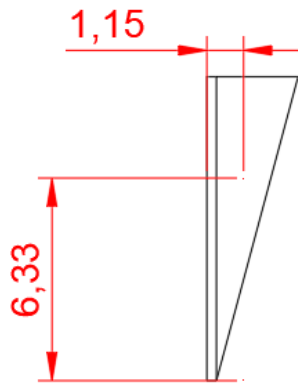
Figura 4.2.33 Mecanismo 3 del edificio de la calle Mallorca 312



Gráfica 4.2.48 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Mallorca 312

Se aprecia en la gráfica 4.2.28 que todos los puntos de desempeño están situados en un grado de daño moderado. Por lo que la estructura no se verá altamente afectada por la acción sísmica.

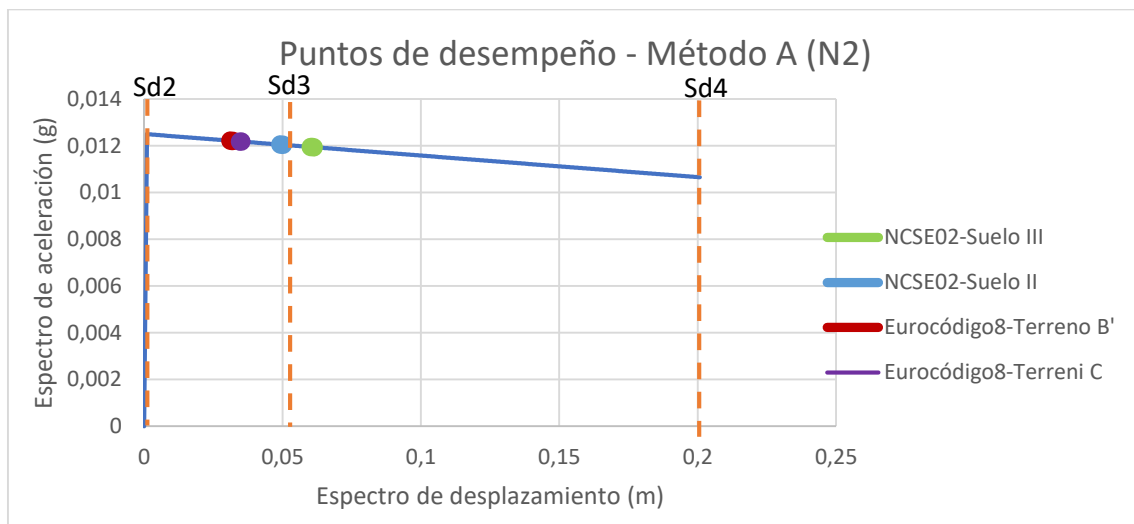
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



Grados de daño	(m)
sd1	0,00070272
sd2	0,00100389
sd3	0,05182792
sd4	0,2043

Tabla 4.2.42 Grados de daño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Mallorca 312

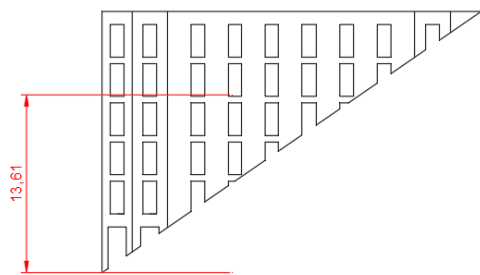
Figura 4.2.34 Mecanismo 4 del edificio de la calle Mallorca 312



Gráfica 4.2.49 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Mallorca 312

Se puede apreciar en la gráfica 4.2.49 que el conjunto de puntos se mantiene en una zona de transición de grado de daño moderado-intenso. En este caso los puntos de desempeño de la NCSE02 las estructuras se verán más modificadas por el efecto de daño que causa el sismo, en comparación al Eurocódigo8 que tendrán una vulnerabilidad inferior por pertenecer a un grado de daño más reducido.

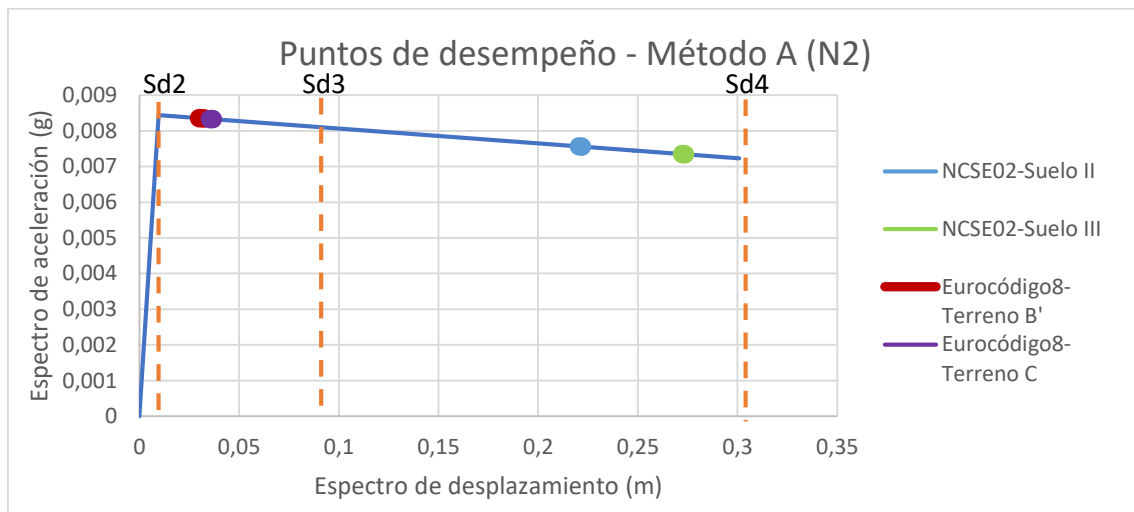
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0066689
sd2	0,009527
sd3	0,08607025
sd4	0,3157

Tabla 4.2.43 Grados de daño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Mallorca 312

Figura 4.2.35 Mecanismo 5 del edificio de la calle Mallorca 312



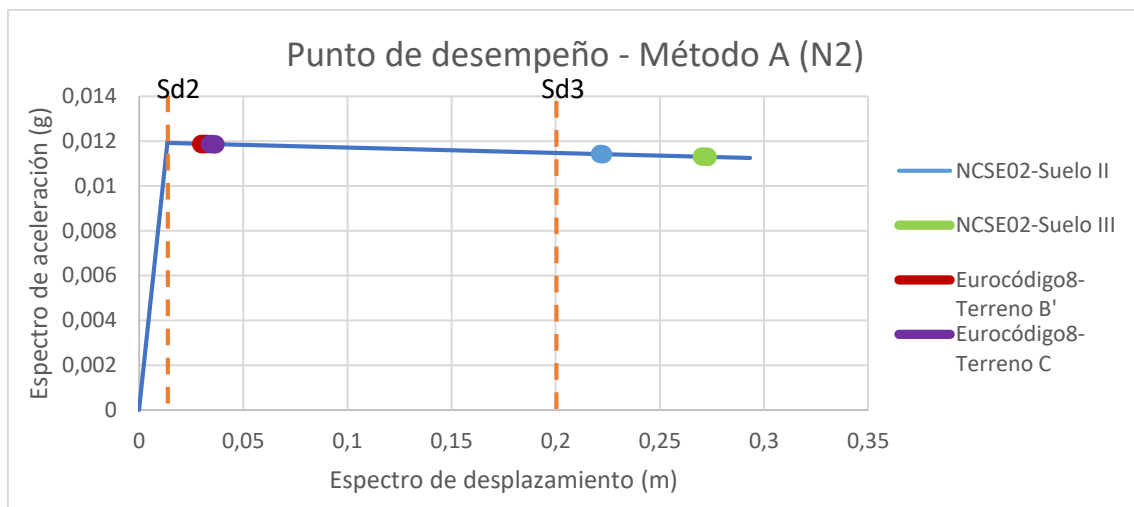
Gráfica 4.2.50 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Mallorca 312

En este mecanismo de la gráfica 4.2.50 se observa que el elemento en el Eurocódigo8 se postulará más en un grado de daño moderado, mientras que en la NCSE02 estarán en un grado de daño intenso con una vulnerabilidad sísmica superior.

Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral

Grados de daño	(m)
sd1	0,009506
sd2	0,01358
sd3	0,201985
sd4	0,7672

Tabla 4.2.44 Grados de daño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Mallorca 312



Gráfica 4.2.51 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Mallorca 312

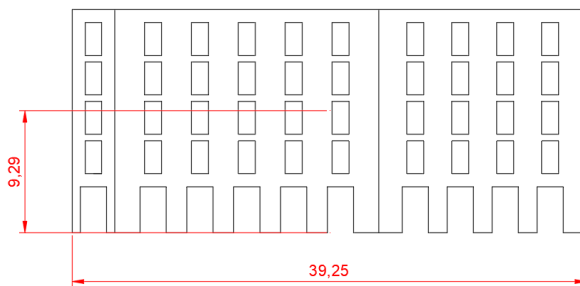
Se puede observar en la gráfica 4.2.51 que debido a este mecanismo comparado con el de la calle Aragón (véase la gráfica 4.2.6) tiene peor capacidad sísmica.

Los puntos de desempeño en el Eurocódigo8 tendrán un grado de daño moderado, mientras que los de la norma española se situarán en un grado de daño intenso.

4.2.2.8 Fachada de la calle Pau Clarís 96

Esta fachada de la calle Pau Clarís 96 consta de 10 aberturas en los 5 niveles que dispone el edificio. Se hará una comparación con el edificio anterior de la calle Mallorca, que también está posicionado en chaflán. Con esto, se podrán ver las diferencias más representativas que puede haber en estos tipos de edificios con una configuración estructural distinta comparada con los edificios posicionados en banda.

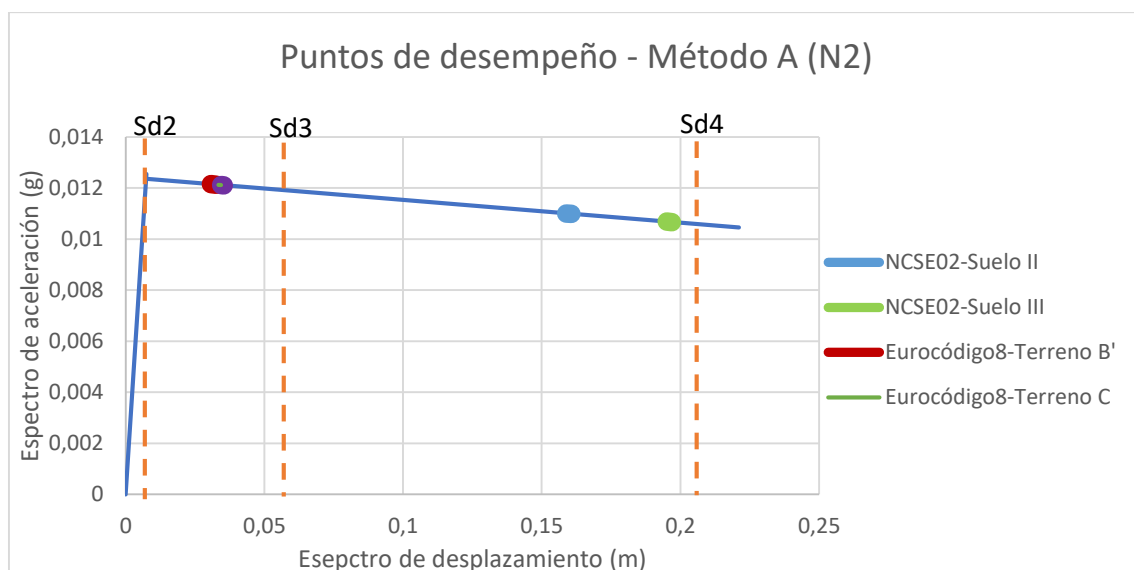
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0052024
sd2	0,007432
sd3	0,059699
sd4	0,2165

Tabla 4.2.45 Grados de daño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Figura 4.2.36 Mecanismo 1 del edificio de la calle Pau claris



Gráfica 4.2.51 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Por lo que se puede observar en la gráfica 4.2.51 los puntos de desempeño del Eurocódigo8 se sitúan en un grado de daño moderado. En cambio, los de la norma española están posicionado en el tramo final de un grado de daño intenso. Por tanto, éstos últimos tendrán un desempeño sísmico importante, ya que la estructura se verá afectada por las aceleraciones del fenómeno sísmico.

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)

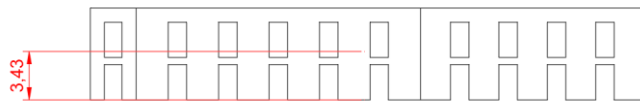
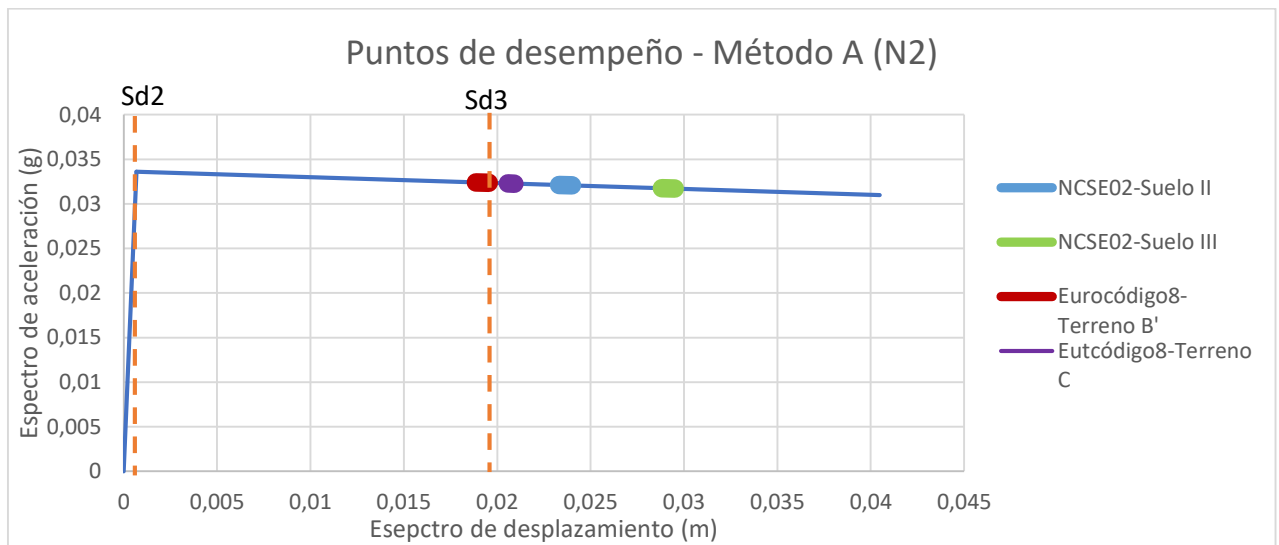


Figura 4.2.37 Mecanismo 2 del edificio de la calle Pau claris

Grados de daño	(m)
sd1	0,0004802
sd2	0,000686
sd3	0,0199895
sd4	0,0779

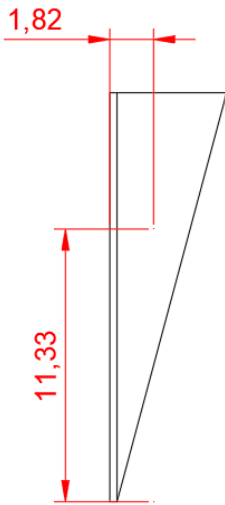
Tabla 4.2.46 Grados de daño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Pau Clarís 96



Gráfica 4.2.52 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Se aprecia en la gráfica 4.2.52 que los puntos de desempeño de cada suelo corresponden a un tramo de grado de daño moderado-intenso. Los suelos de la normativa española entran más en una fase de daño intenso, aunque el suelo III se desengancha más de los otros 3. Por ese motivo el suelo III tendrá una vulnerabilidad más alta respecto a los otros suelos.

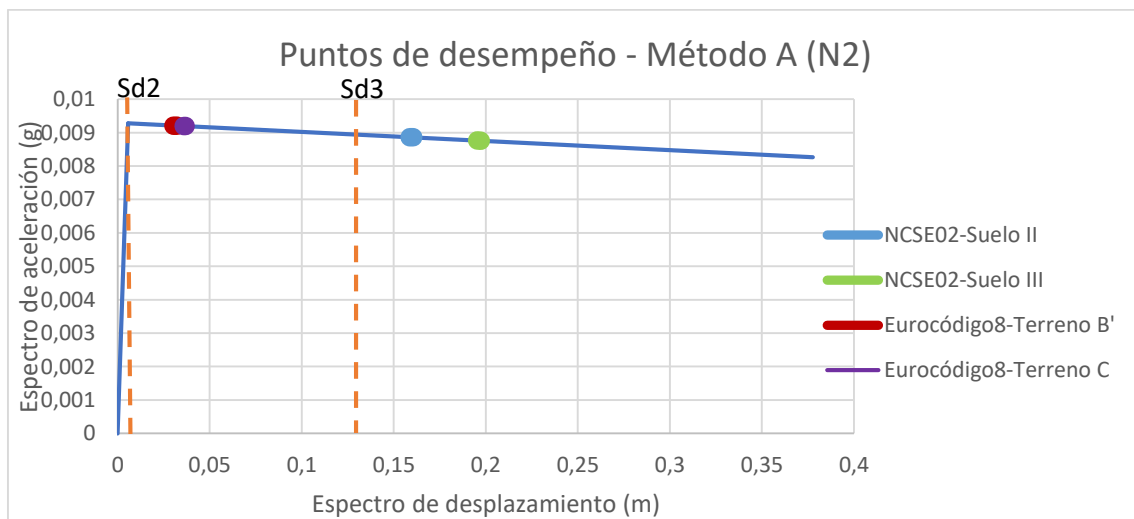
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,003962
sd2	0,00566
sd3	0,133995
sd4	0,519

Tabla 4.2.47 Grados de daño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Figura 4.2.38 Mecanismo 3 del edificio de la calle Pau claris

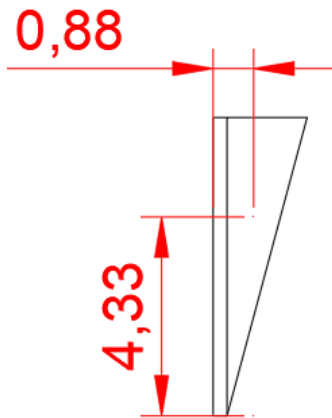


Gráfica 4.2.53 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Se observa en la gráfica 4.2.53 que los puntos de desempeño del Eurocódigo8 se sitúan en un grado de daño moderado, mientras que los de la NCSE02 se encuentran en un grado de daño intenso. Un dato importante que cabe destacar es que en el caso de este edificio el mecanismo más resistente que se ha podido ver hasta ahora, los elementos se verán más afectados por el sismo. El mecanismo 1 (véase la gráfica 4.2.51), considerado como el mecanismo que se activa más fácilmente debido al sismo, en este caso permite más resistencia sísmica que en el mecanismo 3, lo cual es un hecho que no se esperaba. El motivo de este hecho podría ser por un peso y un ancho excesivo.

También hay que constatar que el edificio anterior posicionado en chaflán no ocurre lo mismo, por el simple hecho de tener un ancho y un peso inferior.

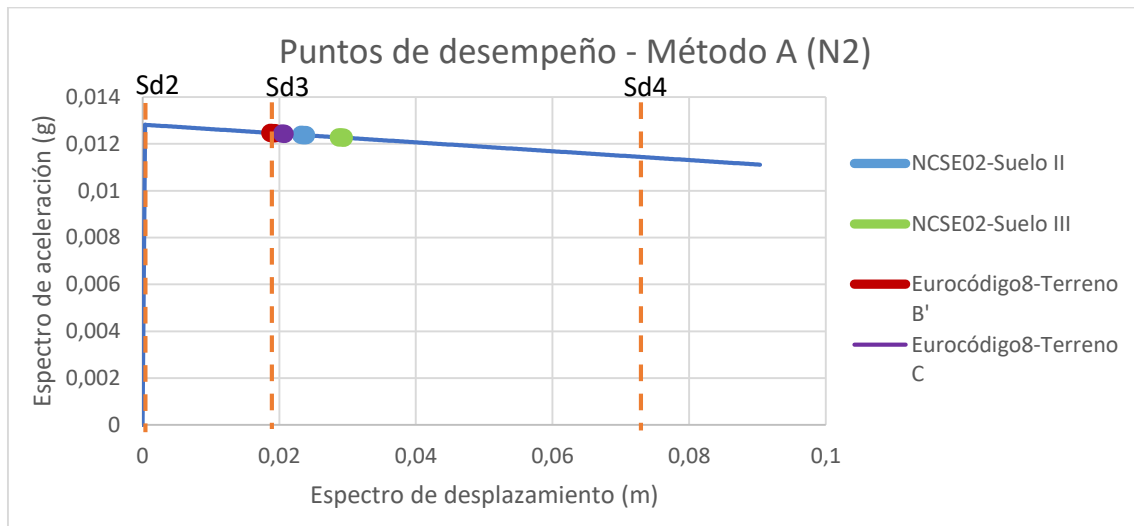
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales



Grados de daño	(m)
sd1	0,0002422
sd2	0,000346
sd3	0,0197345
sd4	0,0779

Tabla 4.2.48 Grados de daño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Pau Clarís 96

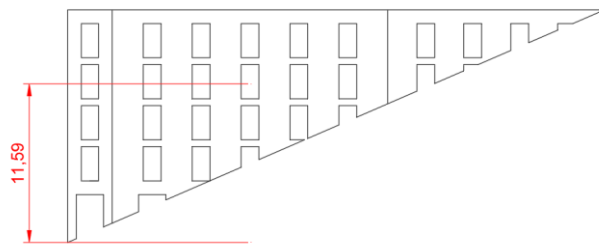
Figura 4.2.39 Mecanismo 4 del edificio de la calle Pau claris



Gráfica 4.2.54 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Se observa en la gráfica 4.2.54 que los puntos de desempeño están situados en el inicio de un grado de daño intenso. Comparado con el edificio anterior (véase la gráfica 4.2.49), los puntos de desempeño se encuentran en un grado menor, que sería un daño moderado. Con lo cual se aprecia que esta fachada tiene menos capacidad sísmica que la anterior.

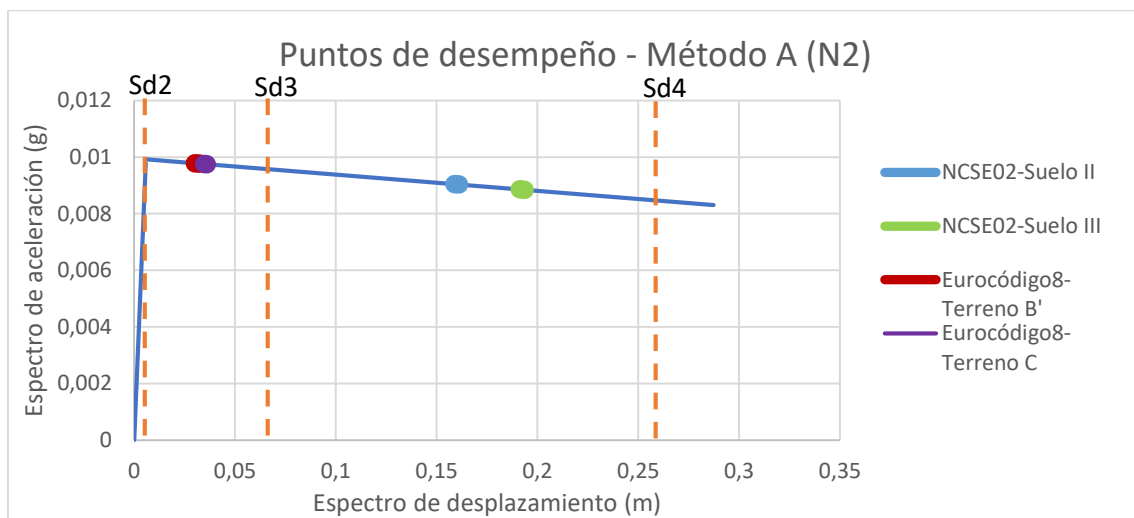
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Grados de daño	(m)
sd1	0,0040565
sd2	0,005795
sd3	0,07098875
sd4	0,26657

Figura 4.2.40 Mecanismo 5 del edificio de la calle Pau claris

Tabla 4.2.49 Grados de daño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Pau Claris 96



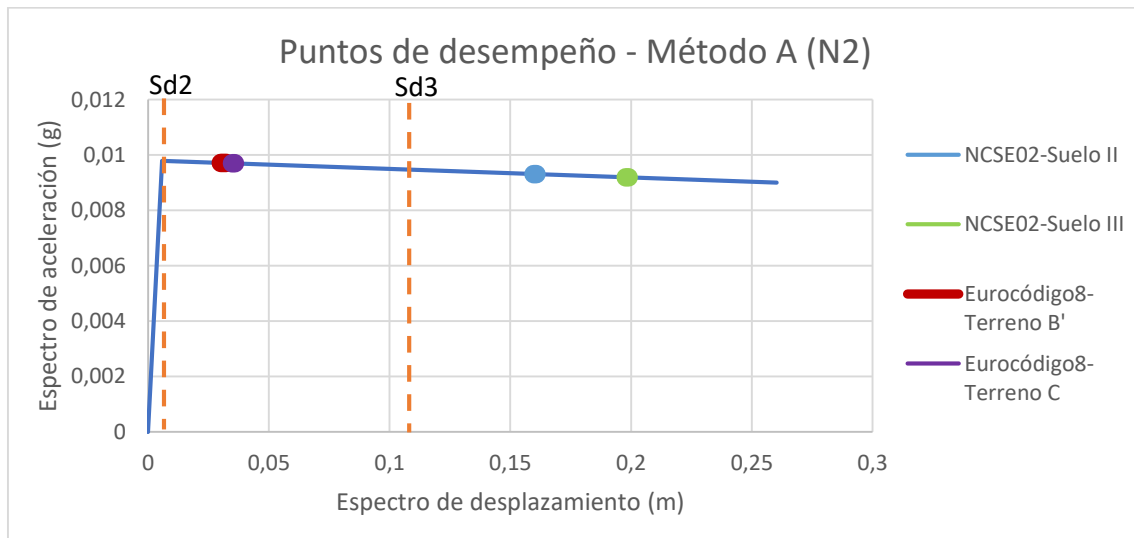
Gráfica 4.2.55 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Pau Claris 96

Se observa en la gráfica 4.2.55 cómo se han podido en varios edificios, los puntos de desempeño del Eurocódigo8 se encuentran en un grado de daño moderado, mientras que en la NCSE02 se sitúan en un grado intenso.

Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral

Grados de daño	(m)
sd1	0,0040495
sd2	0,005785
sd3	0,12358875
sd4	0,477

Tabla 4.2.50 Grados de daño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Pau Clarís 96



Gráfica 4.2.56 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Pau Clarís 96

En la gráfica 4.2.56 comparada con el anterior mecanismo (véase la gráfica 4.2.55), se puede decir que gracias a la conexión de la fachada con el panel lateral le atribuye mucho más desplazamiento para alcanzar niveles de daño importantes. De todos modos, se observa que en ambos mecanismos los puntos de desempeño se mantienen en los mismos grados de daño.

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES

En este último capítulo, se comentarán los resultados que se han obtenido en base a la aplicación del método A (N2) en el análisis límite cinemático. A partir de estos resultados se harán unas conclusiones explicando los detalles más relevantes y representativos que han surgido en los diferentes casos de estudio.

En relación a los mecanismos es importante destacar que en el mecanismo de **vuelco total de fachada principal (mecanismo 1)**, el macro-elemento es muy vulnerable frente al sismo debido a la falta de la conexión que hay enlazada con otro elemento que pertenezca al edificio. Esa falta de conexión de la fachada hace que el mecanismo disponga de una resistencia inferior, y que haya más probabilidad de que la estructura se vea más afectada por el efecto de daño que genera la acción sísmica. Por ello, con un vuelco de fachada sin paneles en el momento del desplazamiento, la estructura tenderá a deteriorarse o verse modificada más fácilmente debido al daño sísmico y alcanzar grados de daño importantes. En el caso de un **vuelco total de fachada principal con los dos paneles laterales (mecanismo 3)** tendrá mucha más resistencia, y alcanzará un grado de daño inferior por su gran capacidad sísmica. Por otra parte, en comparación a los demás mecanismos, el mecanismo 3 es el que garantiza más estabilidad y mucha más capacidad sísmica.

Por otro lado, comparando el mecanismo de **vuelco parcial de fachada principal (mecanismo 2)** y el mecanismo de **vuelco parcial de fachada principal con los dos paneles laterales (mecanismo 4)**, en las diversas representaciones gráficas del mecanismo 2, se aprecia que el comportamiento de este mecanismo es más vulnerable frente al sismo que el comportamiento del mecanismo 4. La idea es la misma que lo comentado en el párrafo anterior con el mecanismo 1 y el mecanismo 3, pero en este caso abarca a una longitud reducida del edificio. Es decir, con la conexión de la fachada con los muros transversales en las zonas laterales les proporcionará mucha más resistencia en el movimiento del edificio debido a la acción sísmica. En este caso, los puntos de desempeño de ambas normativas en la mayoría de los edificios en el mecanismo 2 se sitúan en un grado de daño intenso. En cambio, en el mecanismo 4 al disponer de esta conexión de los paneles, los puntos de desempeño se encuentran en un grado de daño inferior, concretamente en un daño moderado.

En relación al mecanismo de **vuelco parcial de fachada principal por rotura diagonal (mecanismo 5)** y al de **vuelco parcial de fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral (mecanismo 6)**, se aprecia que el mecanismo 6 al disponer de una conexión de fachada con 1 panel lateral se comporta de una manera más resistente frente al sismo. Esta conexión le proporcionará al edificio más capacidad sísmica. En cuanto al desempeño sísmico del mecanismo 5, los puntos de desempeño en el Eurocódigo 8 se encuentran en un grado de daño moderado, mientras que los puntos de desempeño de la norma sismorresistente española se sitúan en un grado de daño intenso. En cambio, en el mecanismo 6 al disponer de esta conexión, los puntos de desempeño de ambas normativas se encuentran en un grado de daño moderado. Por otra parte, en los edificios de 7 niveles hay una diferencia notable, y es en el mecanismo 6, donde los puntos de desempeño del eurocódigo-8 se encuentran en un grado donde no se verá ninguna modificación de la estructura debido al sismo. El desempeño sísmico del Eurocódigo-8 se mantendrá igual que en los demás edificios de distintos niveles, específicamente en un grado de daño moderado. Por tanto, se concluye que los edificios con un mecanismo 6 tendrán más capacidad sísmica que los edificios que desarrollen un mecanismo 5 por tener mucha más resistencia para alcanzar grados de daño importantes.

En relación a los mecanismos que se ven más afectados por el sismo se hará una comparación entre el mecanismo 1 y el mecanismo 5. En general, en el mecanismo 1 se puede apreciar que los puntos de desempeño del Eurocódigo-8 suelen estar situados en un grado de daño moderado, mientras que el desempeño sísmico de la norma sismorresistente española se encuentra en un grado de daño intenso. En el mecanismo 5 los edificios tendrán mucha más capacidad sísmica, puesto que suelen situarse los puntos de desempeño en un grado de daño moderado. Por tanto, se concluye que la estructura se verá más afectada por el sismo desarrollando un mecanismo 1 que un mecanismo 5.

En relación a las diferentes alturas de los edificios, se evaluarán los resultados obtenidos sobre el mecanismo menos resistente que se ha identificado, que es el mecanismo 1. Se ha podido apreciar que los edificios que tienen menos altura desarrollan una capacidad sísmica superior. Ello es debido al parámetro del centro de gravedad. Un edificio que disponga de menos centro de gravedad tendrá mucha más estabilidad que otro edificio que disponga de un valor de centro de gravedad mayor. De hecho, en las gráficas se ha podido corroborar este aspecto, ya que los mecanismos 1 que corresponden a edificios de 6 y 7 niveles se encuentran en grados de daño moderado (véase las gráficas correspondientes al Eurocódigo-8) y en grado de daño muy fuerte (véase las gráficas correspondientes a la NCSE02). En cambio, los edificios de 5 niveles los puntos de desempeño se encuentran en unos grados de daño moderados (véase las gráficas correspondientes al Eurocódigo-8) e intensos (véase las gráficas correspondientes a la NCSE02).

Cabe añadir que, los edificios tanto posicionados en banda como en chaflán no se aprecian diferencias importantes. A pesar de que los edificios que están posicionados en chaflán dispongan de más ancho, el comportamiento se va a ver similar a los que están posicionados en banda.

En general, se puede concluir que las fachadas que dispongan de una conexión con otro elemento, o que en la zona donde haya una mínima conexión constituya de buenas propiedades mecánicas o buenas características del material, el mecanismo tendrá mucha más capacidad de resistir frente al sismo. Luego, conforme vaya avanzando el movimiento sísmico, la estructura no tendería a verse tan afectada debido al daño producido por un fenómeno sísmico. En cambio, en las fachadas que no dispongan de un buen enlazamiento con otro elemento tienden a ser más susceptibles por el daño sísmico y se verán muy deterioradas generando un deficiente comportamiento estructural en el edificio.

CAPÍTULO 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NCSE-02, 2012. Norma de Construcción Sismoresistente: parte general y edificación (NCSE-02), Ministerio de Fomento, Madrid (España).

Anejo Nacional AN/UNE-EN 1998-1. (1998).

Generalitat de Catalunya. (2018). Mapa de mesozonació sísmica de Catalunya a escala 1:250.000. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Extraído de <https://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Descargas/Cartografia-geologica-y-geotematica/Mapas-geofisicos-y-sismicos/Mapa-de-mesozonacion-sismica-de-Cataluna-1-250.000>

Mapas de Google (2019). Extraídos de maps.google.com

NTC. (2018). Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni.” Gazzetta Ufficiale Della Repubblica Italiana.

NTC. (2019). Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale, 17 junio 2018. Gazzetta Ufficiale Della Repubblica Italiana.

G. U. no. 47, Recommendations P.C.M. (2011). Assessment and mitigation of seismic risk of cultural heritage with reference to the Technical Code for the design of constructions, issued by D.M. 14/1/2008. Directive of the Prime Minister, 9/02/2011 (suppl. ord. no. 54). (In Italian)

La historia de l’Eixample i el Plan Cerdà. <http://todosobrebarcelona.com/la-historia-eixample-plan-cerda/>

Plano de Barcelona y sus alrededores (1855) Plan Cerdà. <http://todosobrebarcelona.com/la-historia-eixample-plan-cerda/>

Elsa Anglade, 2019. Study of the seismic vulnerability of Catalan Romanesque churches: Church of the cathedral of La Seu d’Urgell and church of the Monastery of Vilabertran. Advanced masters in structural analysis of monuments and historical constructions. Universitat Politècnica de Catalunya. Junio 2019.

Javier Silva, 2011. Seismic Behaviour of Typical Masonry Buildings from Barcelona’s “Eixample”. Advanced masters in structural analysis of monuments and historical constructions. Universitat Politècnica de Catalunya. Julio 2011.

Selma Cara, 2016. Seismic risk assessment at Emergency Limit Condition of Urban neighbourhoods: application to the Eixample District of Barcelona. Escola Tècnica Superior d’Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB), Departament d’Enginyeria Civil i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-Barcelona Tech). Junio 2016.

Stravri Burda, 2020. Study of the seismic performance of traditional masonry buildings in the “Barceloneta” neighbourhood of Barcelona. Advanced masters in structural analysis of monuments and historical constructions. Universitat Politècnica de Catalunya. Julio 2020.

Còssima Cornadó, 2015. Comportament mecànic-estructural dels edificis històrics de murs d'obra de fàbrica de maó de l'Eixample de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya. Junio 2015.

Nuria Casquero, 2011. Collapse mechanisms due to Earthquake in urban buildings application to Barcelona's Eixample typical buildings. Universitat Politècnica de Catalunya.

Key Ellen, 2019. Study of the seismic vulnerability of Catalanian Romanesque churches: the churches of the monasteries of Santa Maria de Poblet and Sant Miquel de Cruïlles. Universitat Politècnica de Catalunya. Julio 2019.

Janira Irizarry, 2009. Sistema Avançat d'Avaluació de Risc sísmic de Catalunya. Institut Geològic de Catalunya (IGC). Generalitat de Catalunya.

Ayala-Carcedo, F.J; Olcina Cantos, J, 2002. Riesgos naturales.

Paricio Casademunt, 1998. Anàlisi del sistema constructiu a base de murs de càrrega, utilitzats en la formació de l'Eixample. (Director Dr. Fructuos Mañà)

Paricio Casademunt, 2001. Secrets d'un Sistema constructiu. Universitat Politècnica de Catalunya. Diciembre 2001.

Paricio Casademunt, 2008. Secrets d'un sistema constructiu: L'Eixample

Ajuntament de Barcelona. Districte Eixample 1999 Els colors de l'Eixample.

Milutinovic, Z. V., & Trendafilosk, G. S. (2004). WP4 Vulnerability of current buildings. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3608-8_23

UNESCO-UNDRO (1979). Natural disasters and vulnerability analysis.

Caicedo, C; Barbat, A; Canas, J.A; Aguilar, R (1994). Vulnerabilidad sísmica de edificios. Monografías. CIMNE IS-6 1994

www.igc.cat

www.google.es

www.wikipedia.es

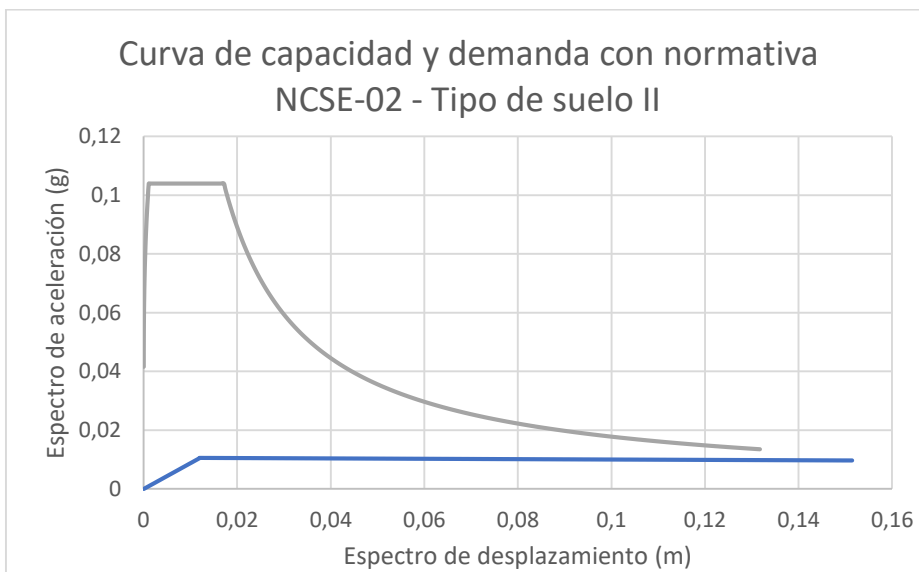
www.barcelona.cat

ANEXOS

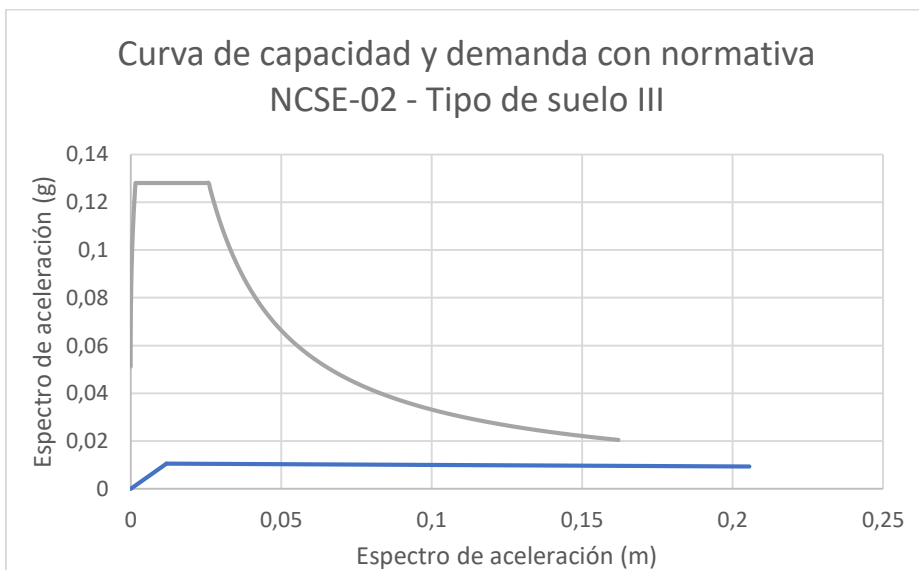
A.1 Gráficas de las curvas de capacidad y demanda

A.1.1 Fachada de la calle Aragón 277

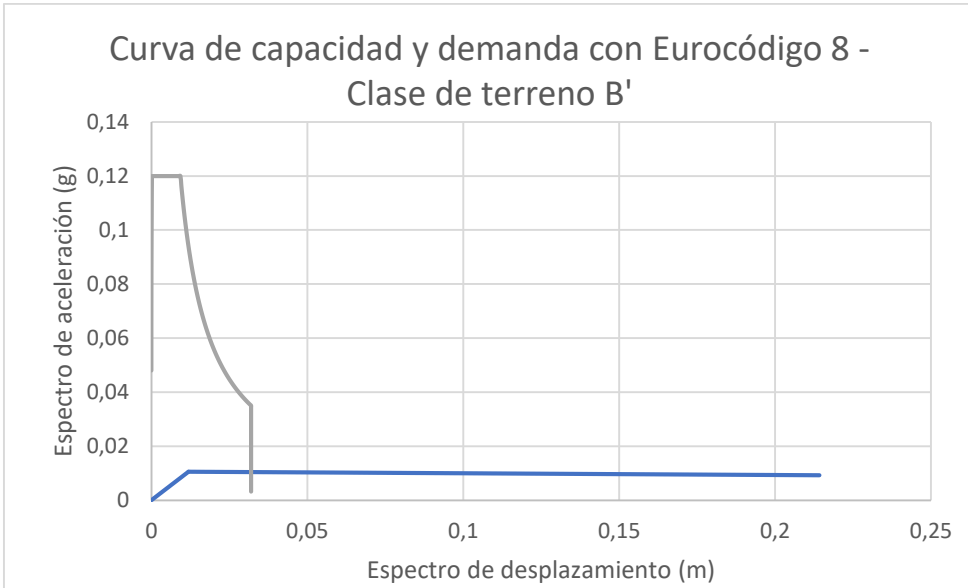
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



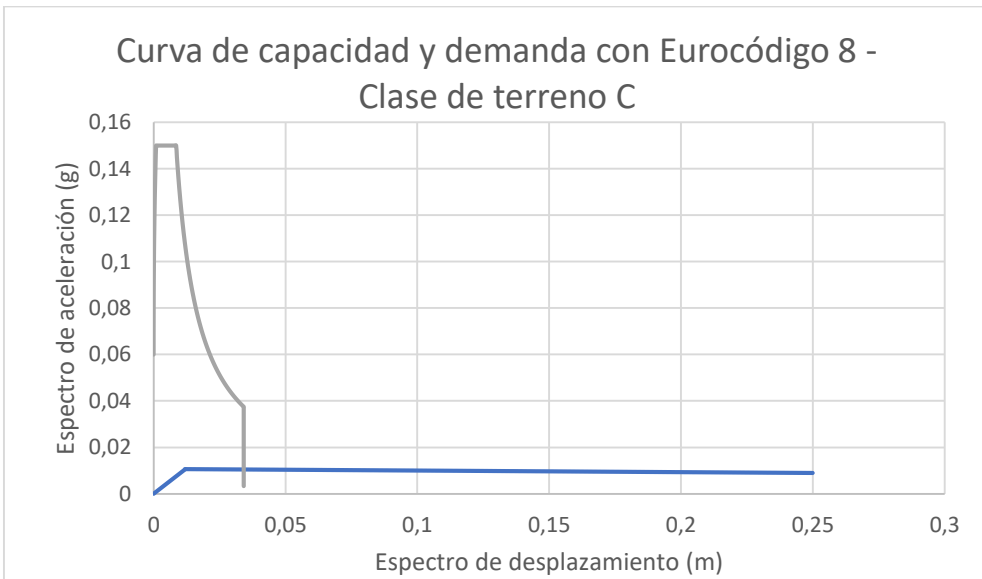
Gráfica A.1.1 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.2 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

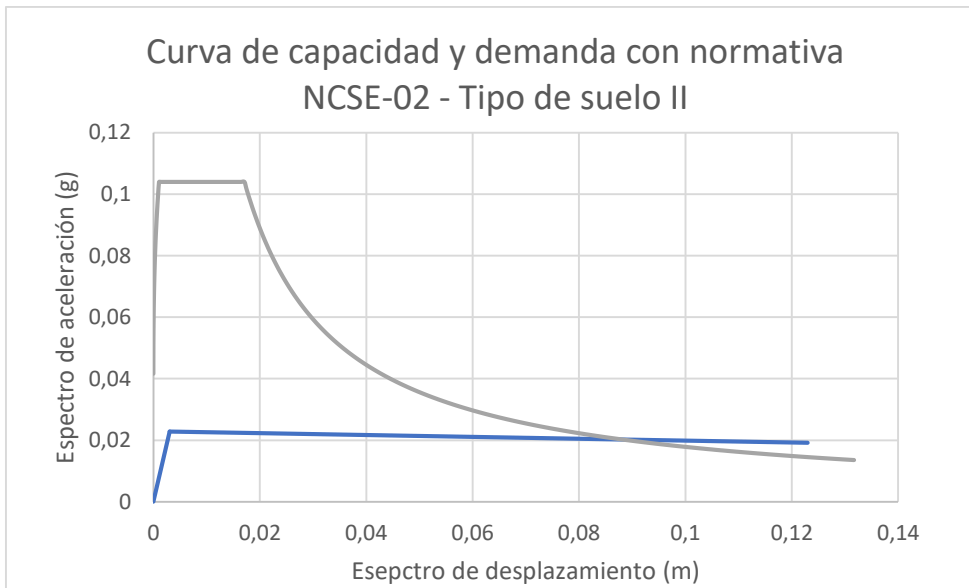


Gráfica A.1.3 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

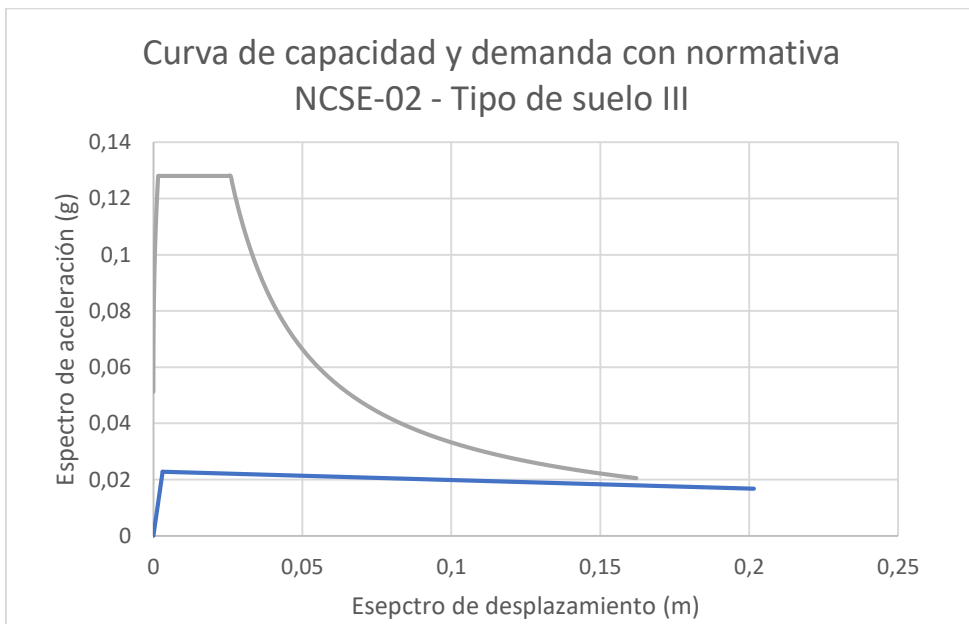


Gráfica A.1.4 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

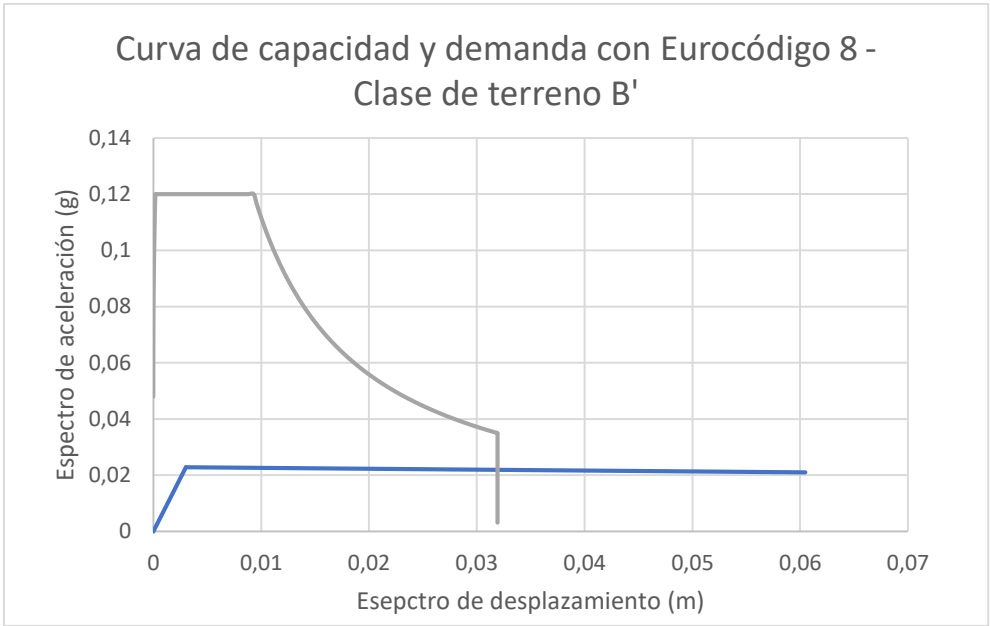
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal



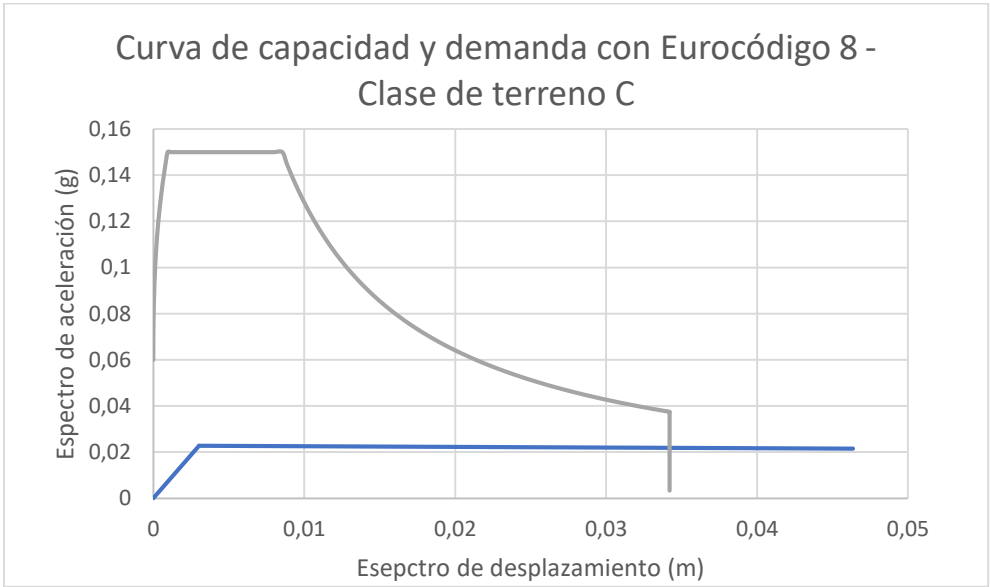
Gráfica A.1.5 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.6 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

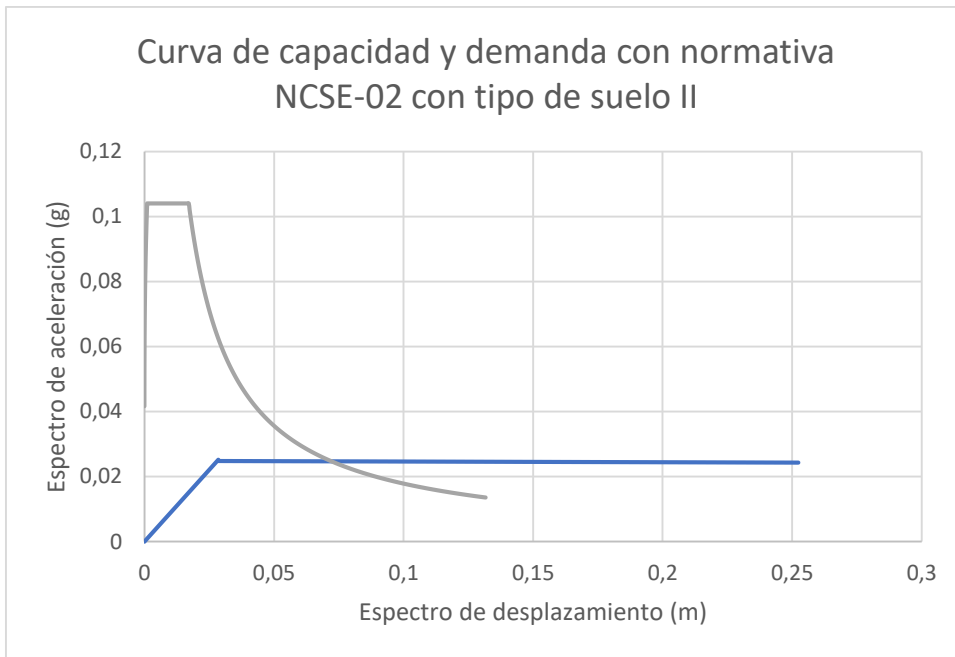


Gráfica A.1.7 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

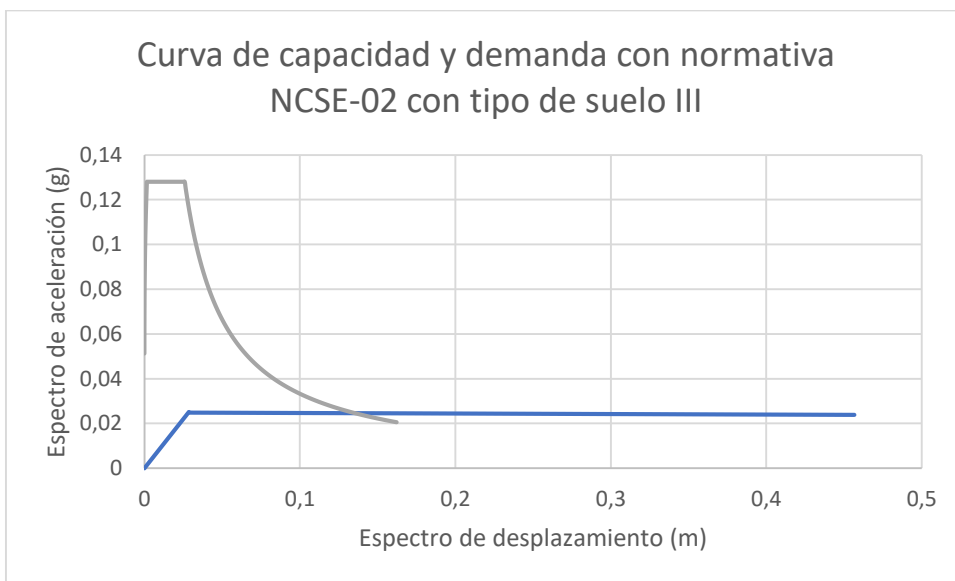


Gráfica A.1.8 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

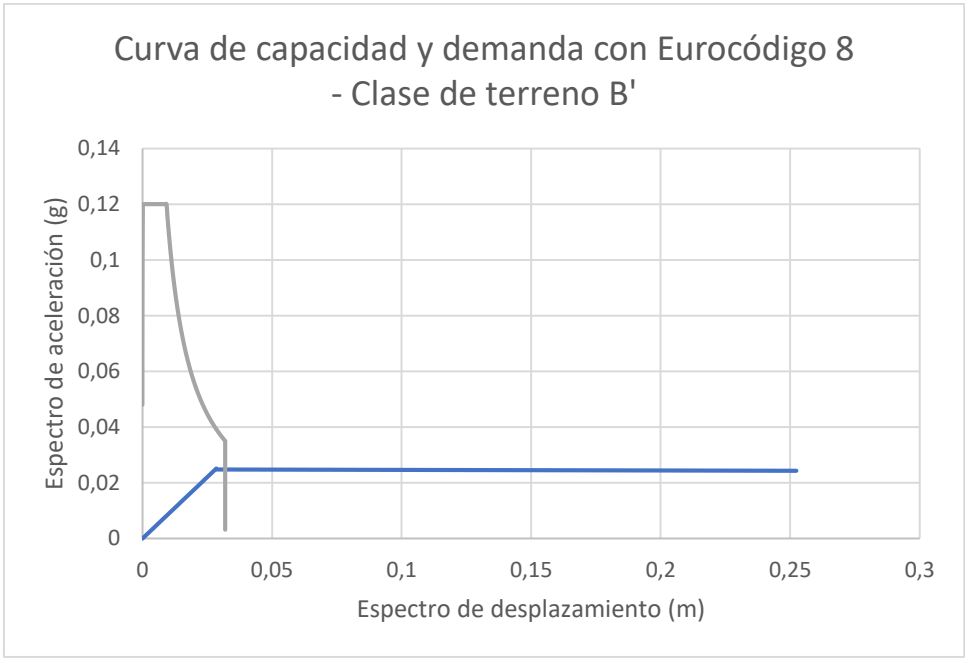
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



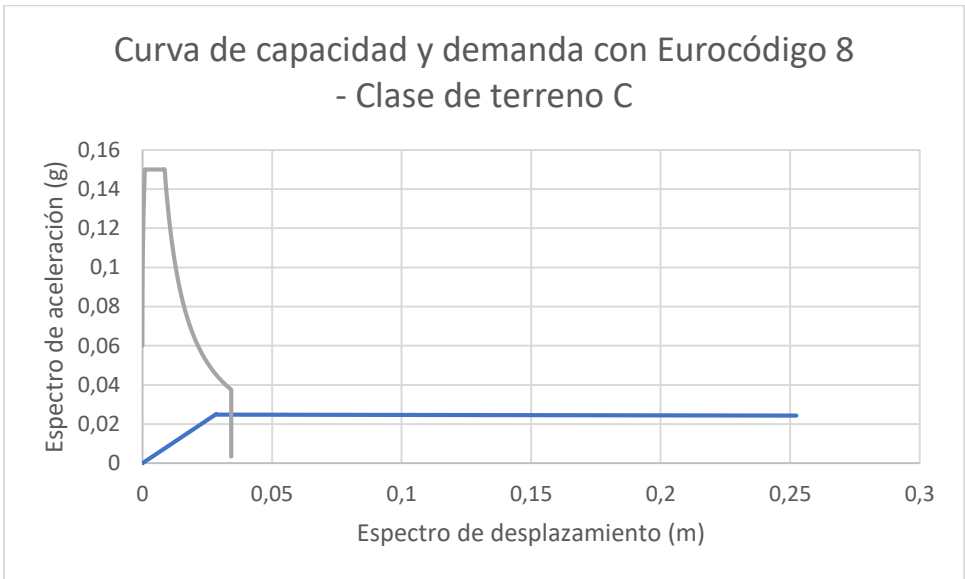
Gráfica A.1.9 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.10 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

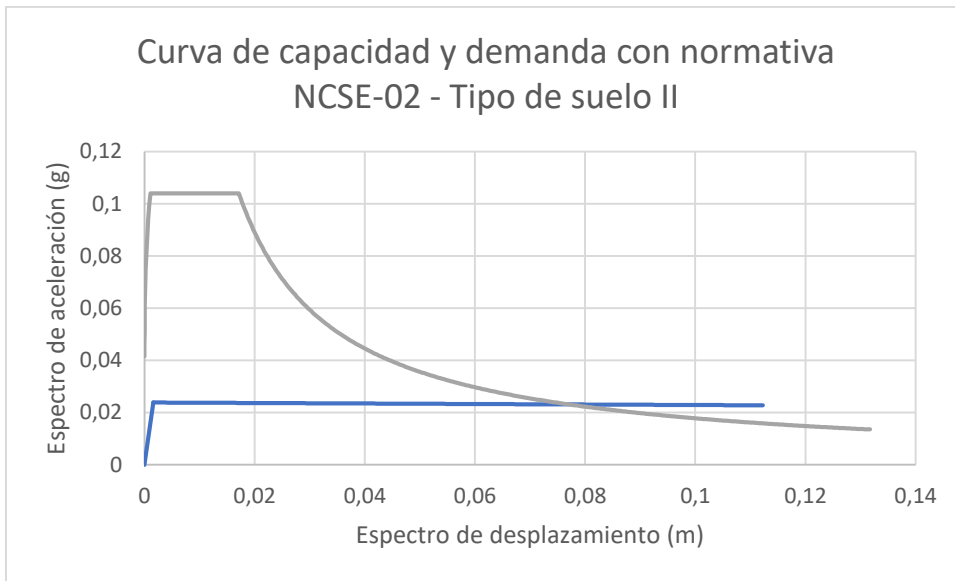


Gráfica A.1.11 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

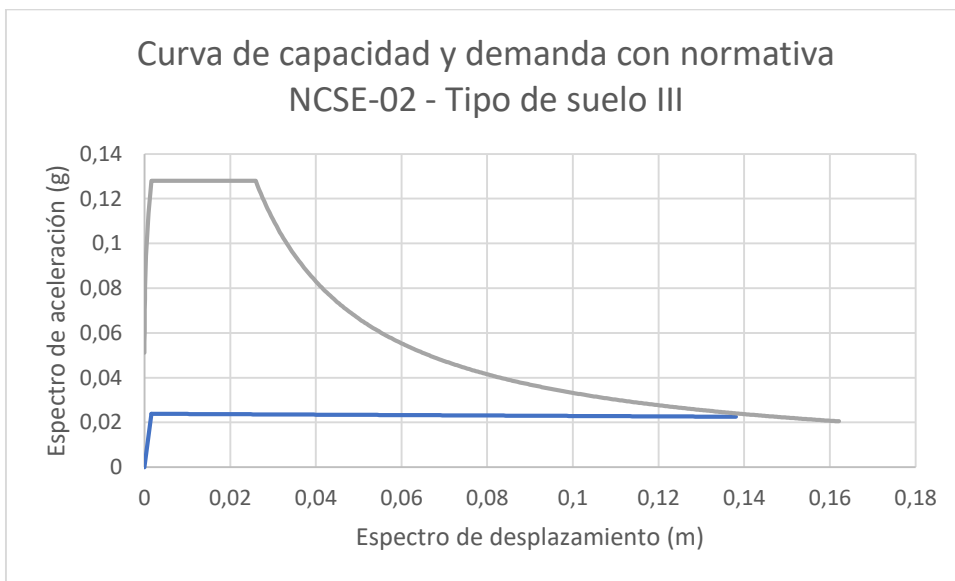


Gráfica A.1.12 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

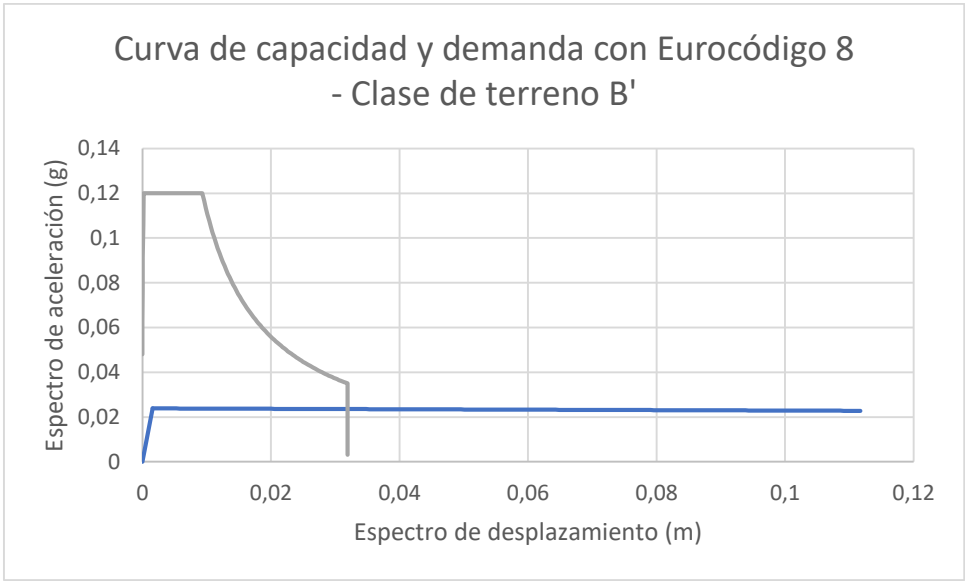
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales



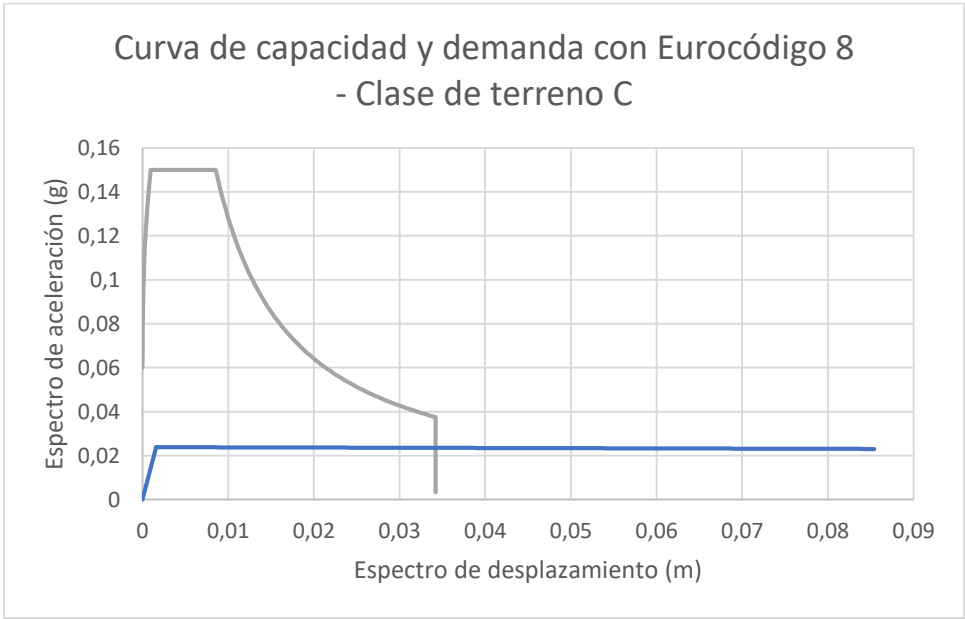
Gráfica A.1.13 Curva de capacidad y demanda – Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.14 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

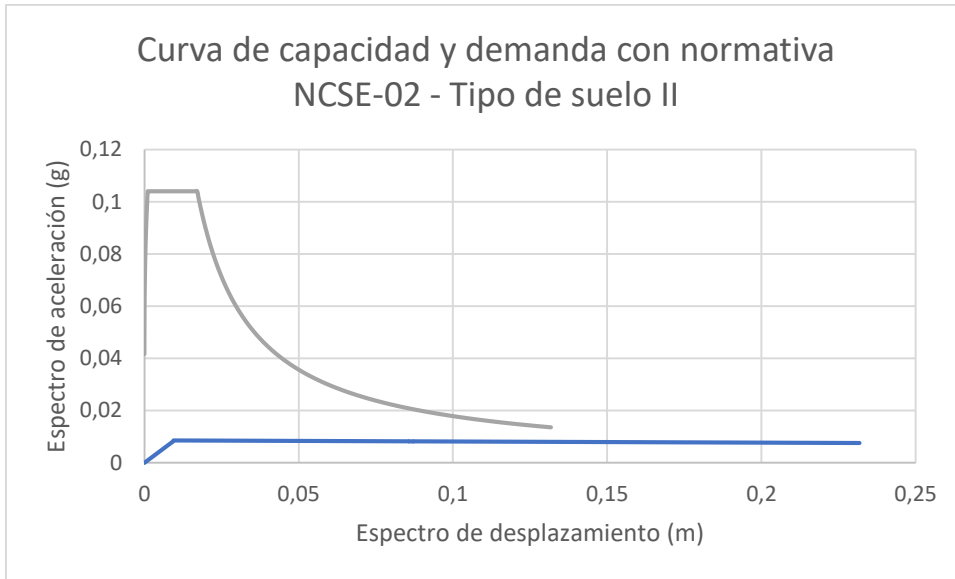


Gráfica A.1.15 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

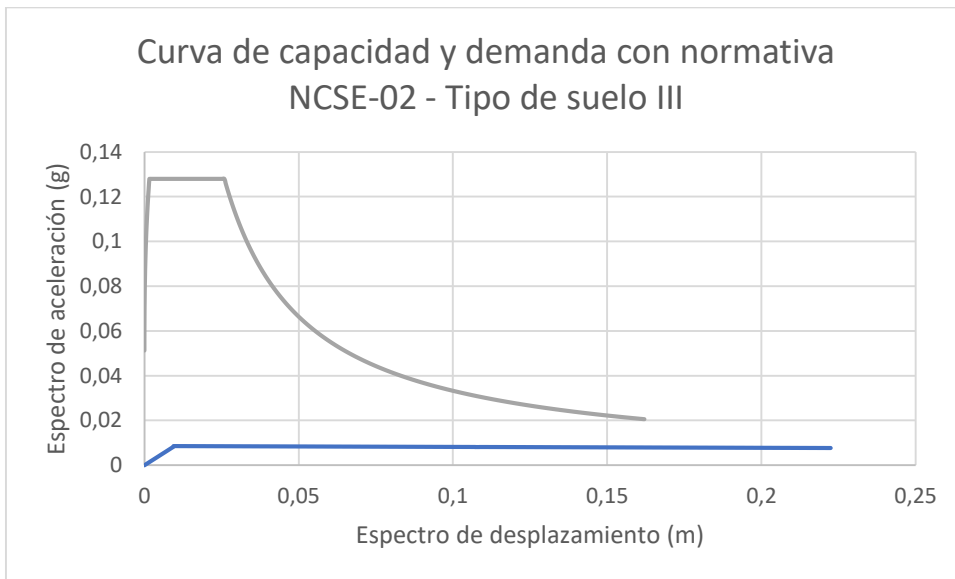


Gráfica A.1.16 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

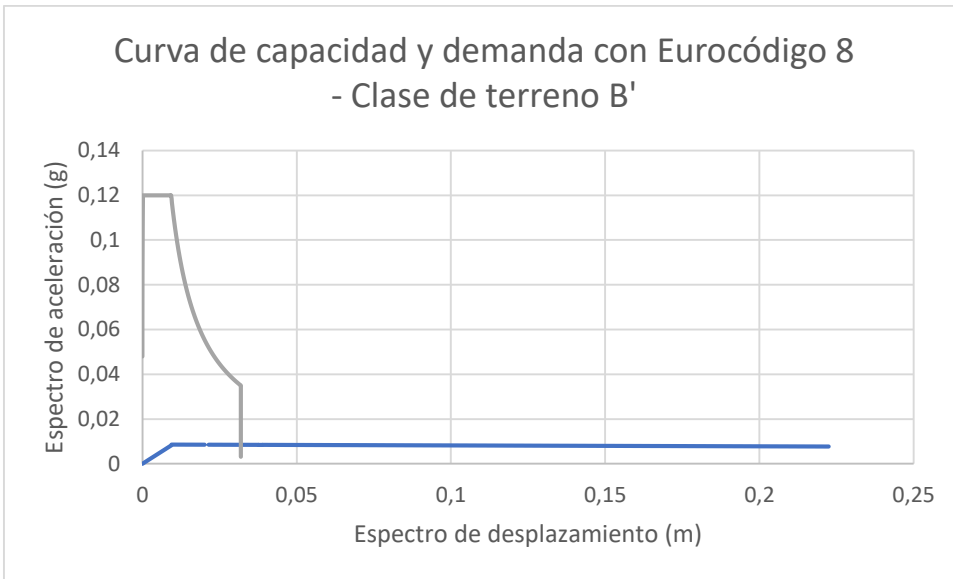
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



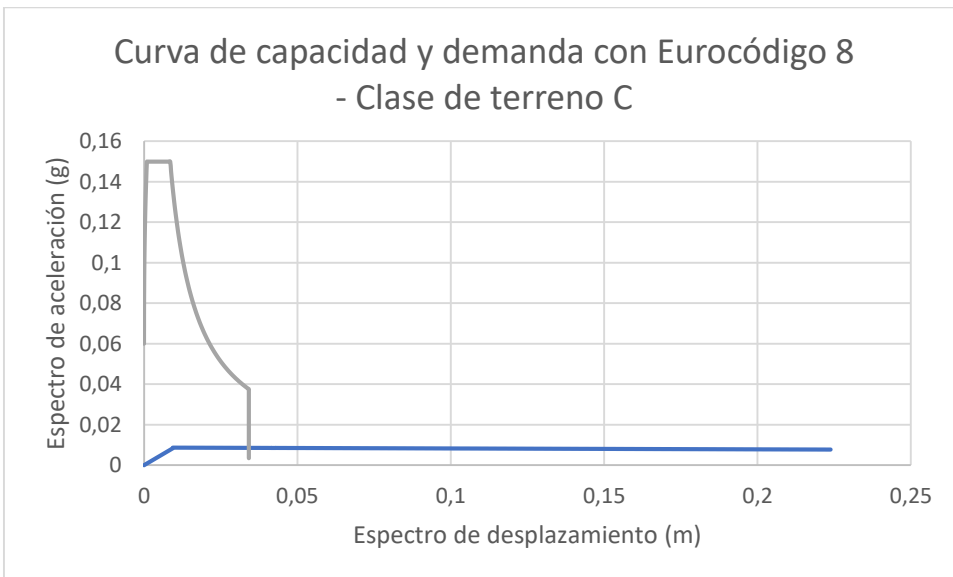
Gráfica A.1.17 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.18 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

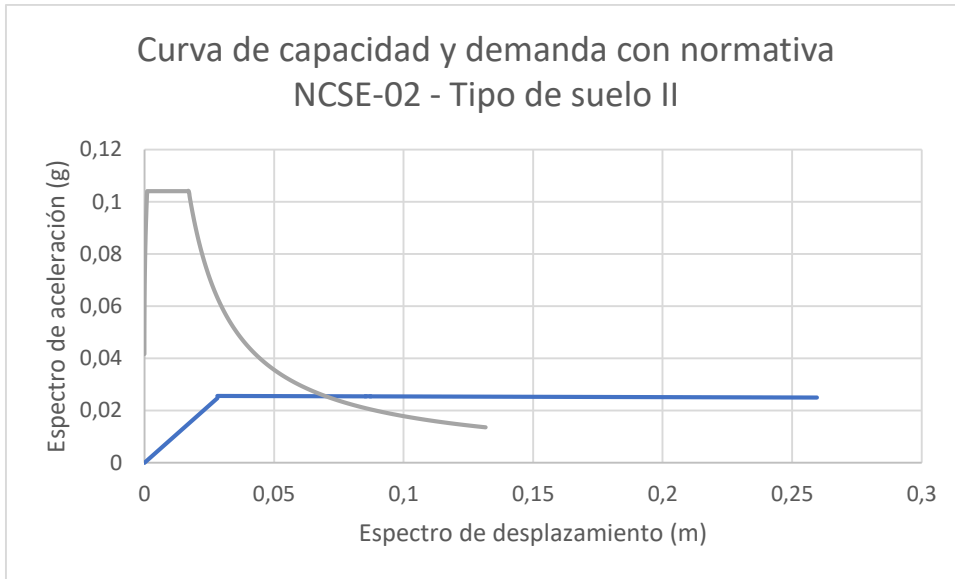


Gráfica A.1.19 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

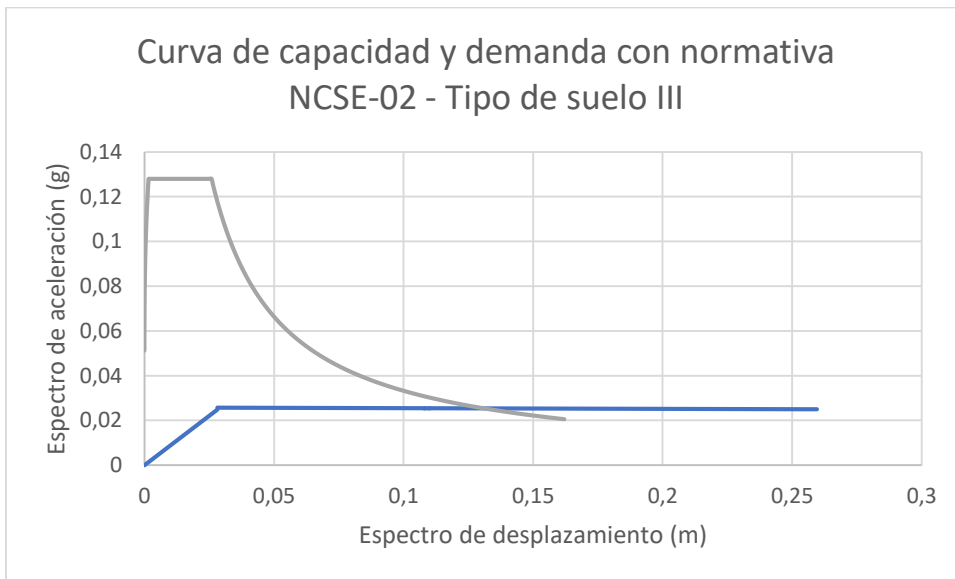


Gráfica A.1.20 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

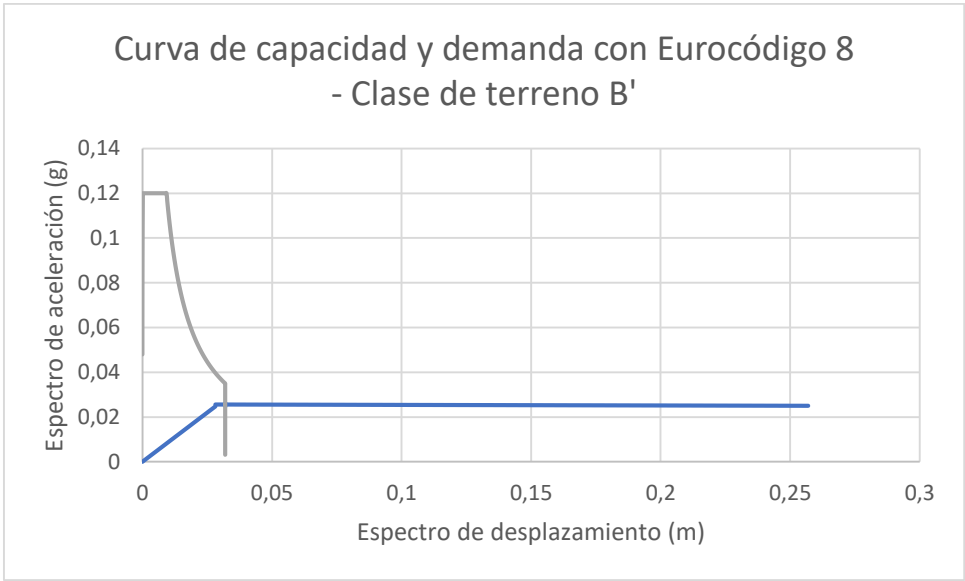
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



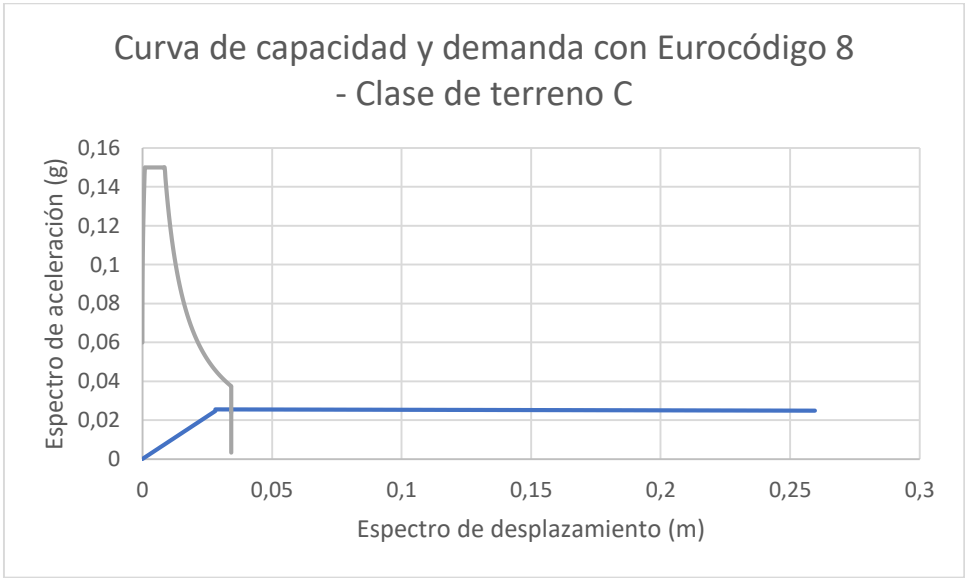
Gráfica A.1.21 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.22 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III



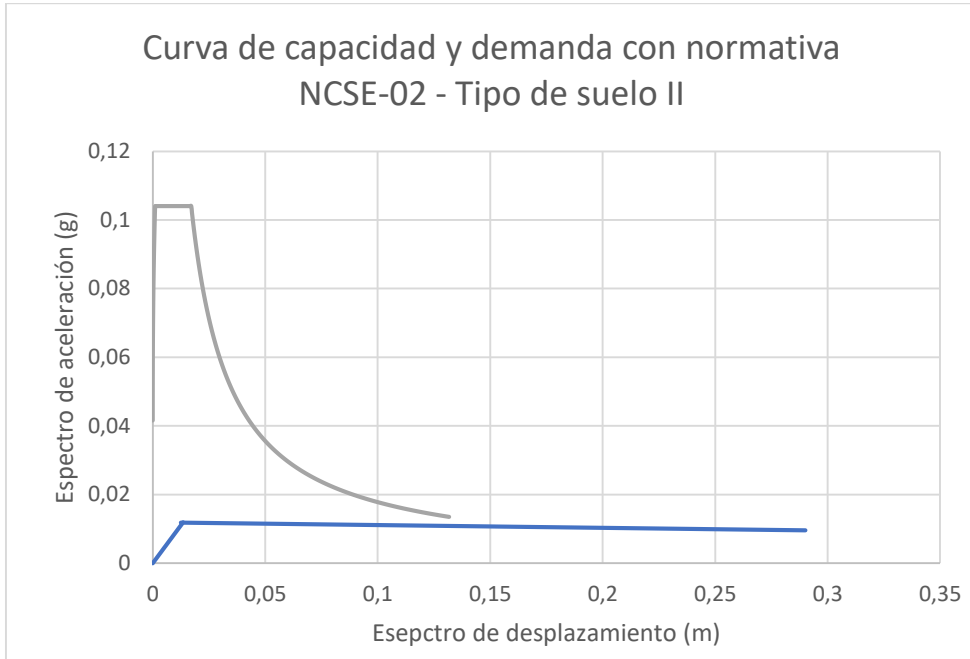
Gráfica A.1.23 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'



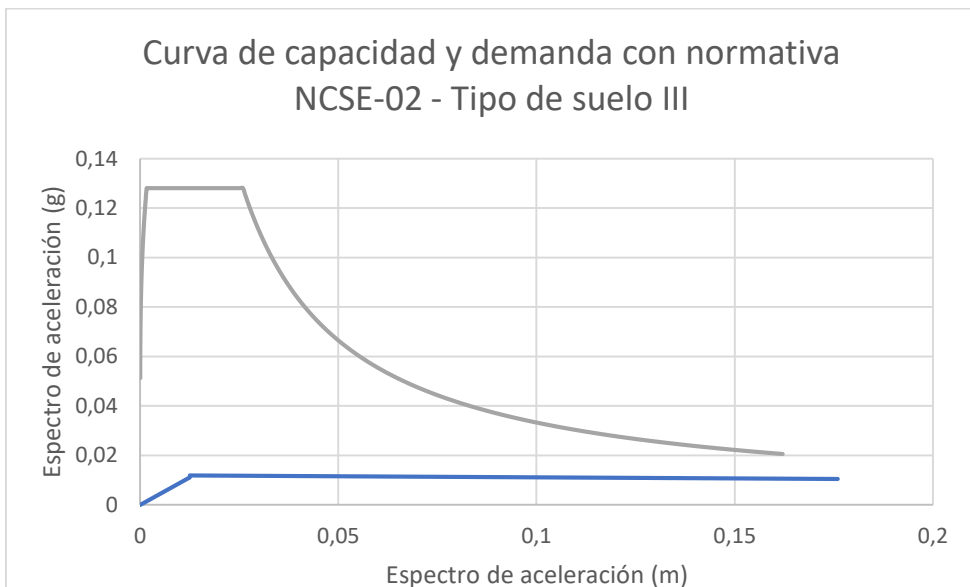
Gráfica A.1.24 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

A.1.2 Calle Aribau 117

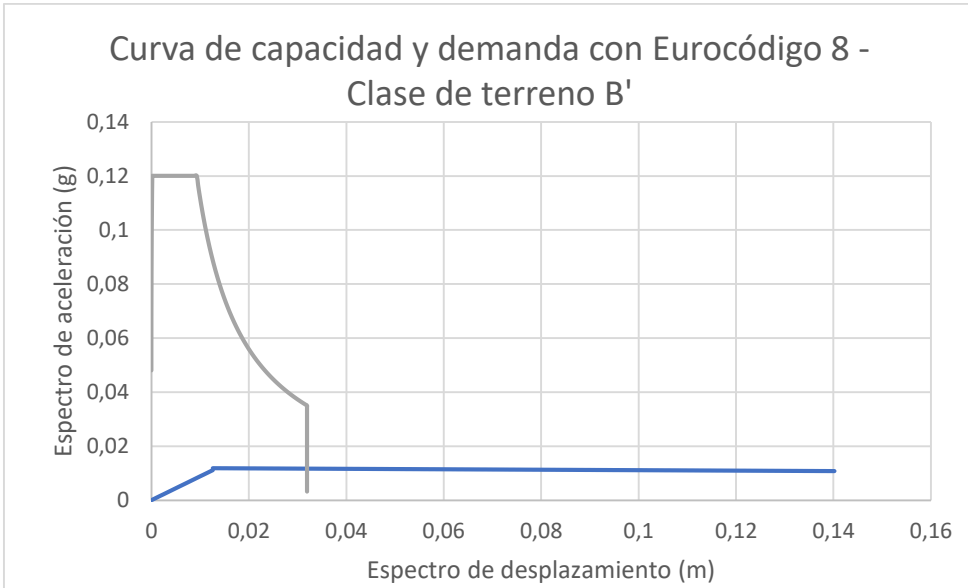
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



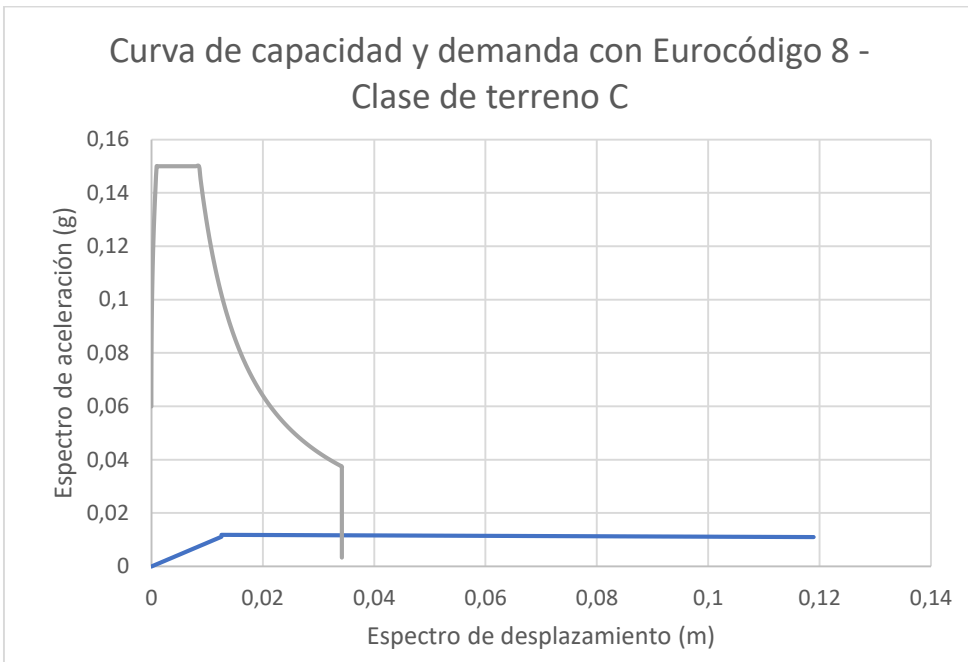
Gráfica A.1.25 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.26 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

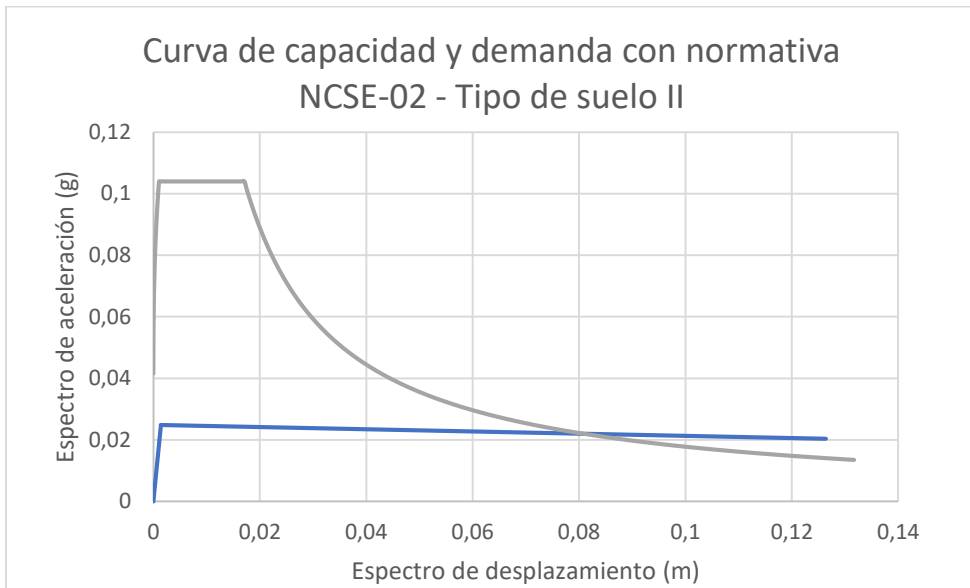


Gráfica A.1.27 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

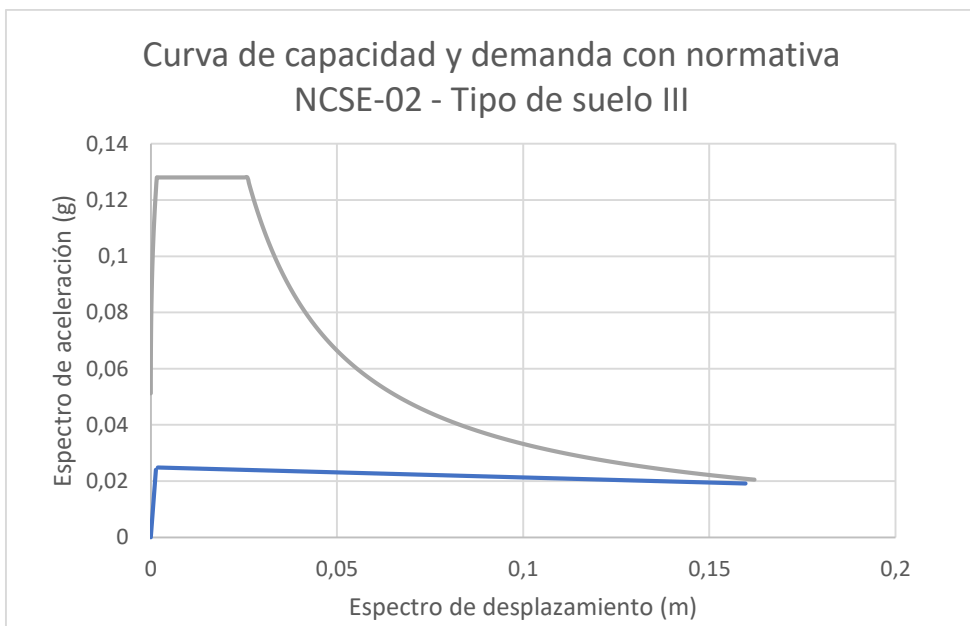


Gráfica A.1.28 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

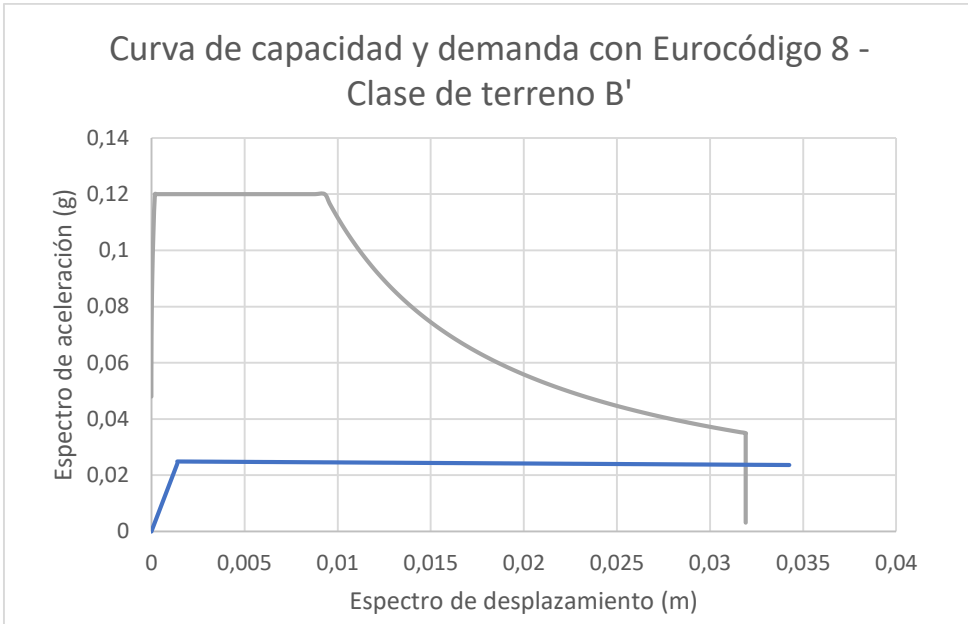
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



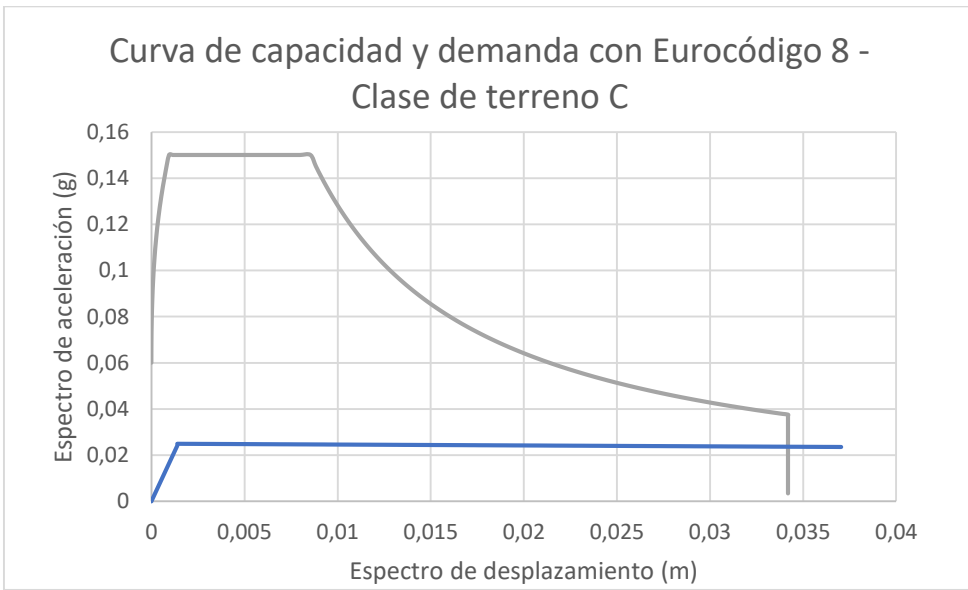
Gráfica A.1.29 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.30 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

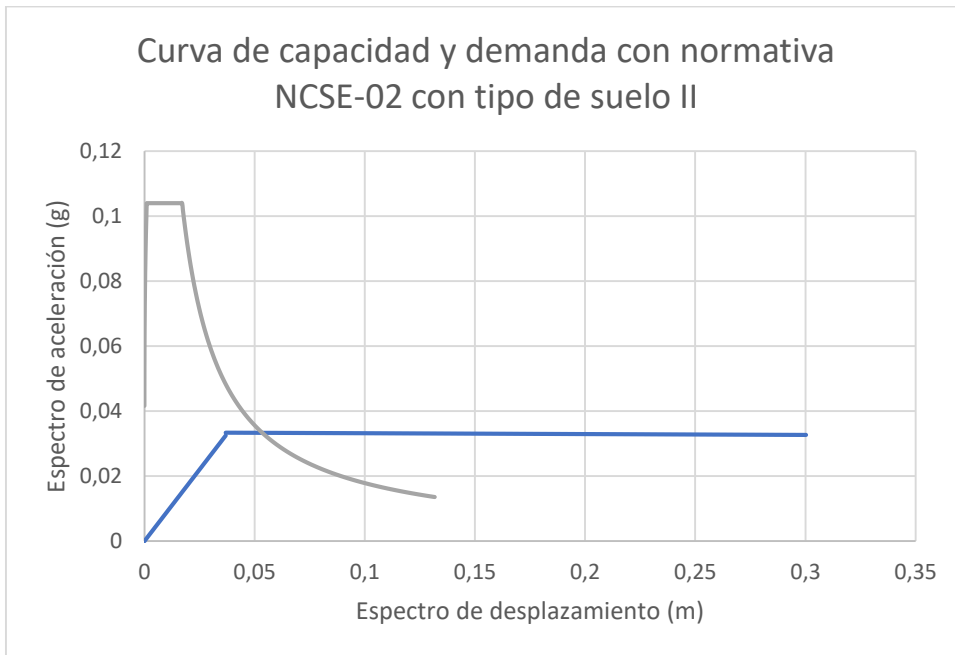


Gráfica A.1.31 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

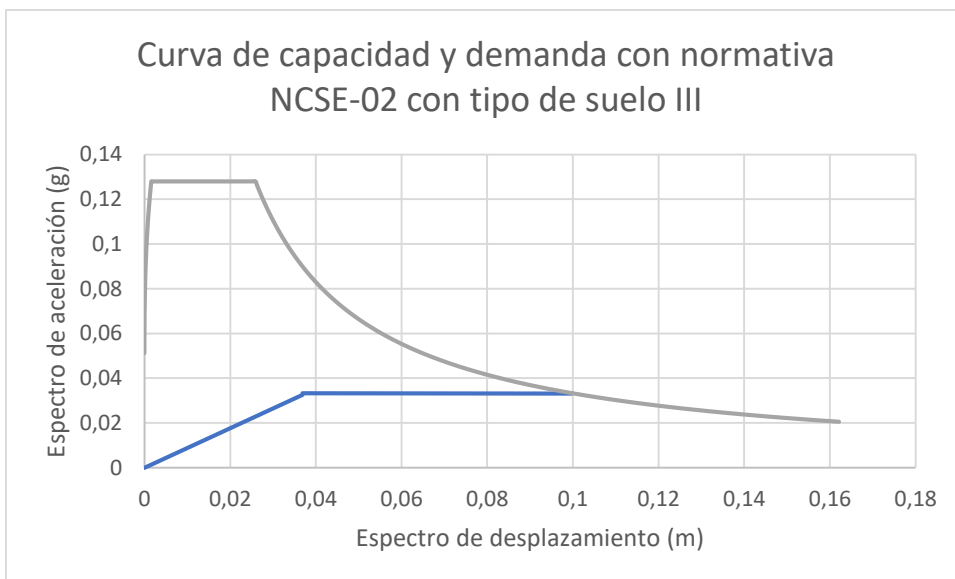


Gráfica A.1.32 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

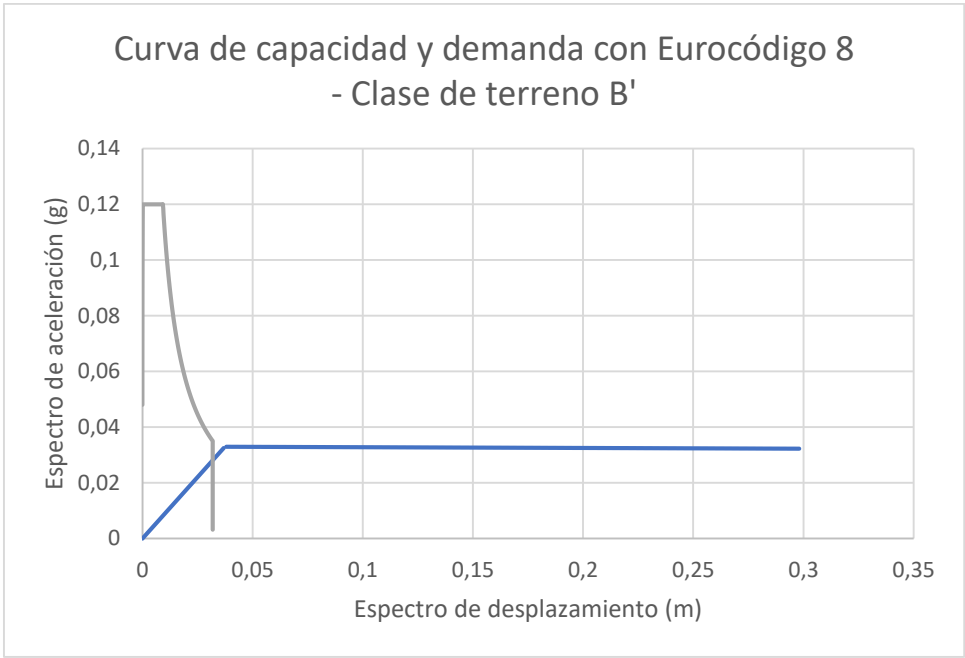
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



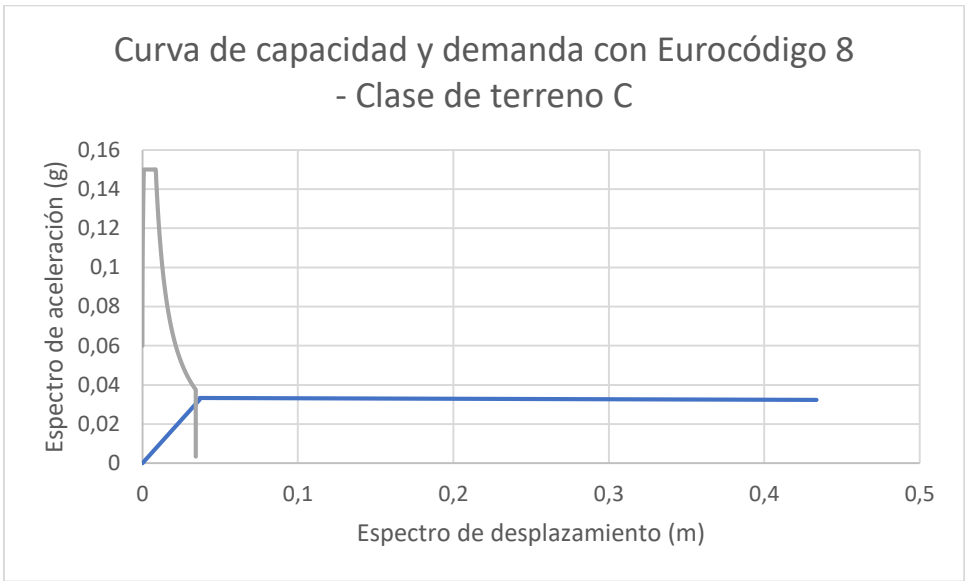
Gráfica A.1.33 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.34 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

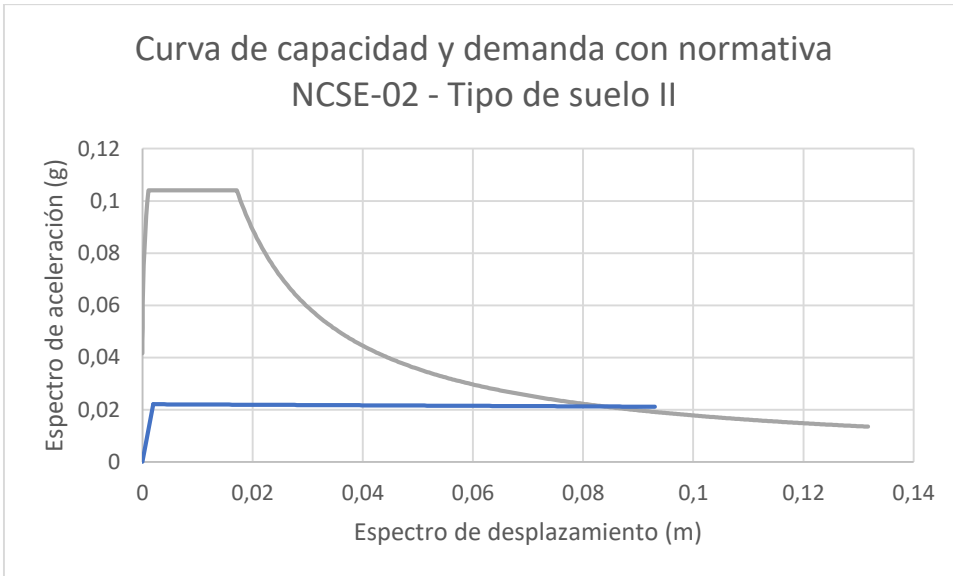


Gráfica A.1.35 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

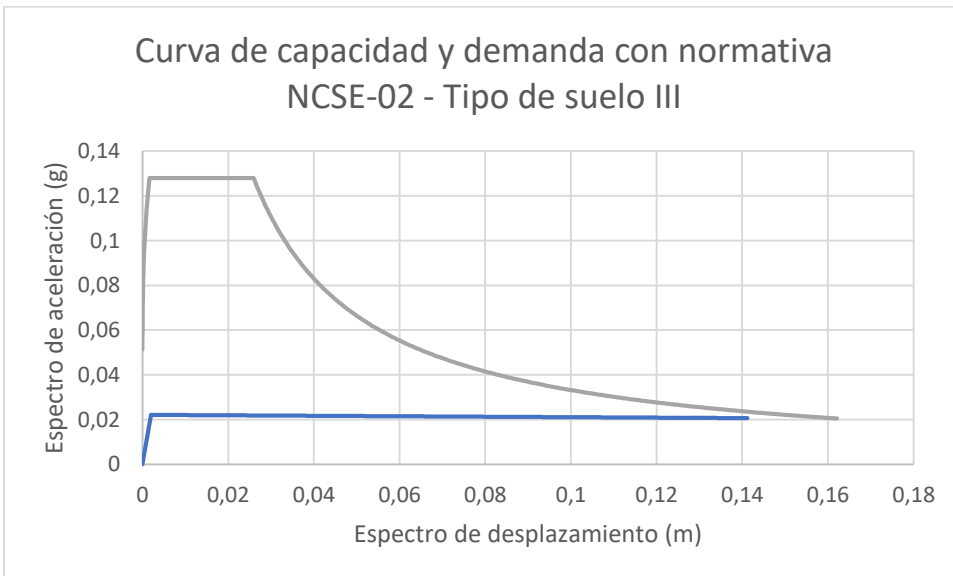


Gráfica A.1.36 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

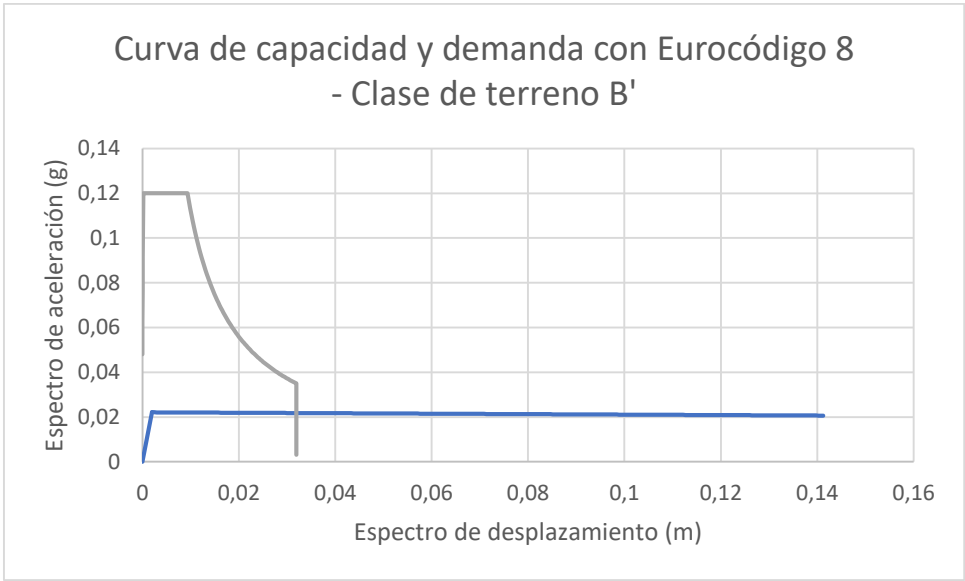
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



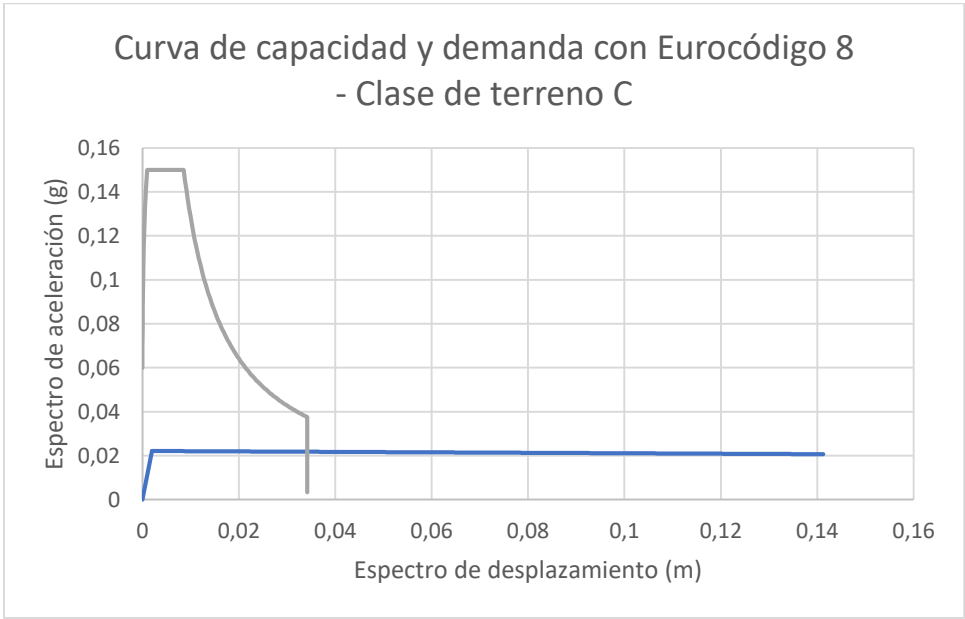
Gráfica A.1.37 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.38 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

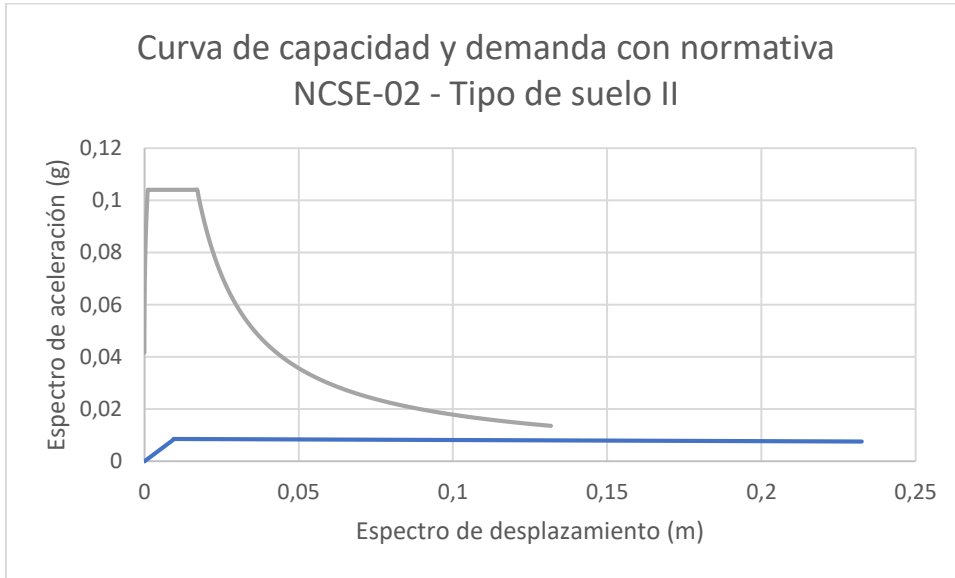


Gráfica A.1.39 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

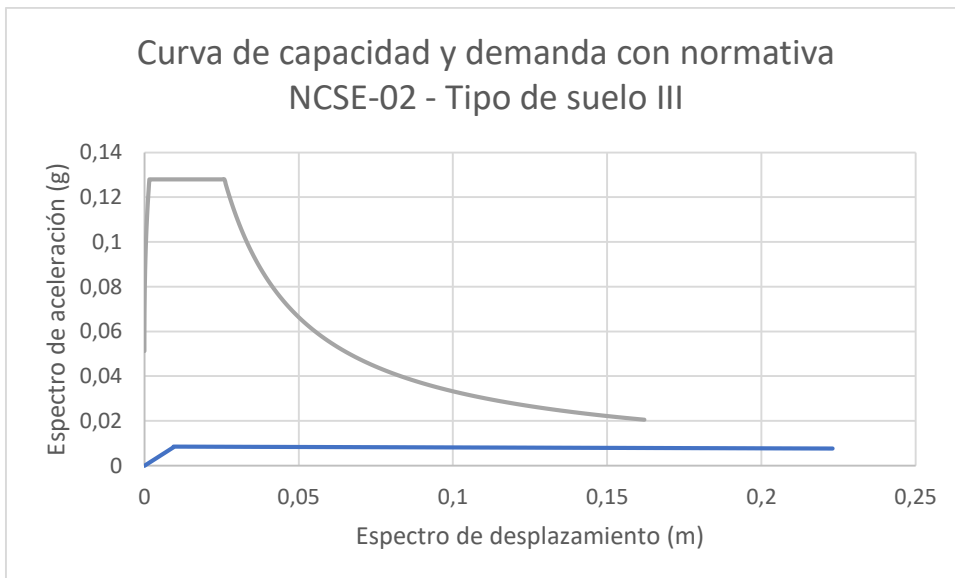


Gráfica A.1.40 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

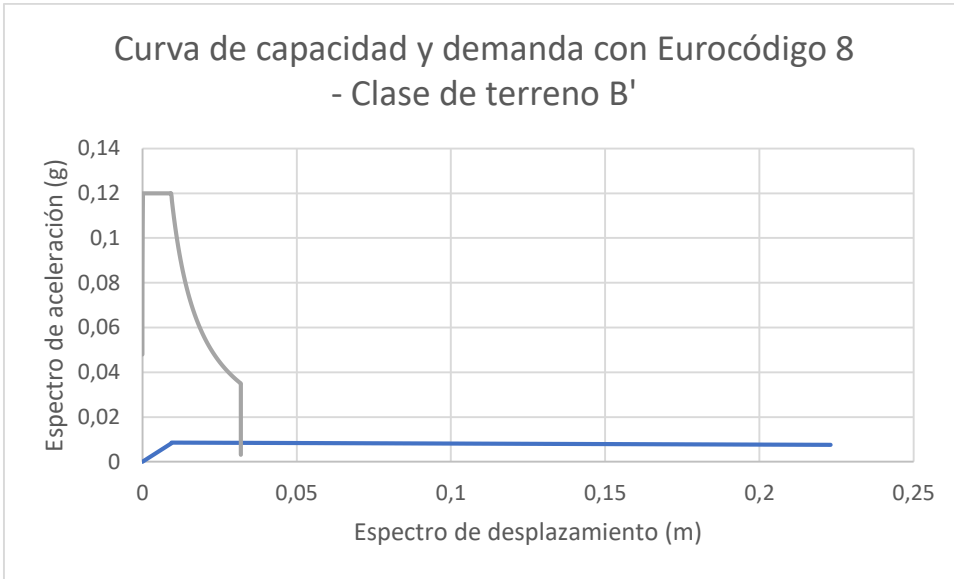
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



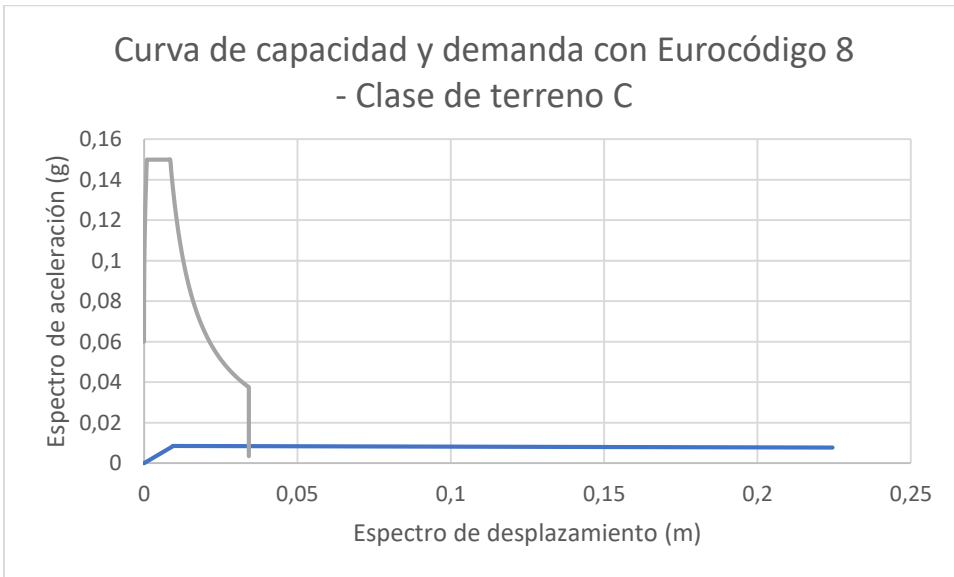
Gráfica A.1.41 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.42 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

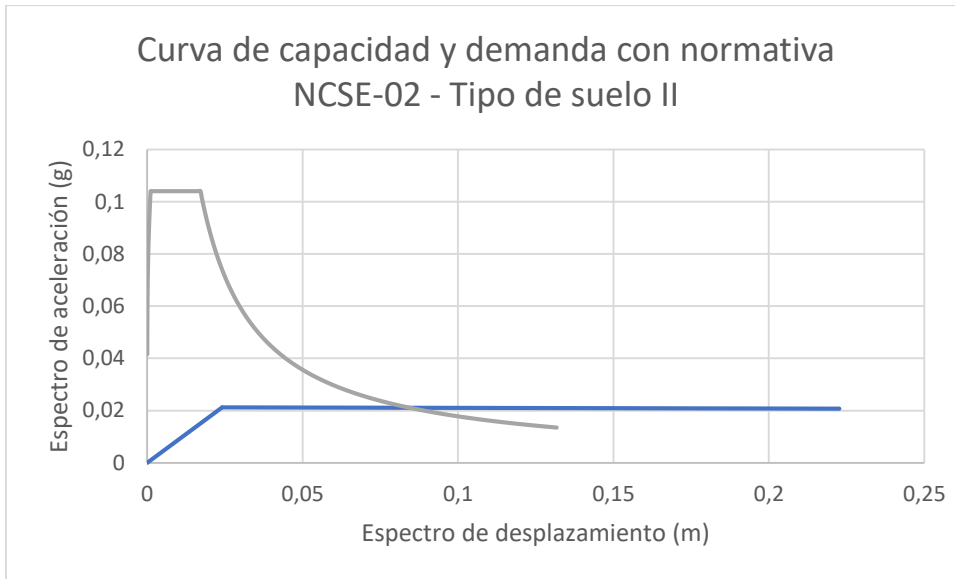


Gráfica A.1.43 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

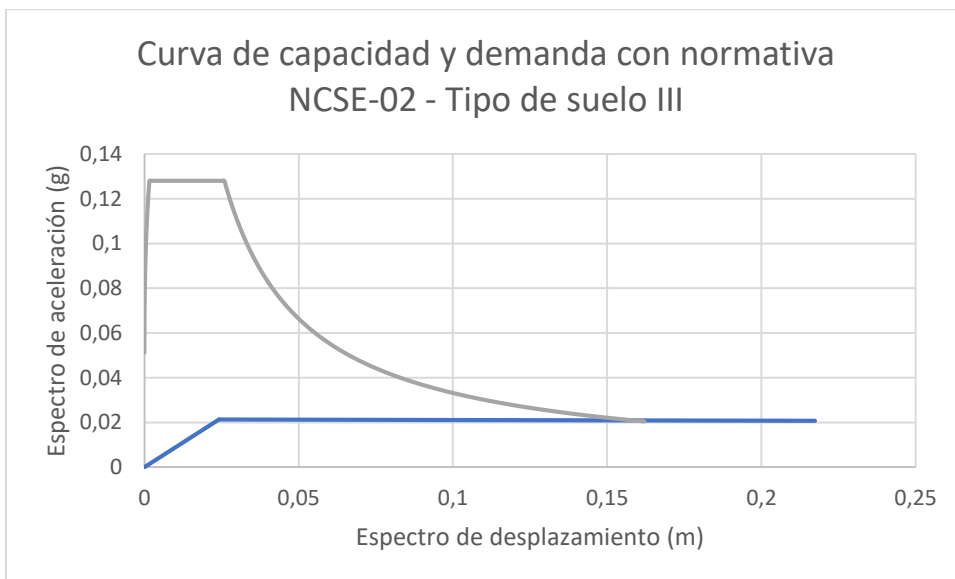


Gráfica A.1.44 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

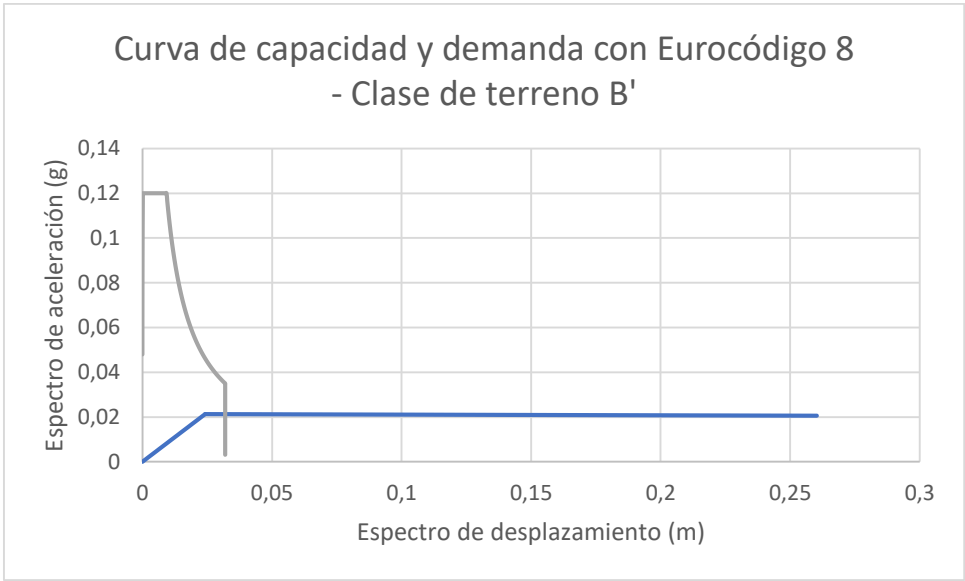
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



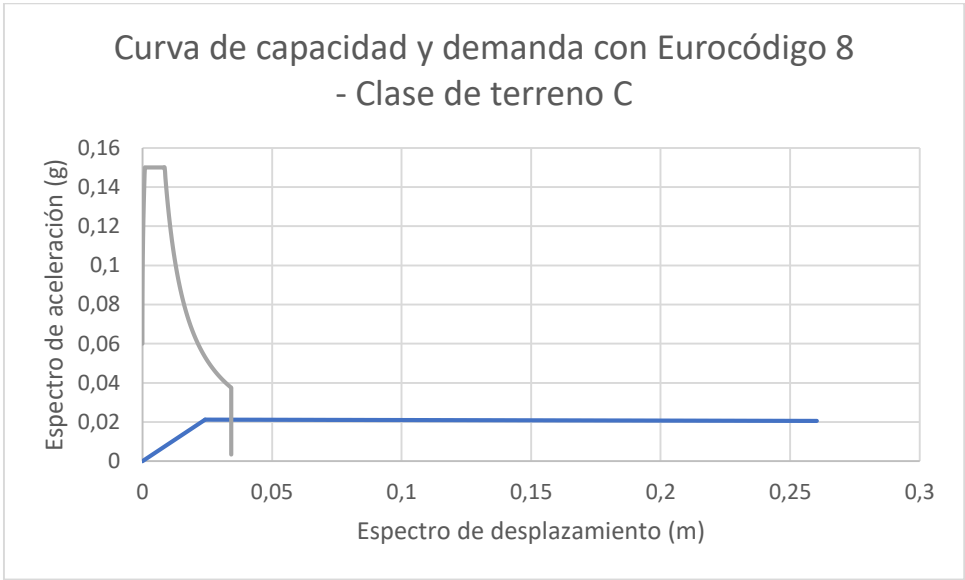
Gráfica A.1.45 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.46 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III



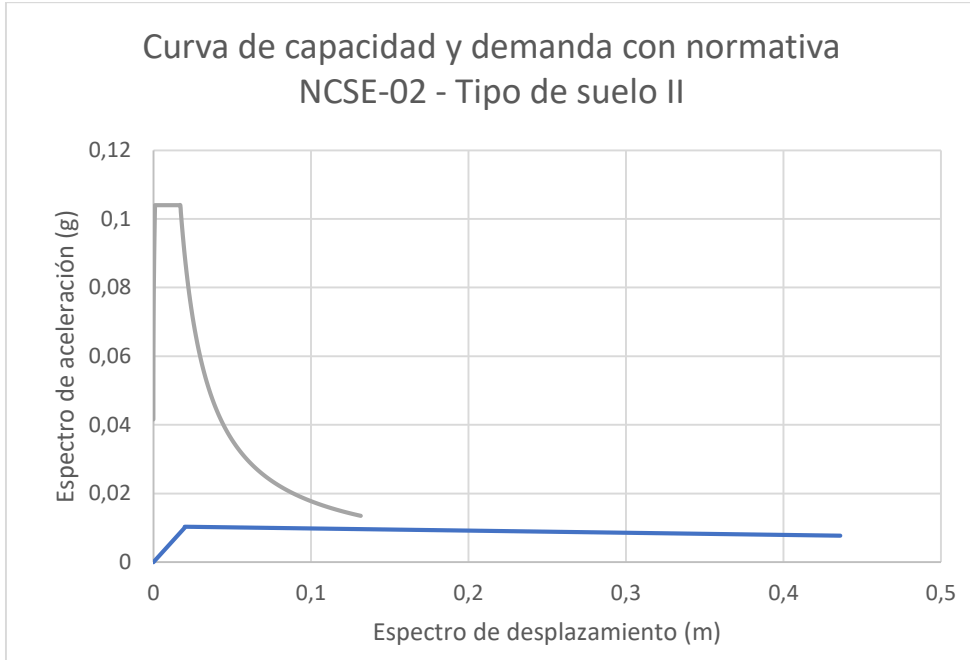
Gráfica A.1.47 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'



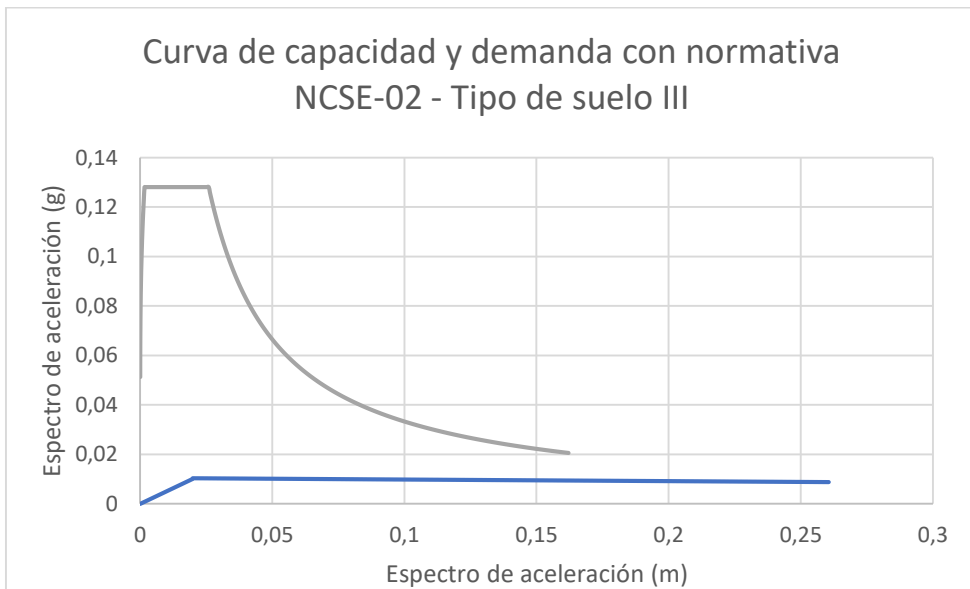
Gráfica A.1.48 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

A.1.3 Fachada de la calle Calàbria 207

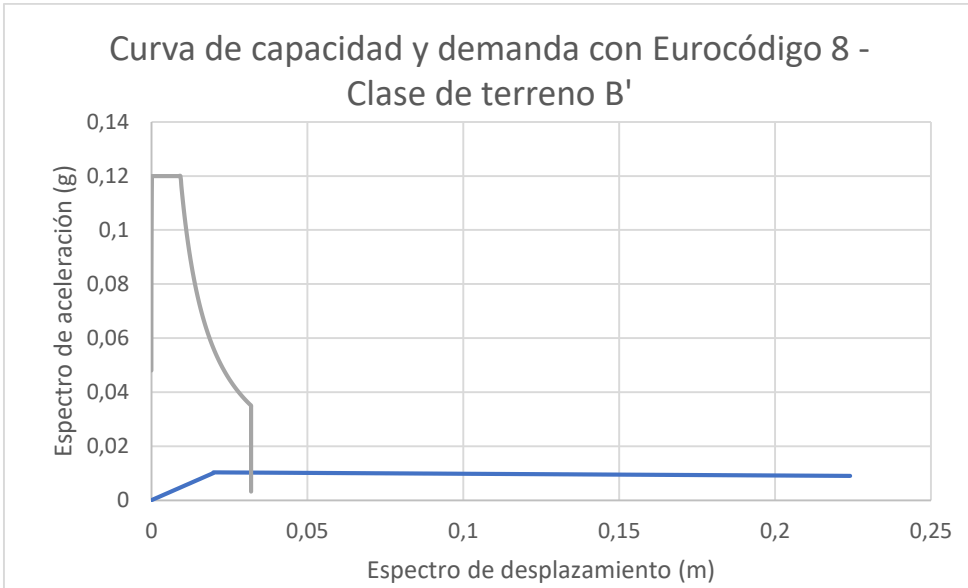
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



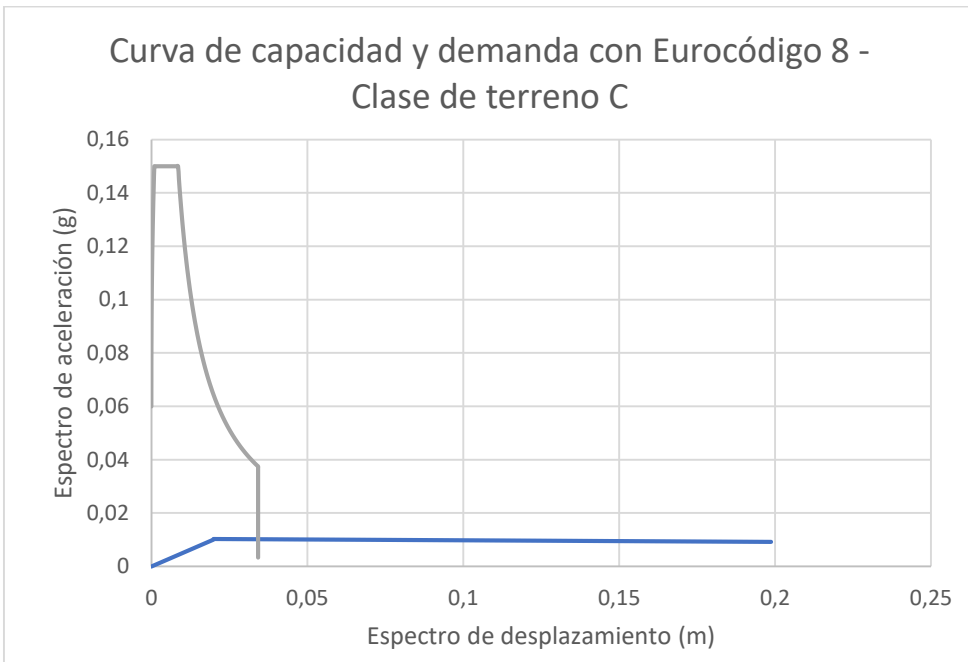
Gráfica A.1.49 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.50 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

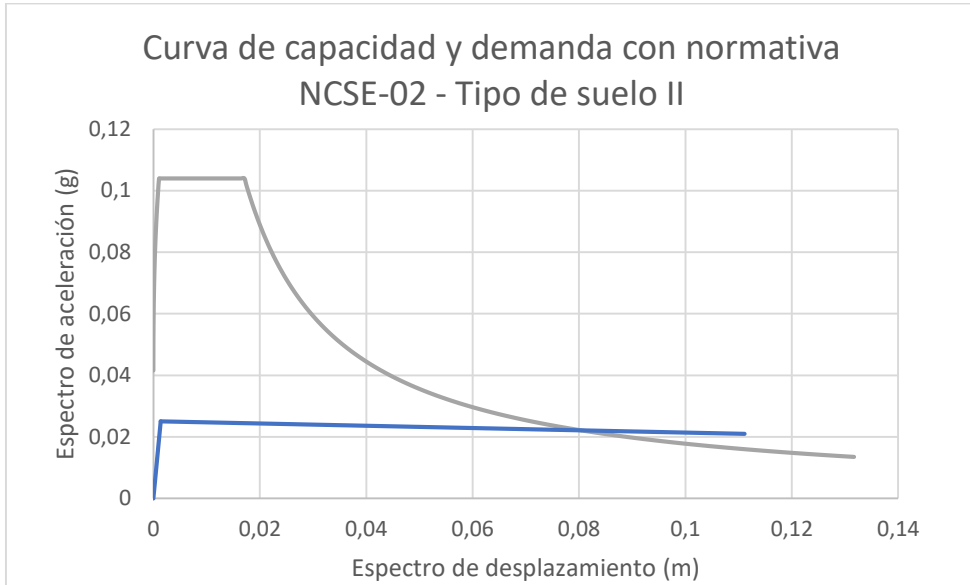


Gráfica A.1.51 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

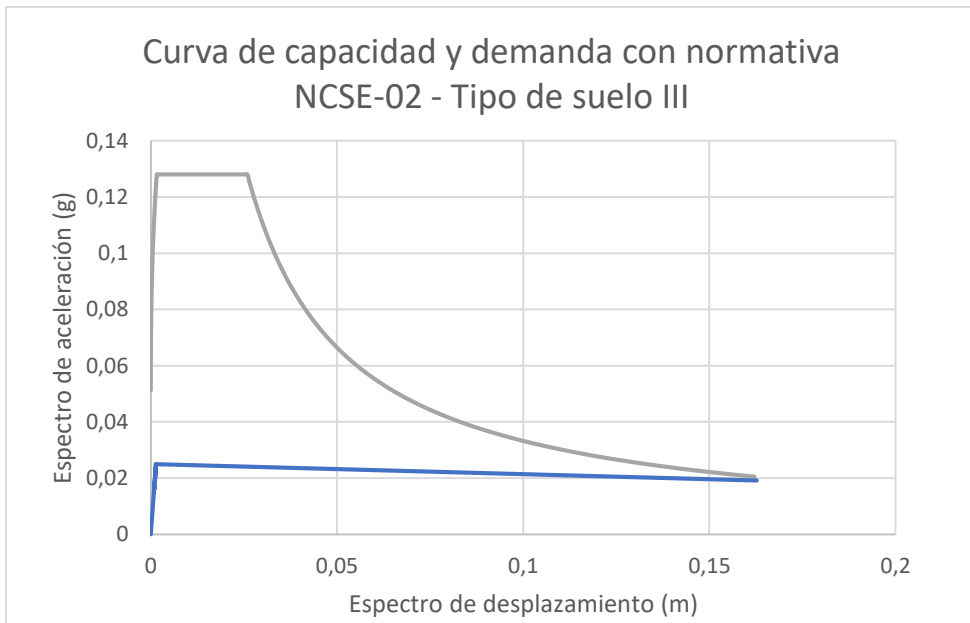


Gráfica A.1.52 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

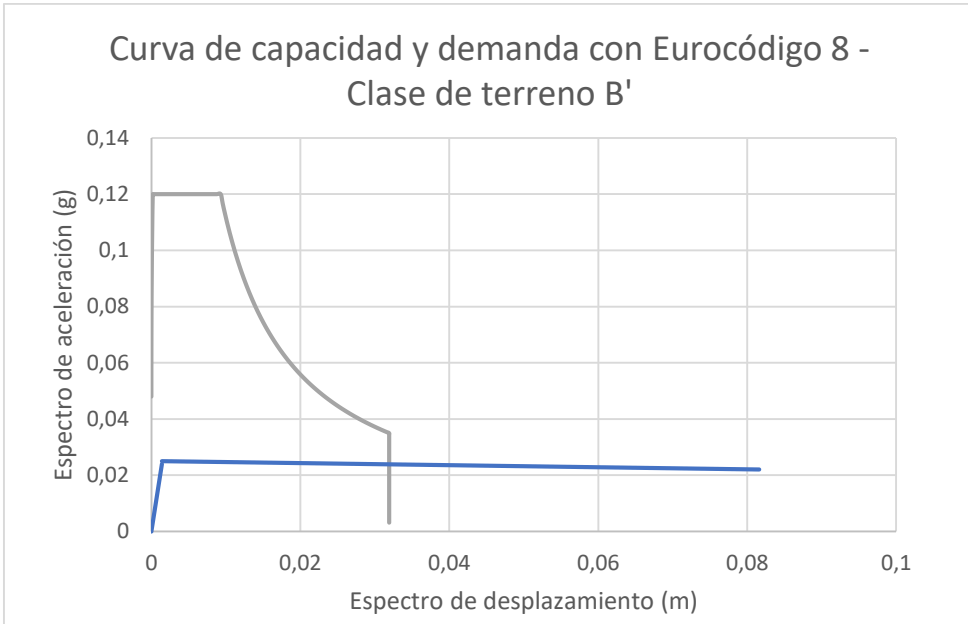
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



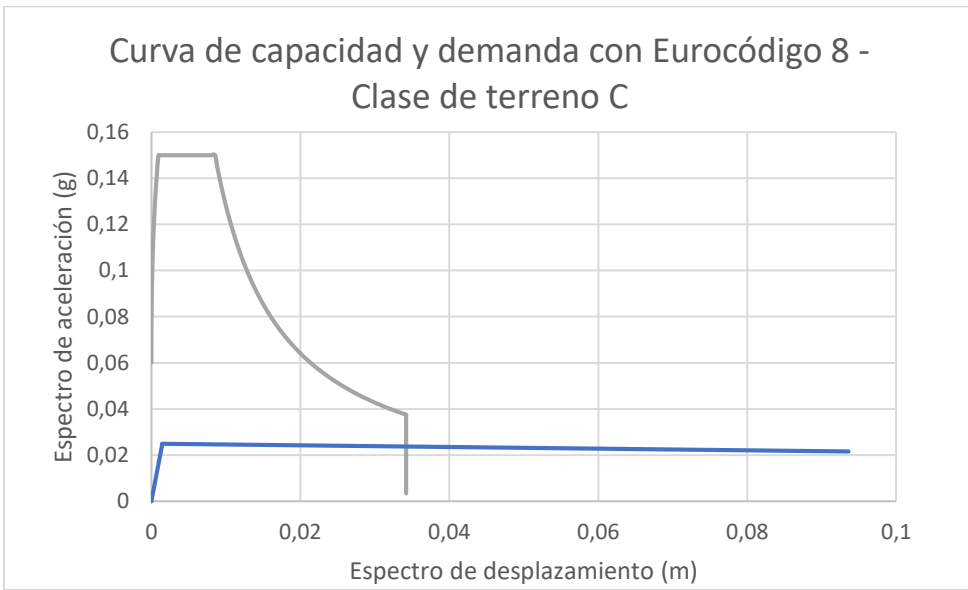
Gráfica A.1.53 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.54 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

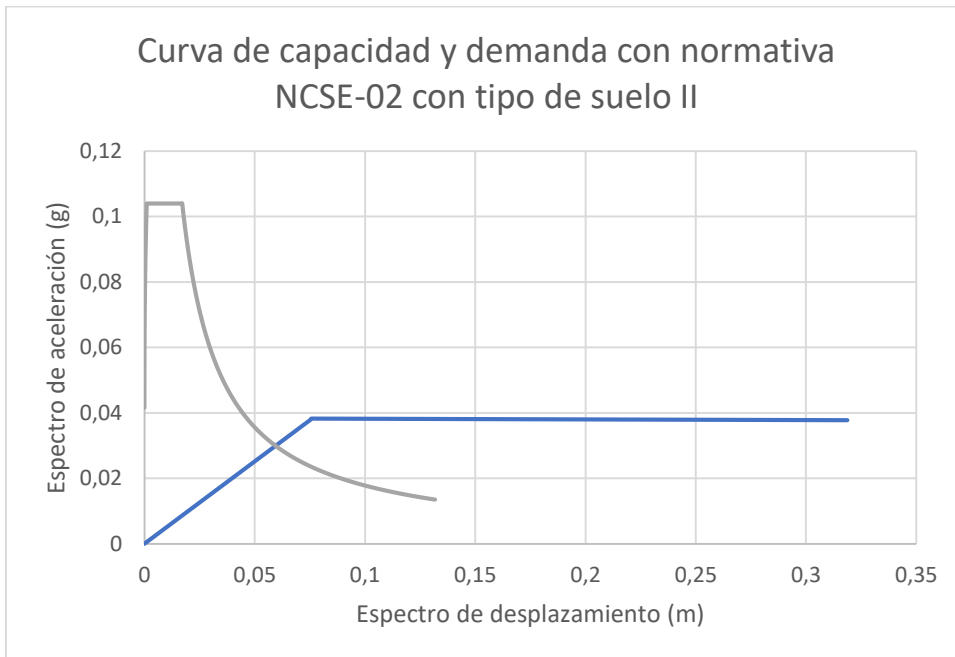


Gráfica A.1.55 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

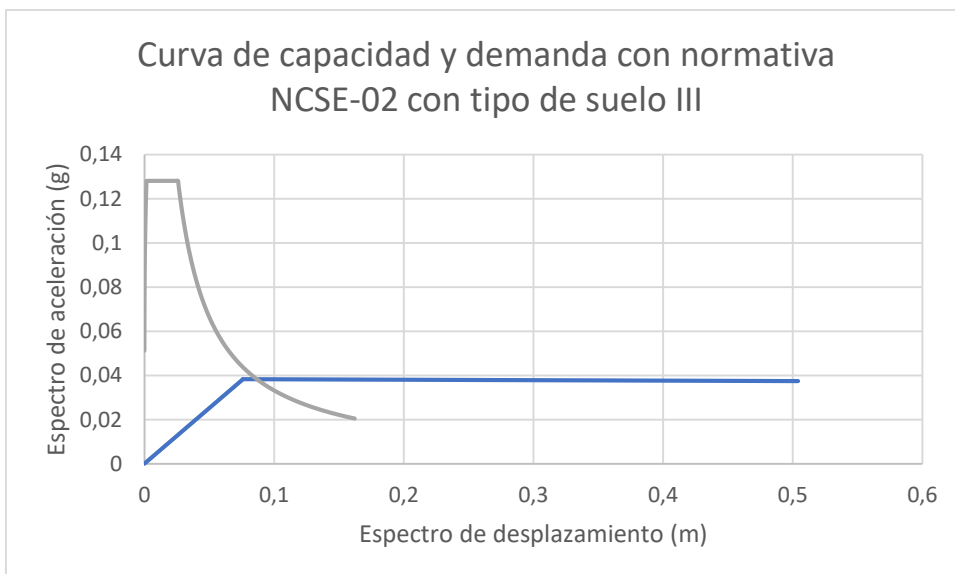


Gráfica A.1.56 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

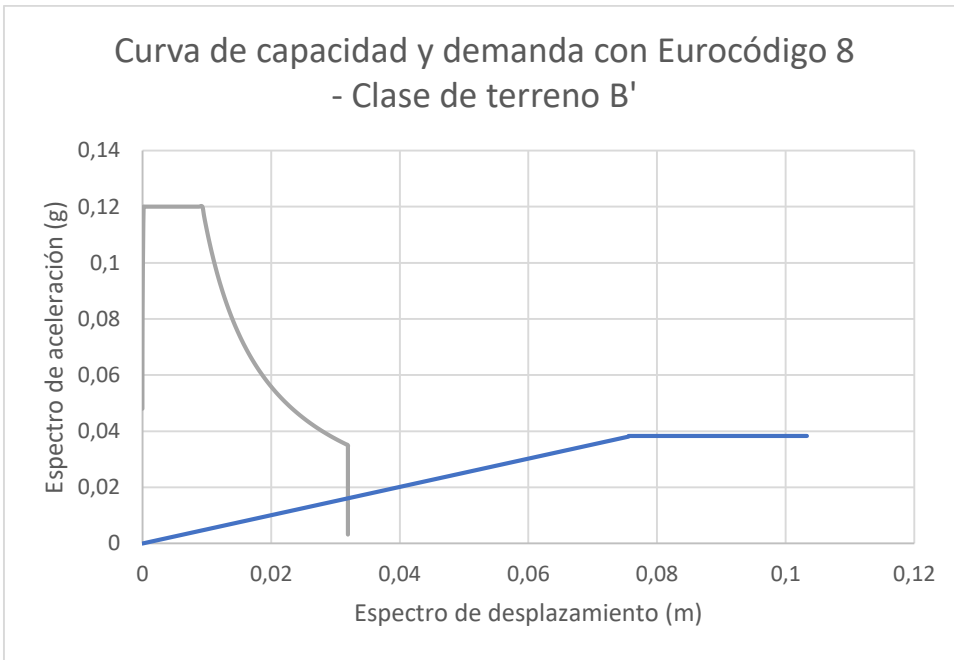
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



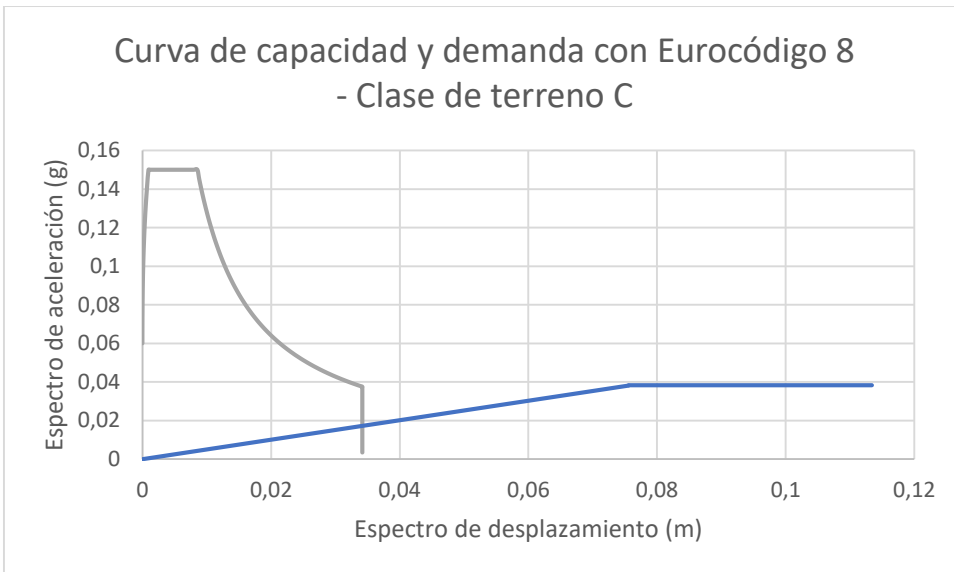
Gráfica A.1.57 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.58 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

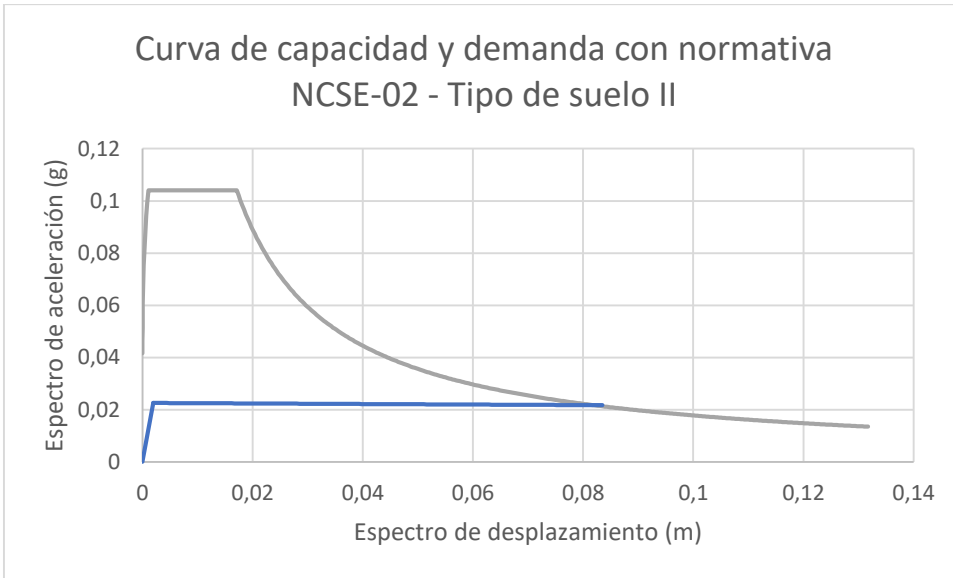


Gráfica A.1.59 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

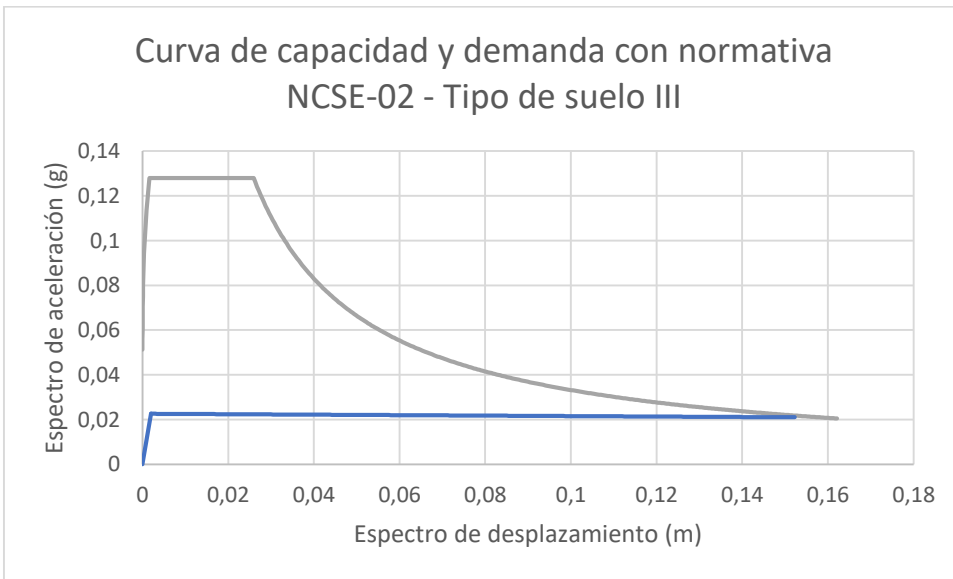


Gráfica A.1.61 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

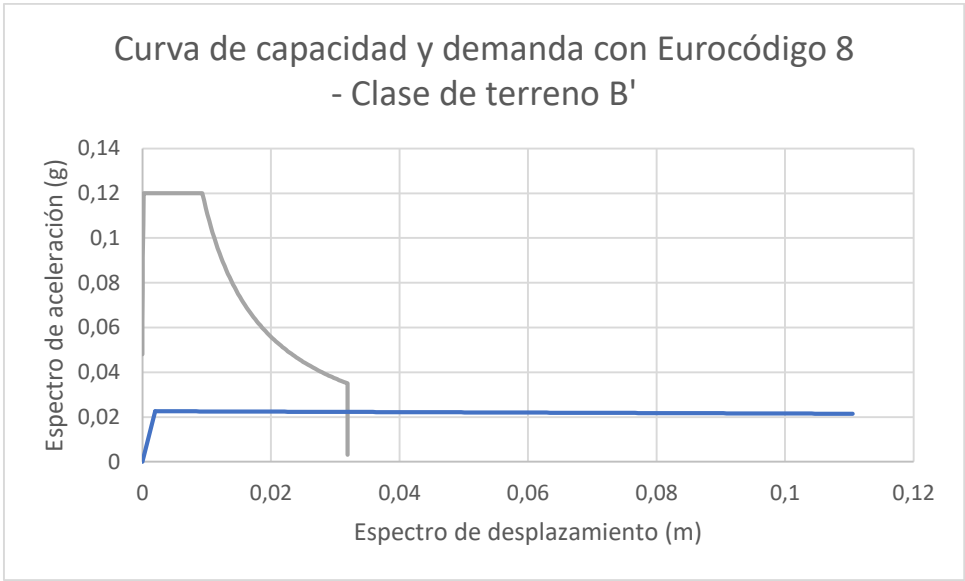
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



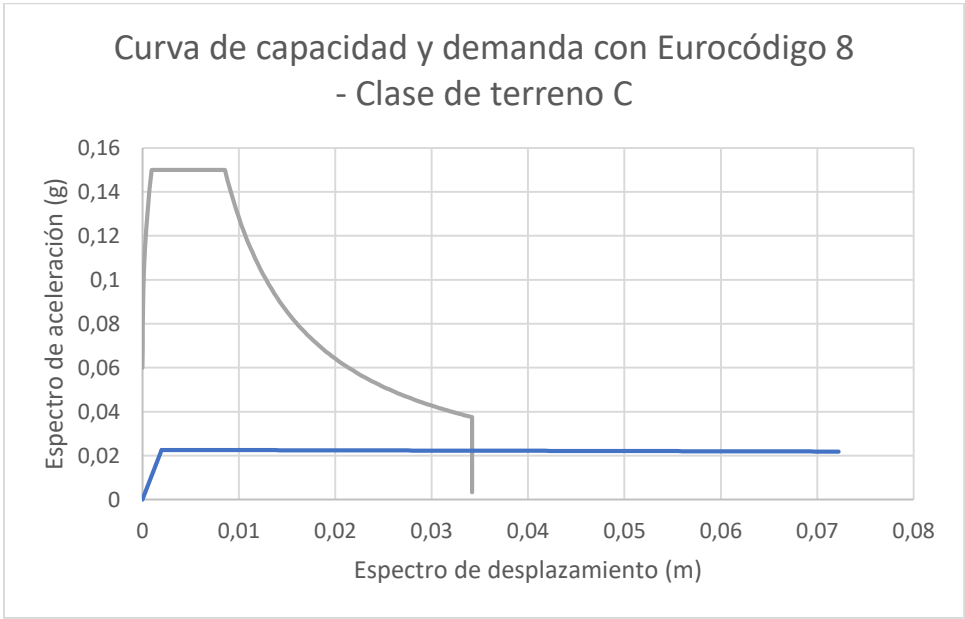
Gráfica A.1.60 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.61 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

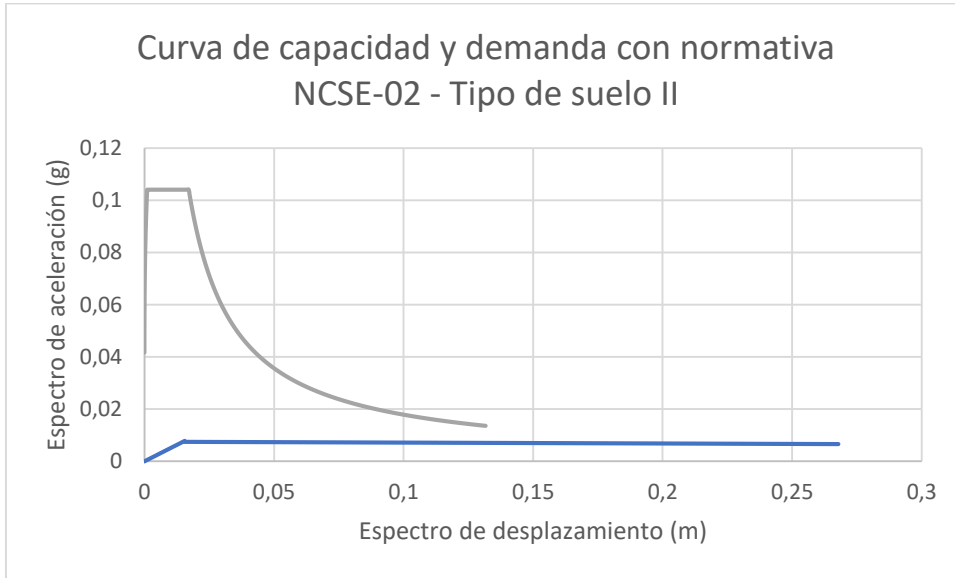


Gráfica A.1.62 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

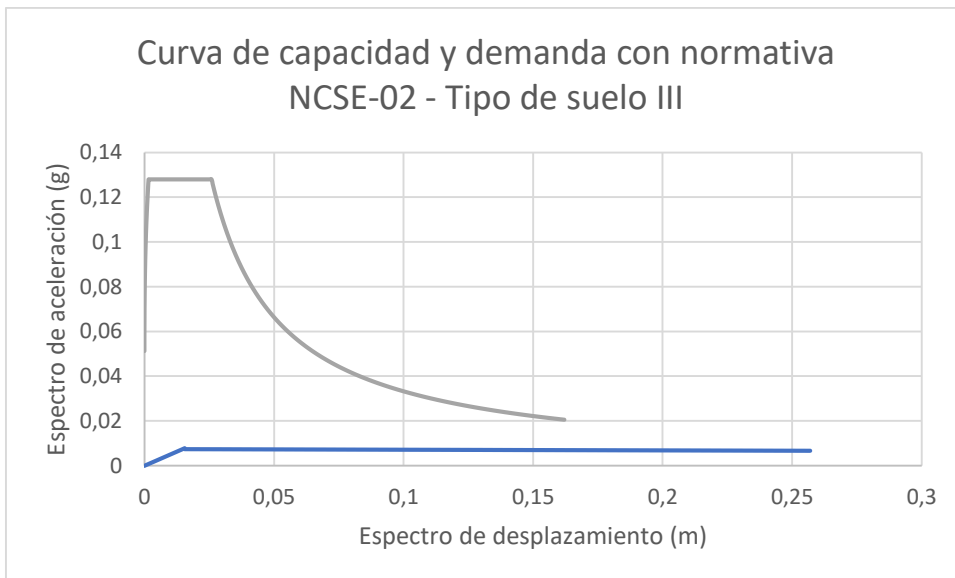


Gráfica A.1.63 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

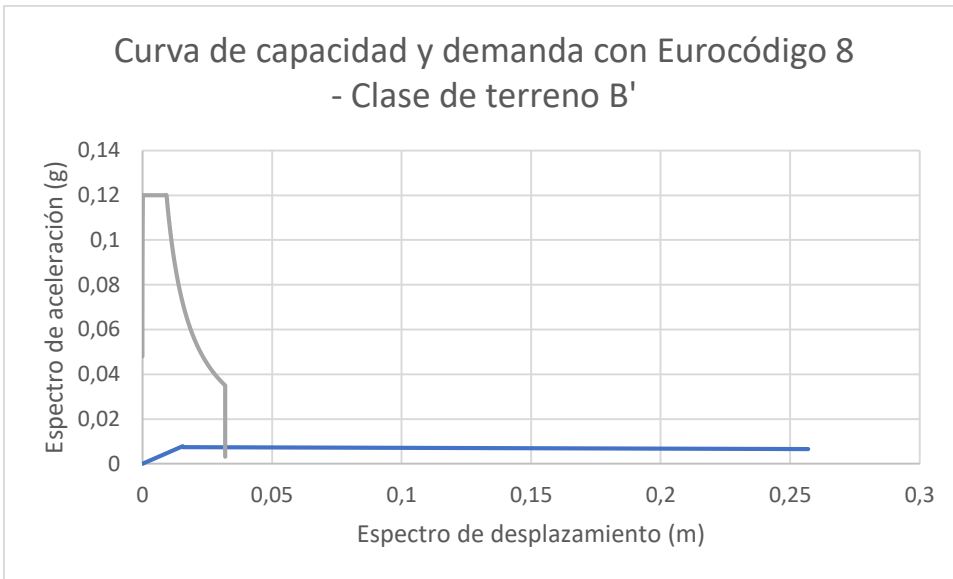
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



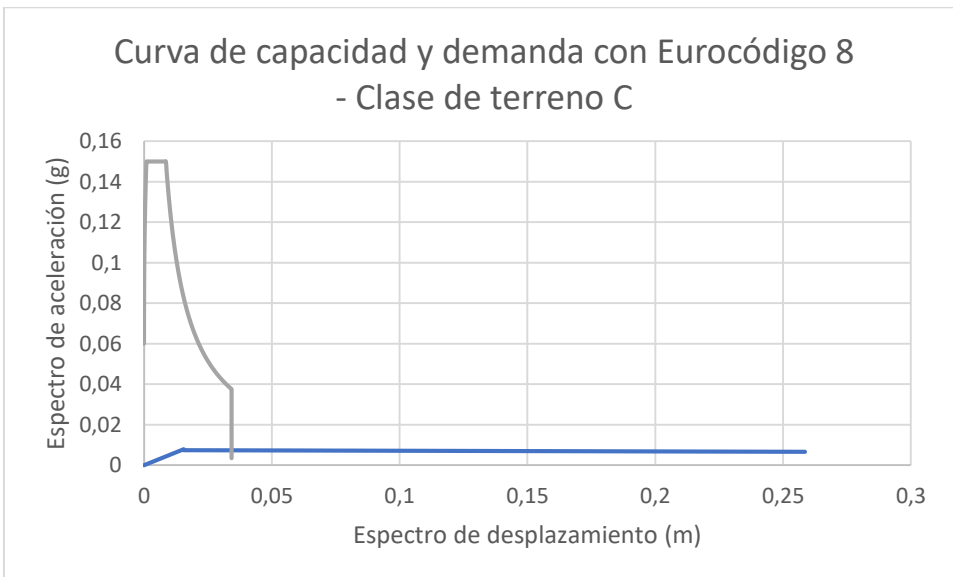
Gráfica A.1.64 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.65 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

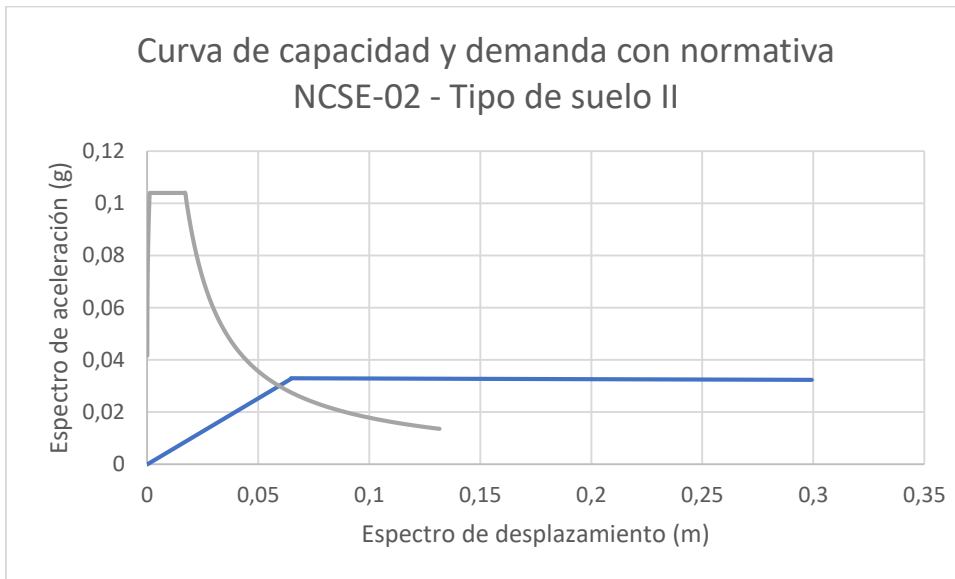


Gráfica A.1.66 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

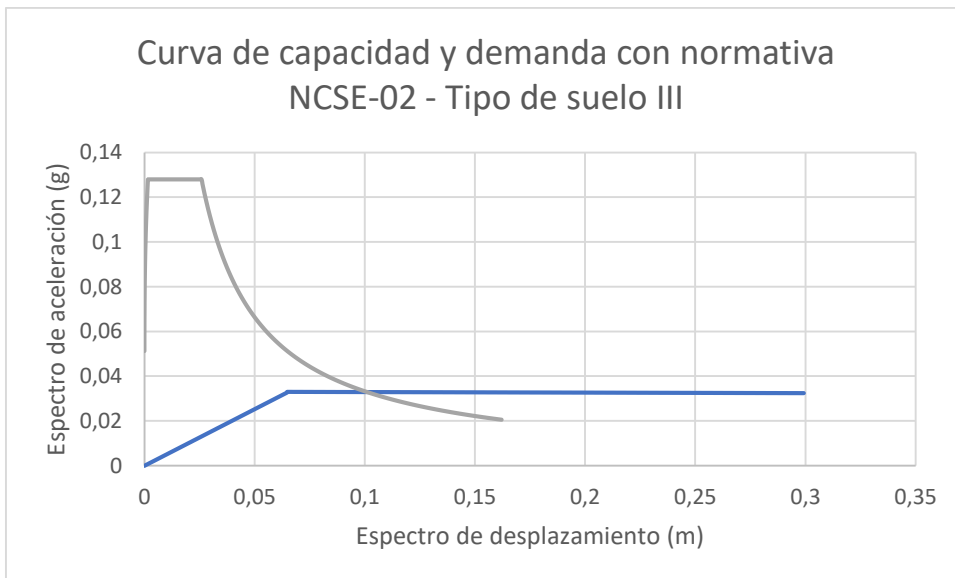


Gráfica A.1.67 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

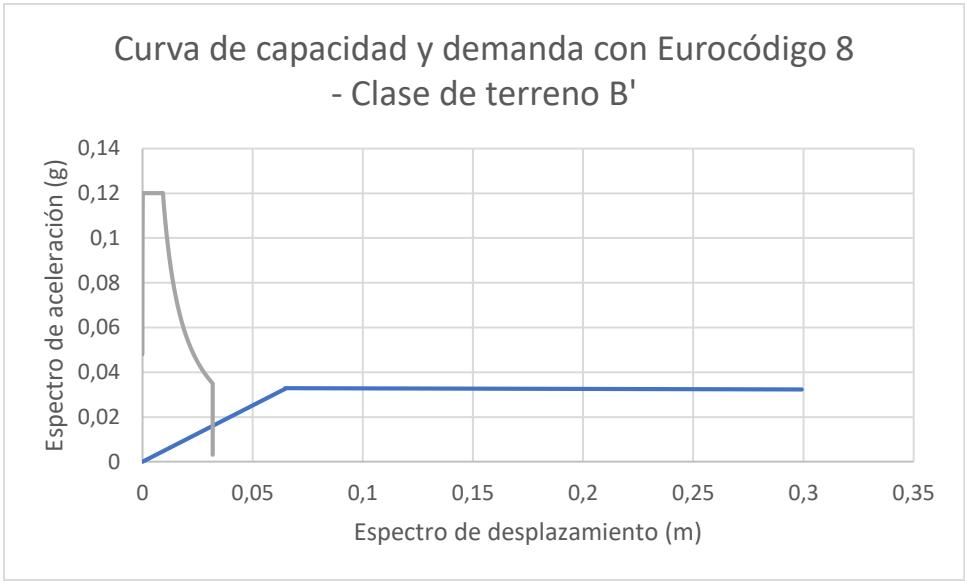
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



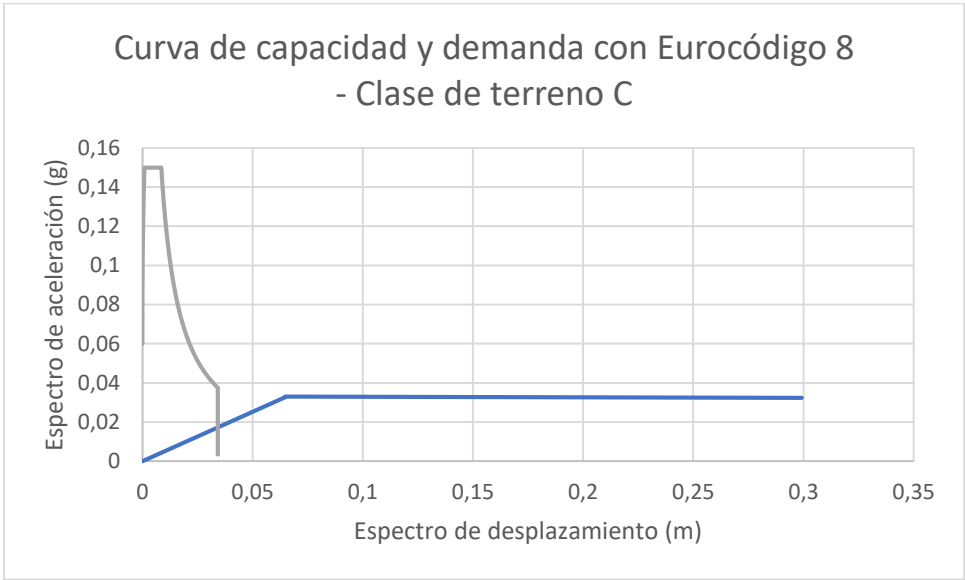
Gráfica A.1.68 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.69 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III



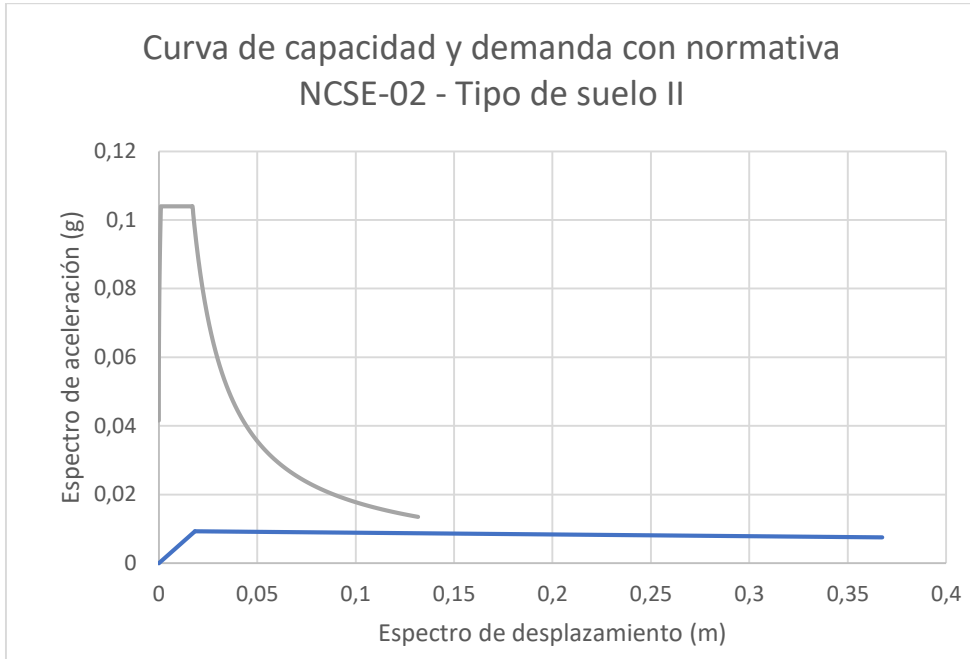
Gráfica A.1.70 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'



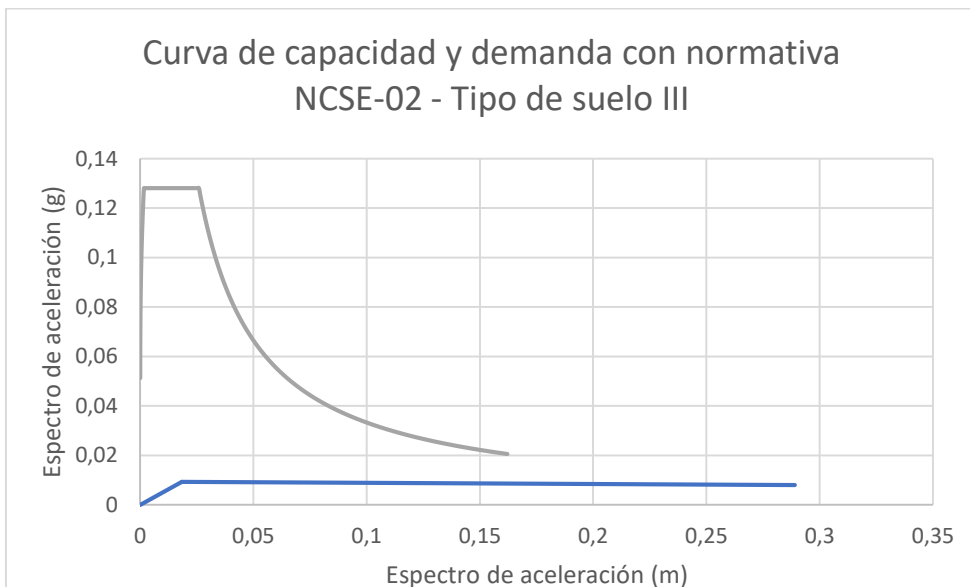
Gráfica A.1.71 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

A.1.4 Fachada de la calle Consell de Cent 362

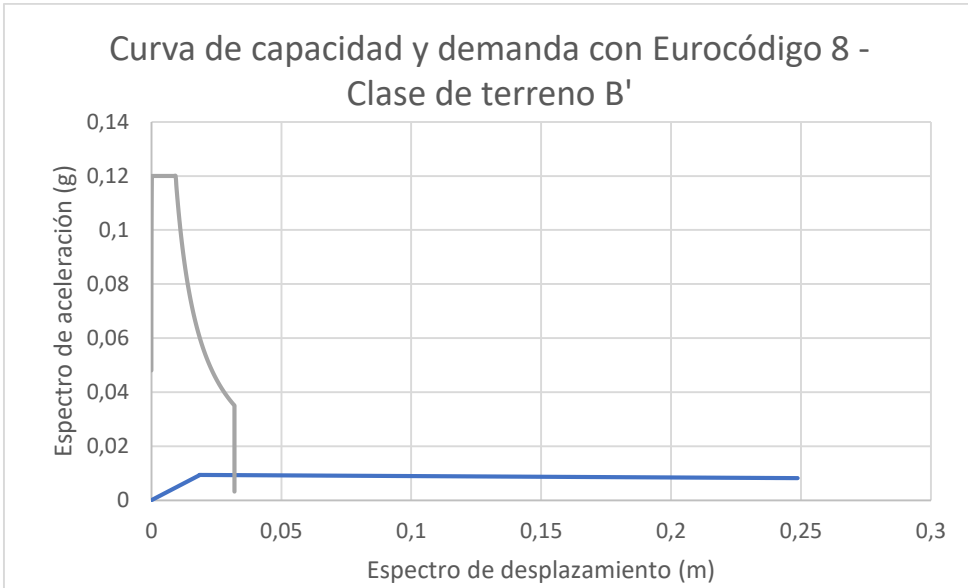
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



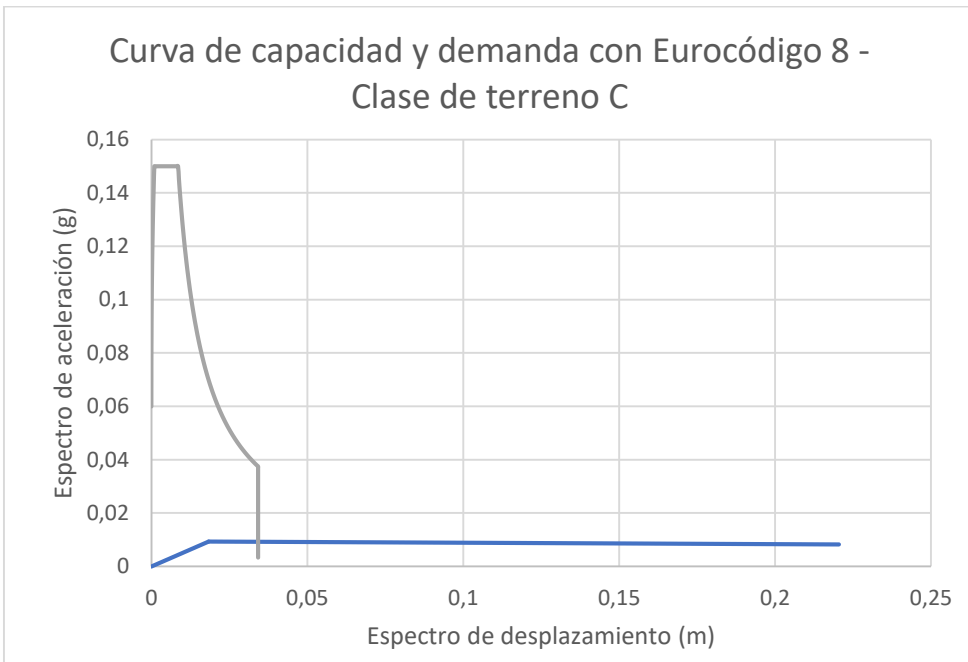
Gráfica A.1.72 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.73 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

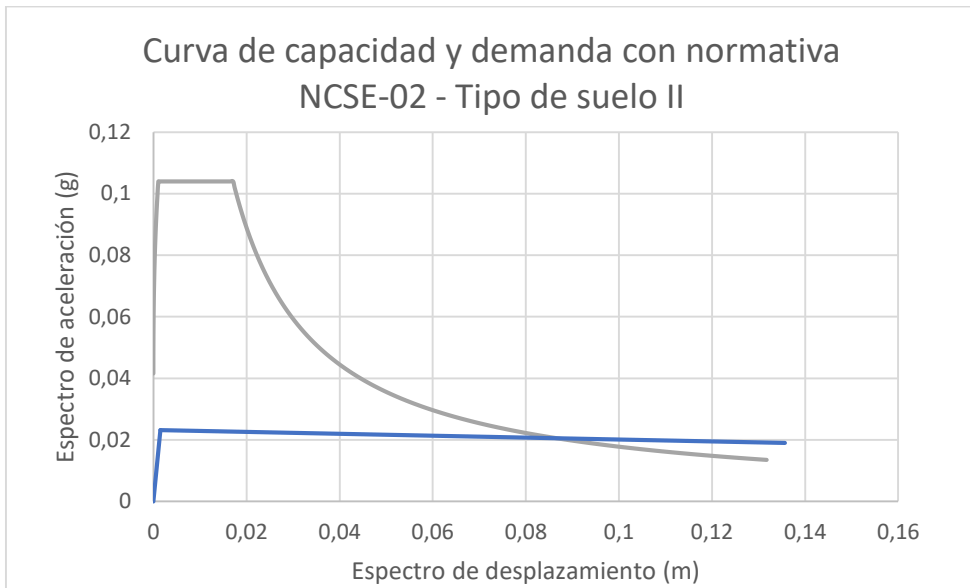


Gráfica A.1.74 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

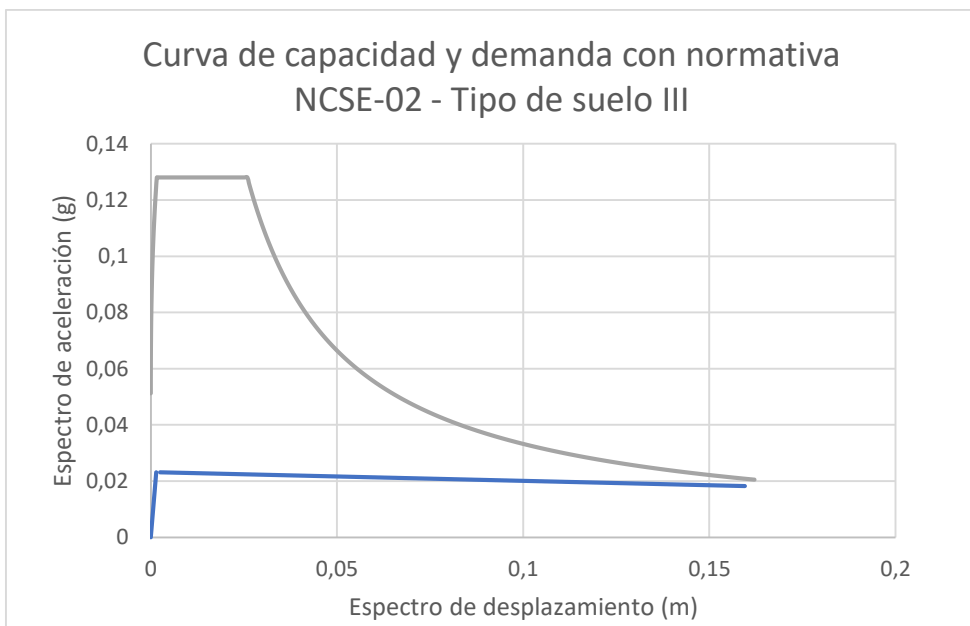


Gráfica A.1.75 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

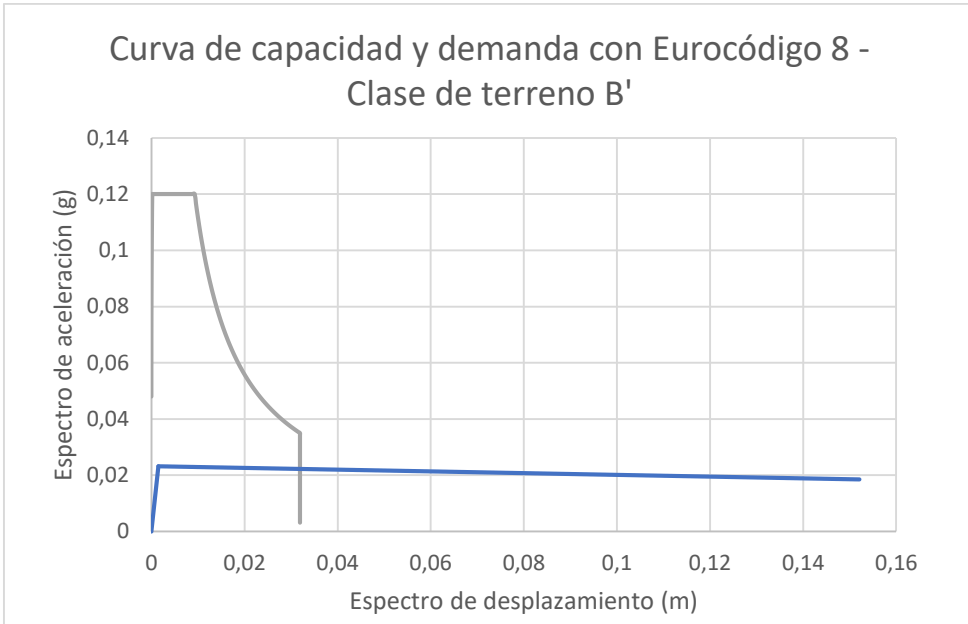
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



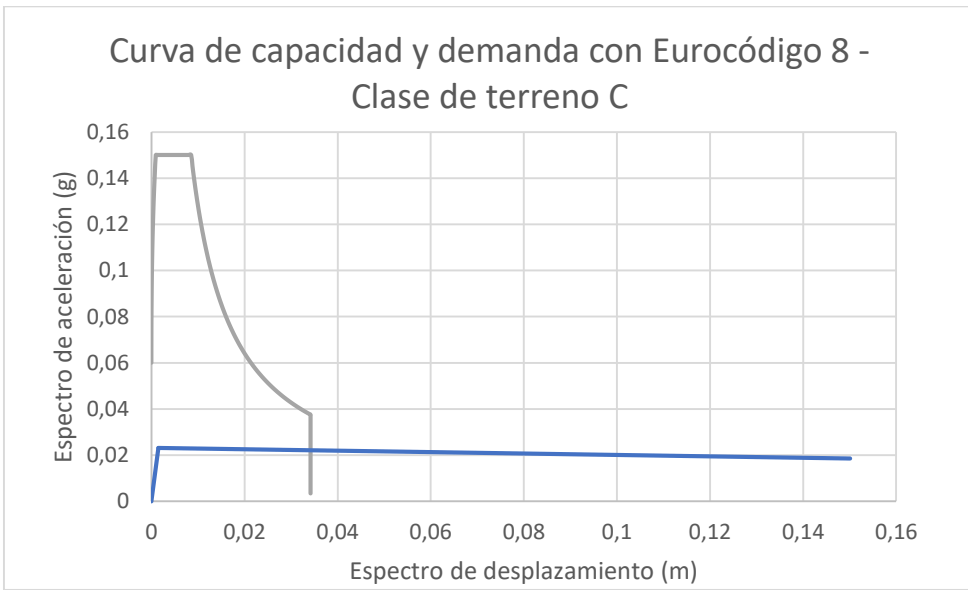
Gráfica A.1.76 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.77 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

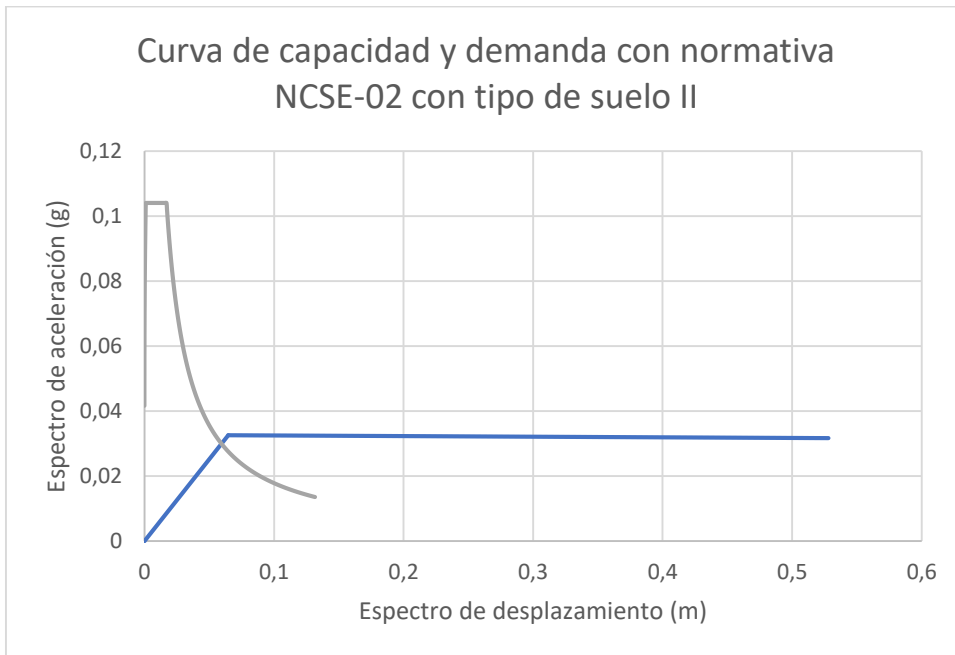


Gráfica A.1.78 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

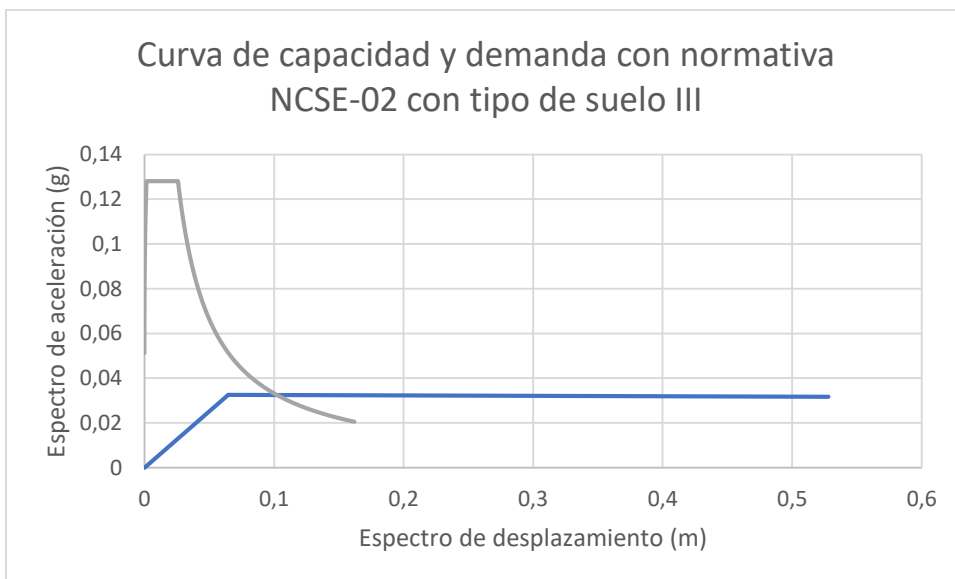


Gráfica A.1.79 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

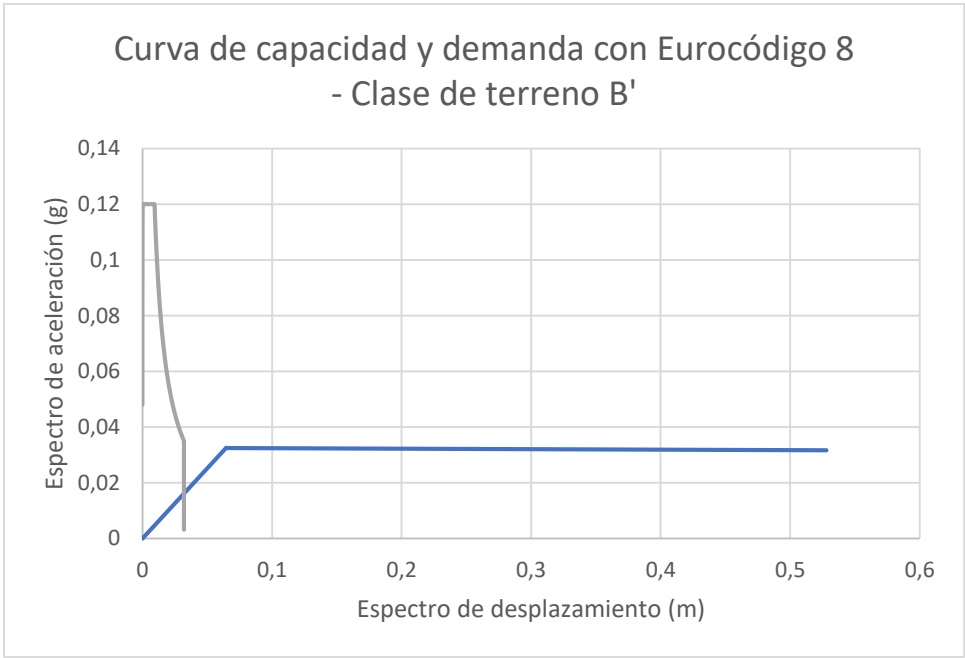
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



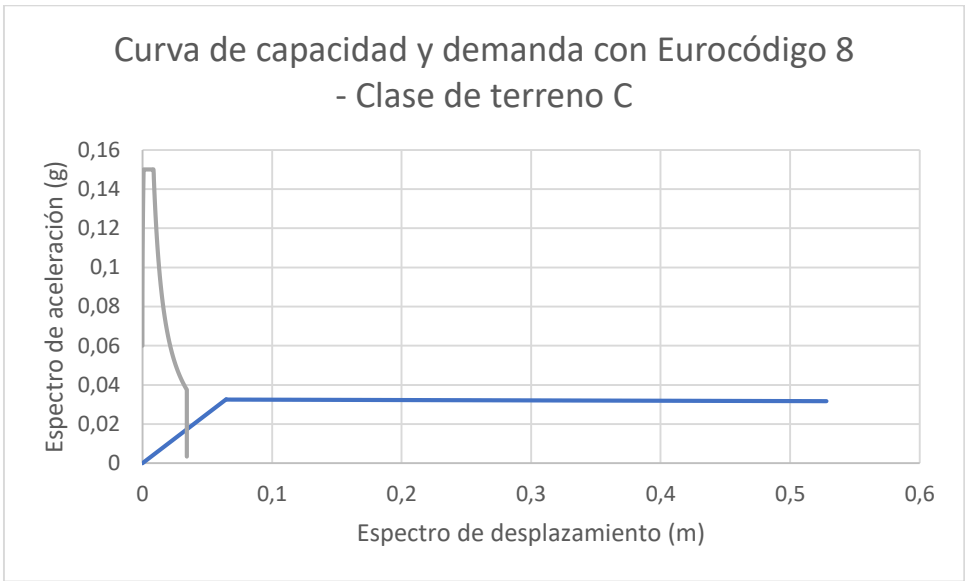
Gráfica A.1.80 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.81 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

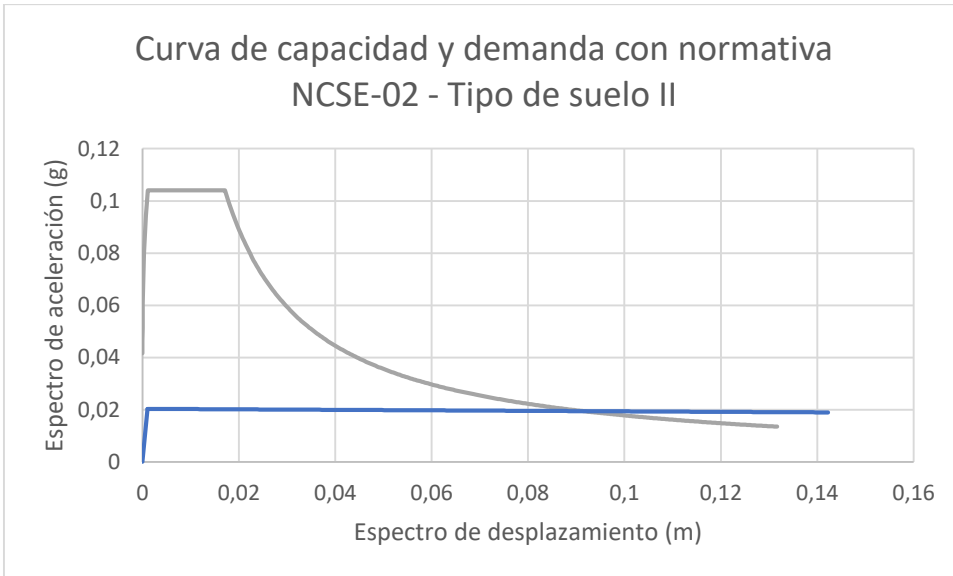


Gráfica A.1.82 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

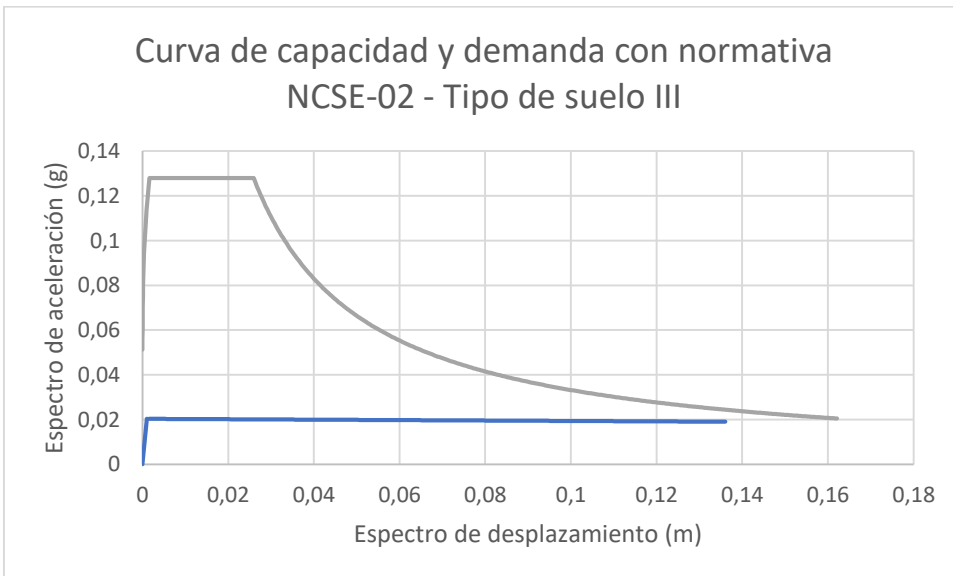


Gráfica A.1.83 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

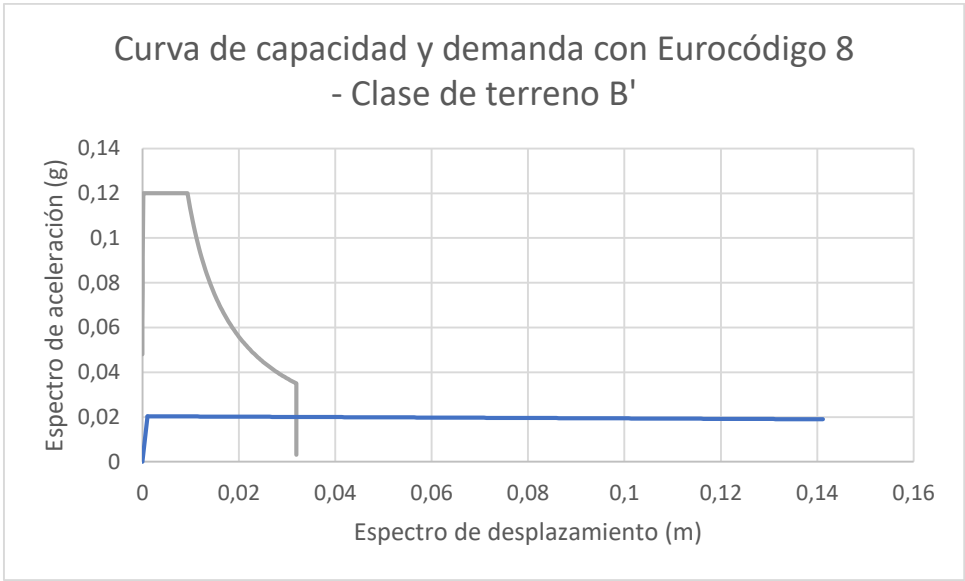
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



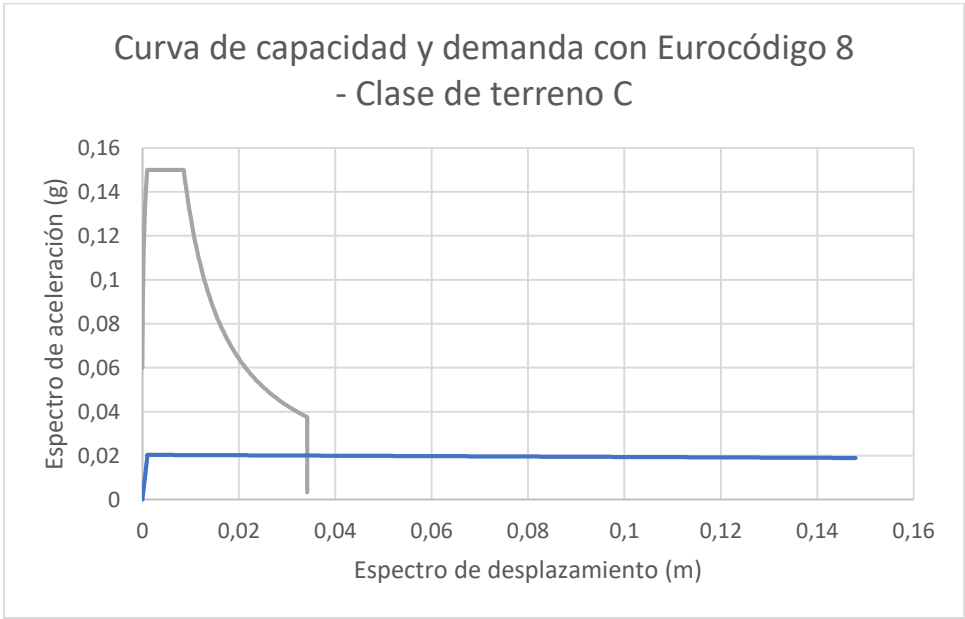
Gráfica A.1.84 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.85 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

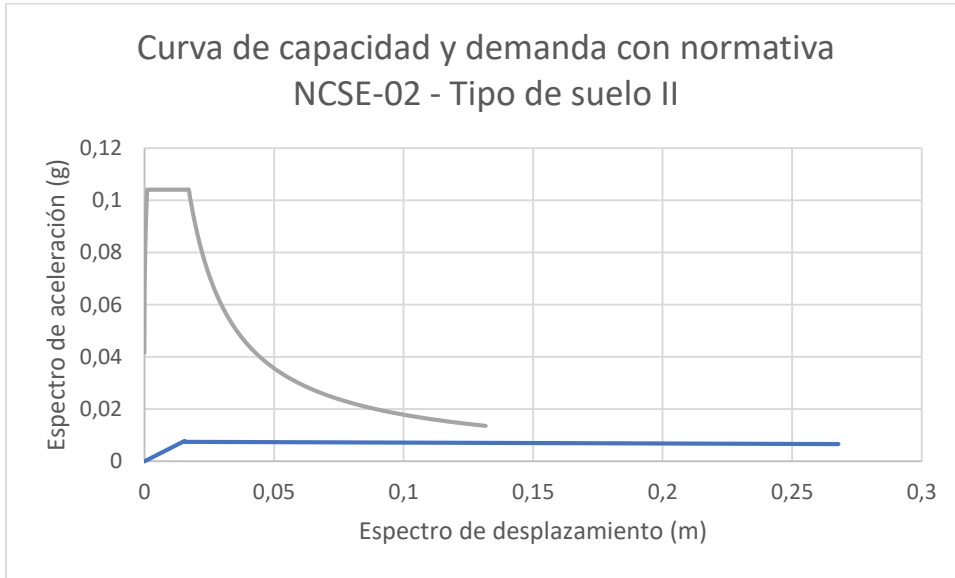


Gráfica A.1.86 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

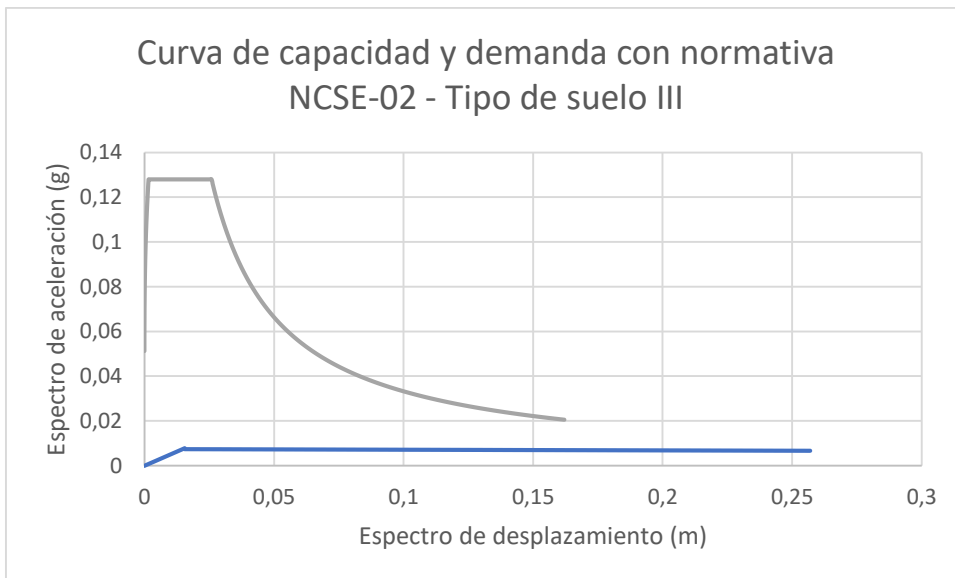


Gráfica A.1.87 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

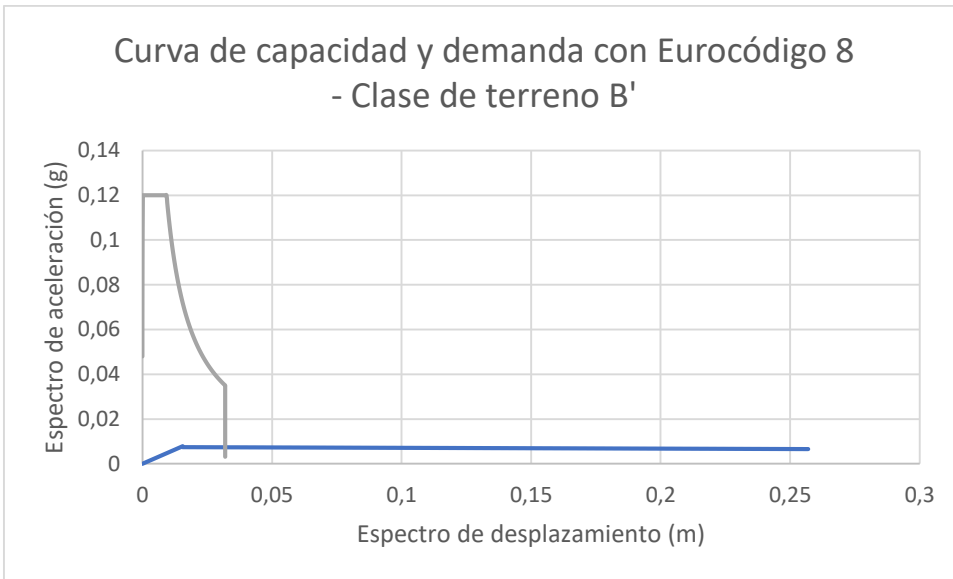
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



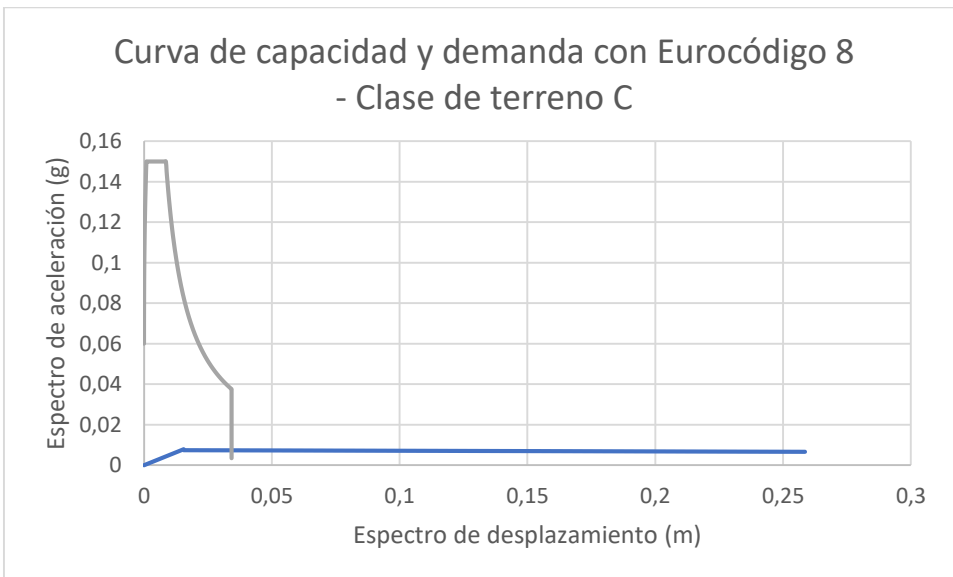
Gráfica A.1.88 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.89 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

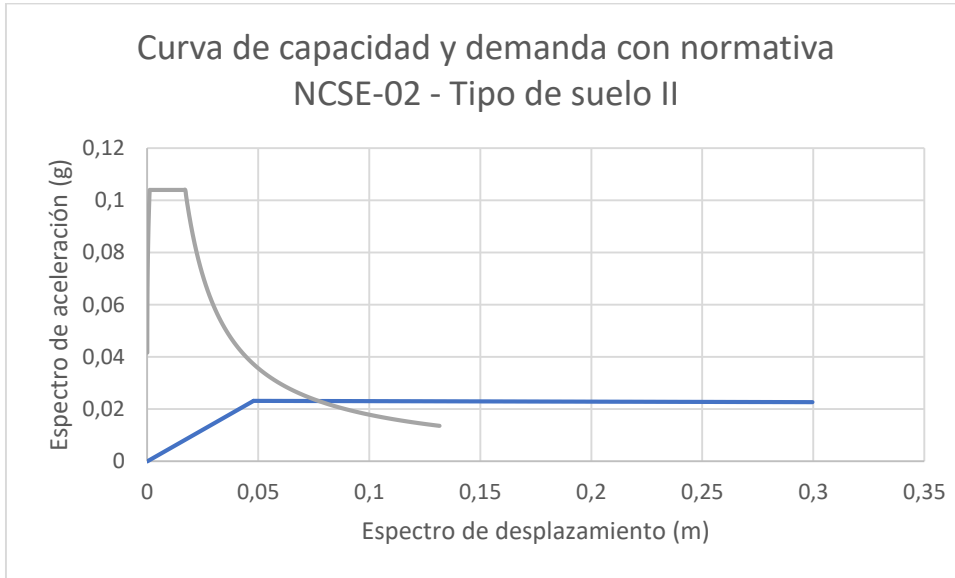


Gráfica A.1.90 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

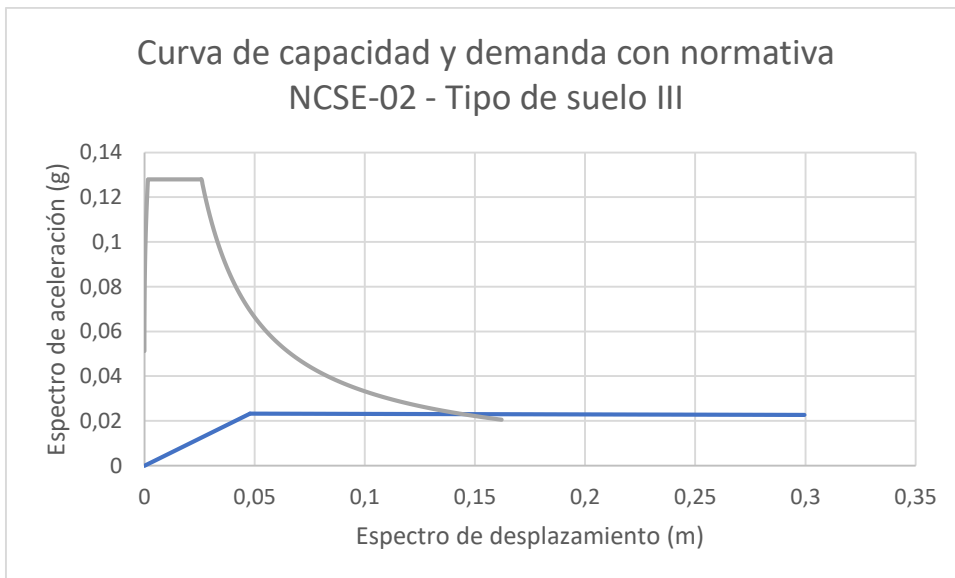


Gráfica A.1.91 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

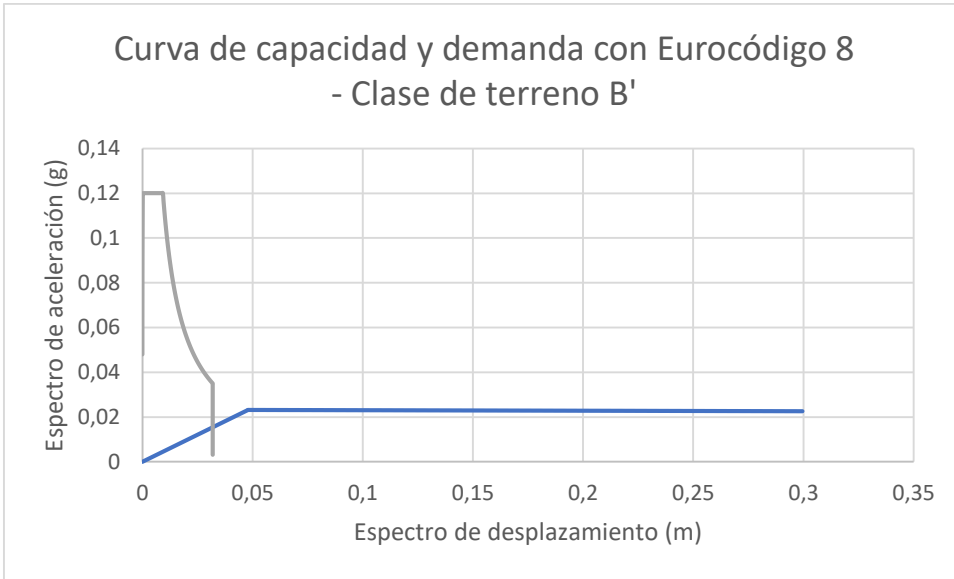
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



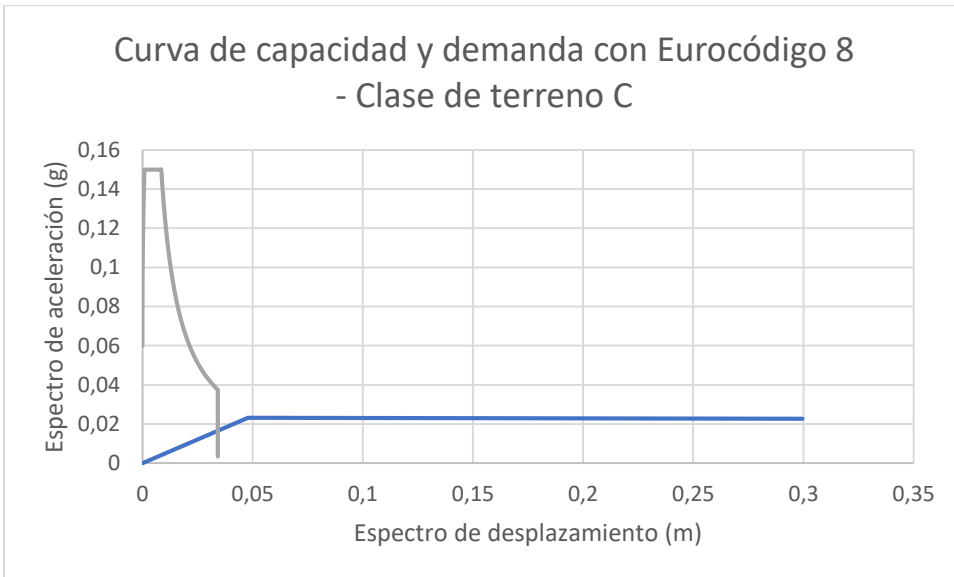
Gráfica A.1.92 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.93 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III



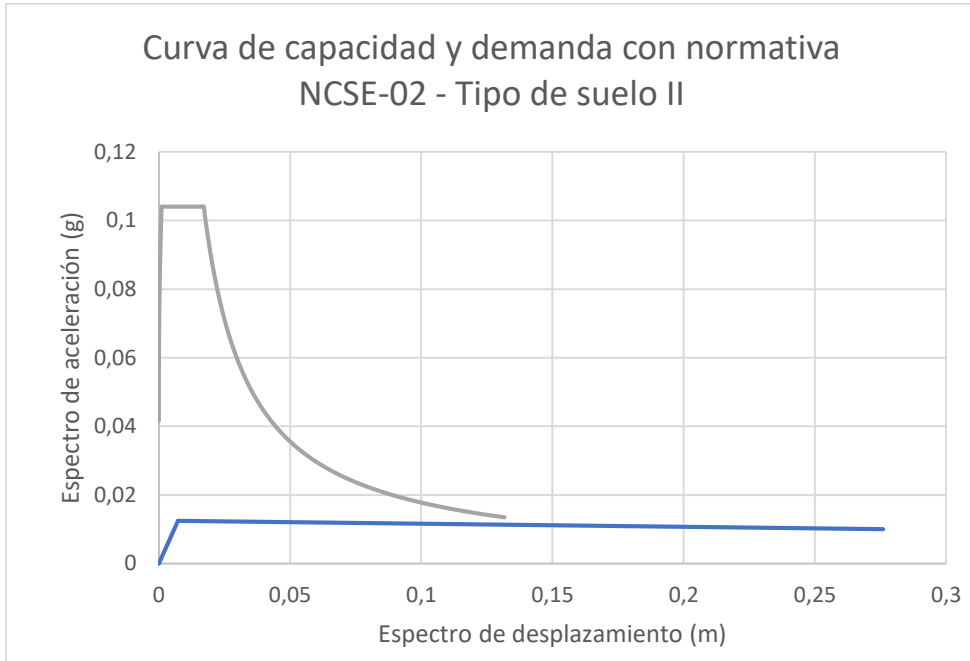
Gráfica A.1.94 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'



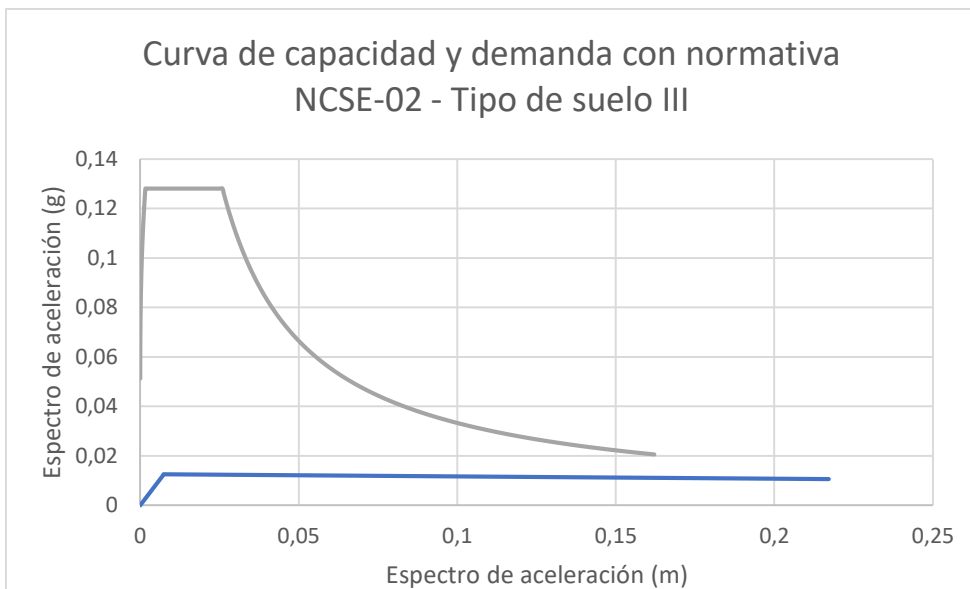
Gráfica A.1.95 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

A.1.5 Fachada de la calle Consell de Cent 364

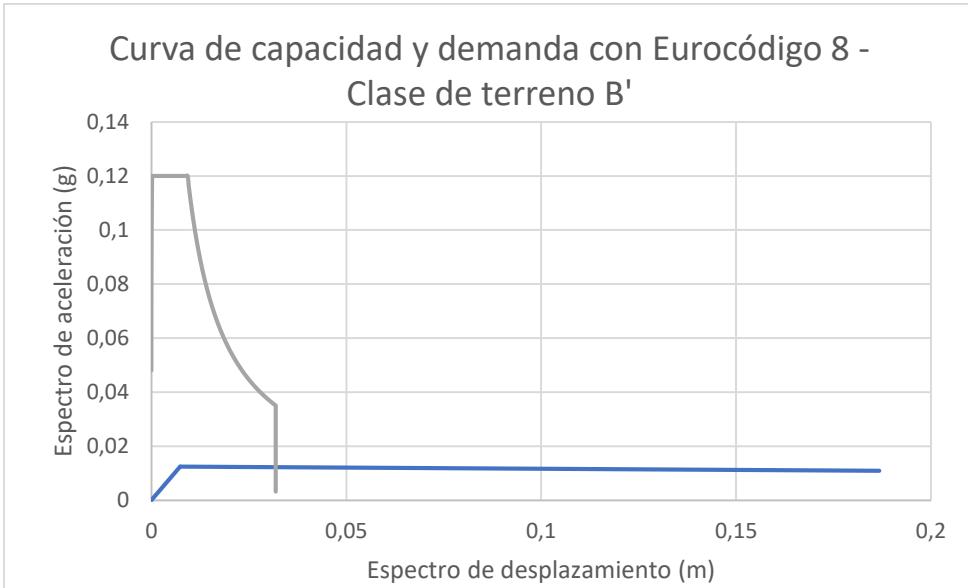
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



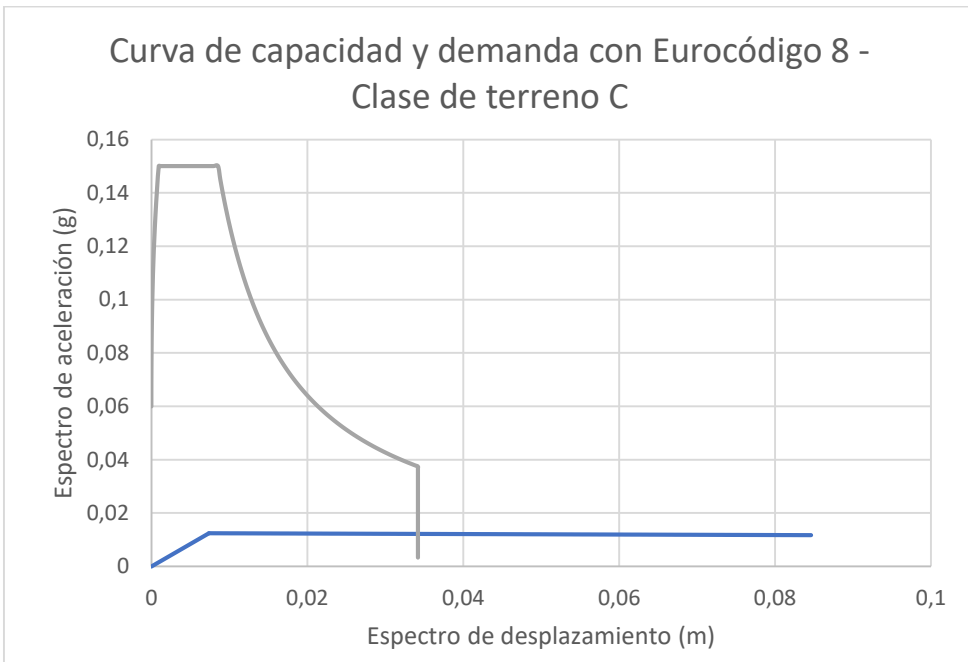
Gráfica A.1.96 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.97 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

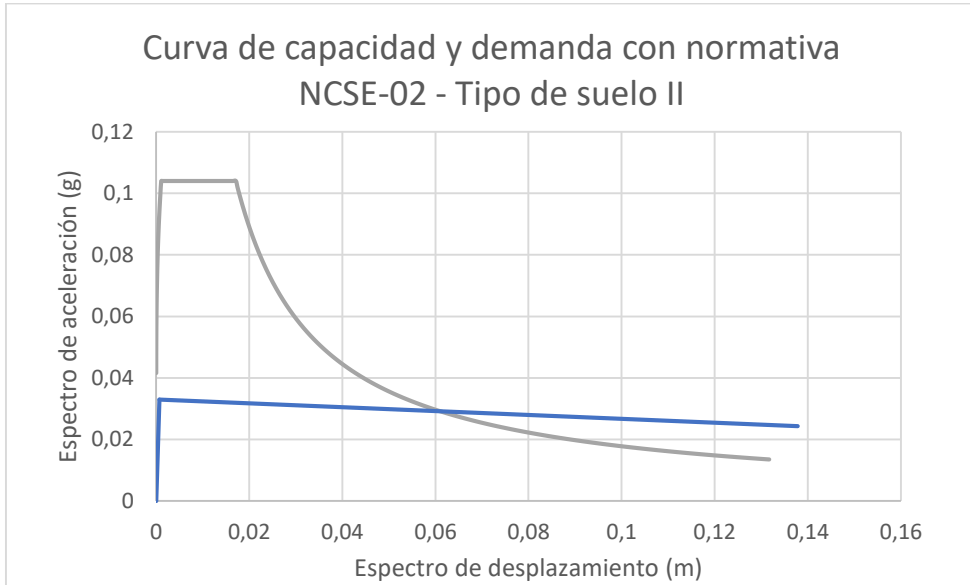


Gráfica A.1.98 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

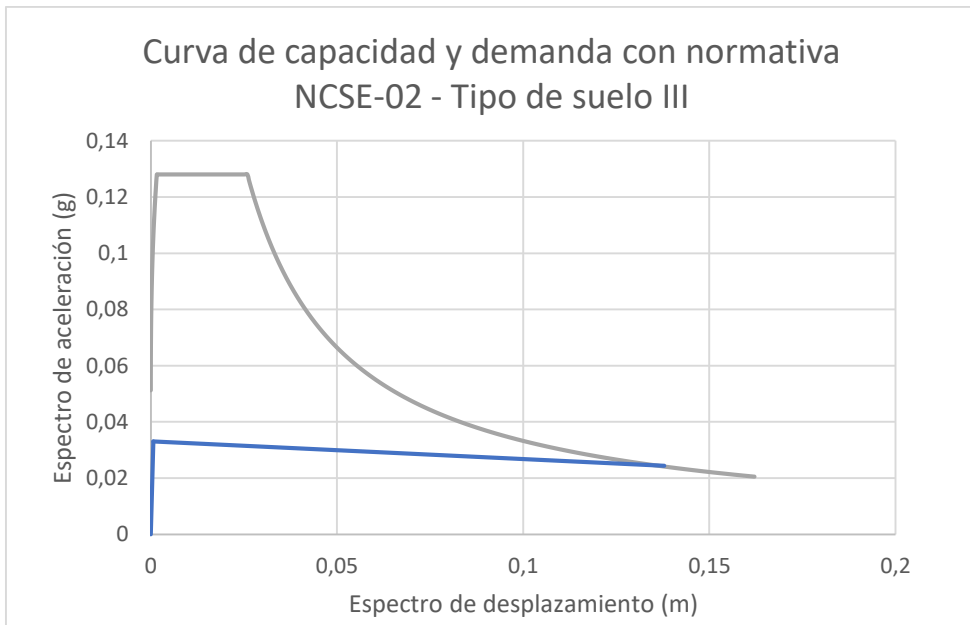


Gráfica A.1.99 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

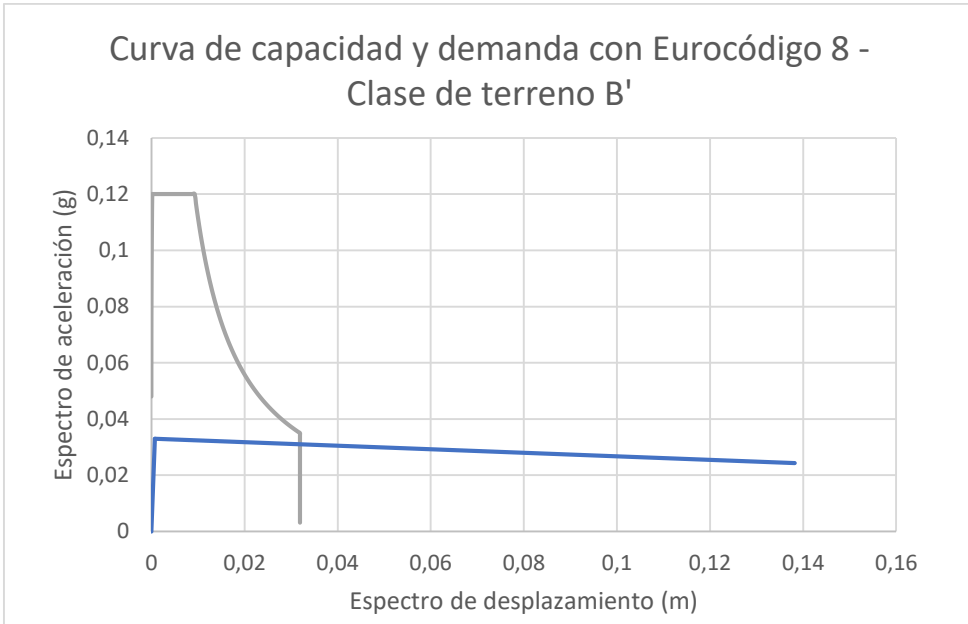
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)



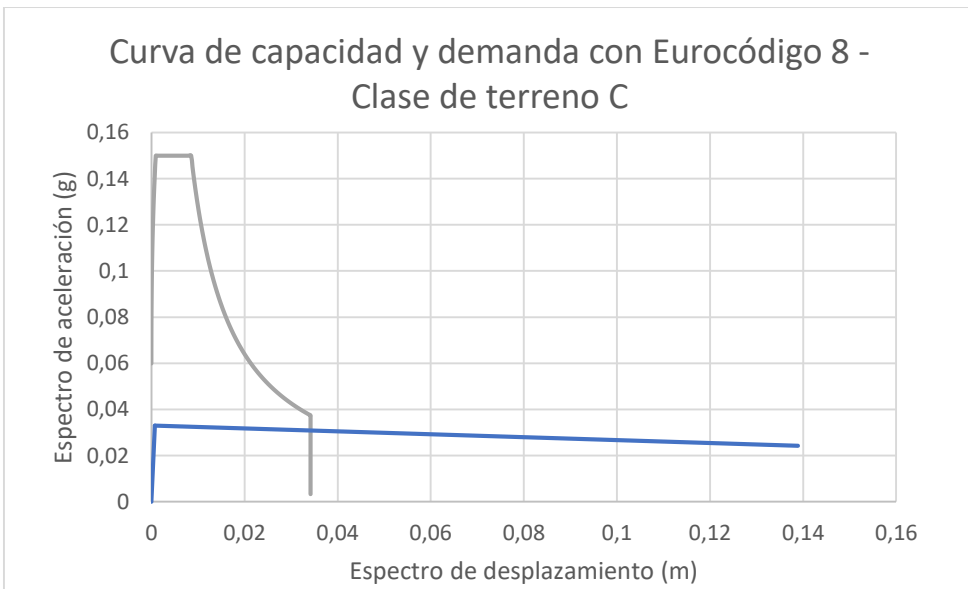
Gráfica A.1.100 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.101 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

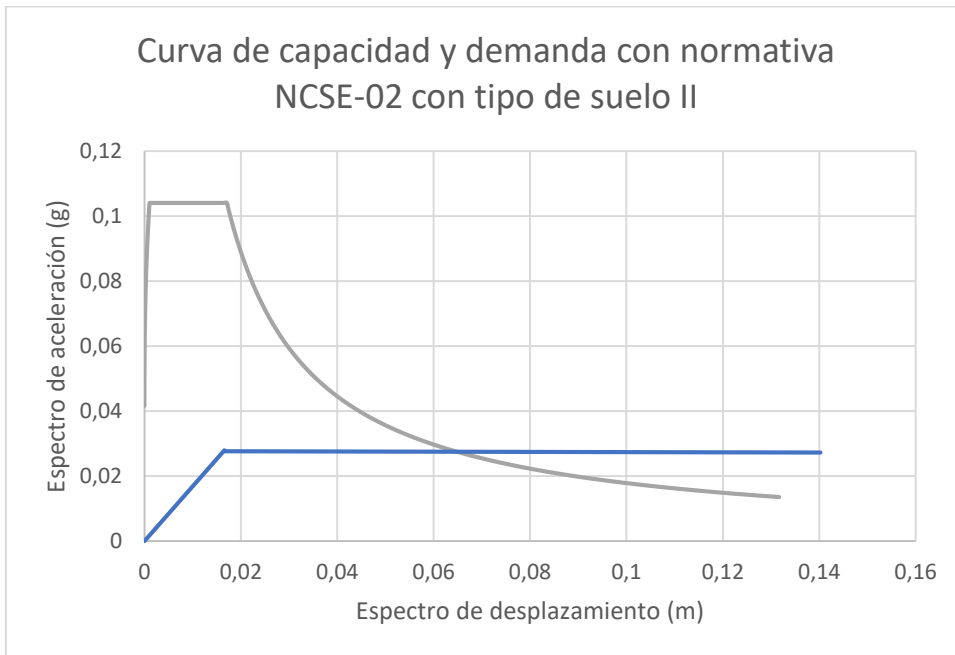


Gráfica A.1.102 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

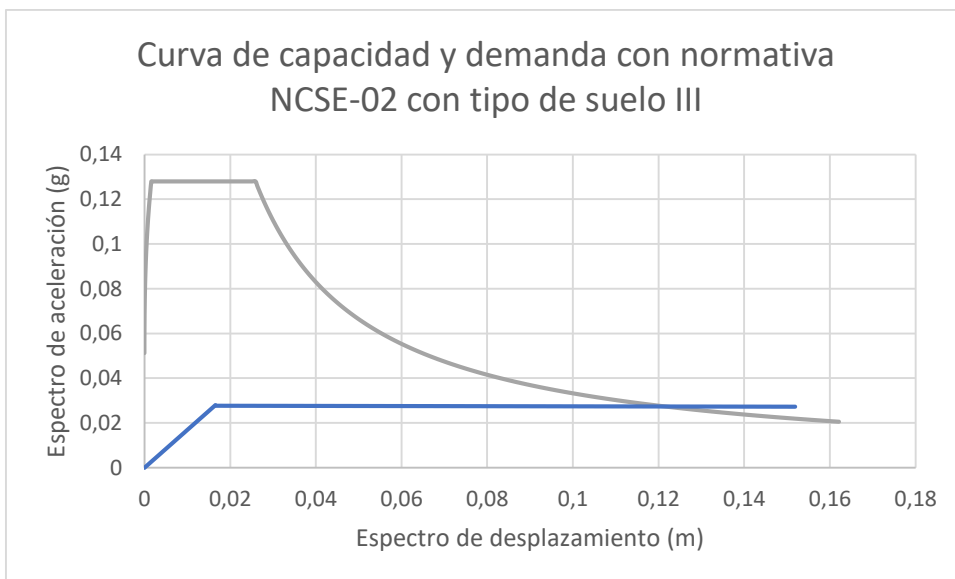


Gráfica A.1.103 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

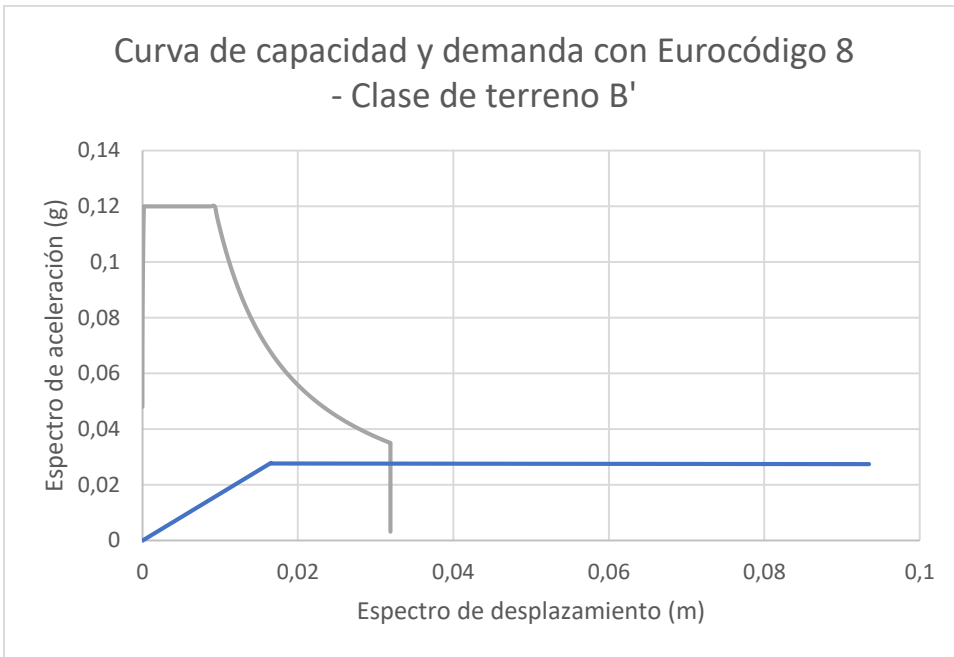
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



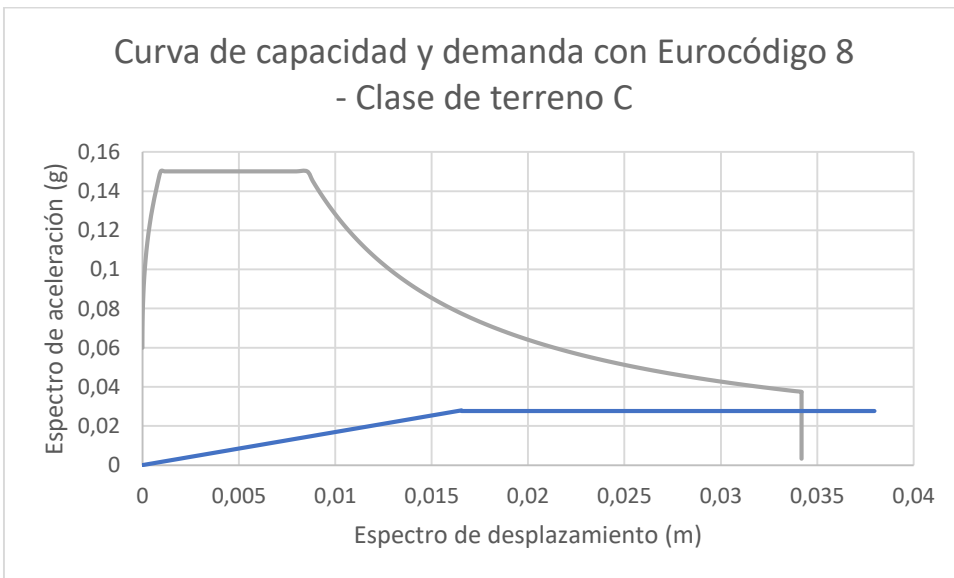
Gráfica A.1.104 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.105 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

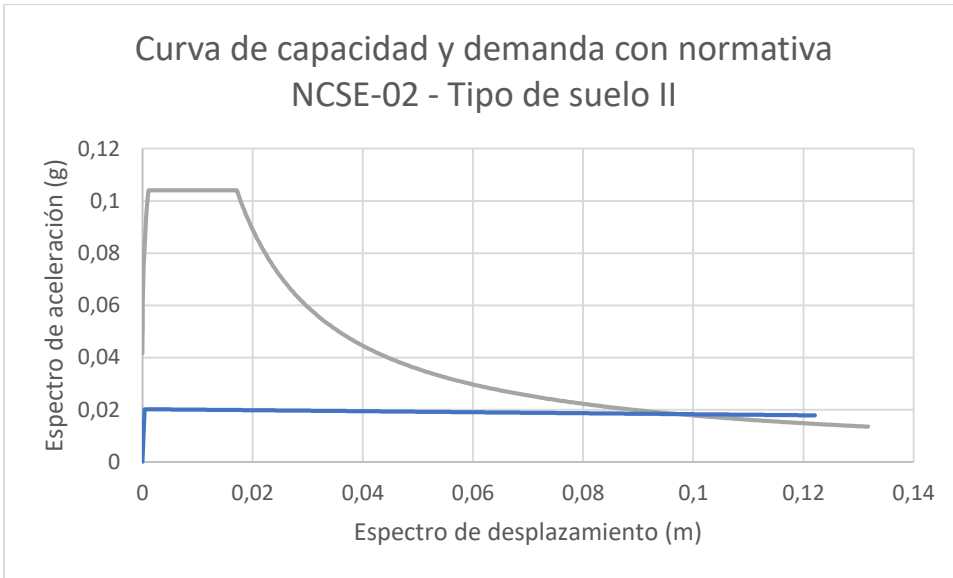


Gráfica A.1.106 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

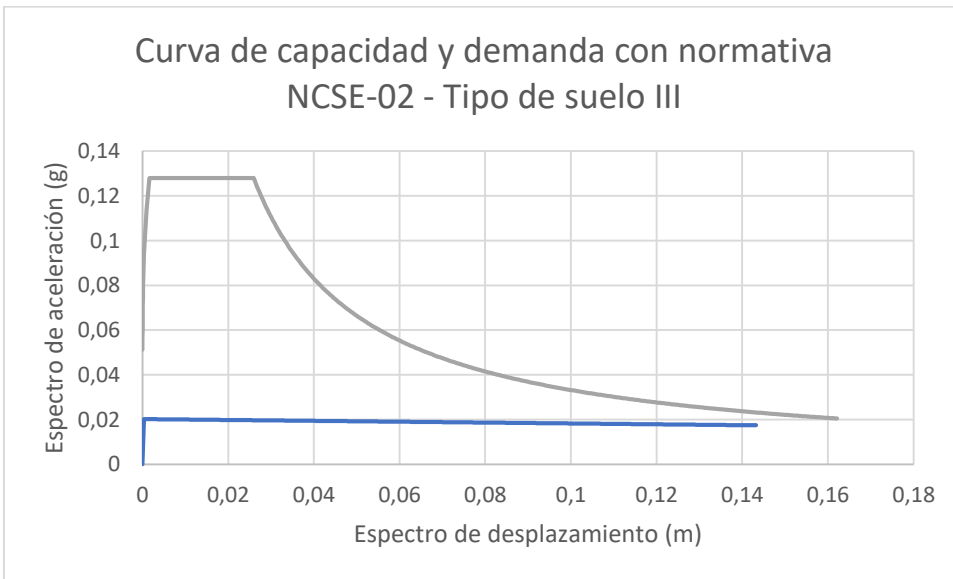


Gráfica A.1.107 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

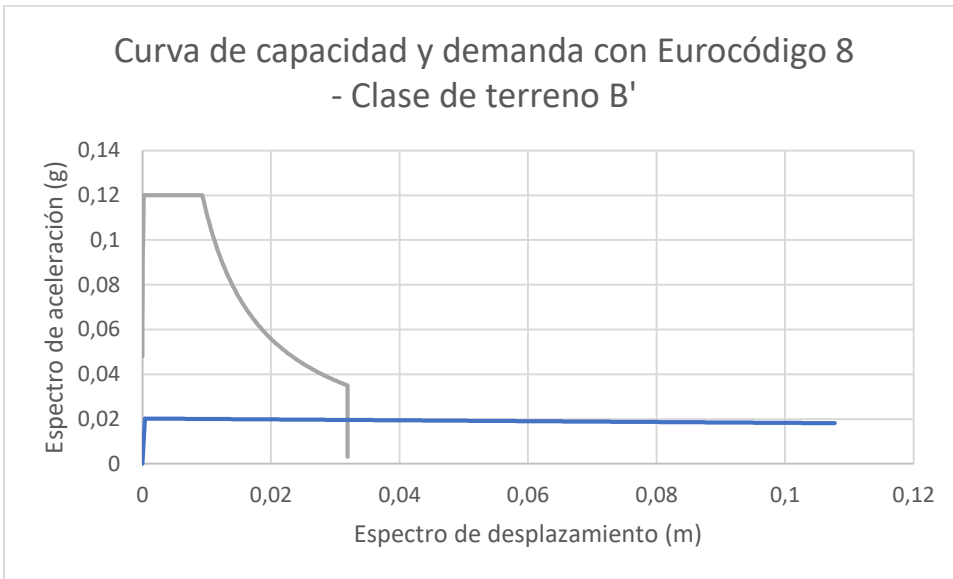
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 2 pisos)



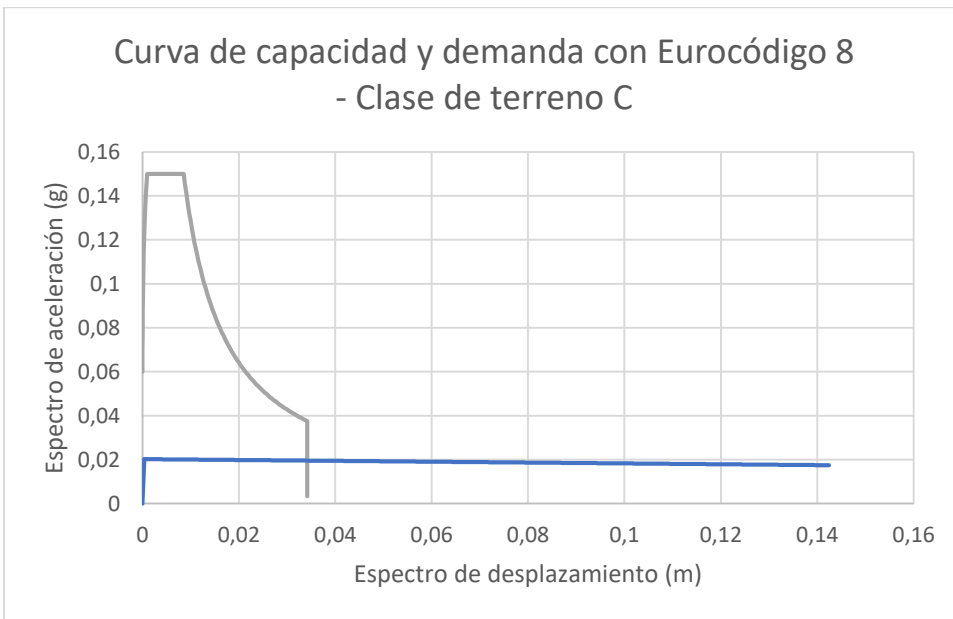
Gráfica A.1.108 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.109 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

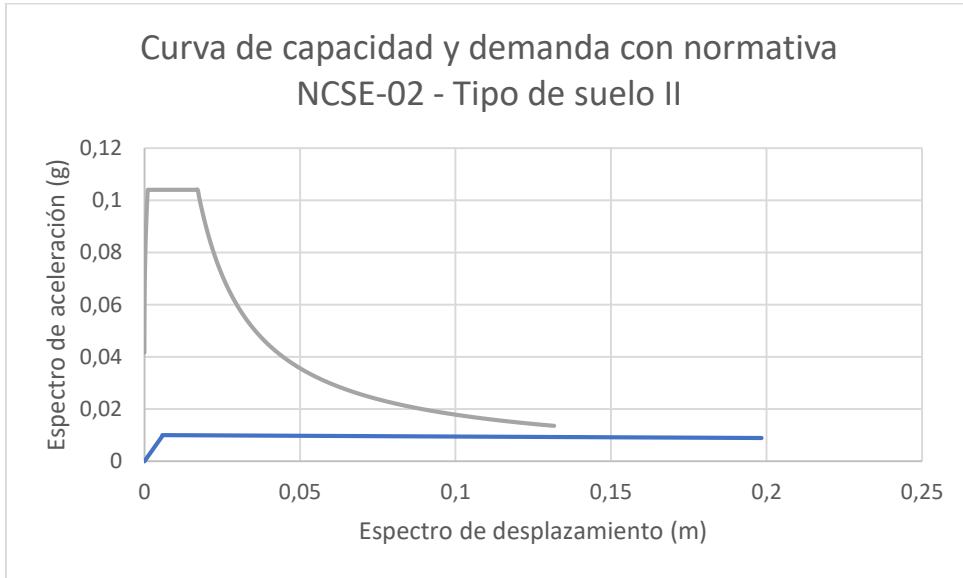


Gráfica A.1.110 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

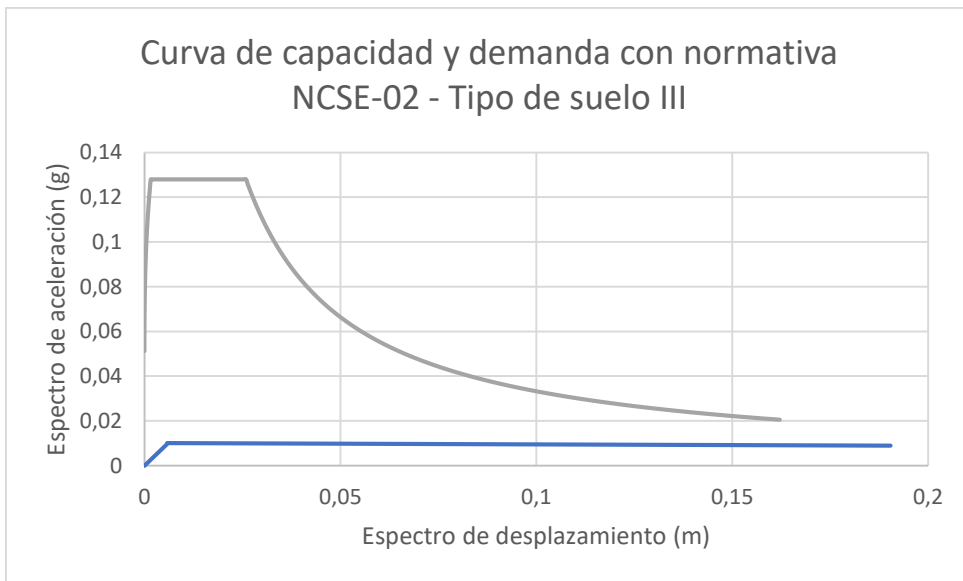


Gráfica A.1.111 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

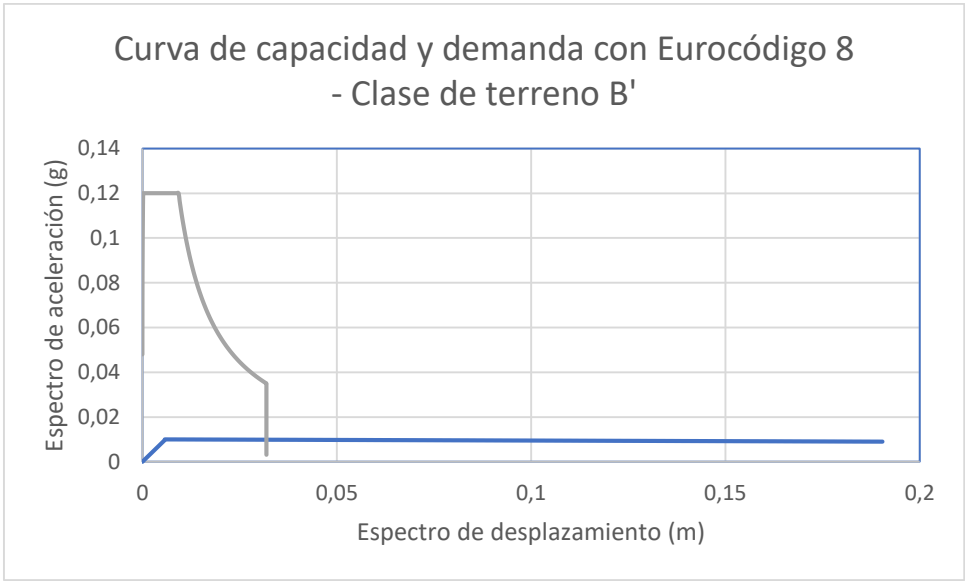
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



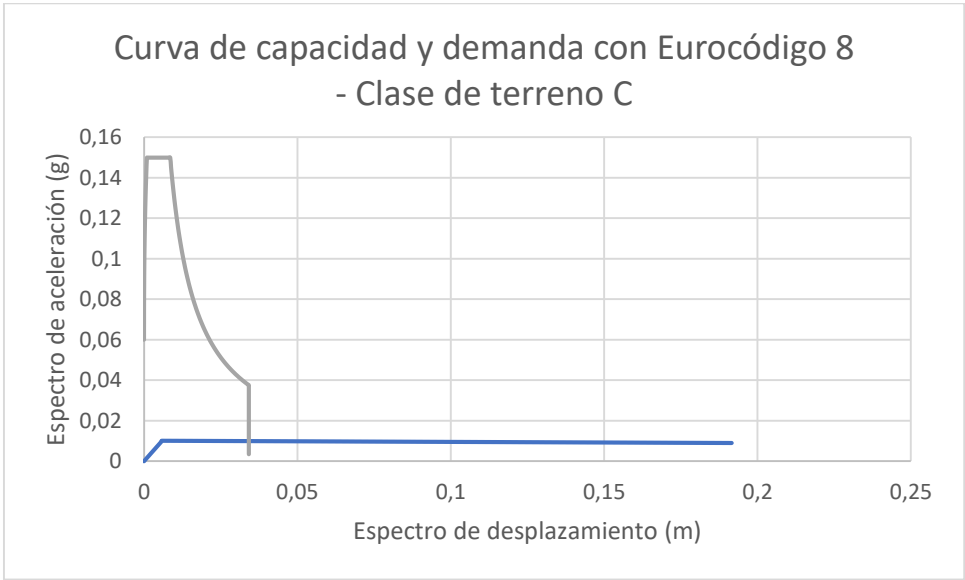
Gráfica A.1.112 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.113 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

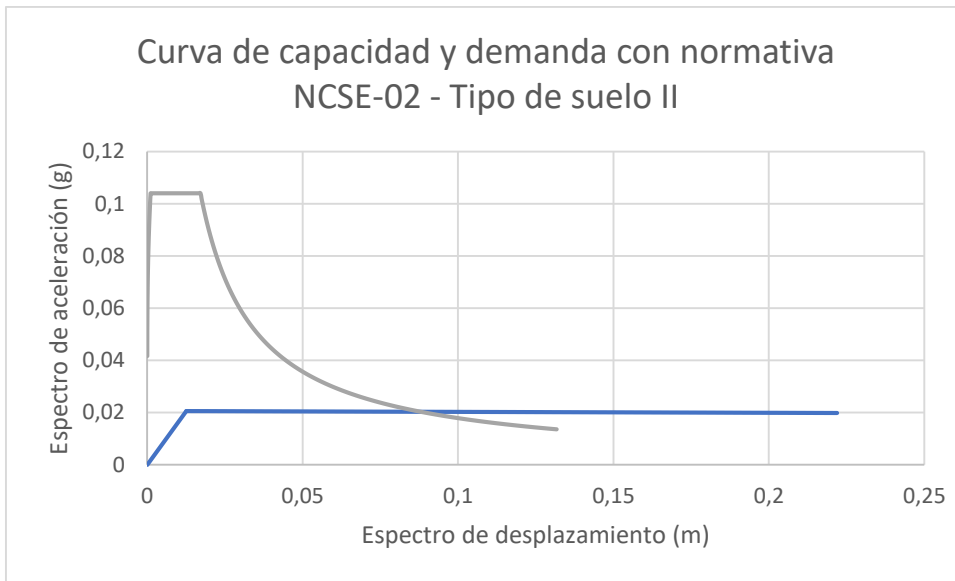


Gráfica A.1.114 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

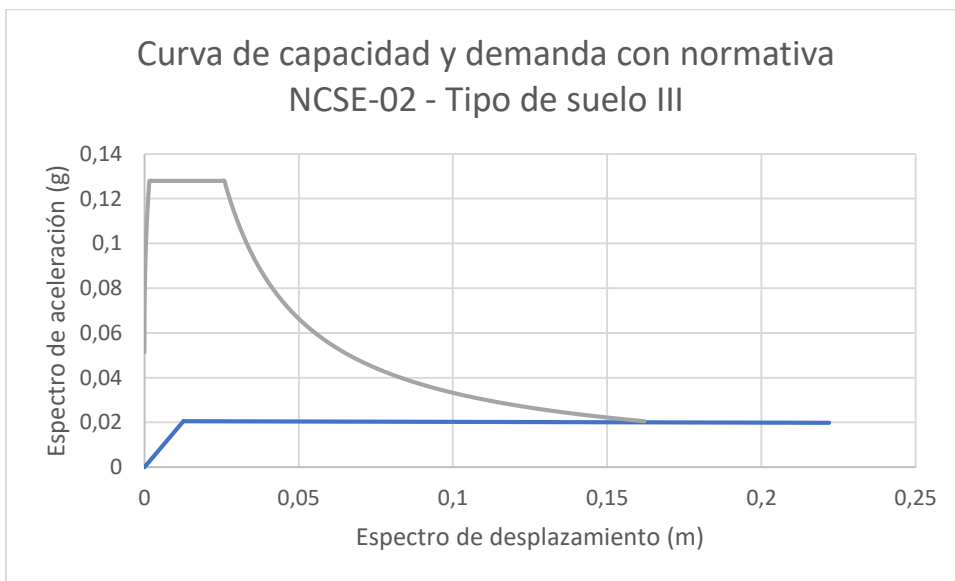


Gráfica A.1.115 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

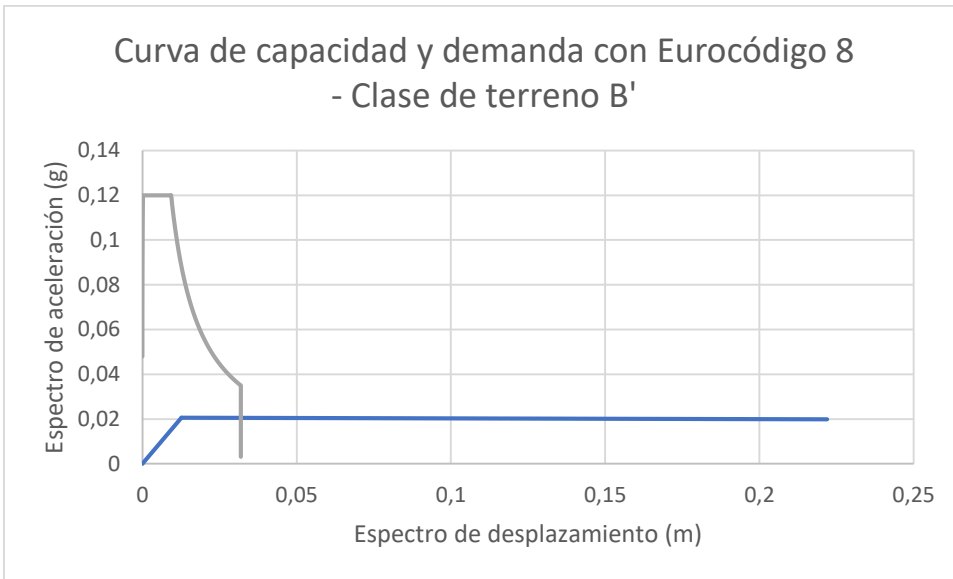
Mecanismo 6: vuelco parcial de fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



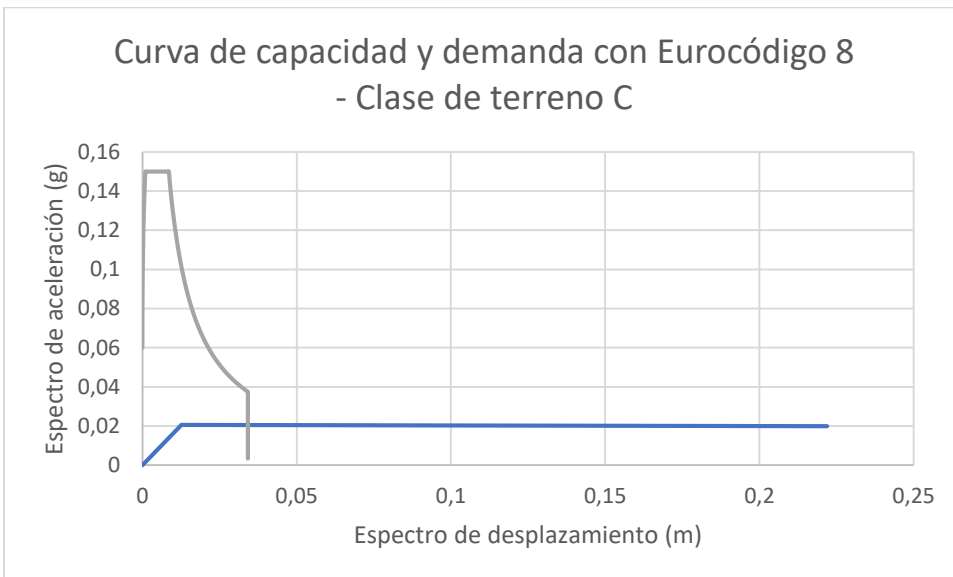
Gráfica A.1.116 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.117 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III



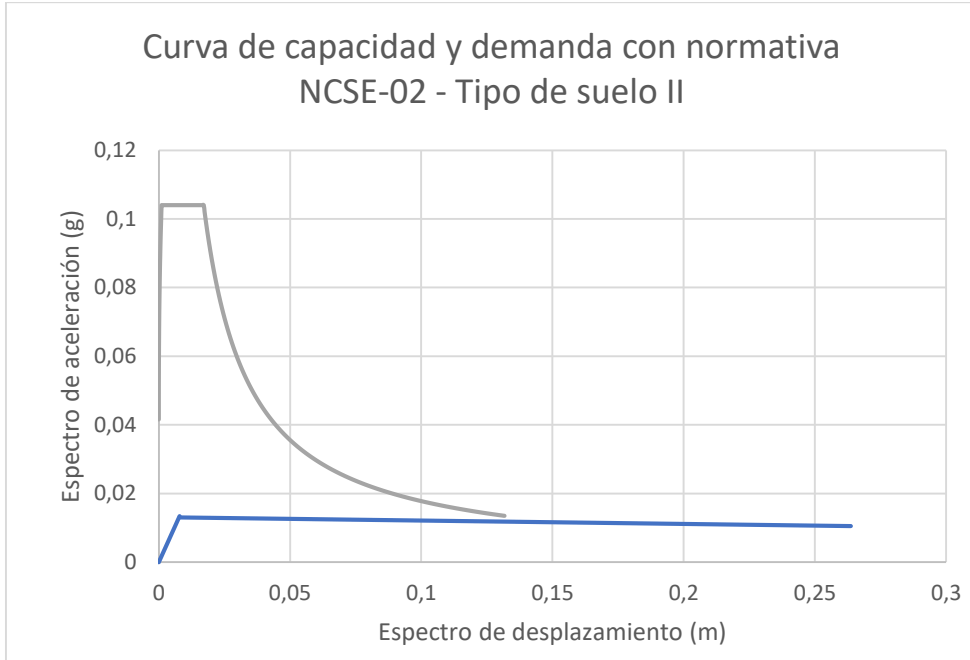
Gráfica A.1.118 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'



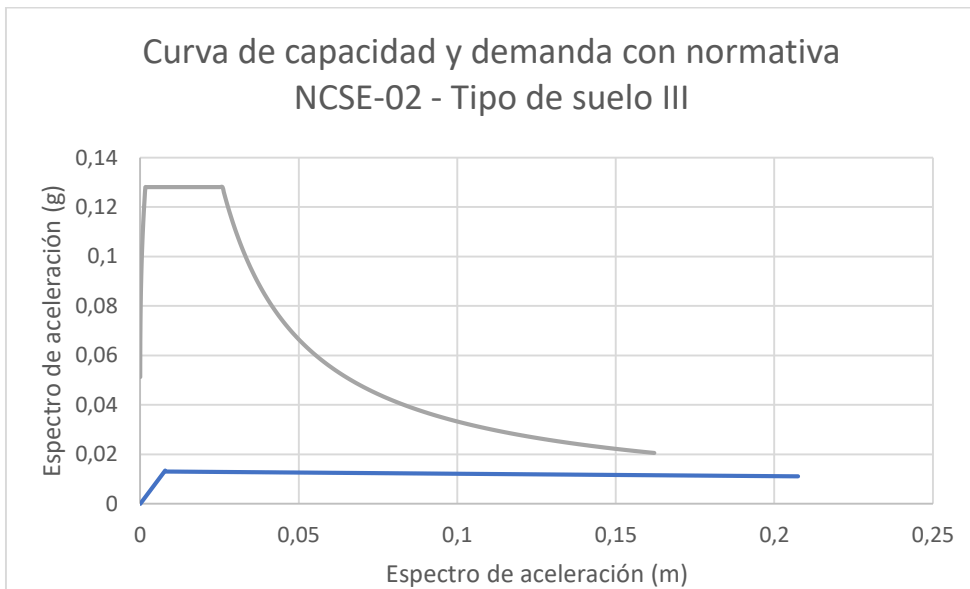
Gráfica A.1.119 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

A.1.6 Fachada de la calle Girona 65

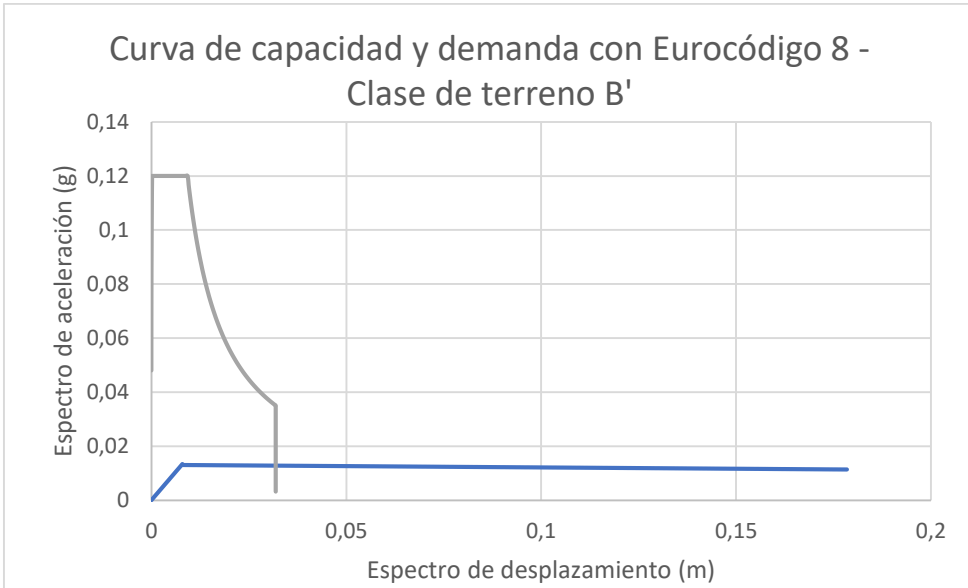
Mecanismo 1: vuelco total de fachada principal



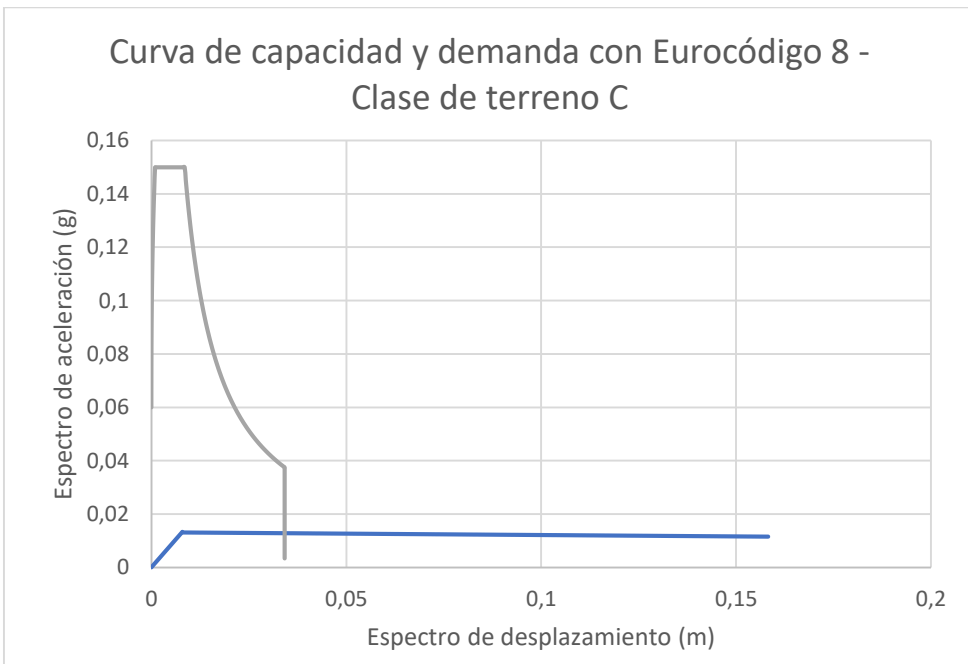
Gráfica A.1.120 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.121 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

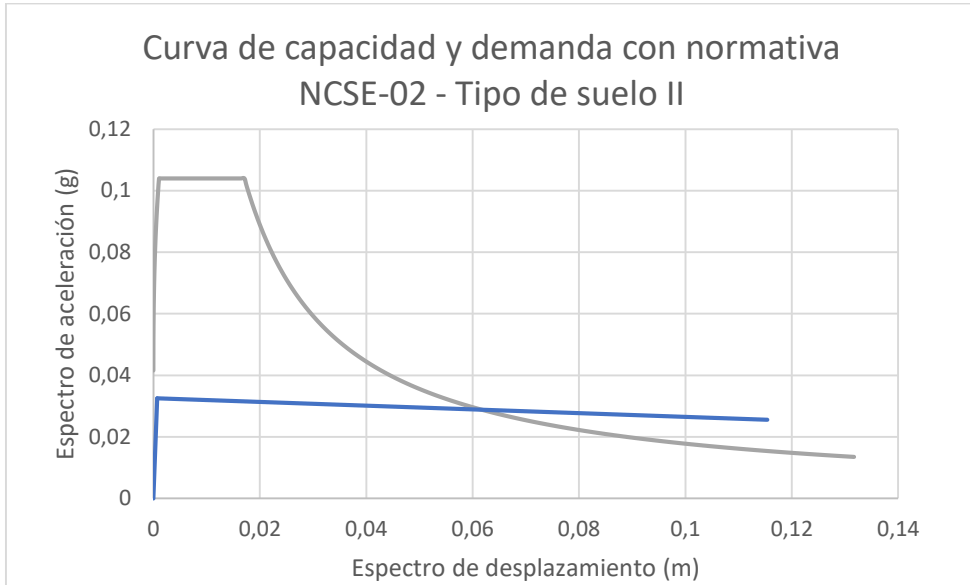


Gráfica A.1.122 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

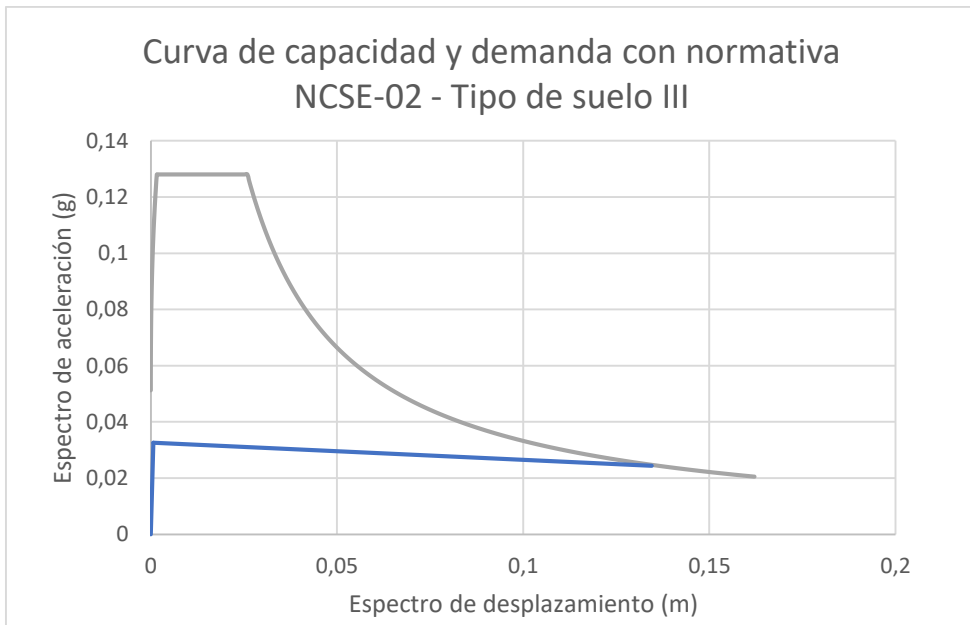


Gráfica A.1.123 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

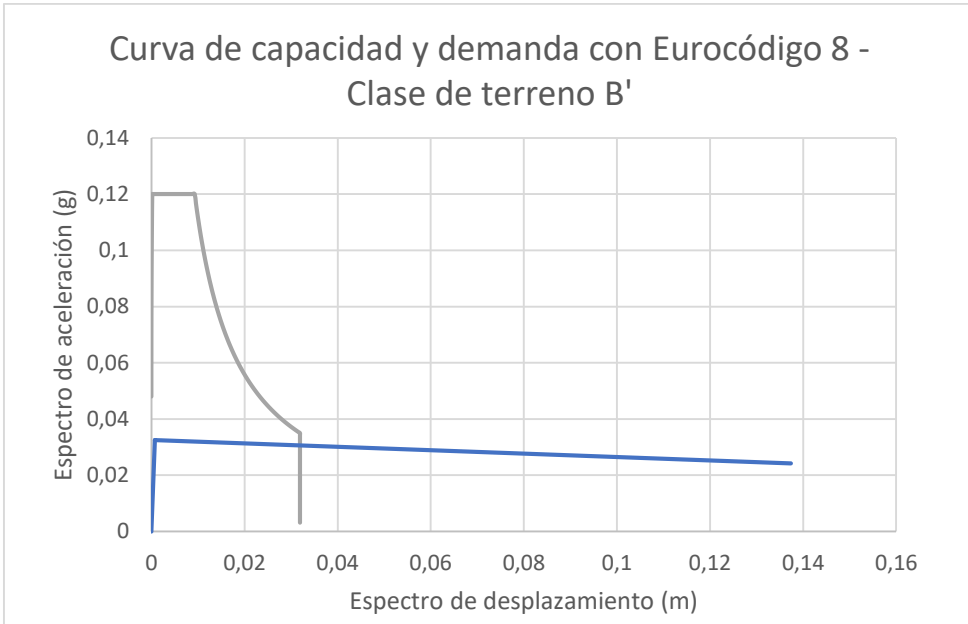
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)



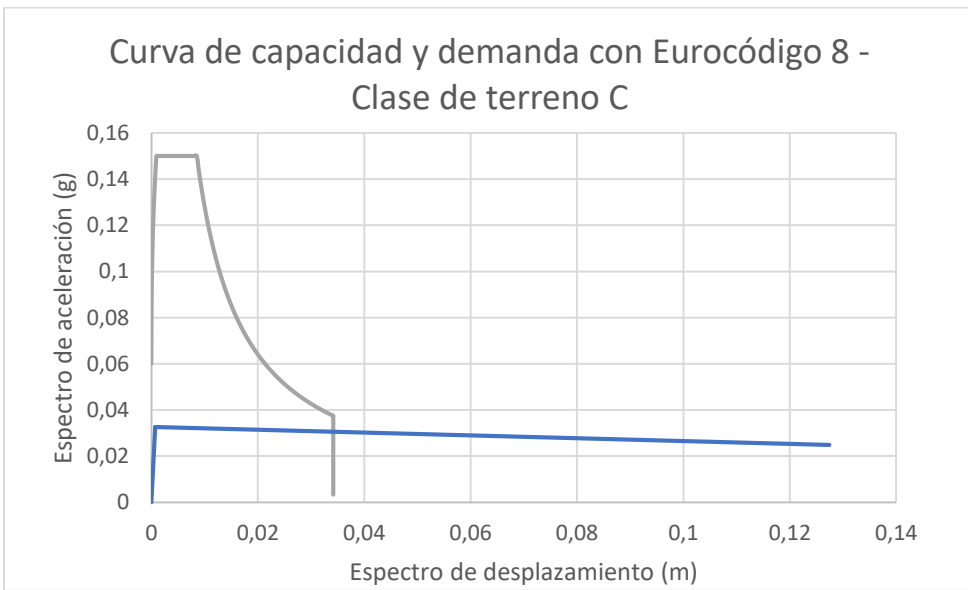
Gráfica A.1.124 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.125 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

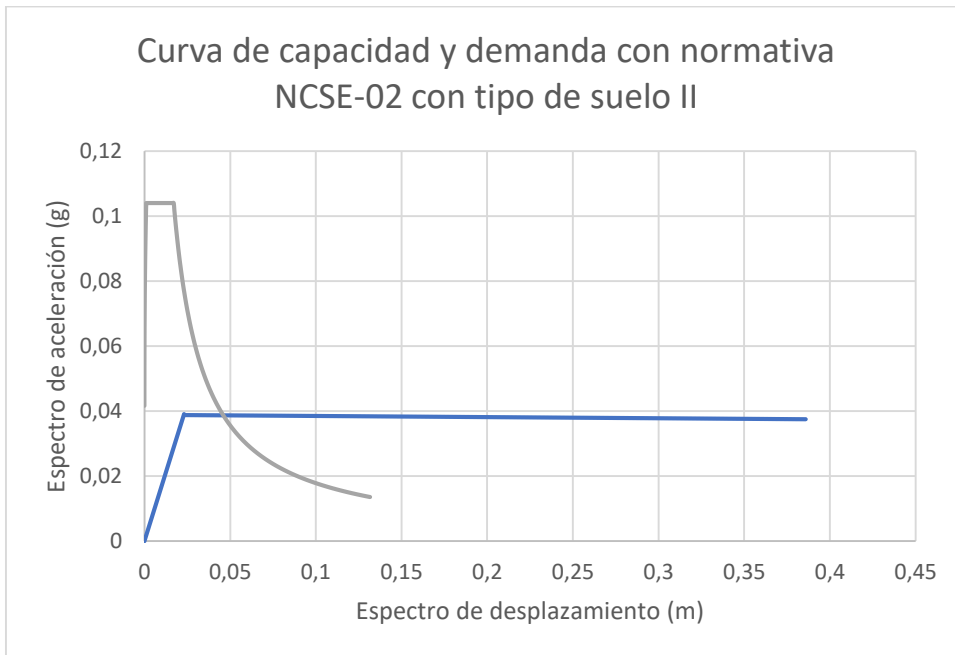


Gráfica A.1.126 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

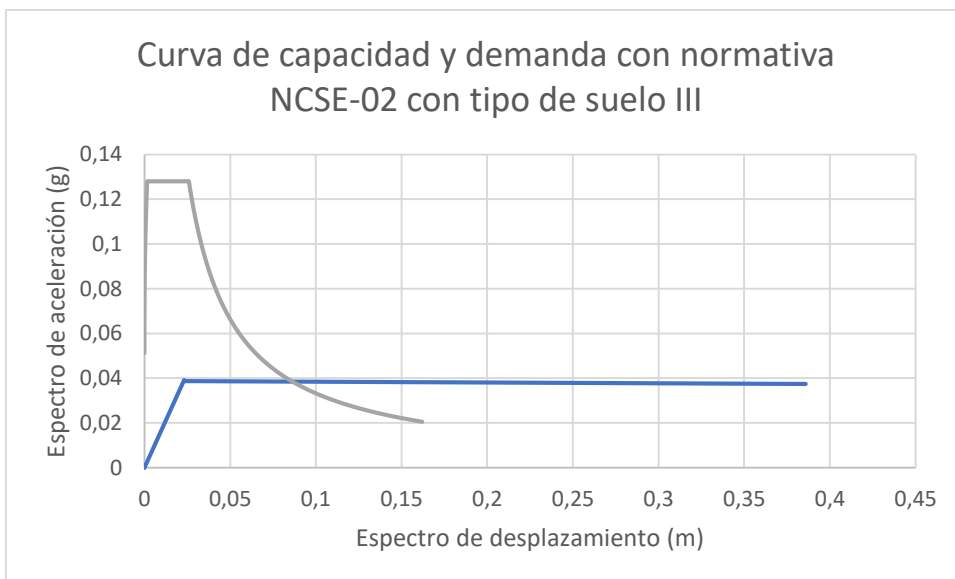


Gráfica A.1.127 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

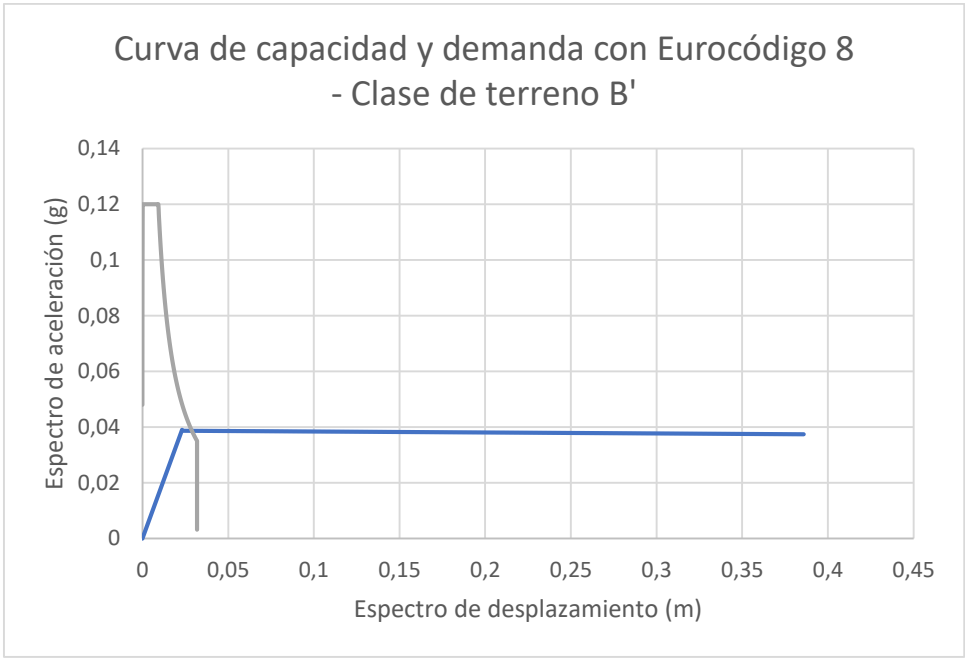
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



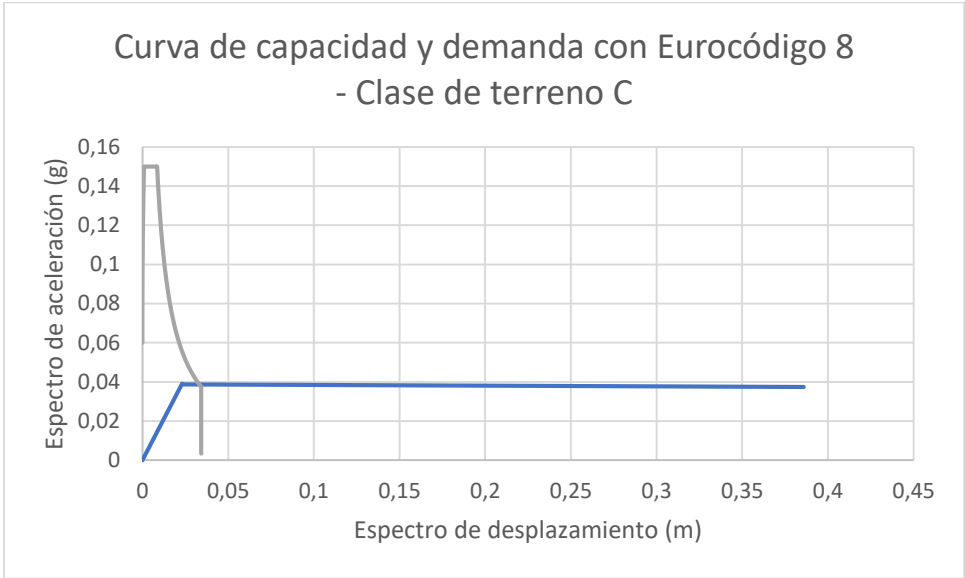
Gráfica A.1.128 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.129 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

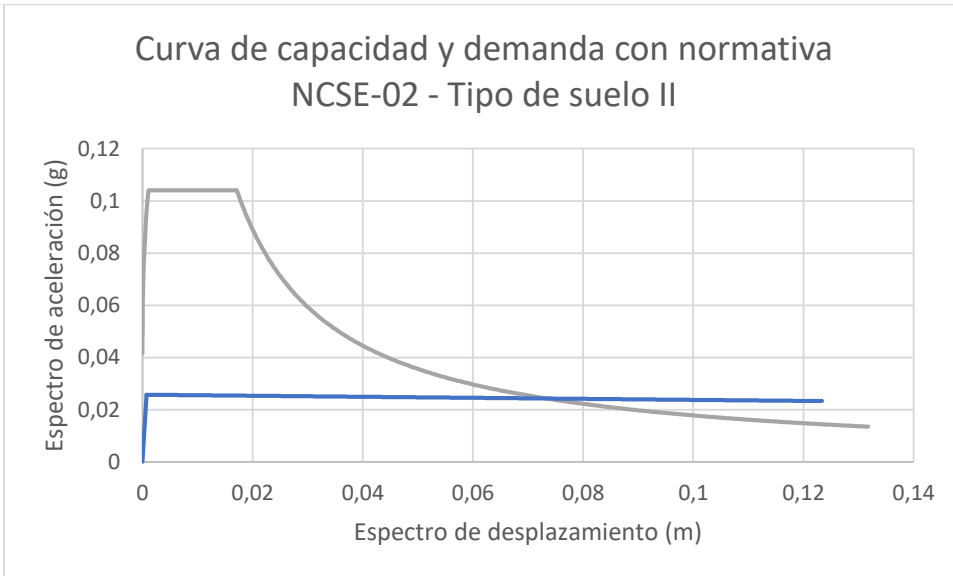


Gráfica A.1.130 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

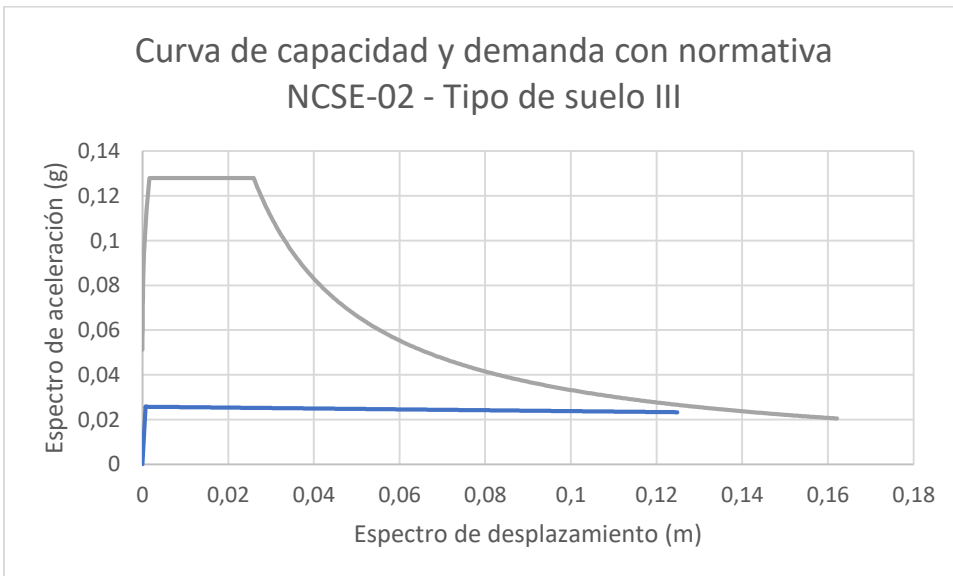


Gráfica A.1.131 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

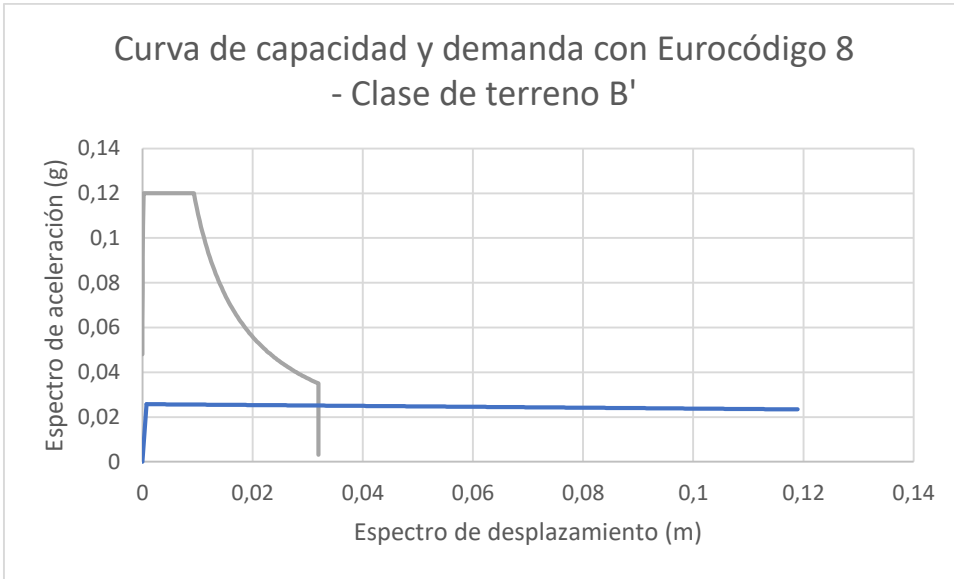
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 2 pisos)



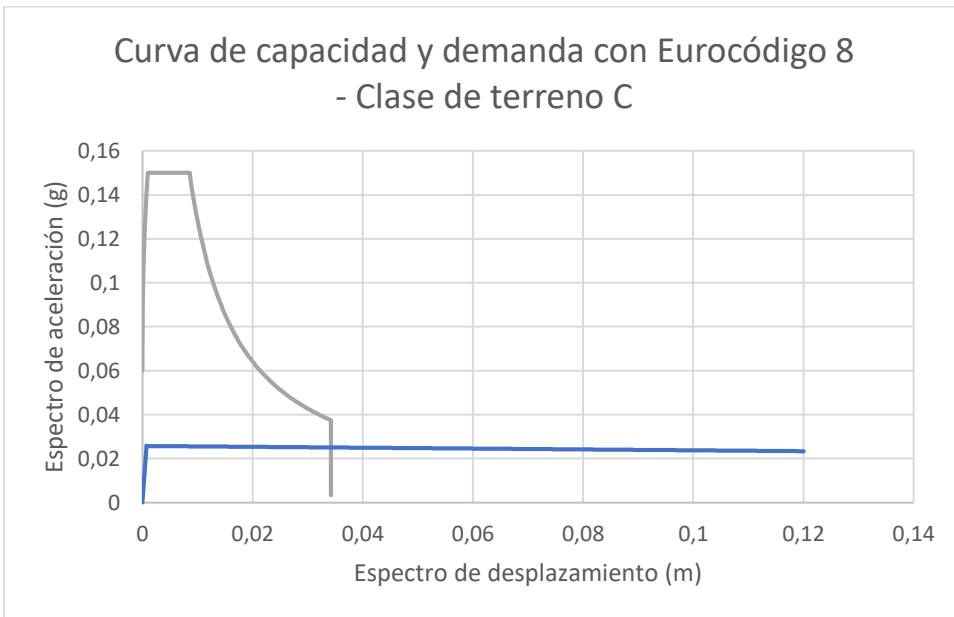
Gráfica A.1.132 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.133 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

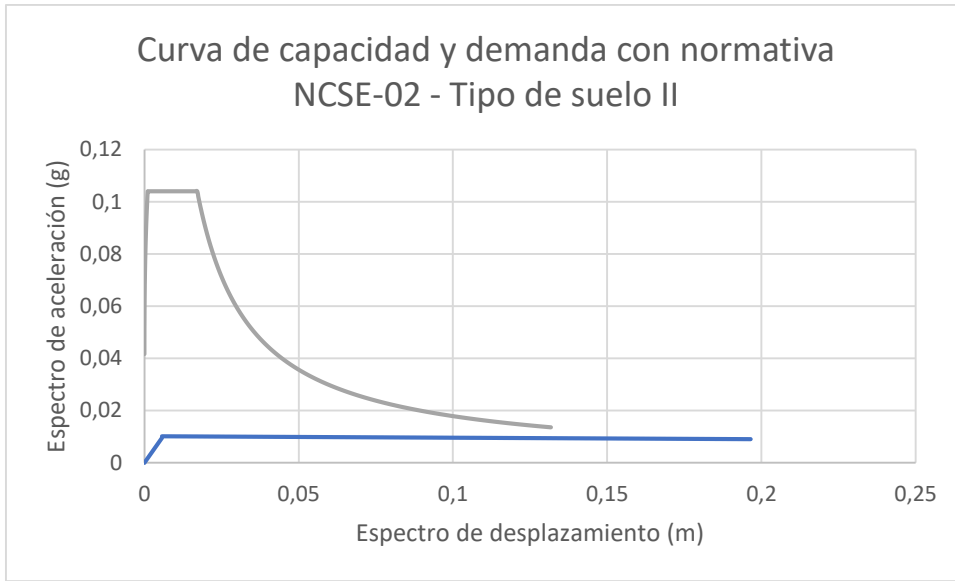


Gráfica A.1.134 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

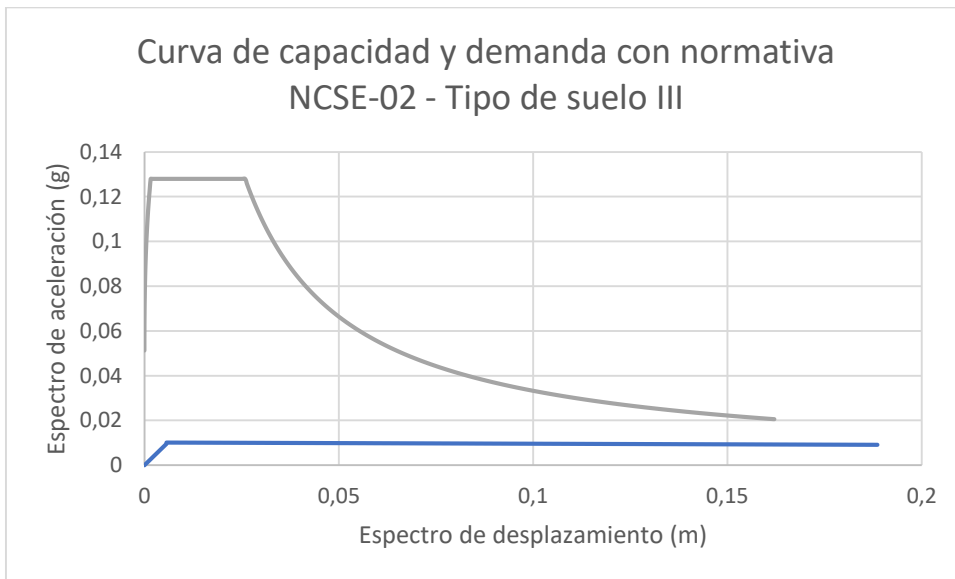


Gráfica A.1.135 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

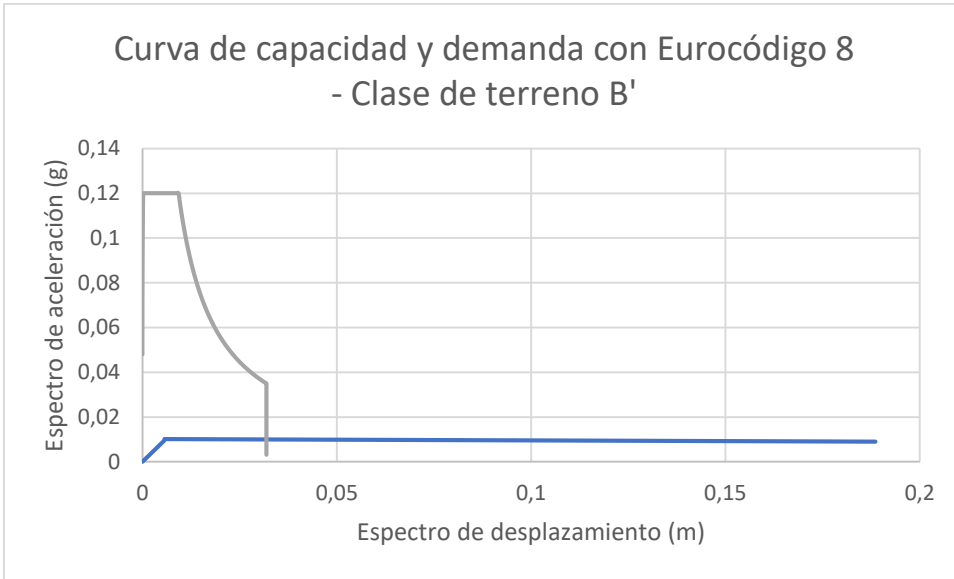
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



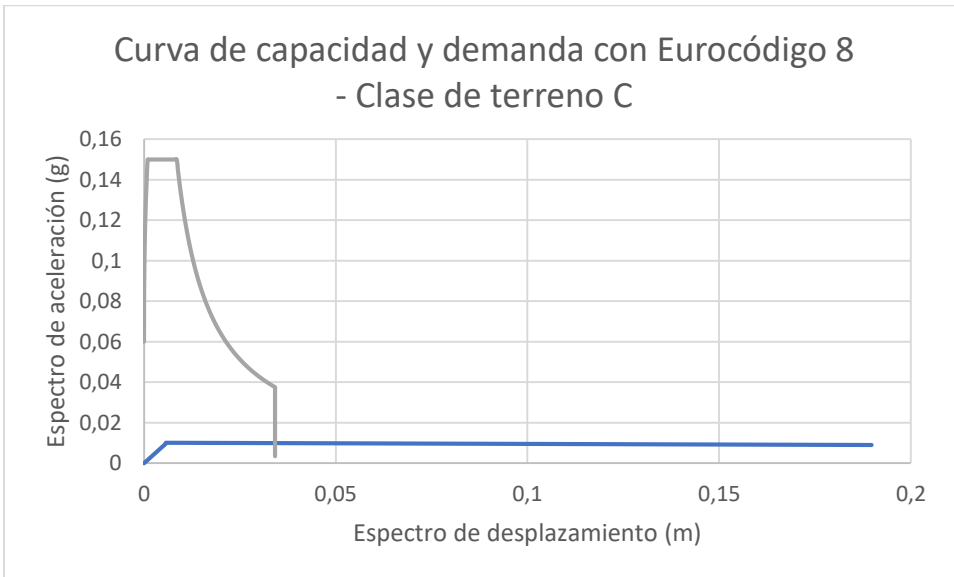
Gráfica A.1.136 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.137 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

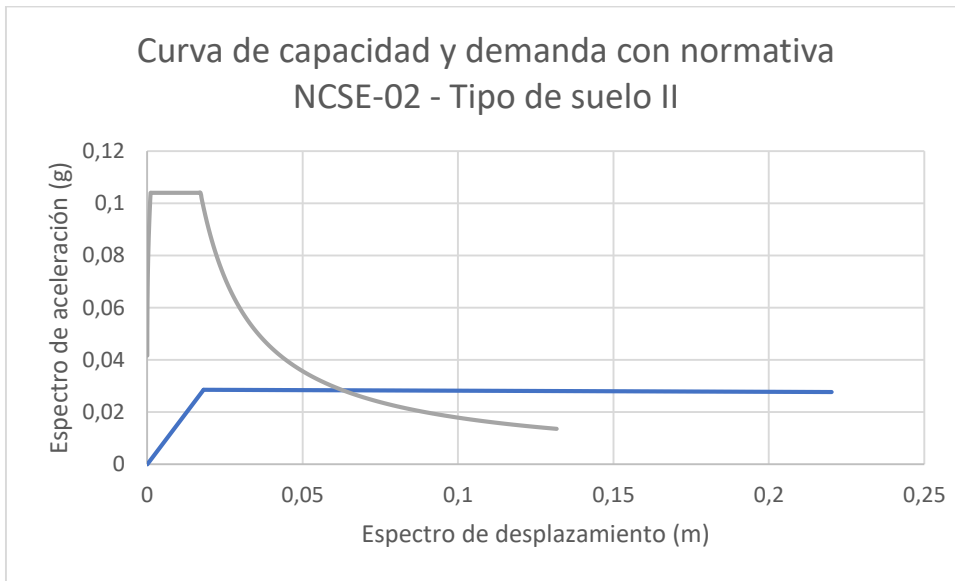


Gráfica A.1.138 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

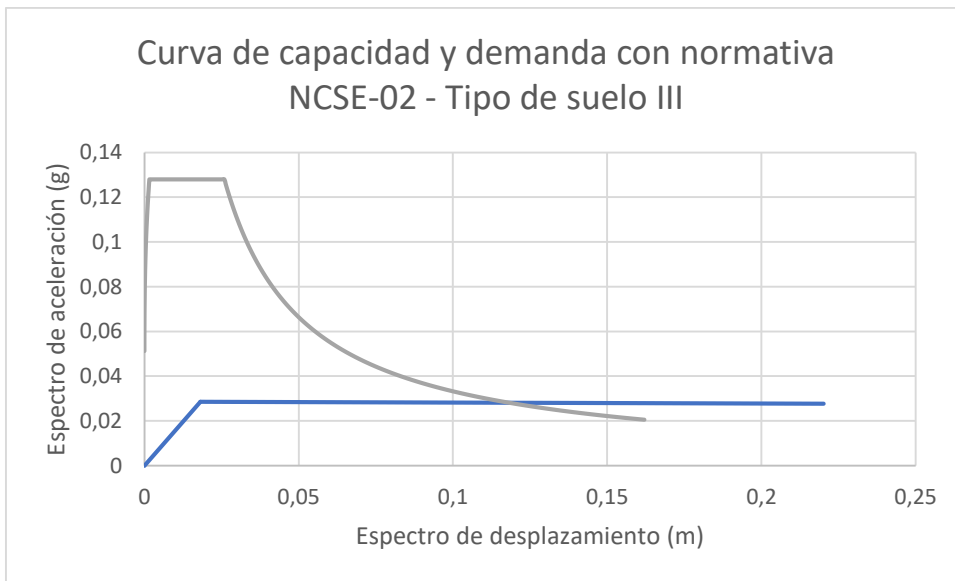


Gráfica A.1.139 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

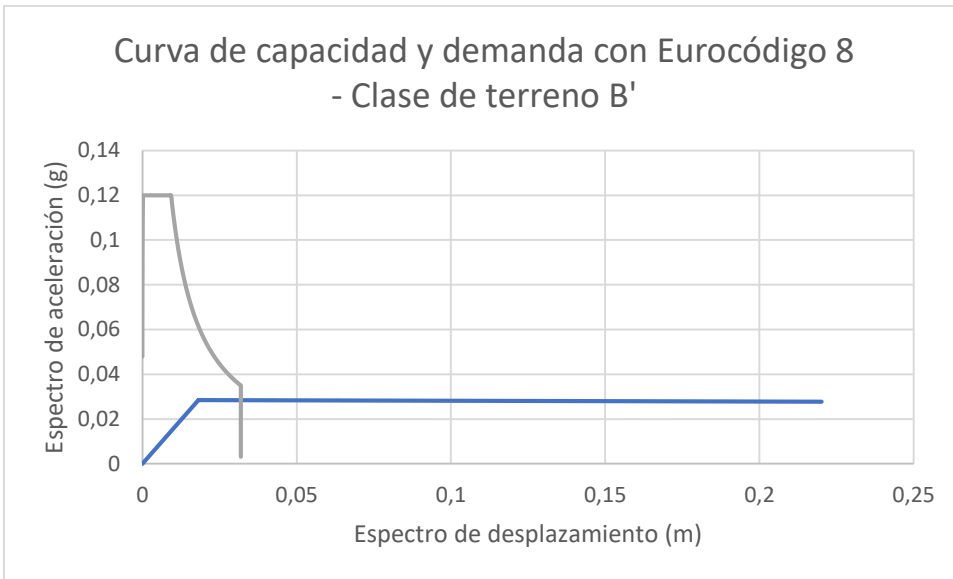
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



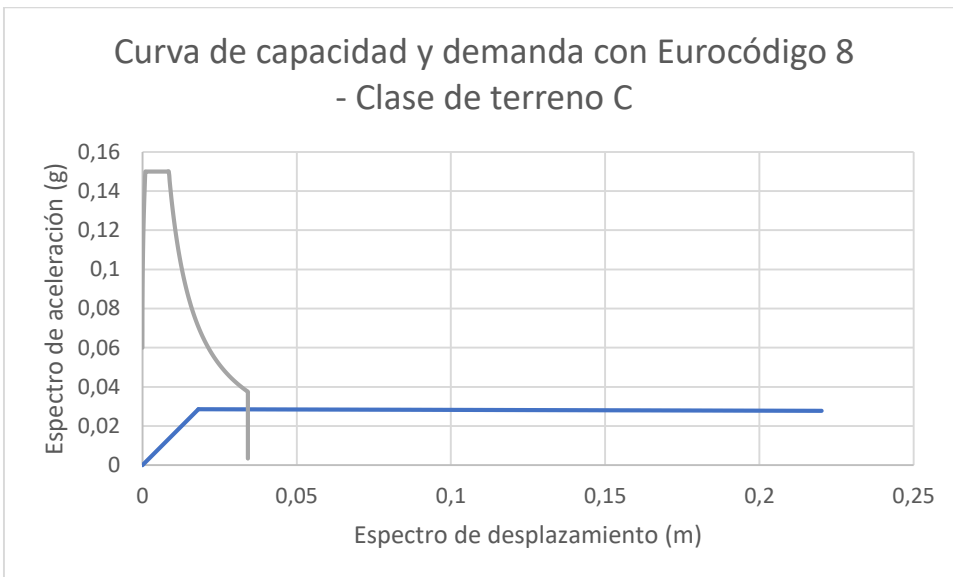
Gráfica A.1.140 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.141 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III



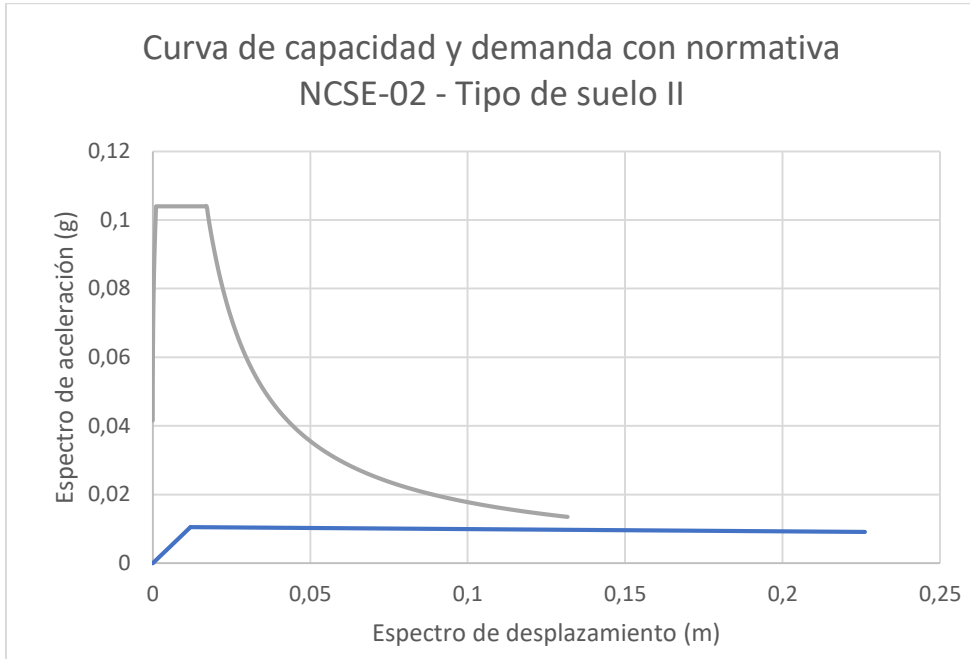
Gráfica A.1.142 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'



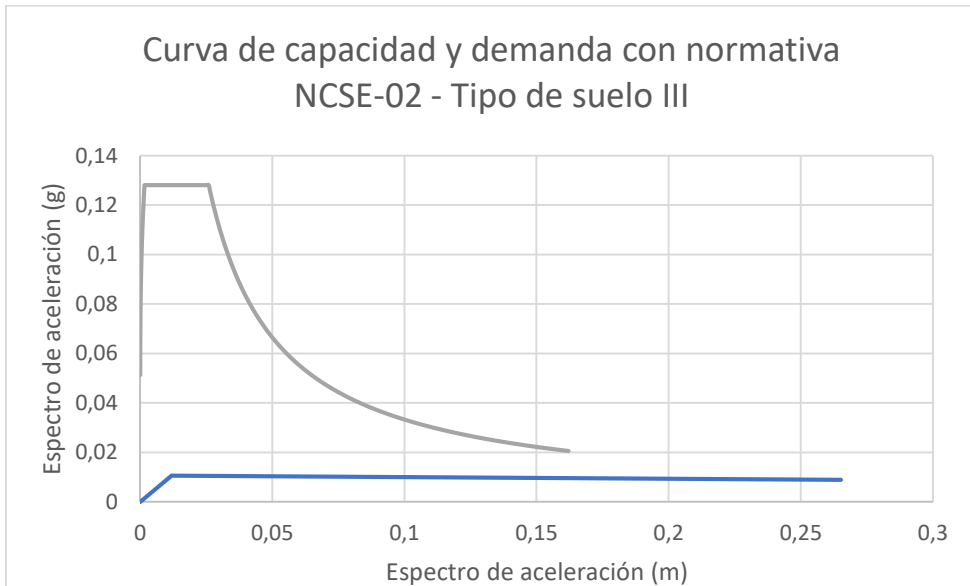
Gráfica A.1.143 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

A.1.7 Fachada de la calle Mallorca 312

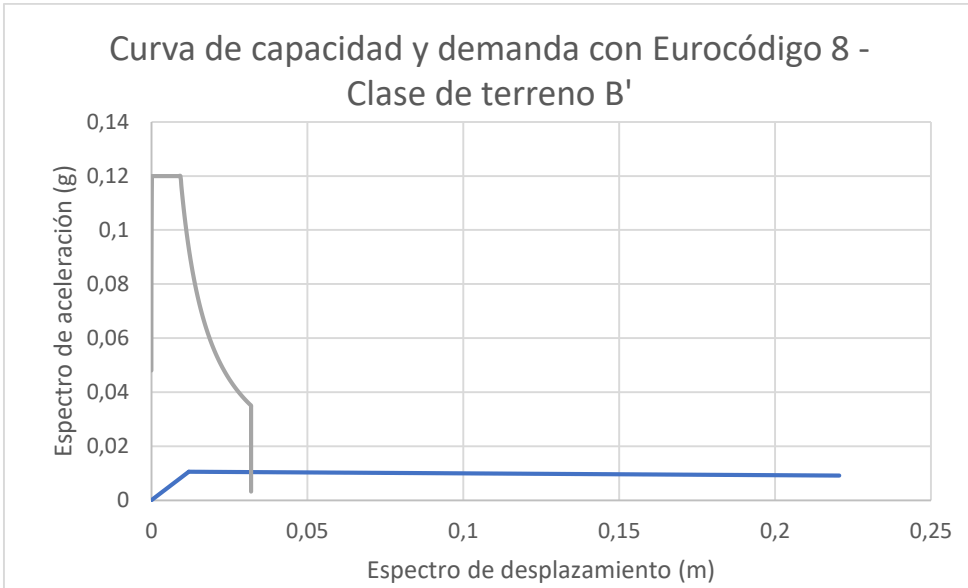
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



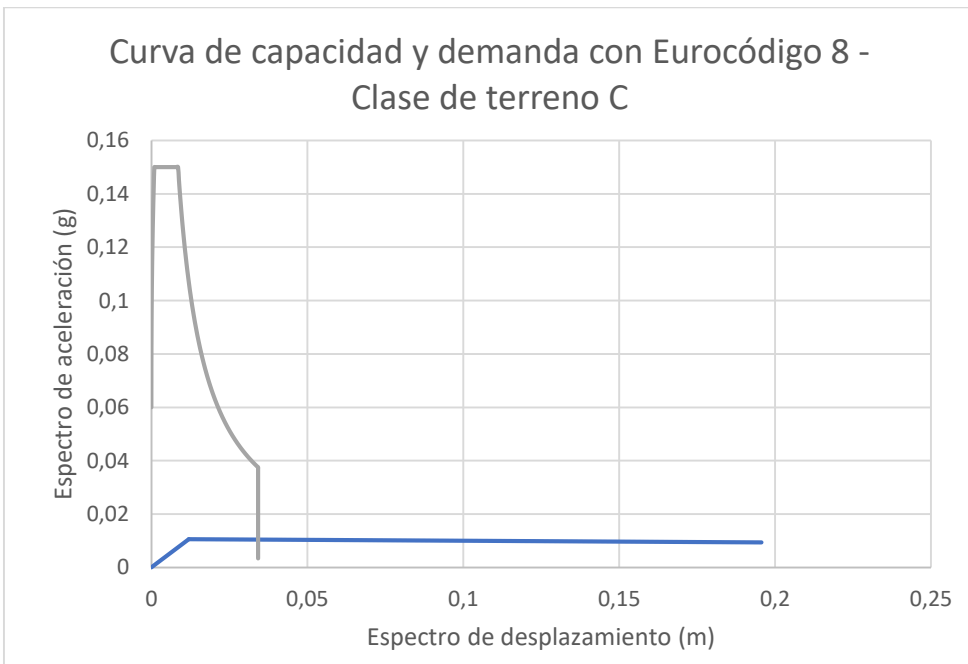
Gráfica A.1.144 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.145 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

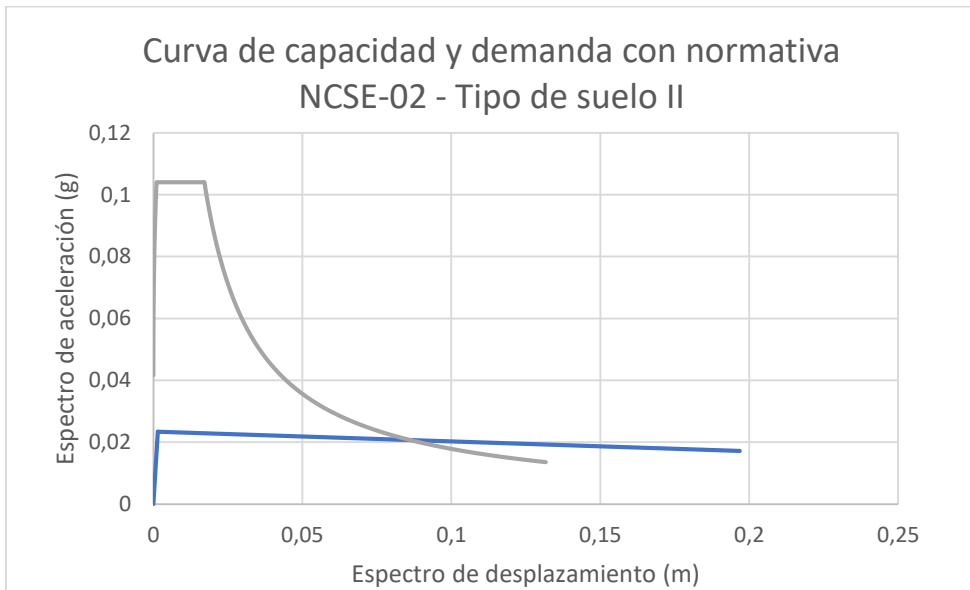


Gráfica A.1.146 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

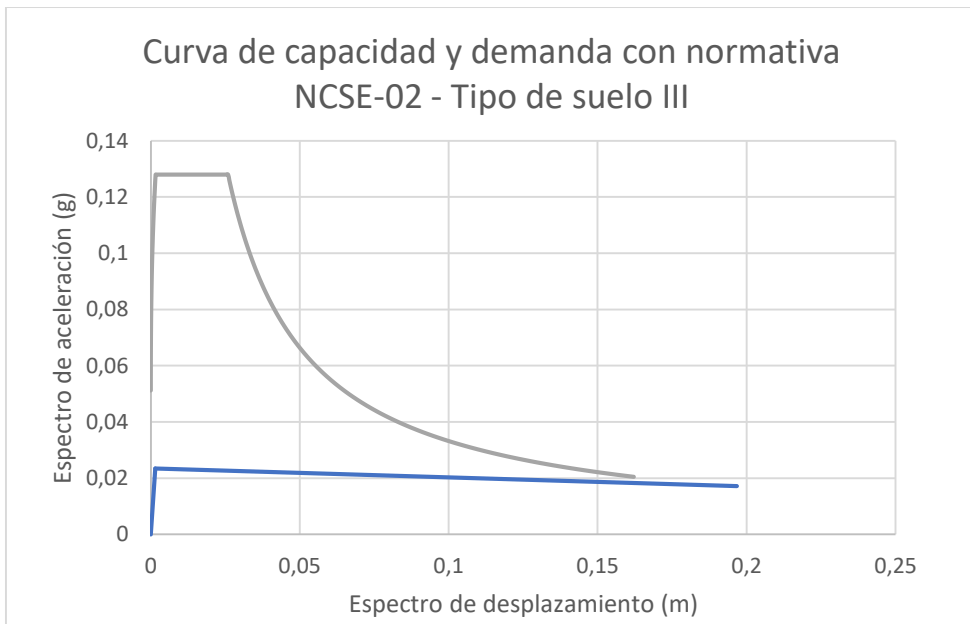


Gráfica A.1.147 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

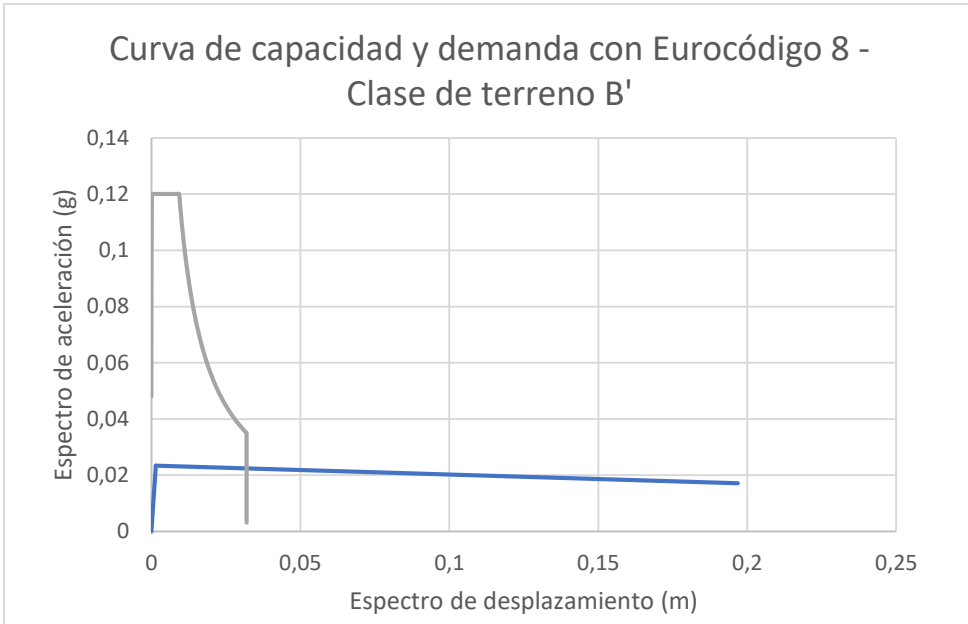
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



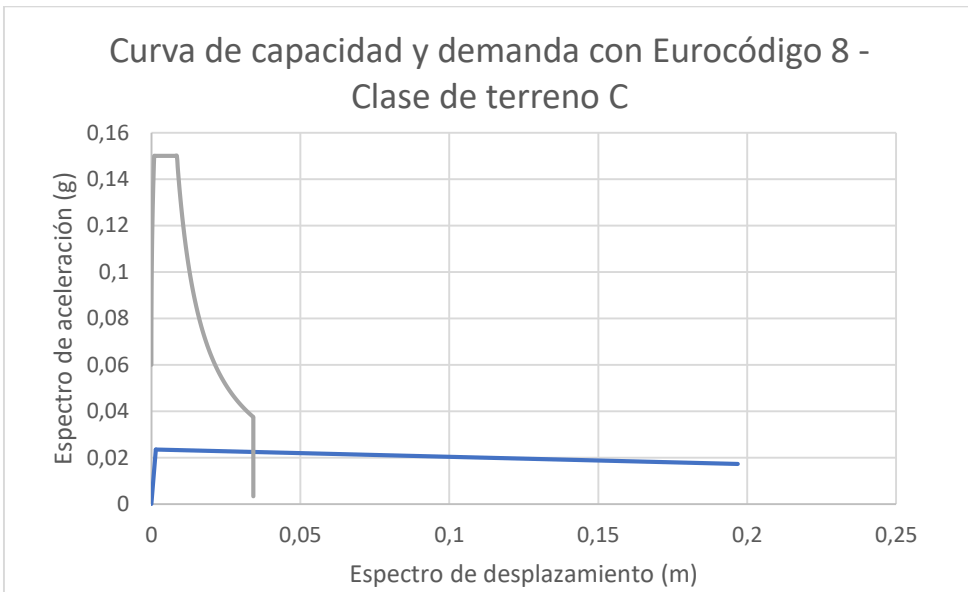
Gráfica A.1.148 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.149 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

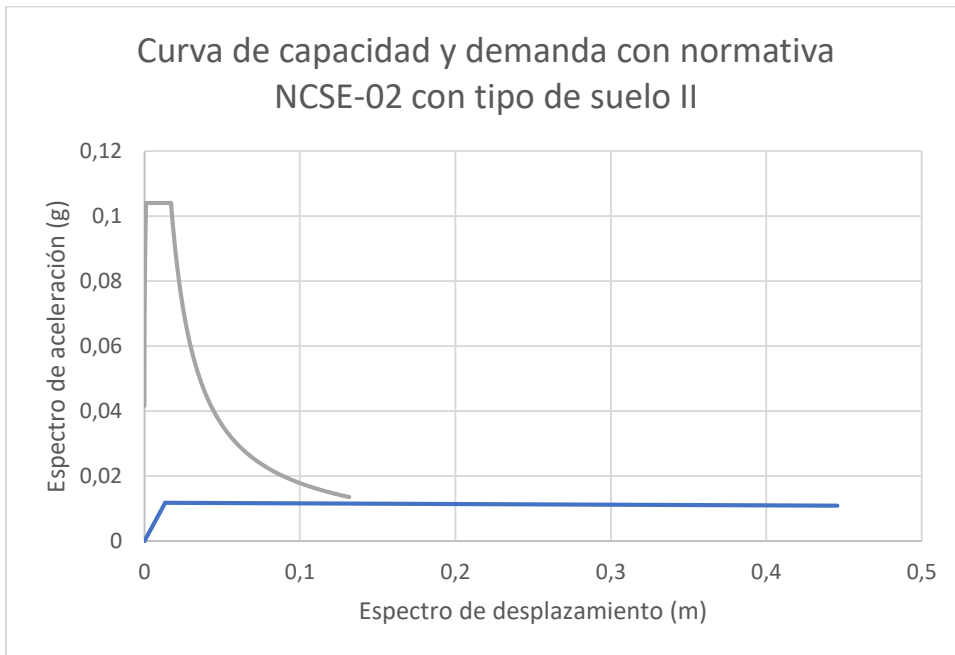


Gráfica A.1.150 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

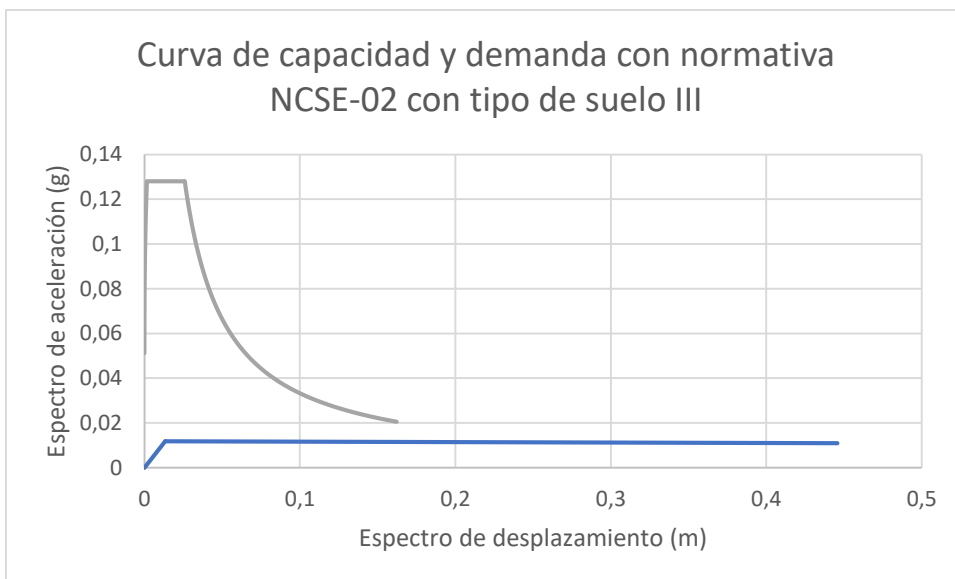


Gráfica A.1.151 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

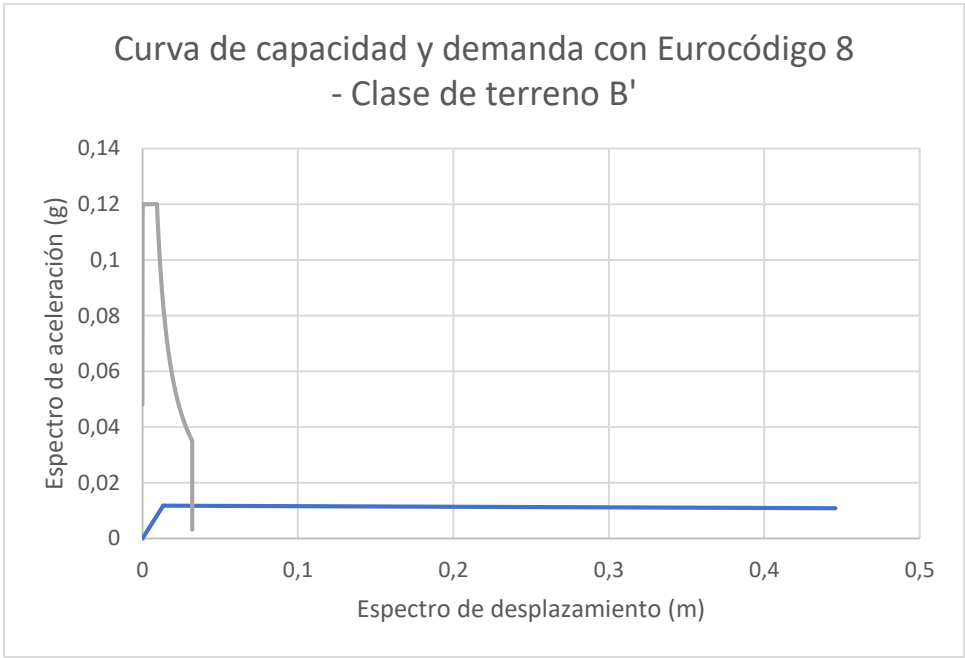
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



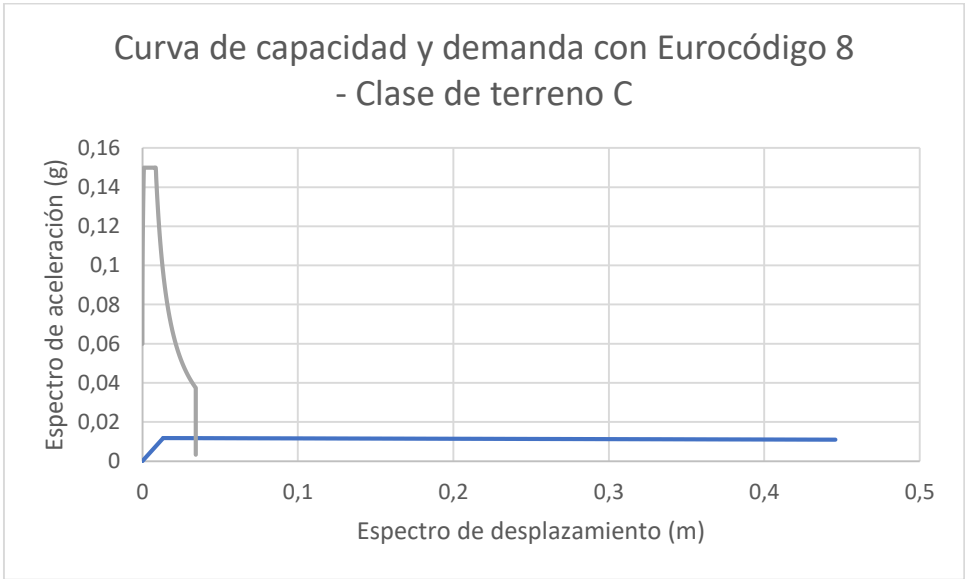
Gráfica A.1.152 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.153 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

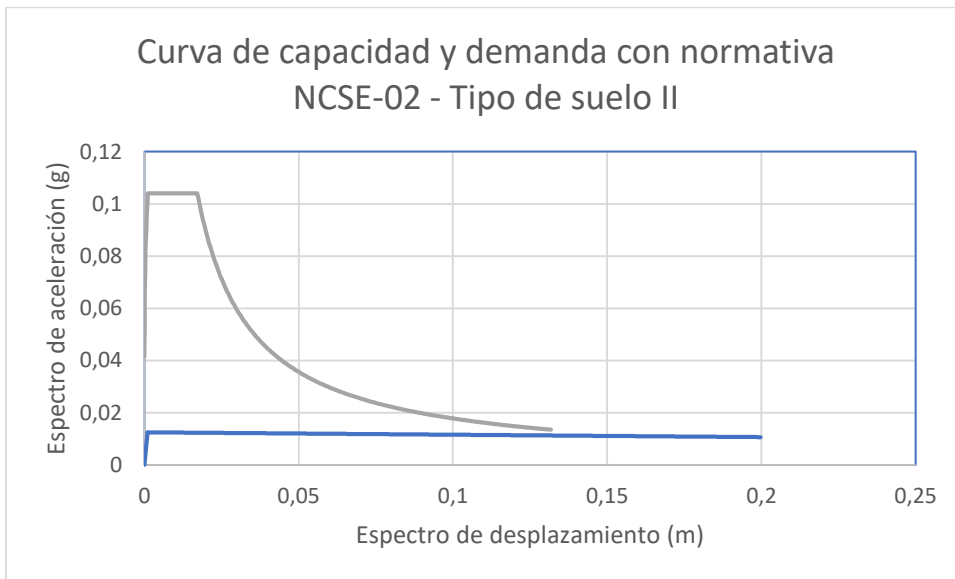


Gráfica A.1.154 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

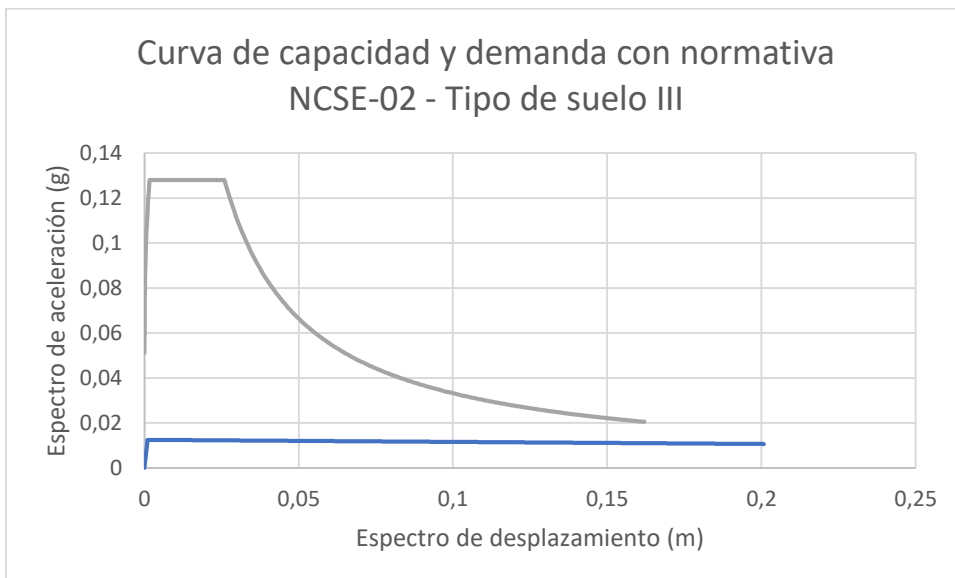


Gráfica A.1.155 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

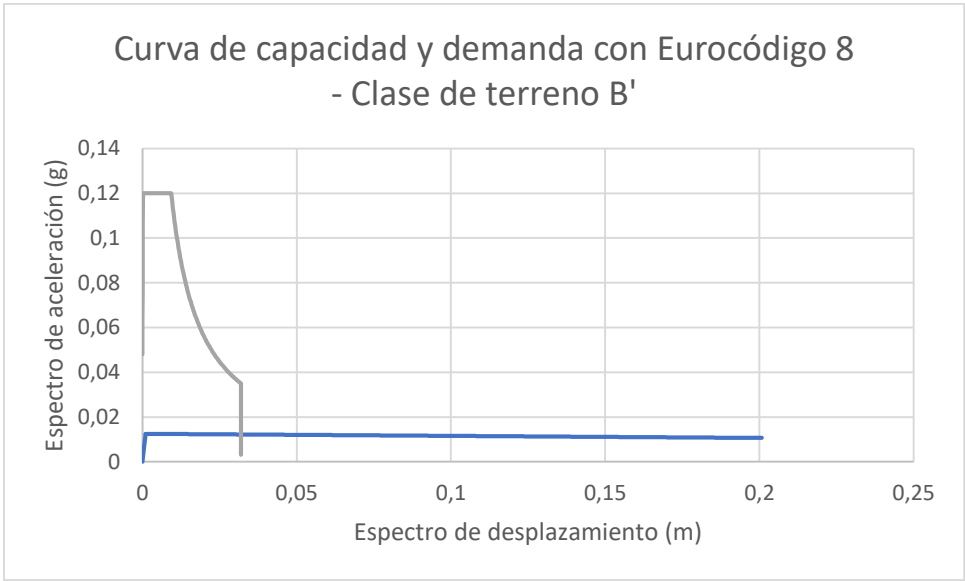
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



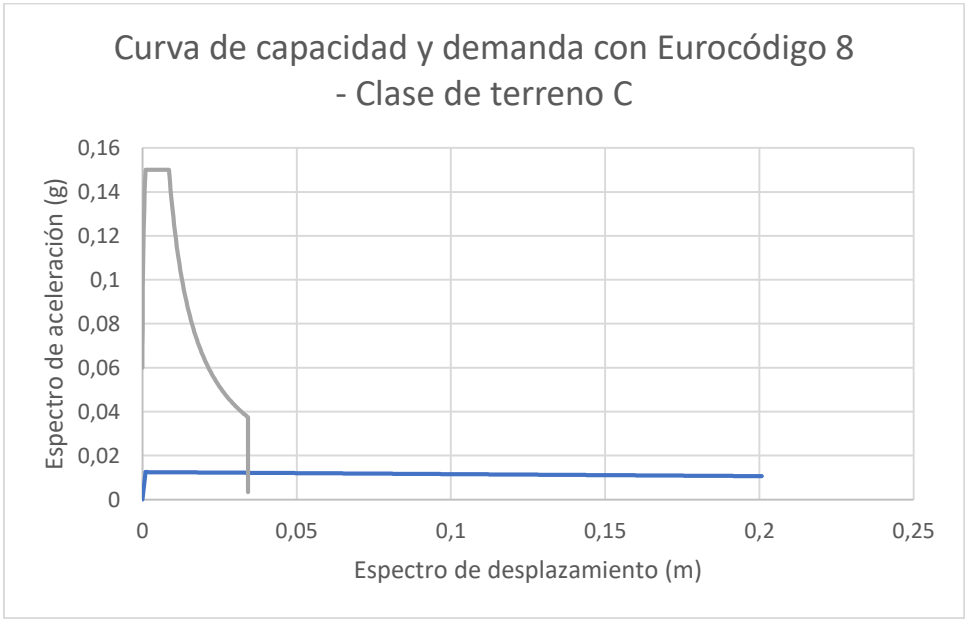
Gráfica A.1.156 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.157 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

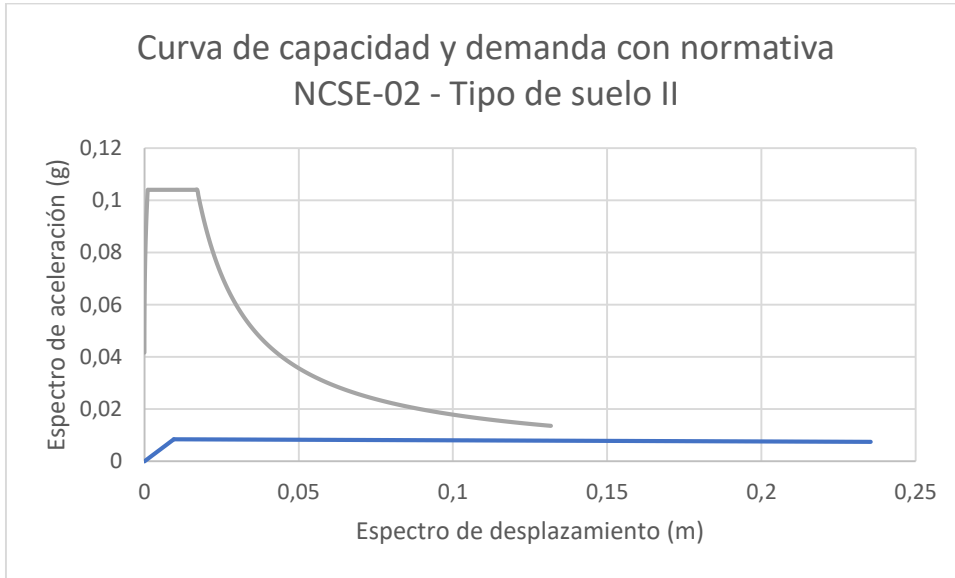


Gráfica A.1.158 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

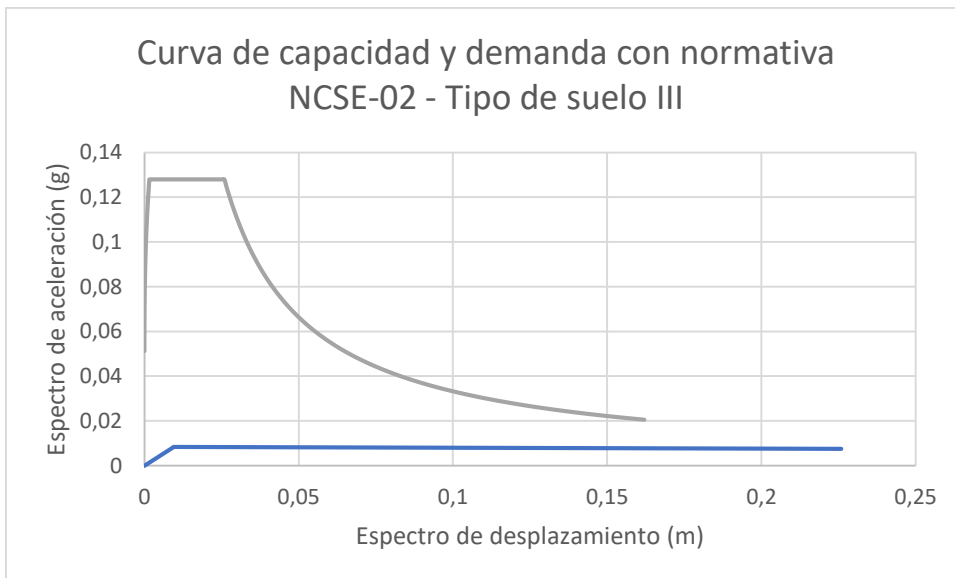


Gráfica A.1.159 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

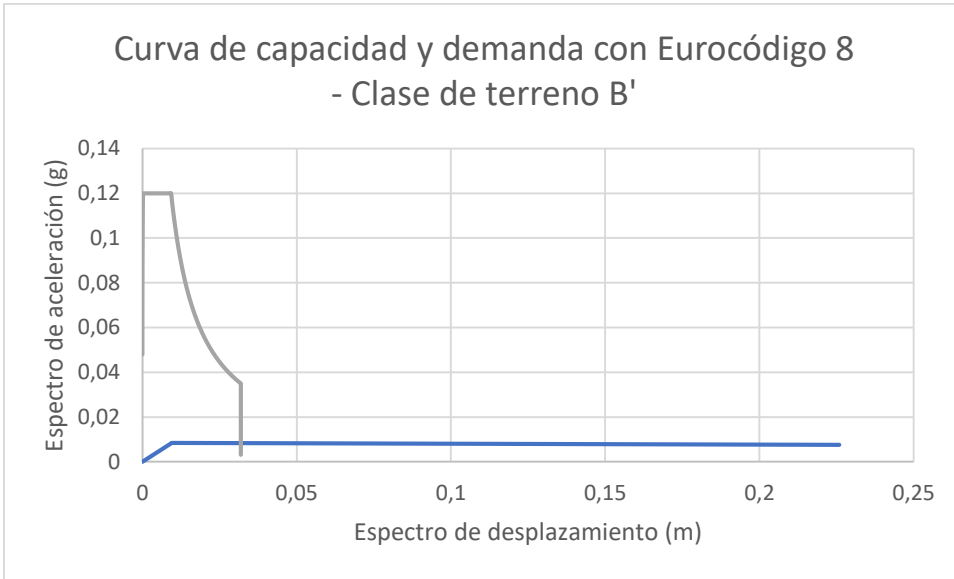
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



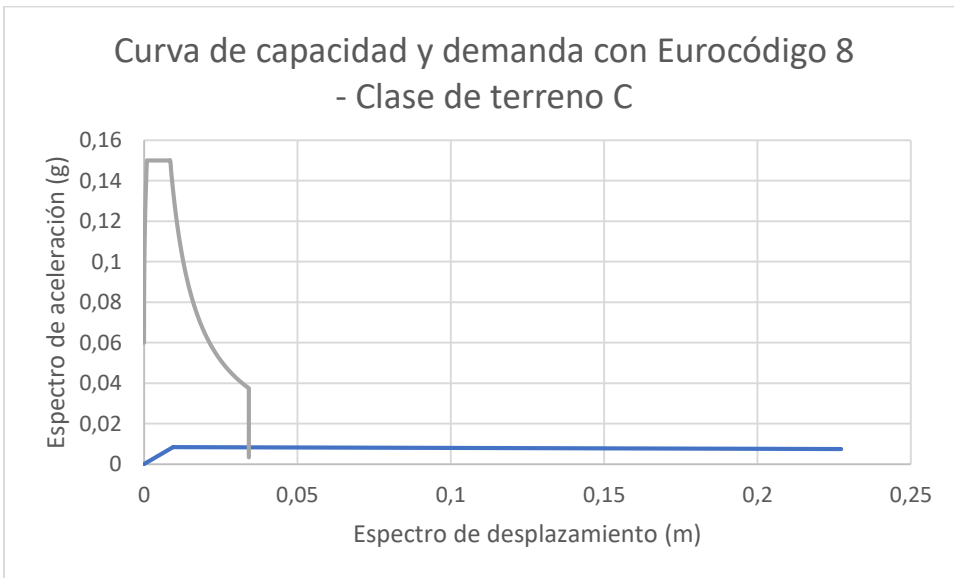
Gráfica A.1.160 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.161 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

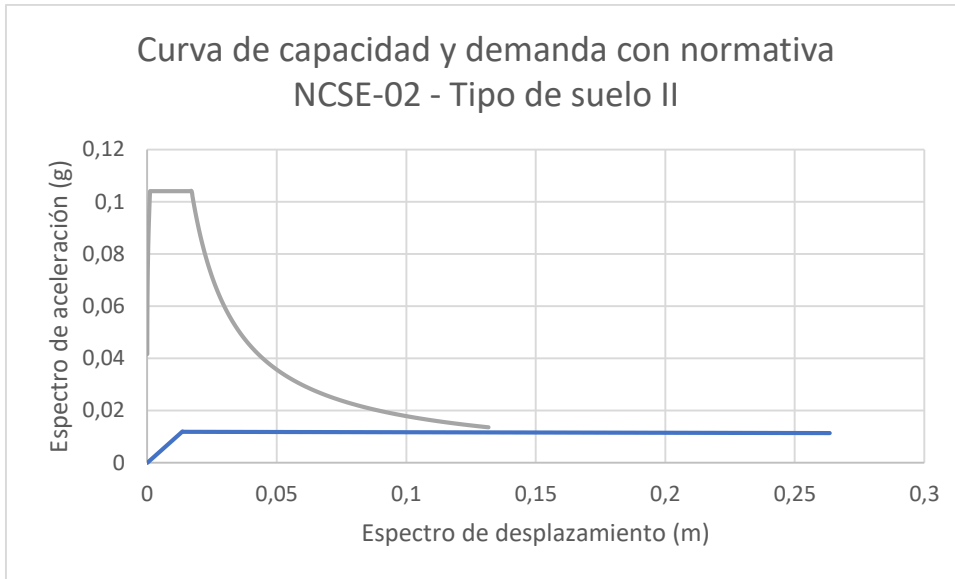


Gráfica A.1.162 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

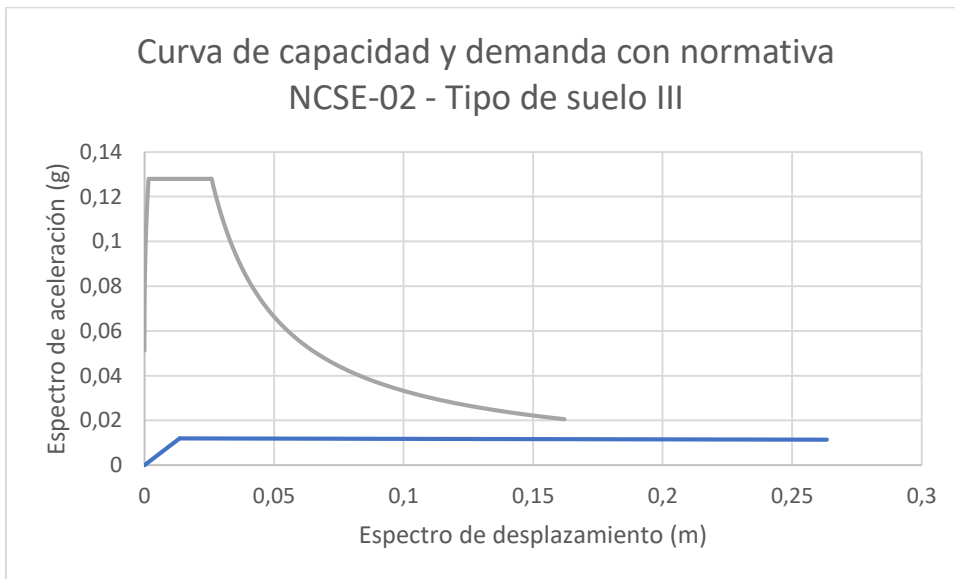


Gráfica A.1.163 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

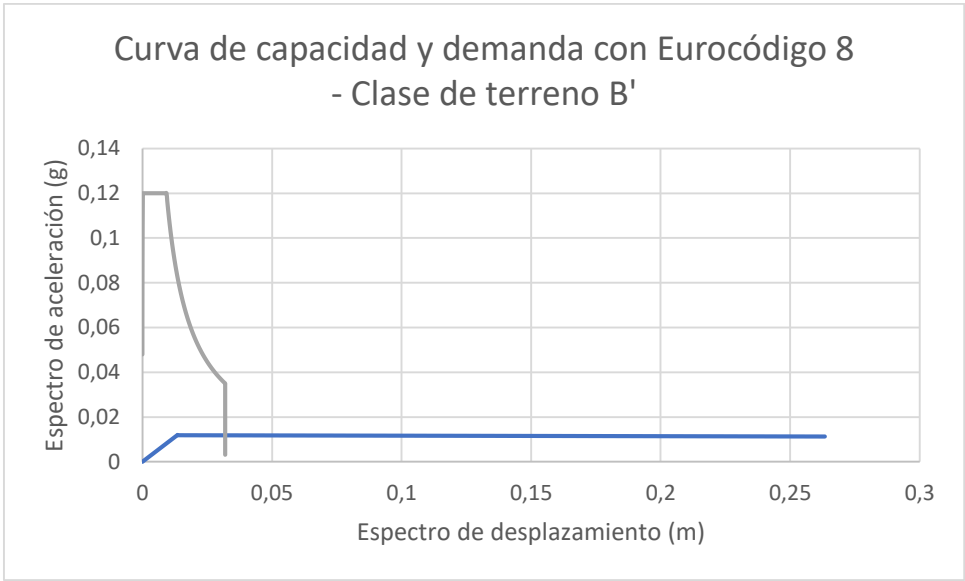
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



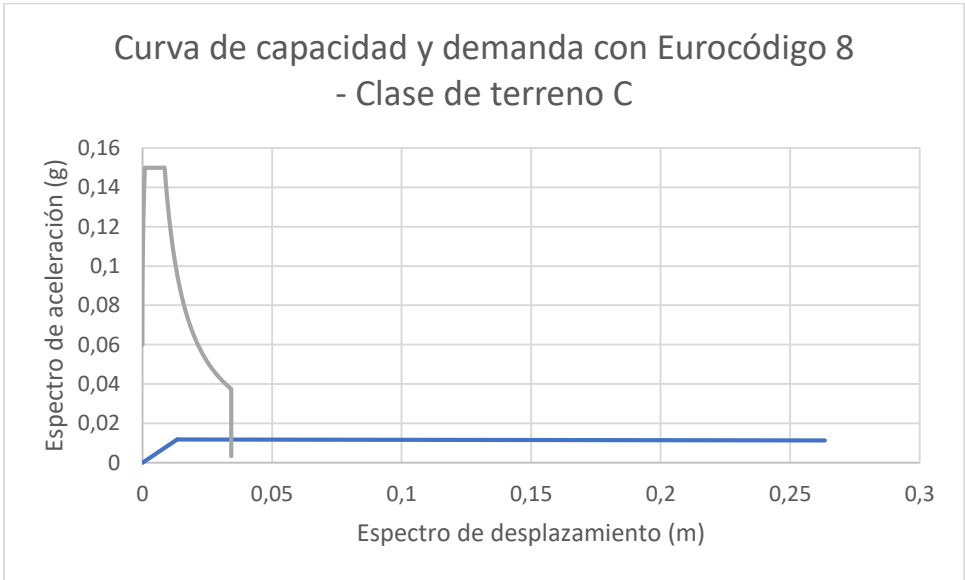
Gráfica A.1.164 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.165 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III



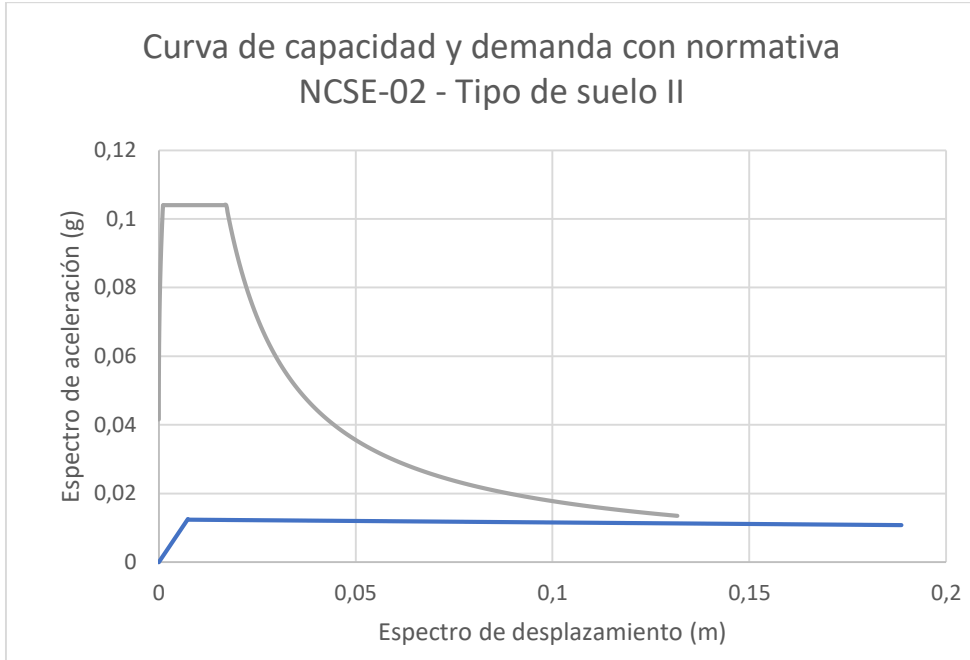
Gráfica A.1.166 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'



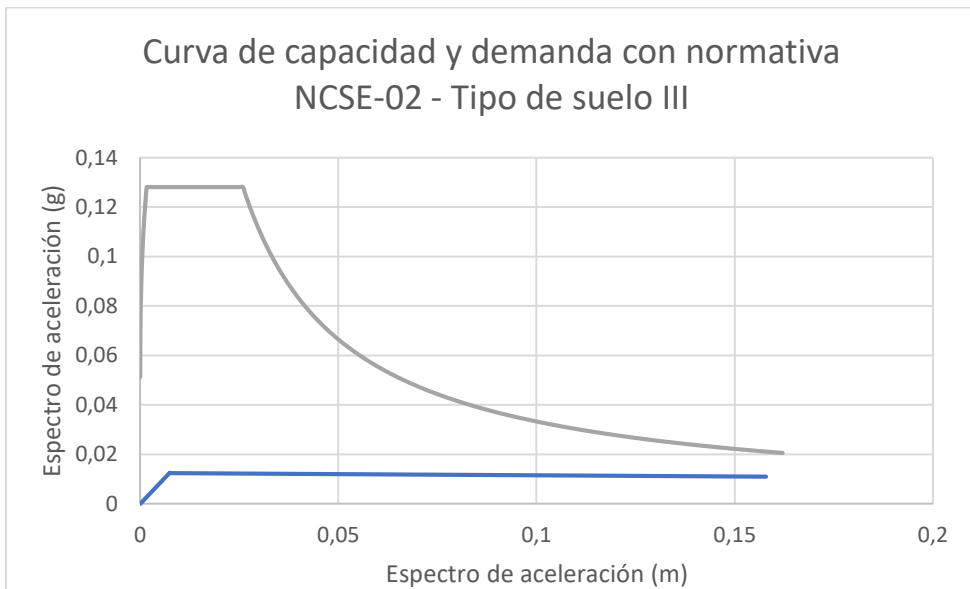
Gráfica A.1.167 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

A.1.8 Fachada de la calle Pau Clarís 96

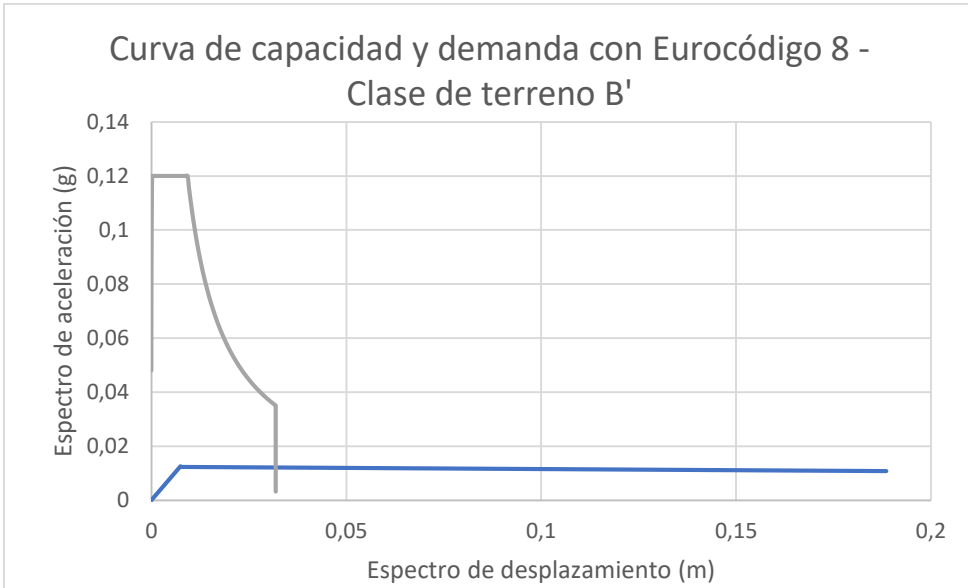
Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



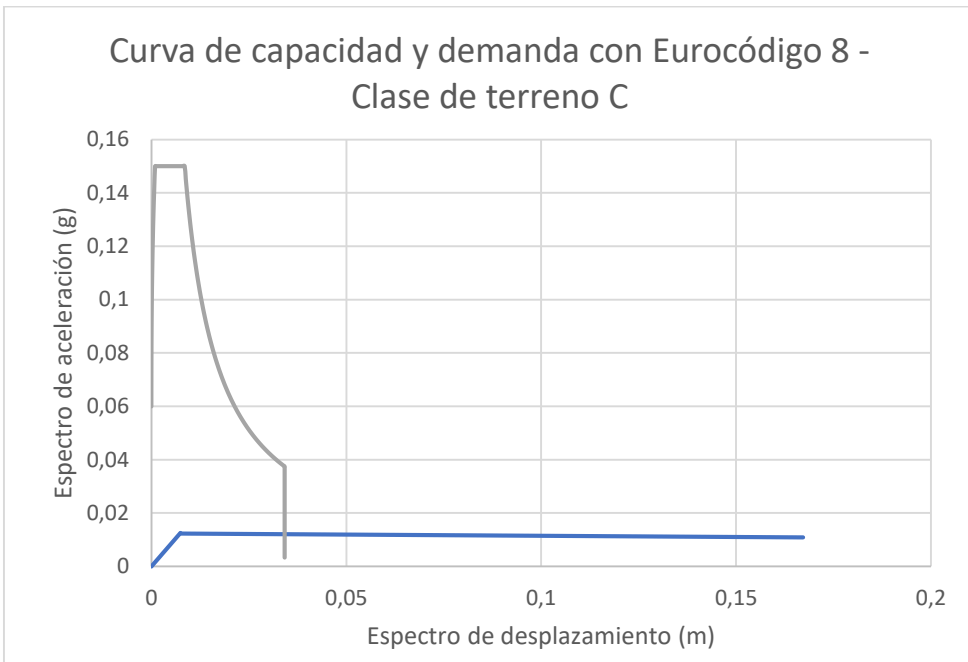
Gráfica A.1.168 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.169 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

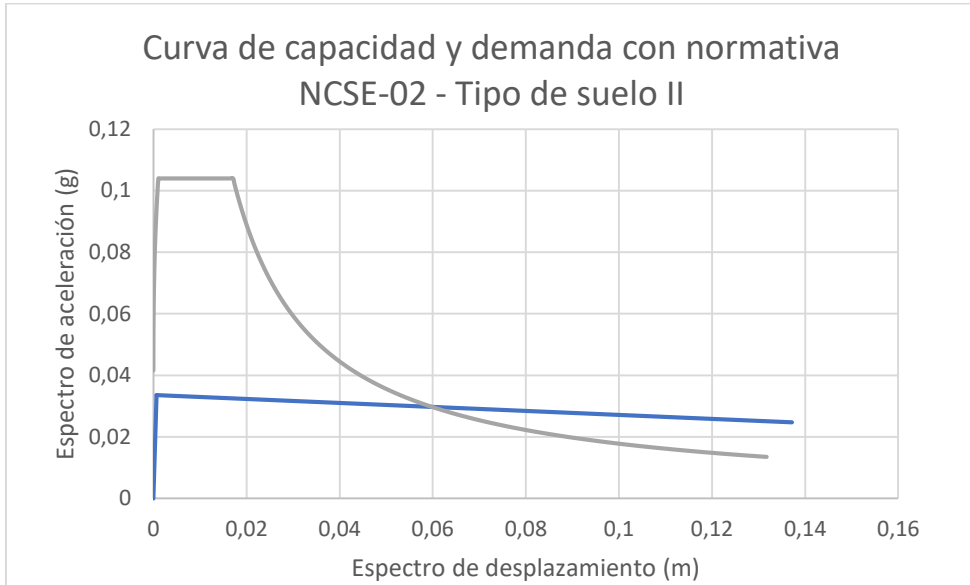


Gráfica A.1.170 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

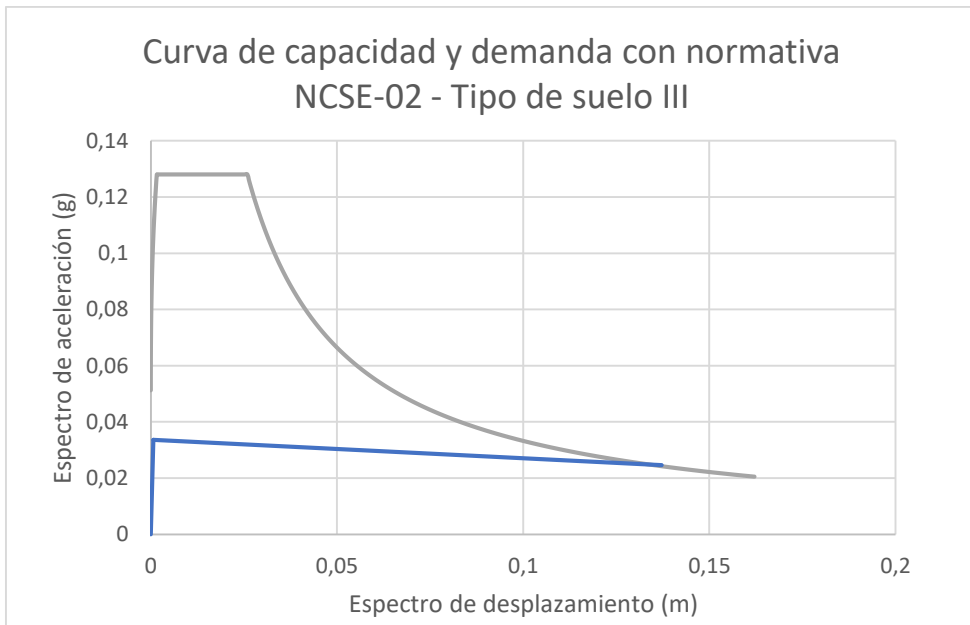


Gráfica A.1.171 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

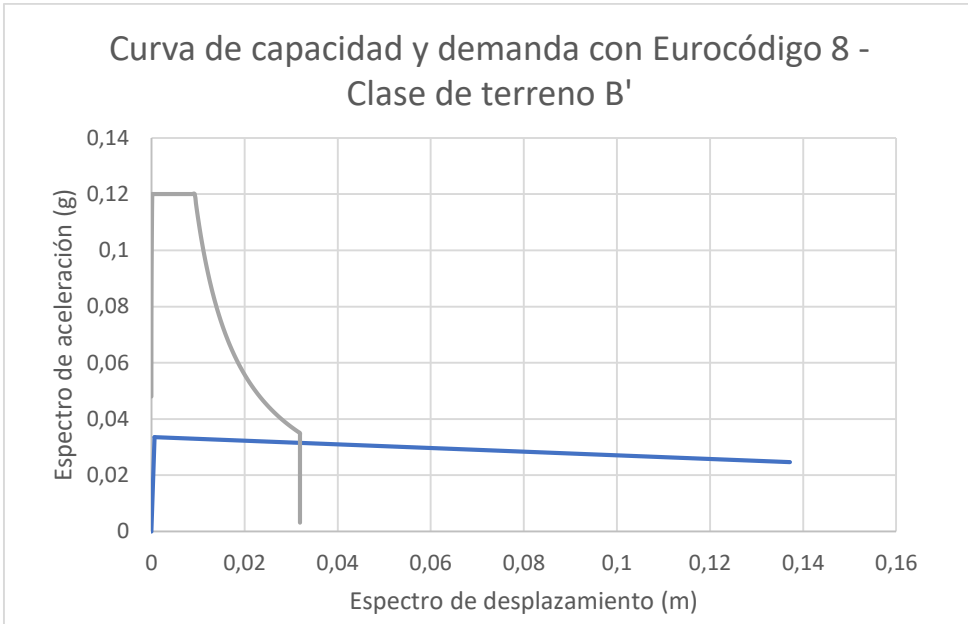
Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)



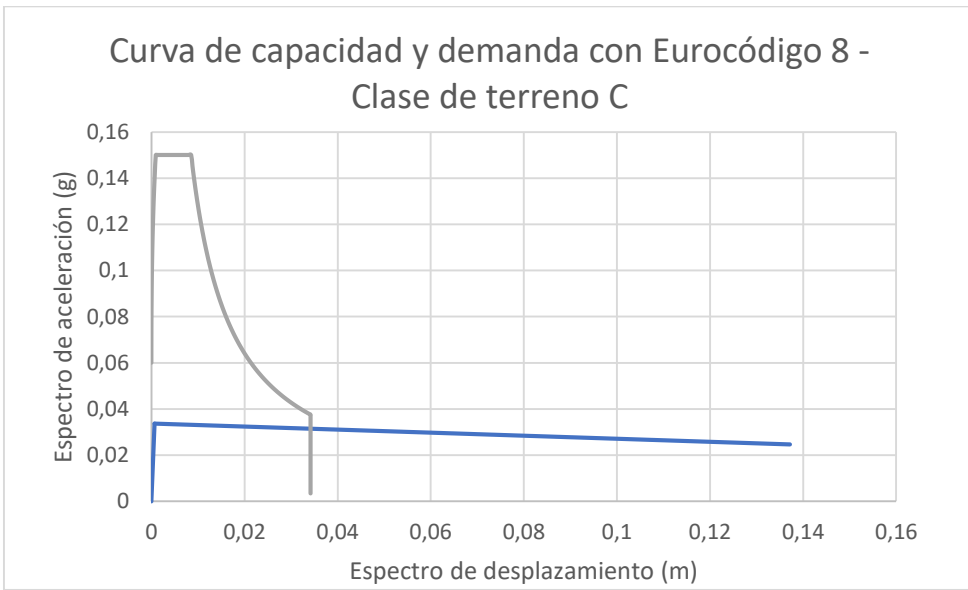
Gráfica A.1.172 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.173 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

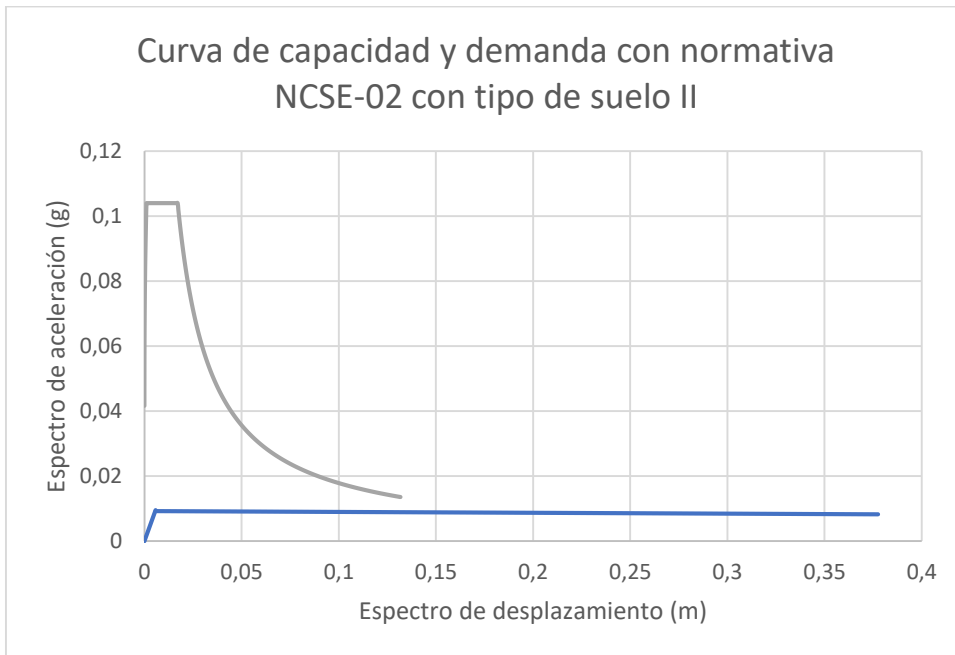


Gráfica A.1.174 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

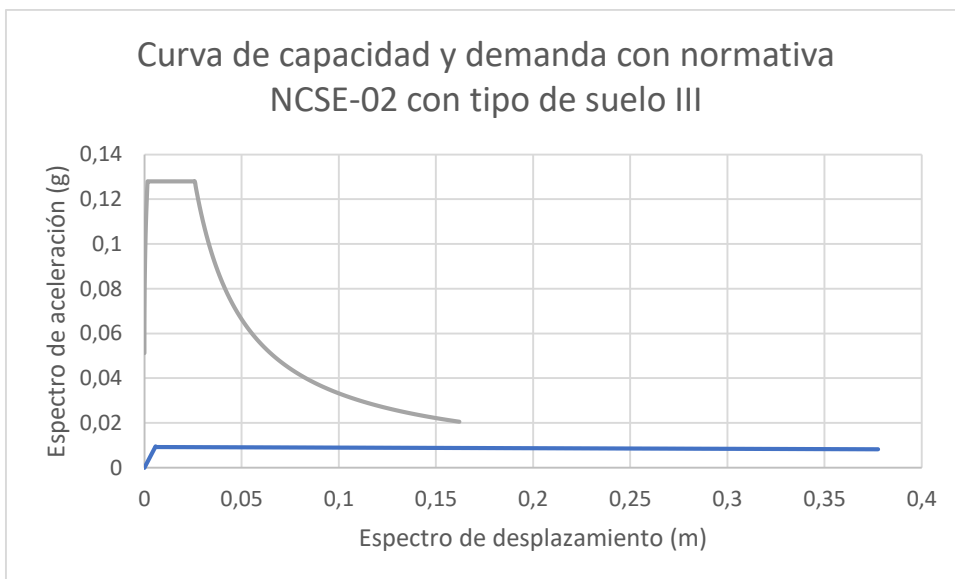


Gráfica A.1.175 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

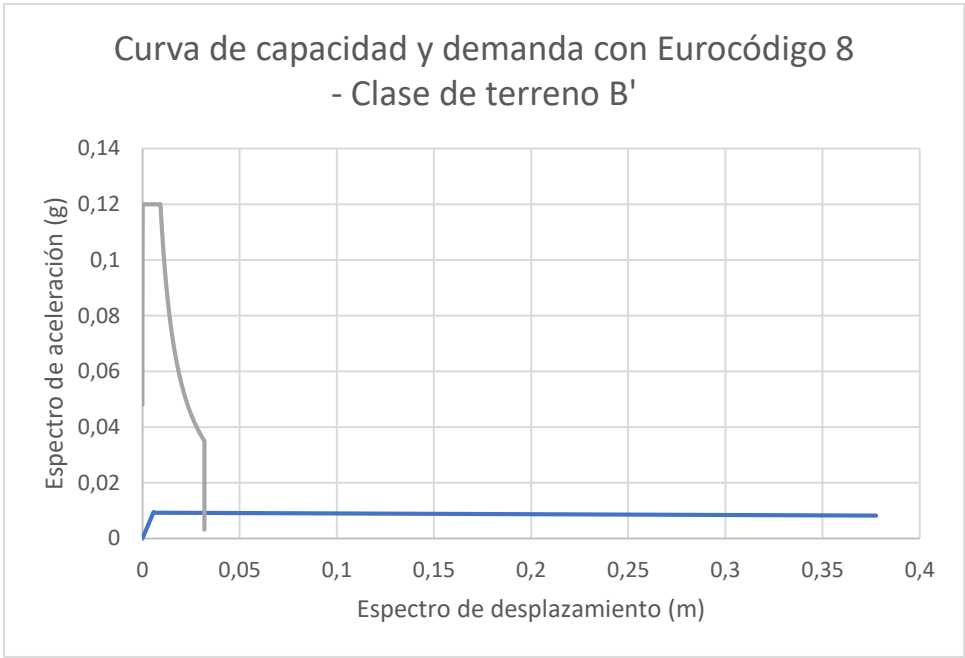
Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



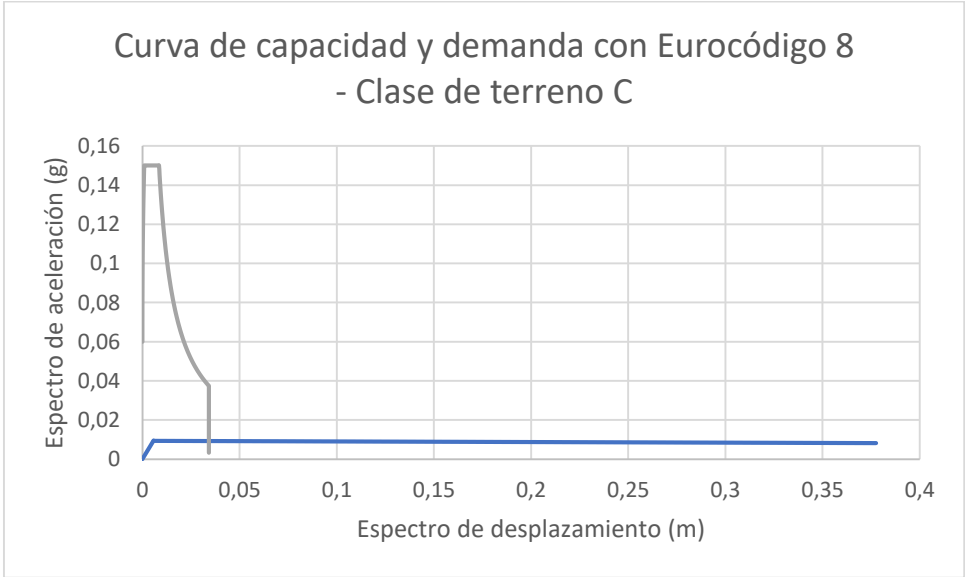
Gráfica A.1.176 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.177 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

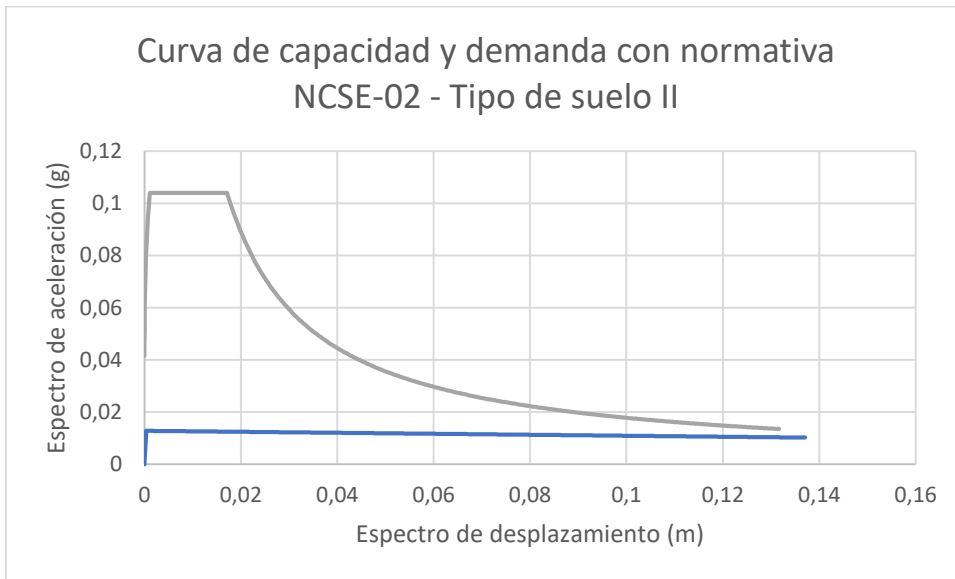


Gráfica A.1.178 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

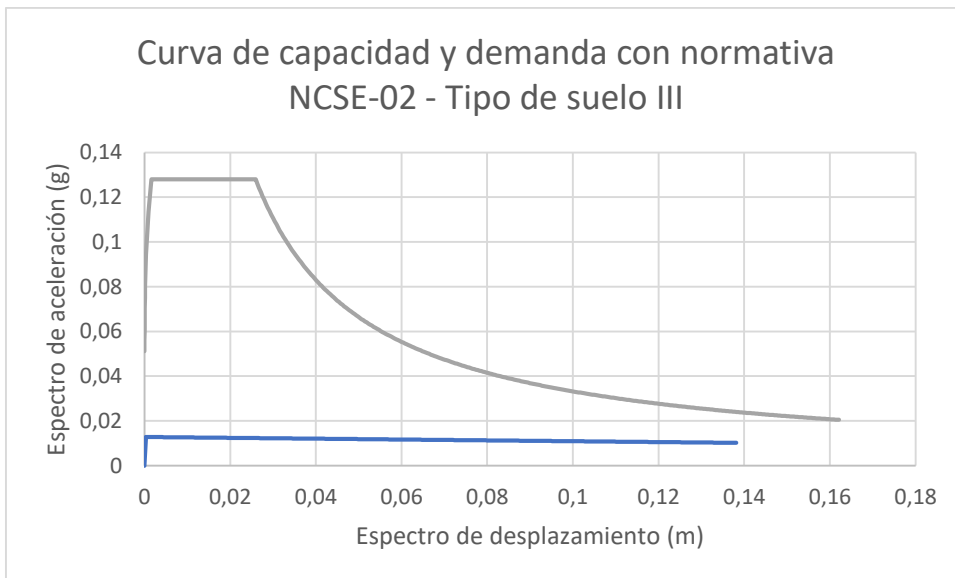


Gráfica A.1.179 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

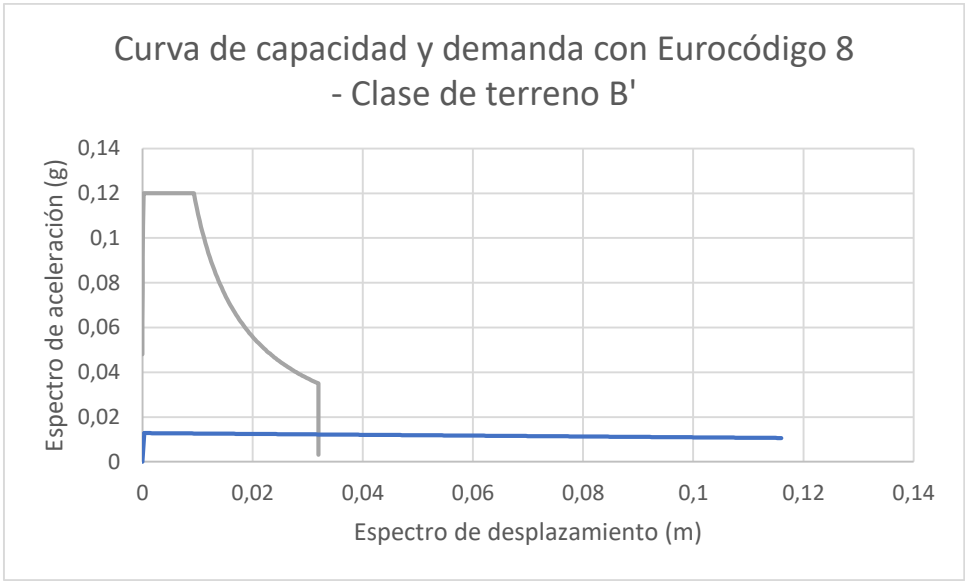
Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales



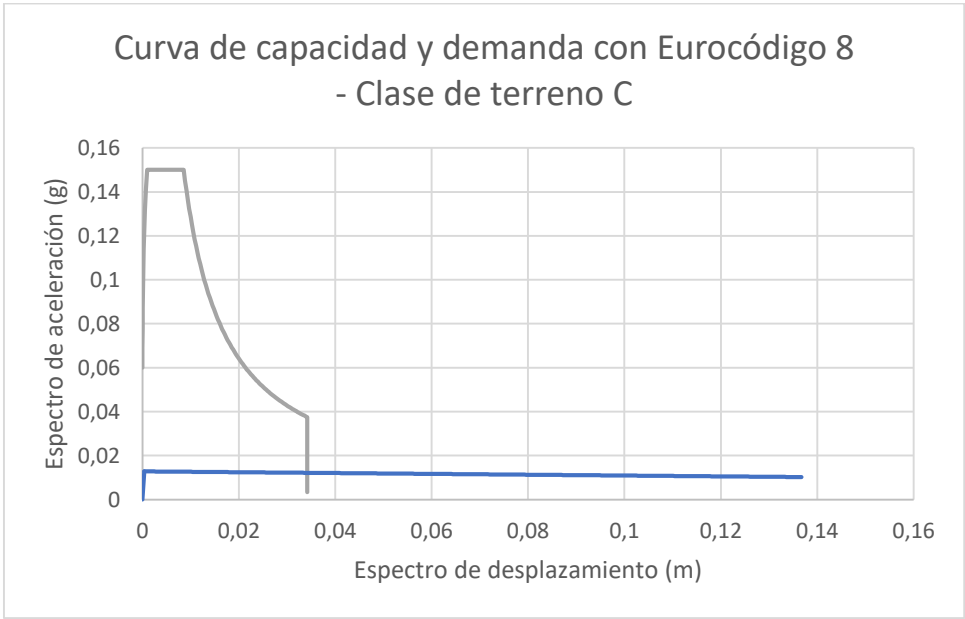
Gráfica A.1.180 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.181 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

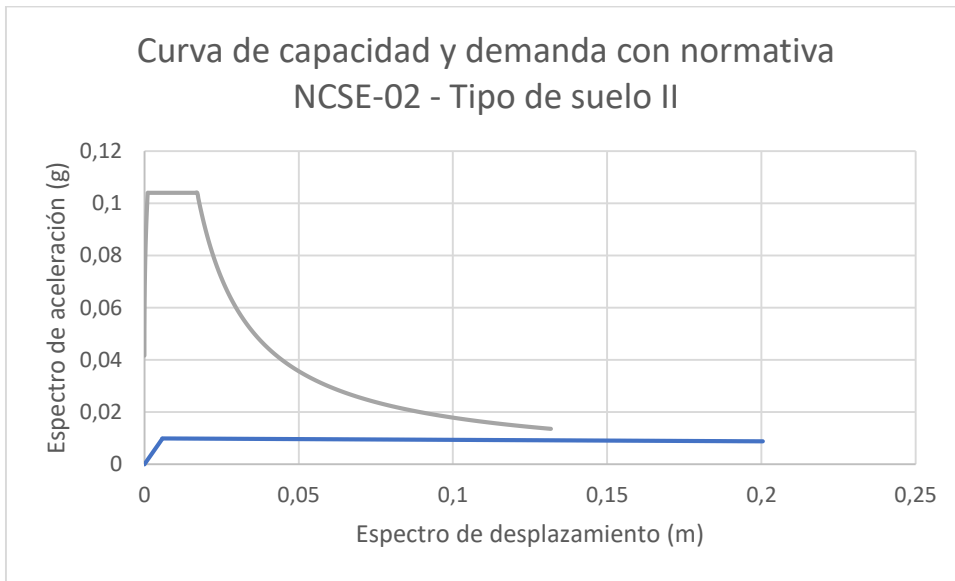


Gráfica A.1.182 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

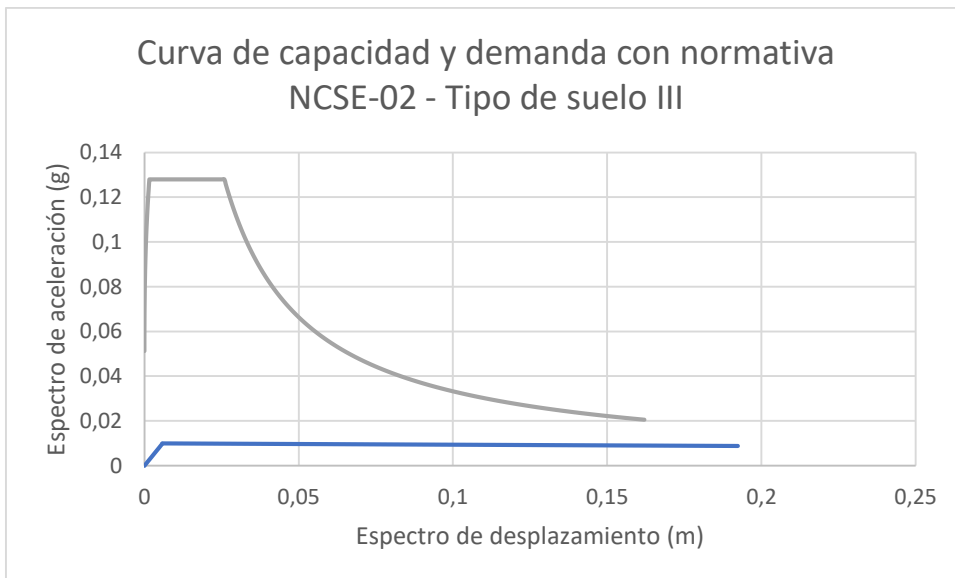


Gráfica A.1.183 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

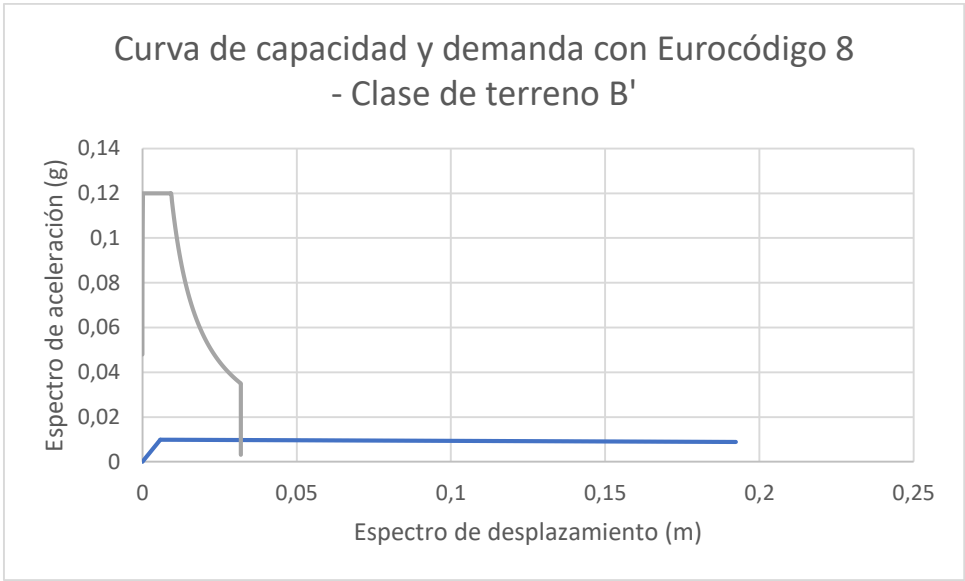
Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



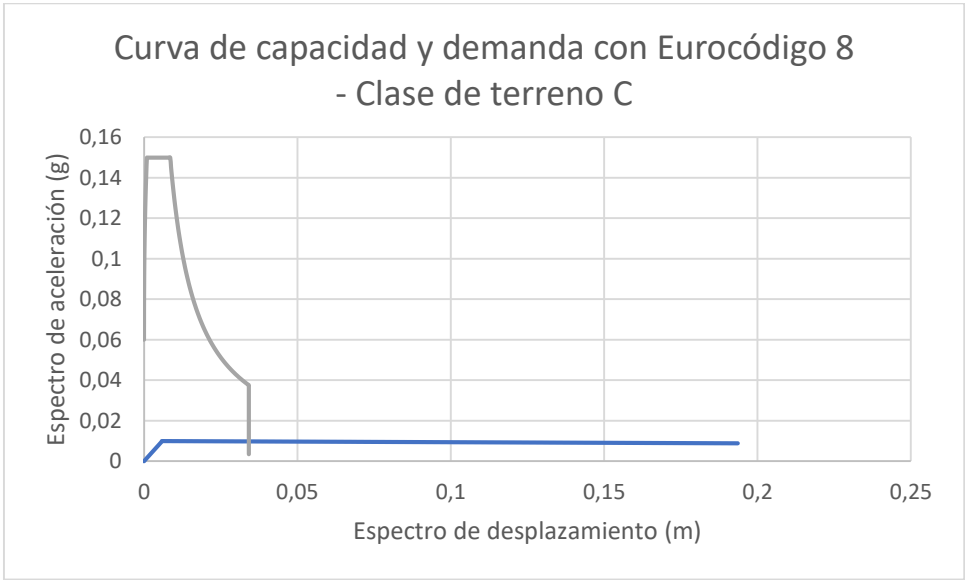
Gráfica A.1.184 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.185 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III

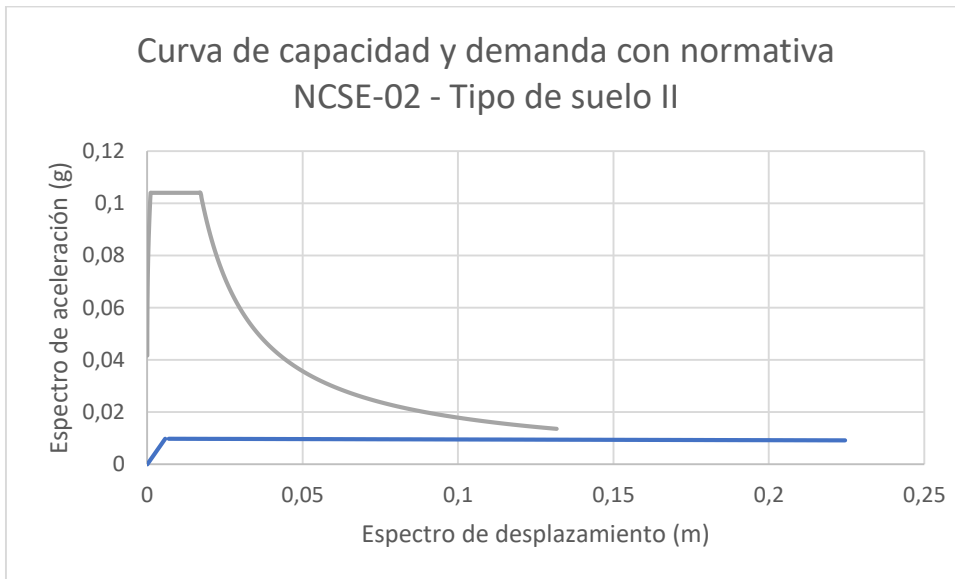


Gráfica A.1.186 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

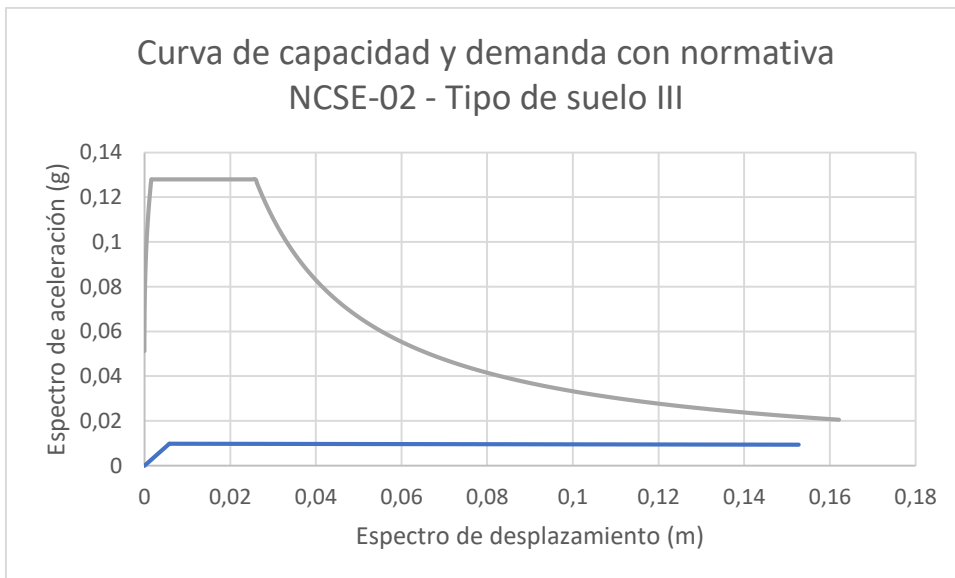


Gráfica A.1.187 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

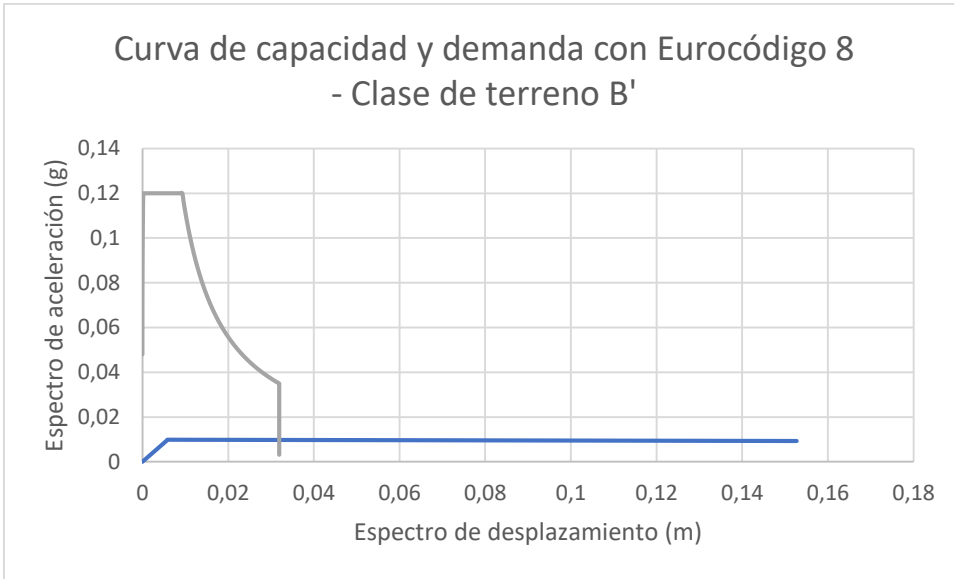
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



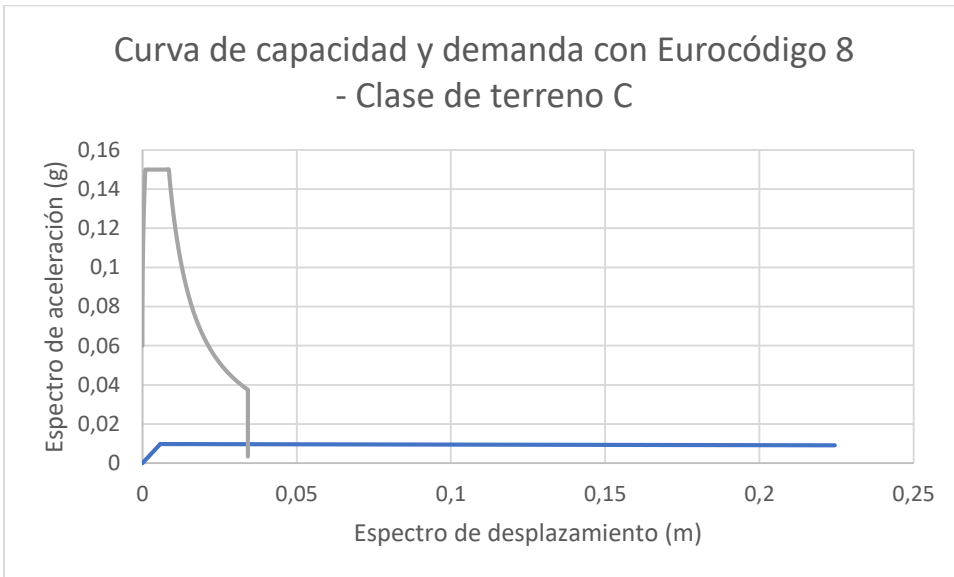
Gráfica A.1.188 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo II



Gráfica A.1.189 Curva de capacidad y demanda - Normativa NCSE02 con tipo de suelo III



Gráfica A.1.190 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno B'

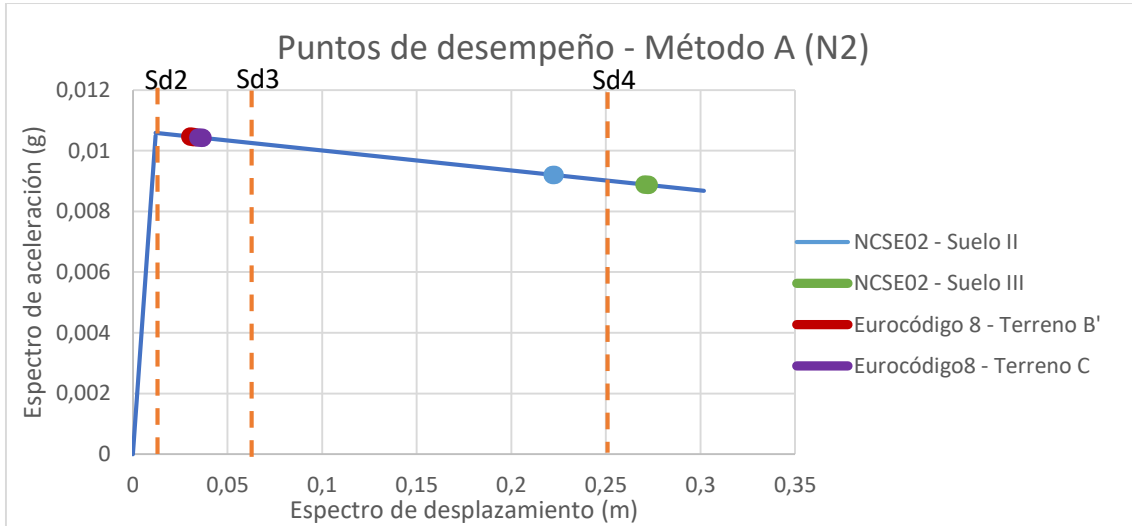


Gráfica A.1.191 Curva de capacidad y demanda – Eurocódigo-8 con clase de terreno C

A.2 Gráficas de los puntos de desempeño y de los grados de daño en las curvas de capacidad

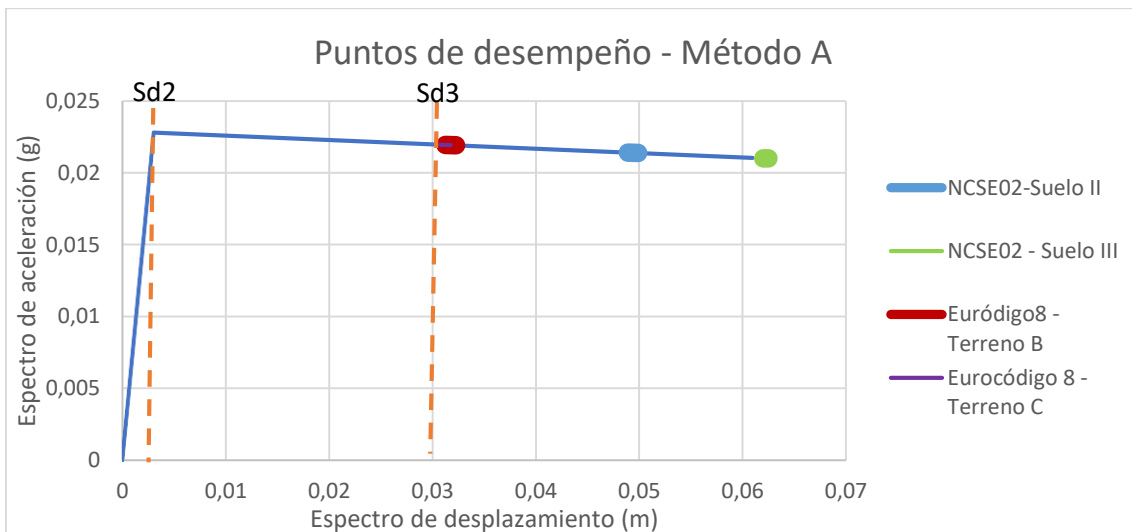
A.2.1 Fachada de la calle Aragón 277

Mecanismo 1: Vuelco total de fachada principal



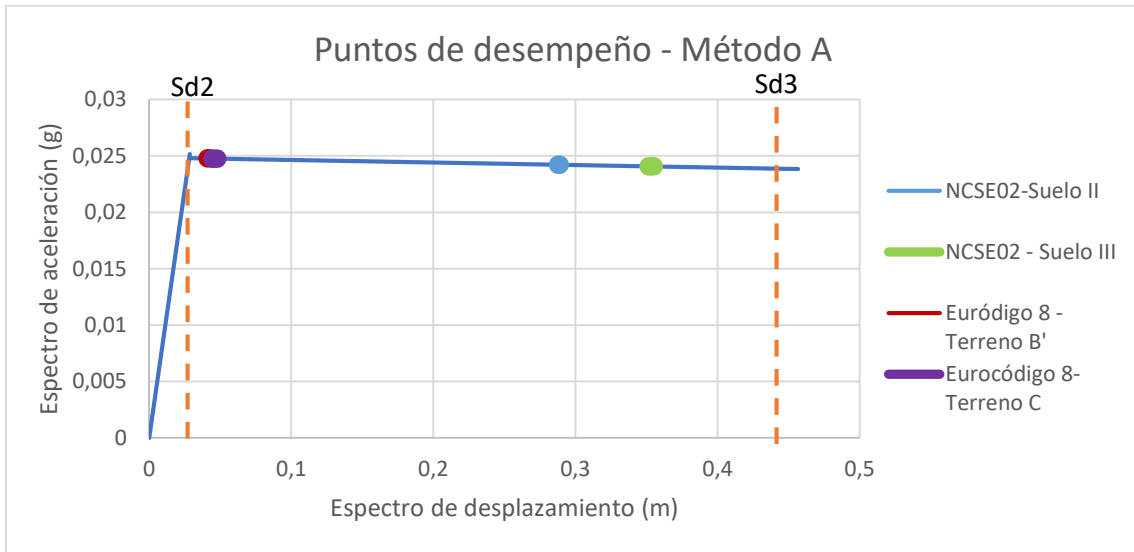
Gráfica A.2.1 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle de Aragón 277

Mecanismo 2 vuelco parcial de la fachada principal



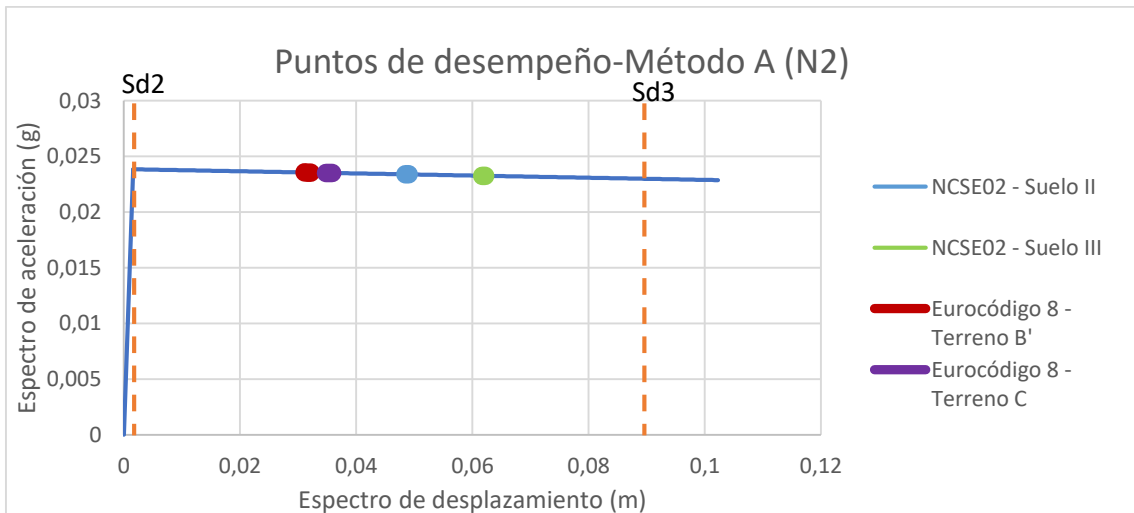
Gráfica A.2.2 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle de Aragón 277

Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



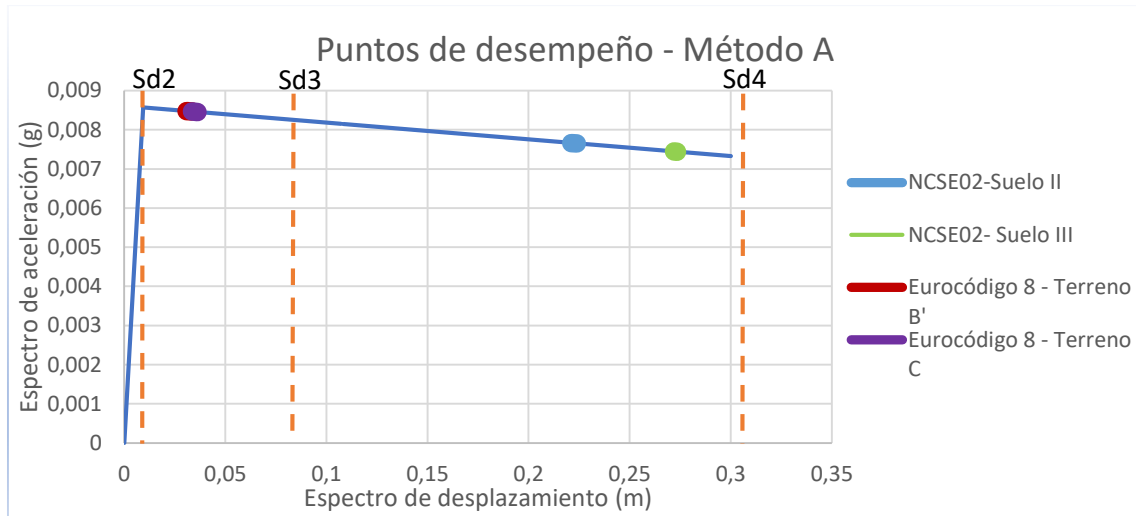
Gráfica A.2.3 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle de Aragón 277

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales



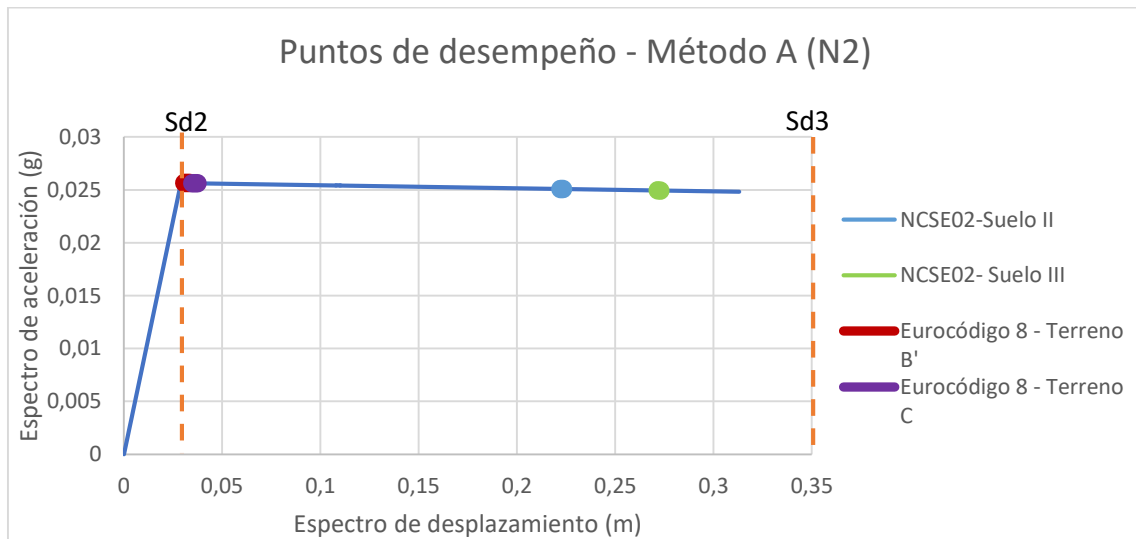
Gráfica A.2.4 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle de Aragón 277

Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Gráfica A.2.5 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle de Aragón 277

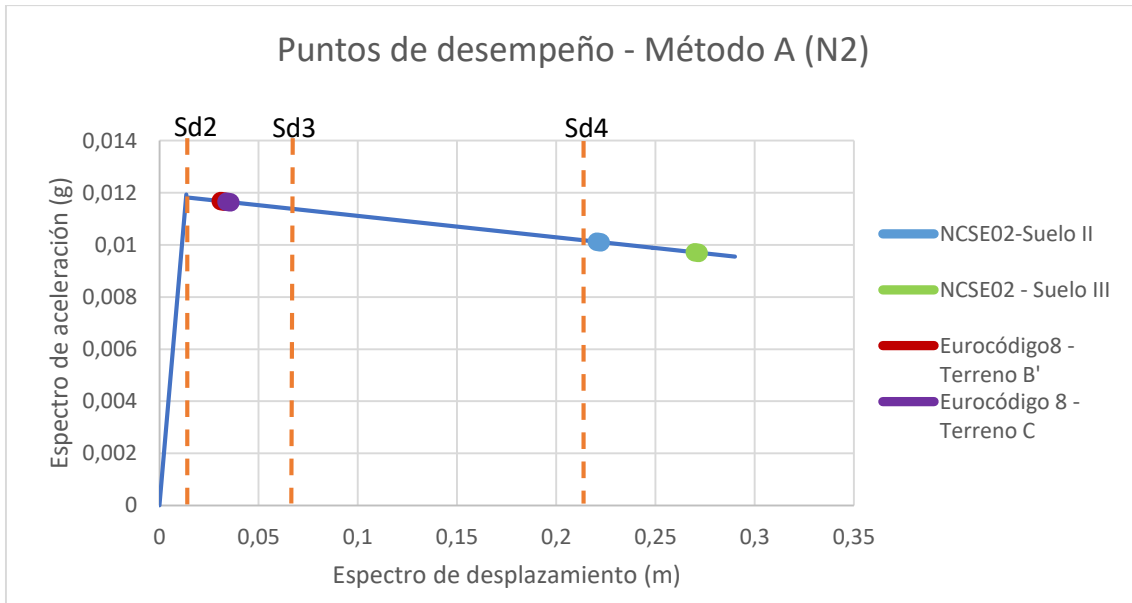
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Gráfica A.2.6 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle de Aragón 277

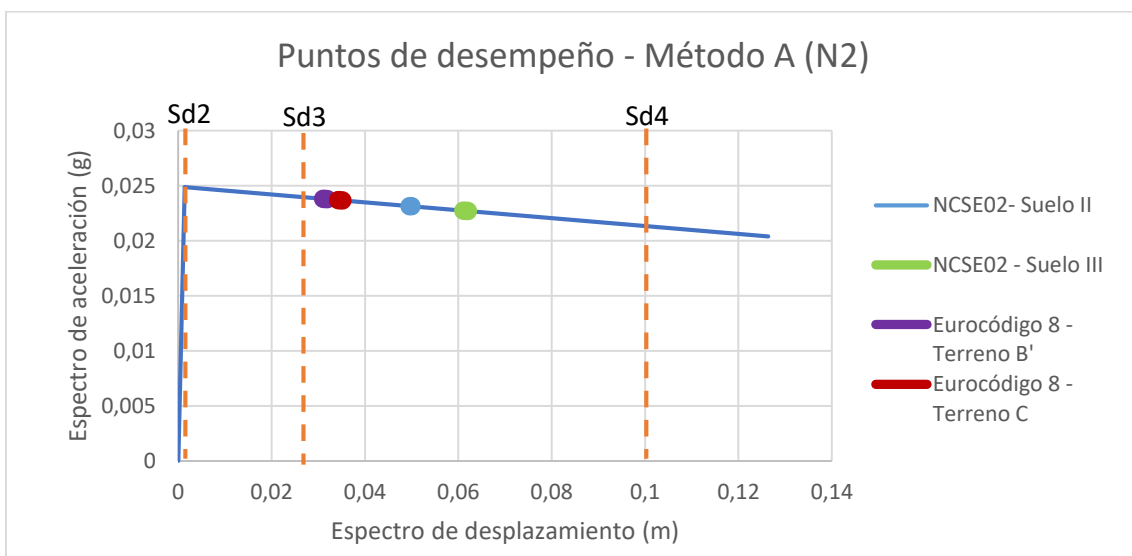
A.2.2 Fachada de la calle Aribau 117

Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



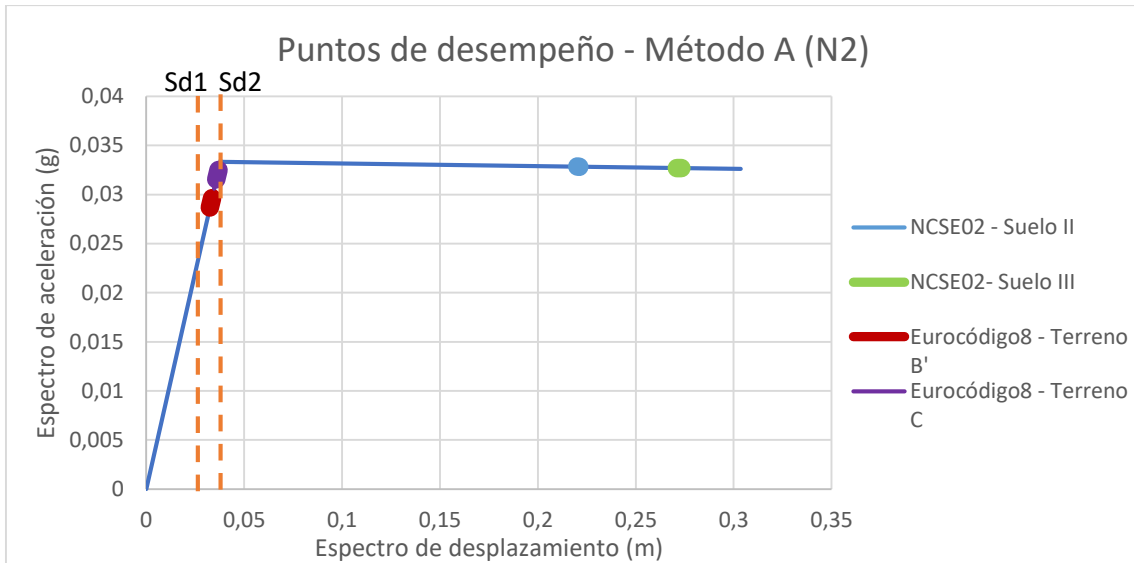
Gráfica A.2.7 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle de Aribau 117

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



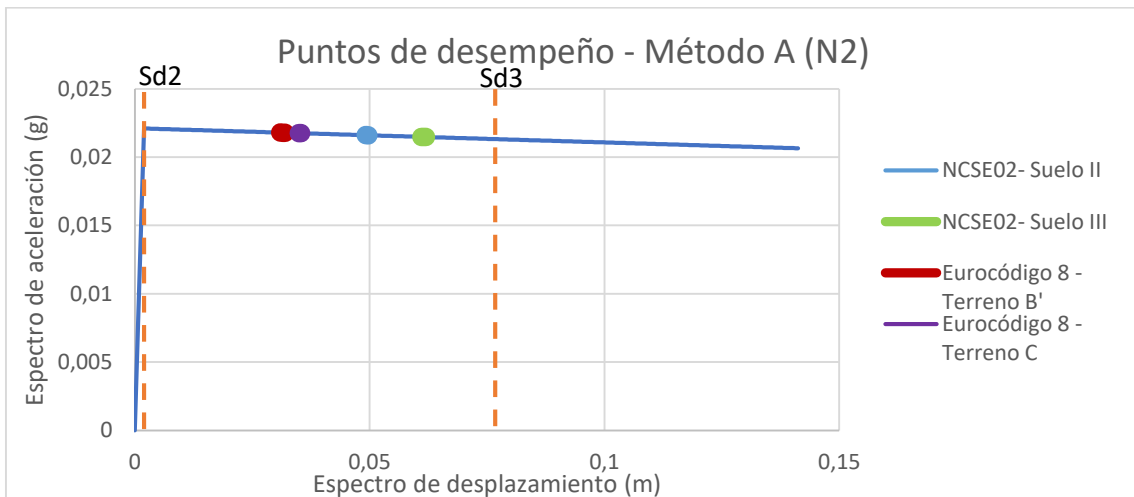
Gráfica A.2.8 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle de Aribau 117

Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



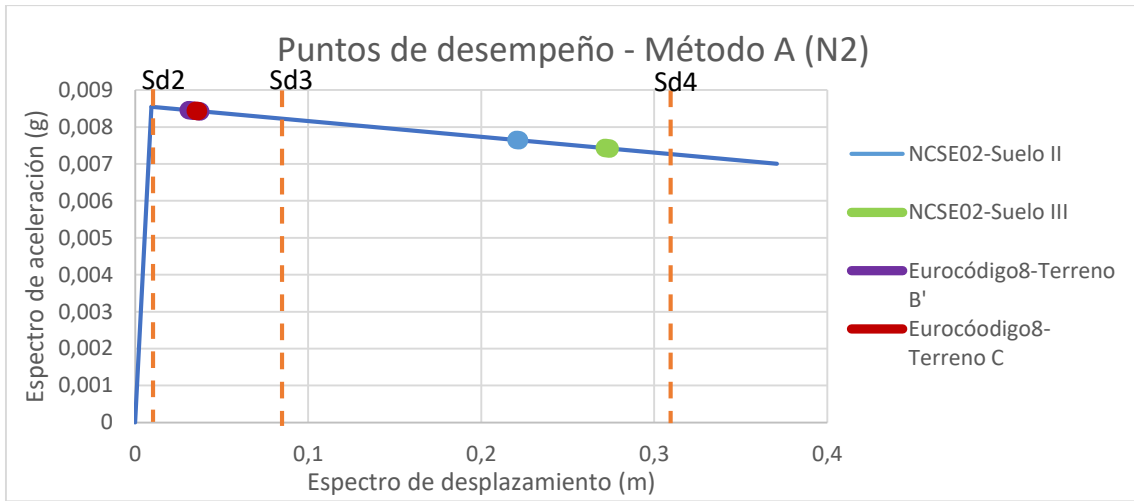
Gráfica A.2.9 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle de Aribau 117

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



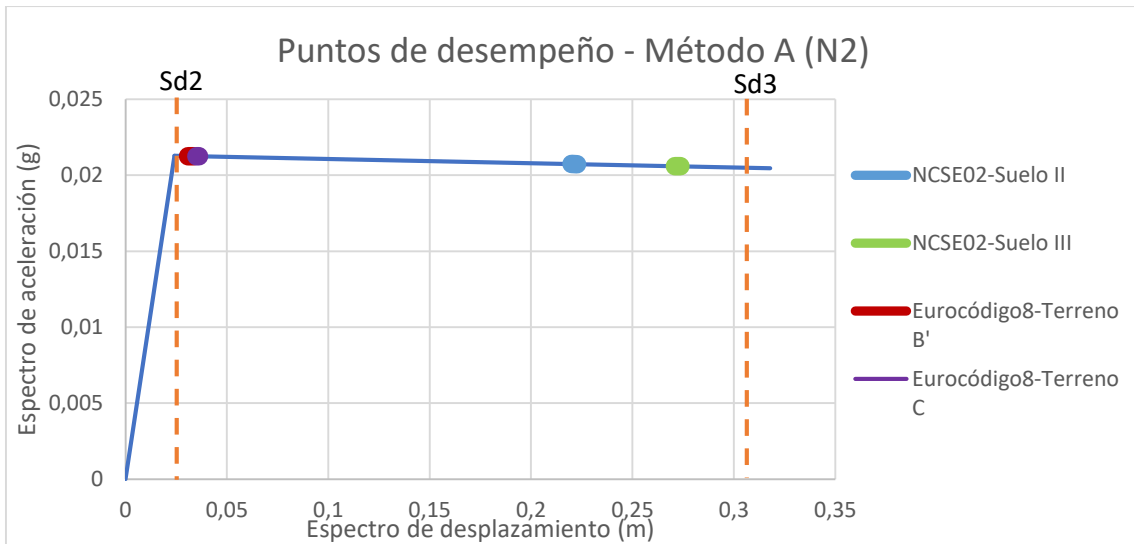
A.2.1 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle de Aribau 117

Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Gráfica A.2.11 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle de Aribau 117

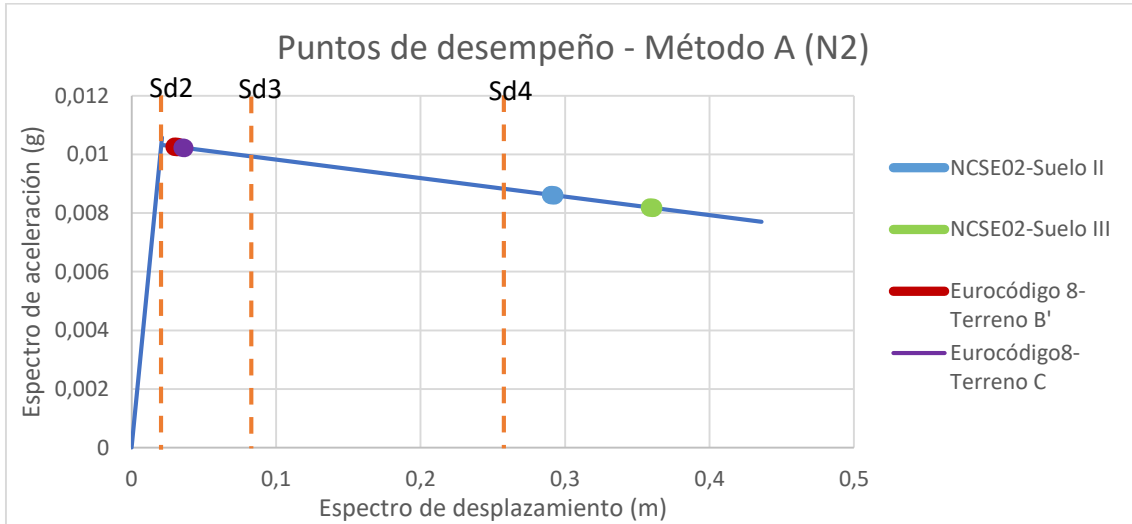
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Gráfica A.2.12 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle de Aribau 117

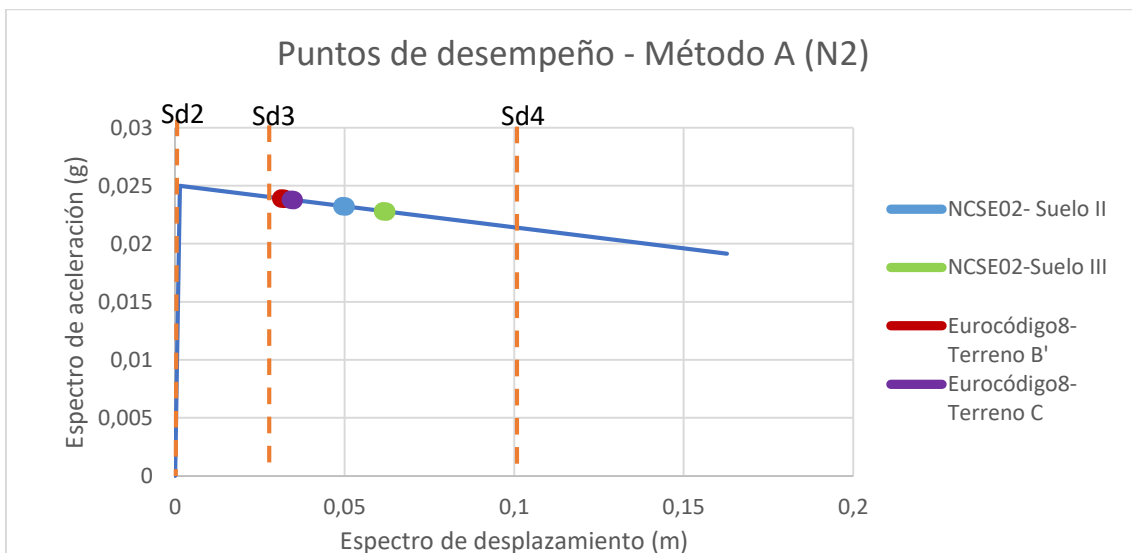
A.2.3 Fachada de la calle Calàbria 207

Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



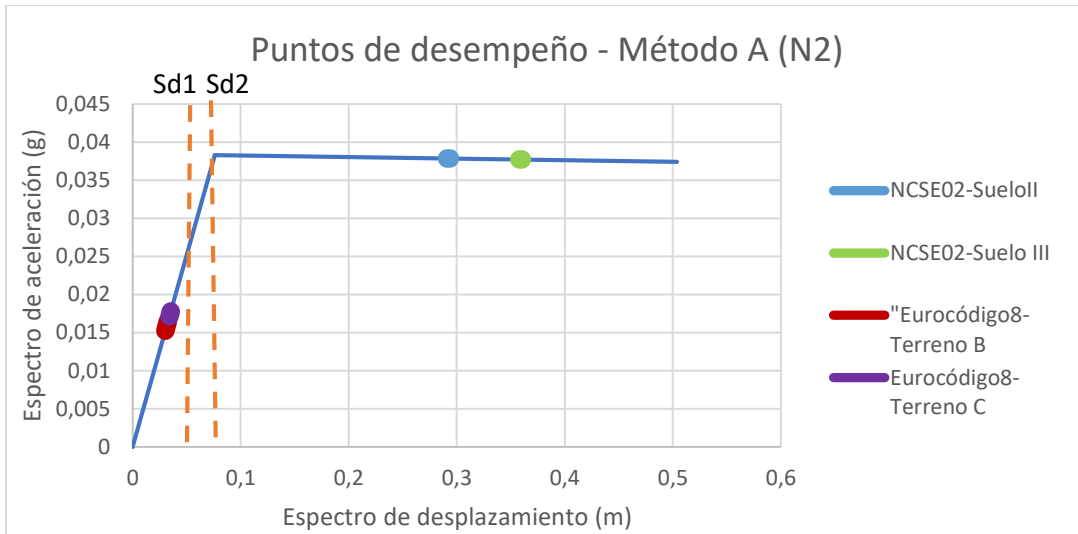
Gráfica A.2.13 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Calàbria 207

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



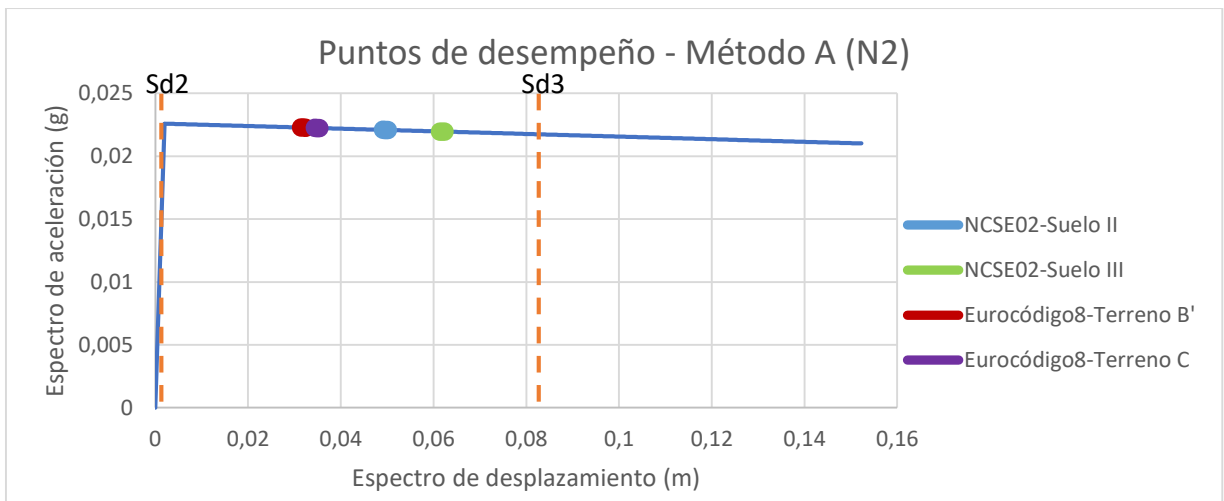
Gráfica A.2.14 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Calàbria 207

Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



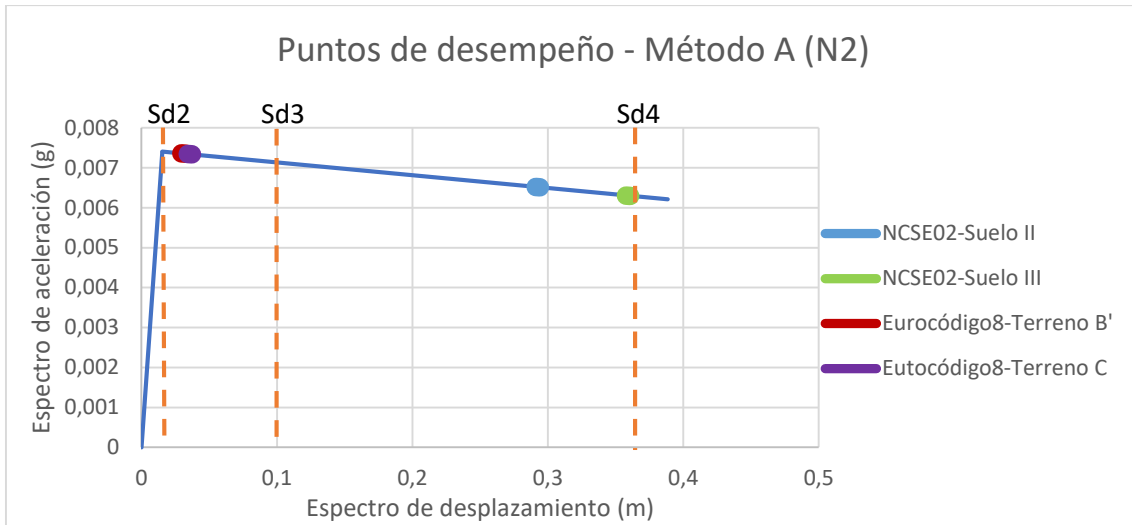
Gráfica A.2.15 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Calàbria 207

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



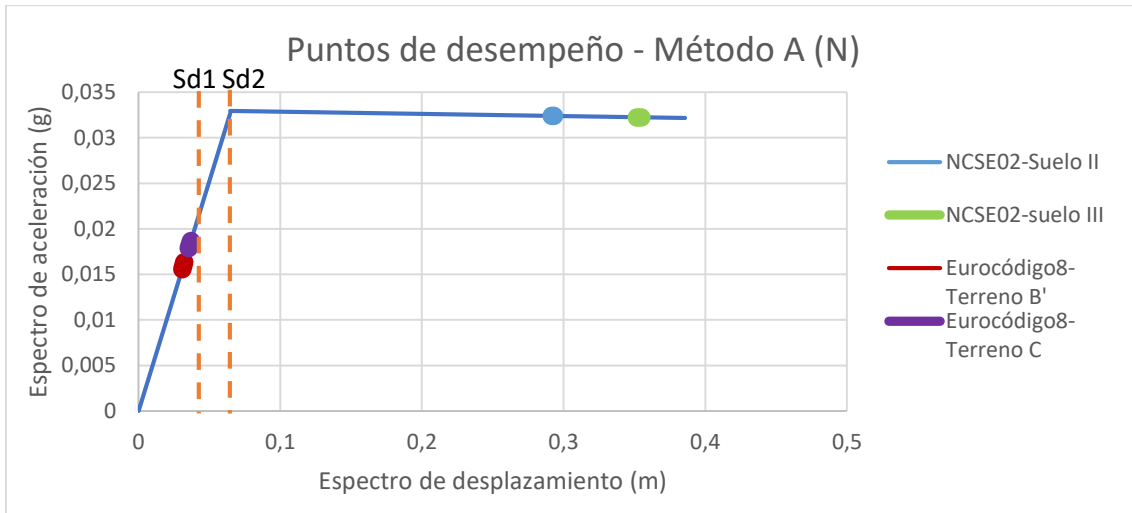
Gráfica A.2.16 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Calàbria 207

Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Gráfica A.2.17 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Calàbria 207

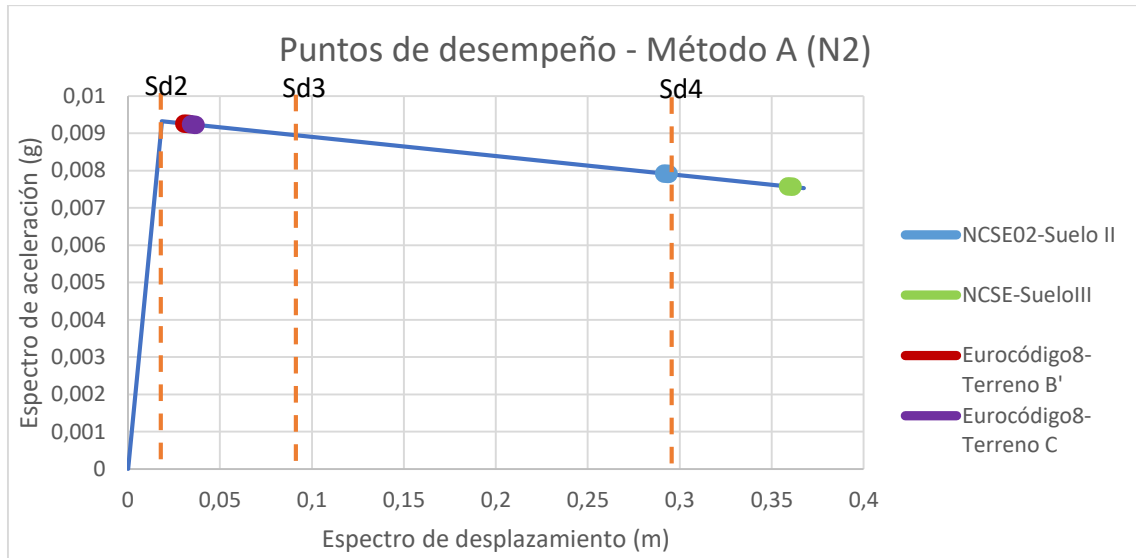
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Gráfica A.2.18 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Calàbria 207

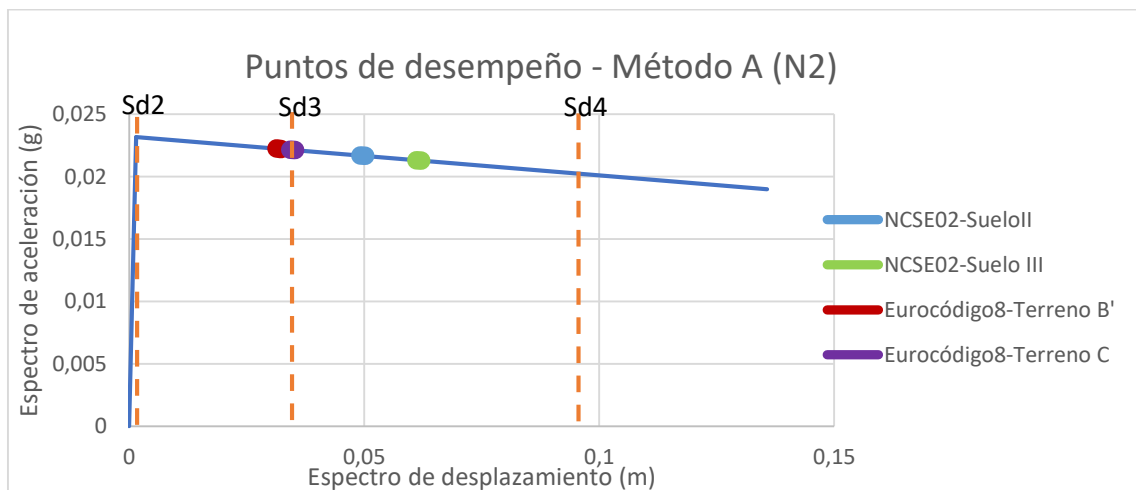
A.2.4 Fachada de la calle Consell de Cent 362

Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



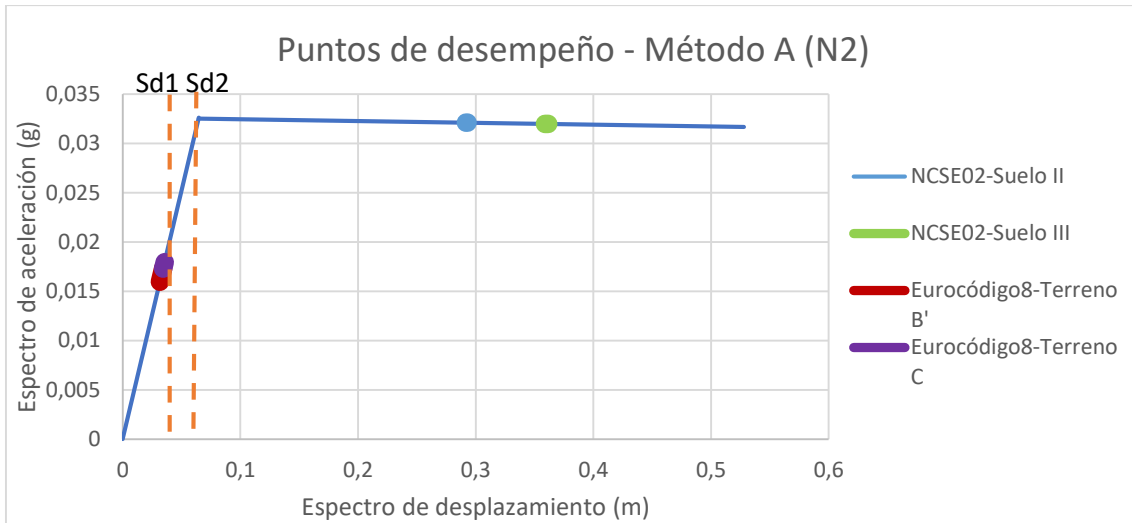
Gráfica A.2.19 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



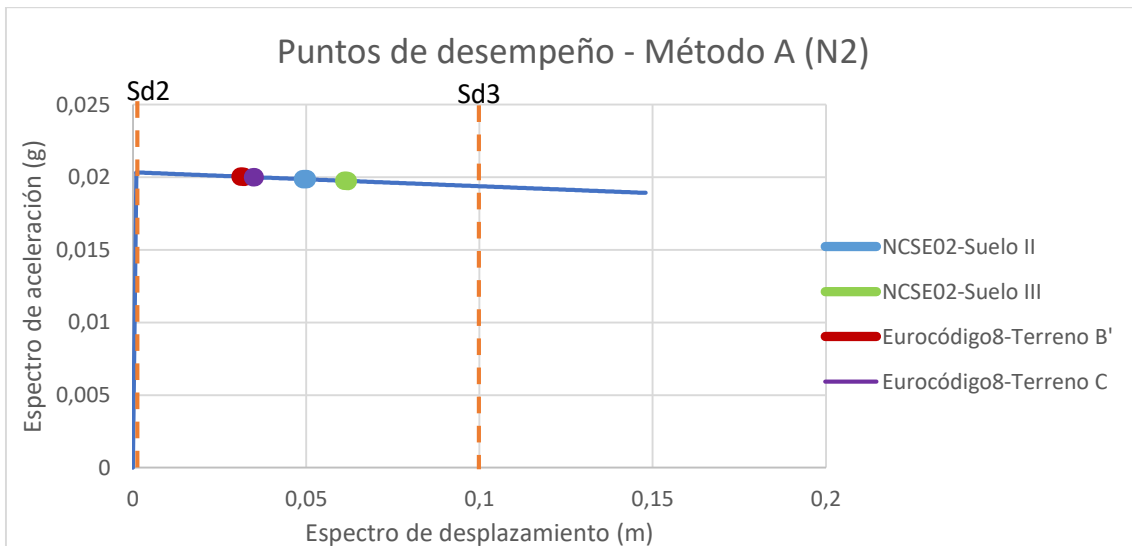
Gráfica A.2.20 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



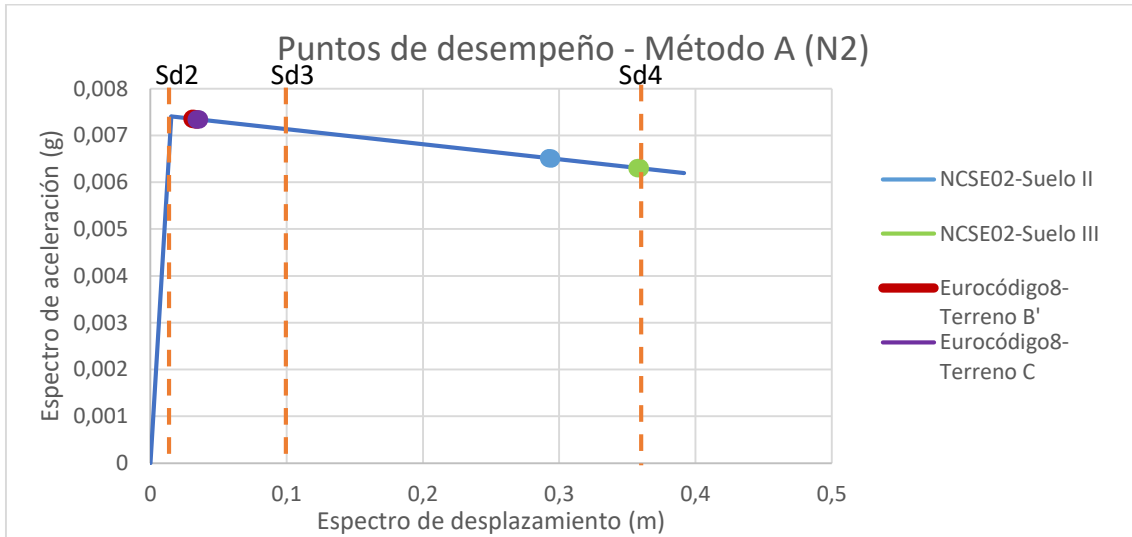
Gráfica A.2.21 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



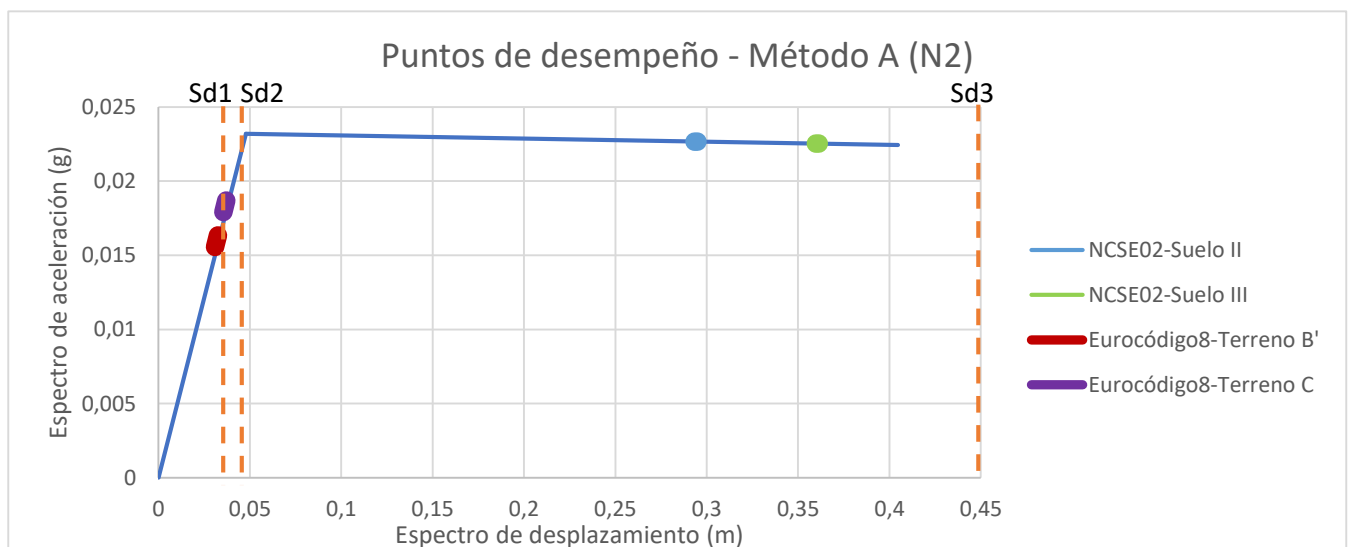
Gráfica A.2.22 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Consell de Cent 362

Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Gráfica A.2.23 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Consell de Cent 362

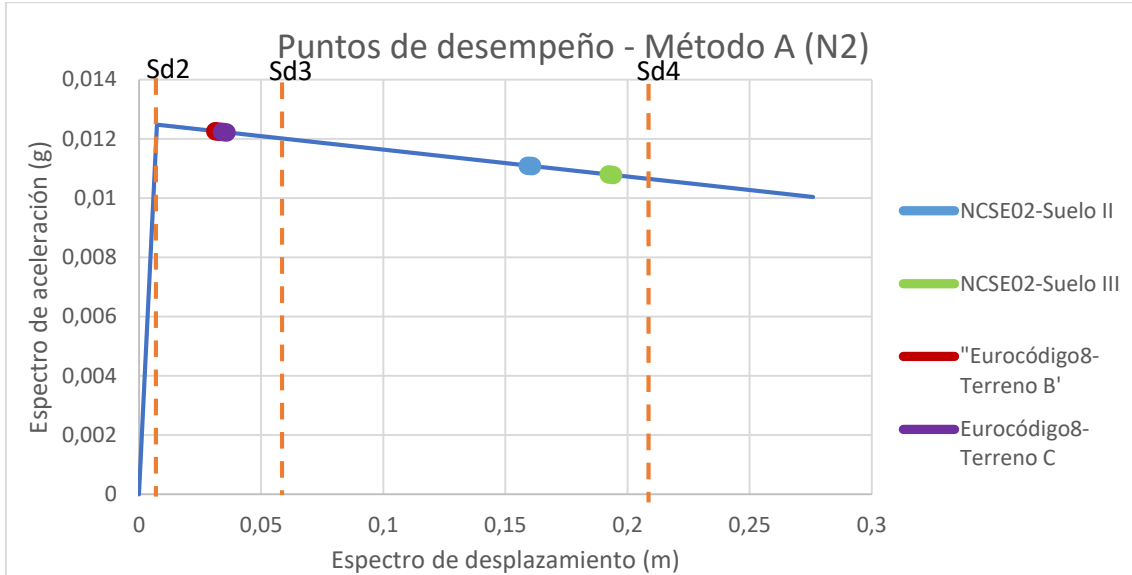
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Gráfica A.2.24 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Consell de Cent 362

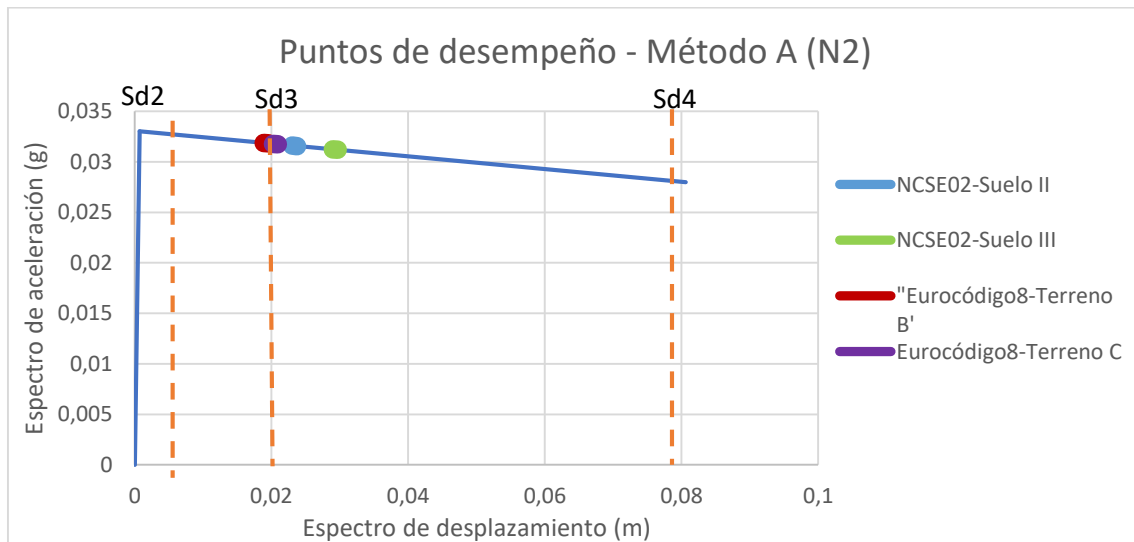
A.2.5 Fachada de la calle Consell de Cent 364

Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



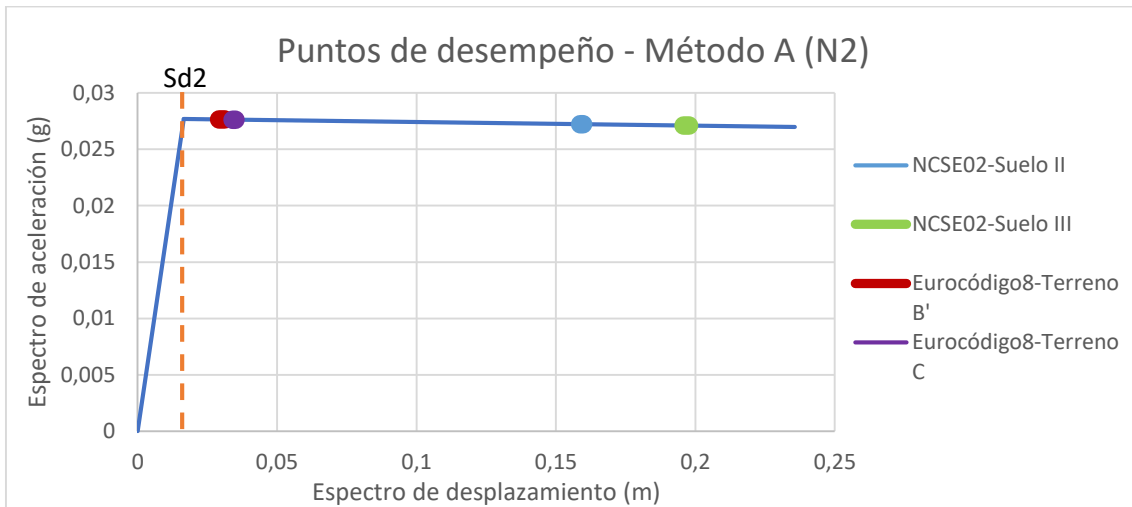
Gráfica A.2.25 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)



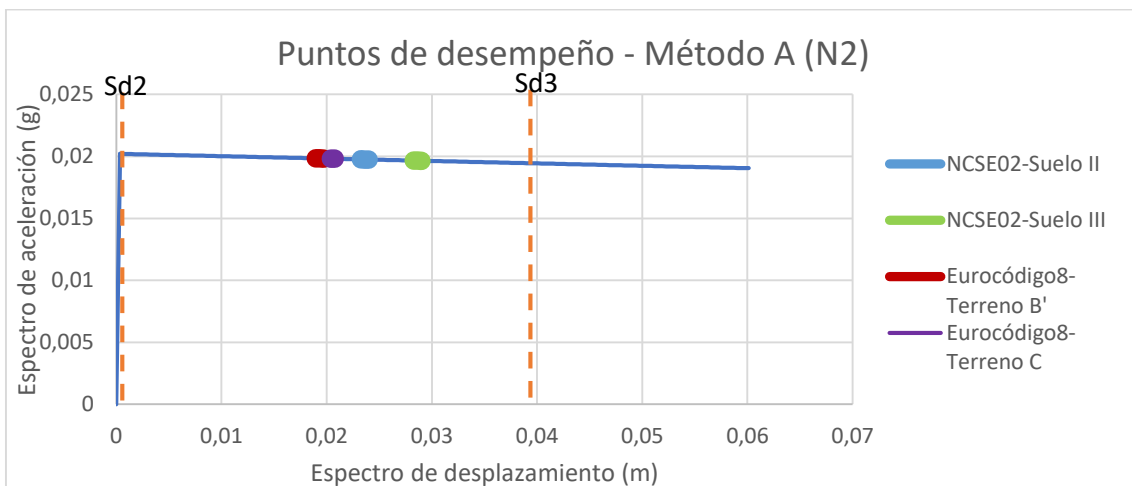
Gráfica A.2.26 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



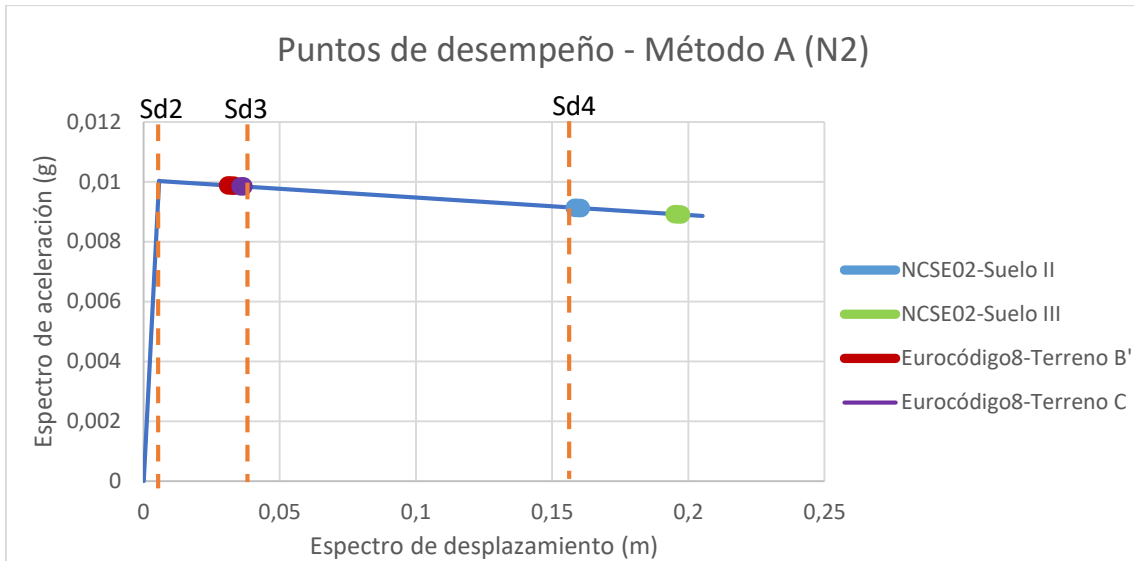
Gráfica A.2.27 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 2 pisos)



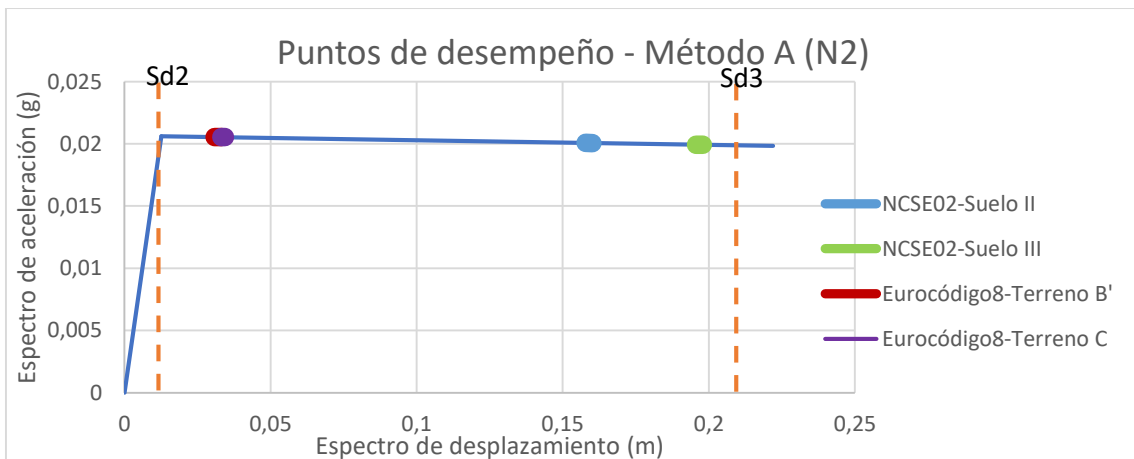
Gráfica A.2.28 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Consell de Cent 364

Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Gráfica A.2.29 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Consell de Cent 364

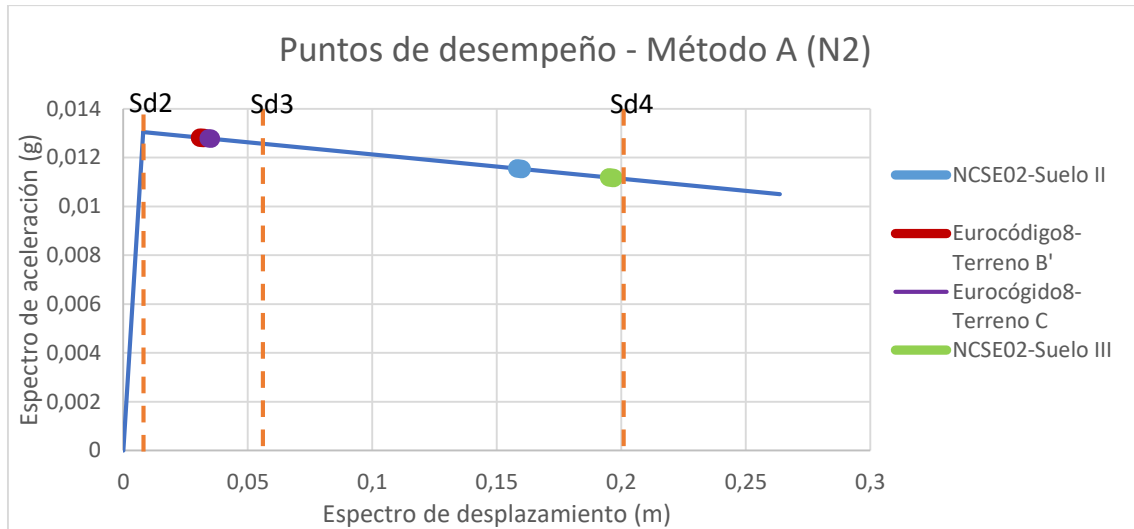
Mecanismo 6: vuelco parcial de fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Gráfica A.2.30 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Consell de Cent 364

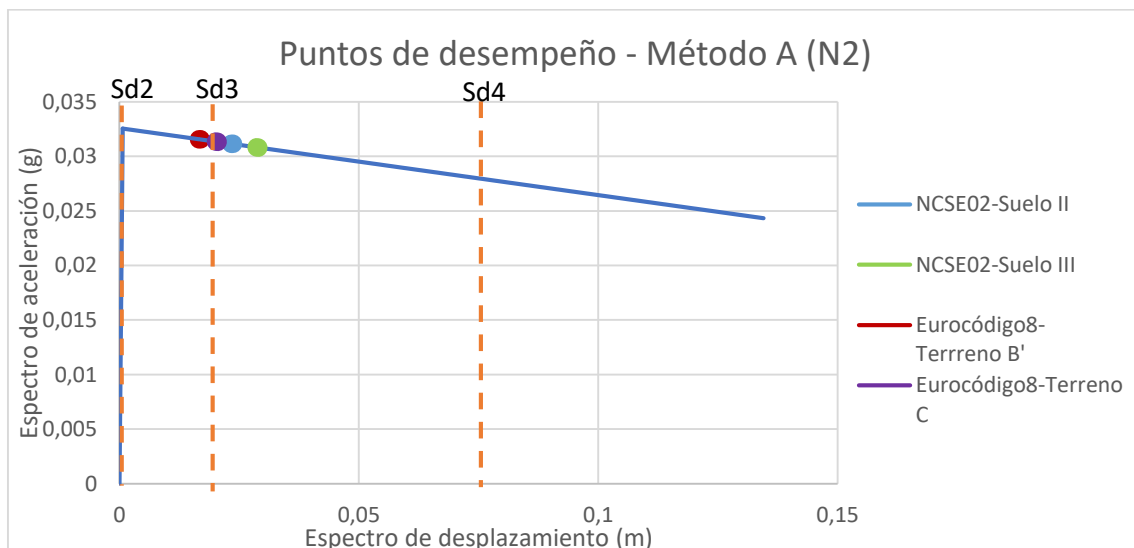
A.2.6 Fachada de la calle Girona 65

Mecanismo 1: vuelco total de fachada principal



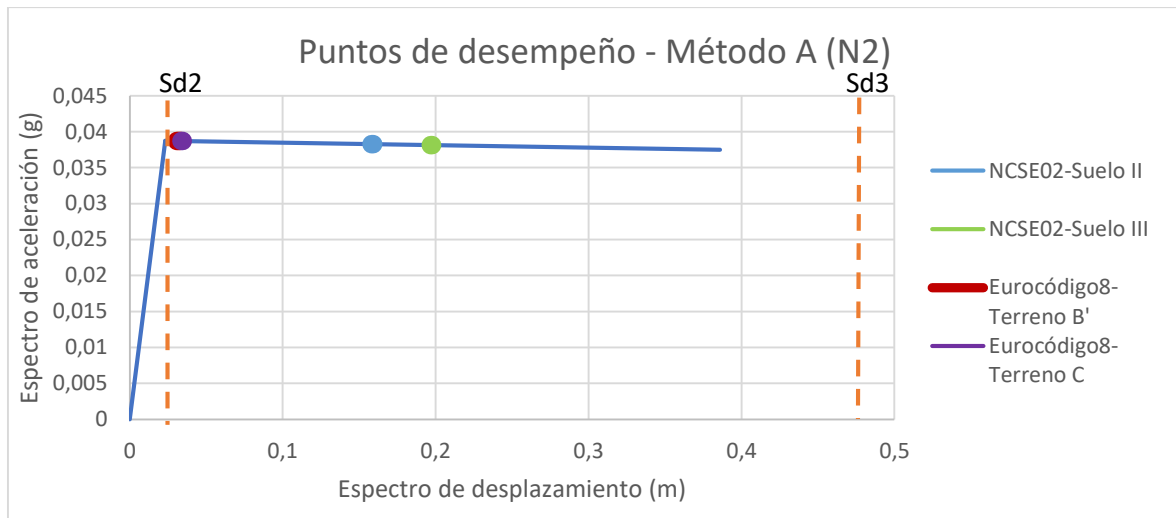
Gráfica A.2.31 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Girona 65

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)



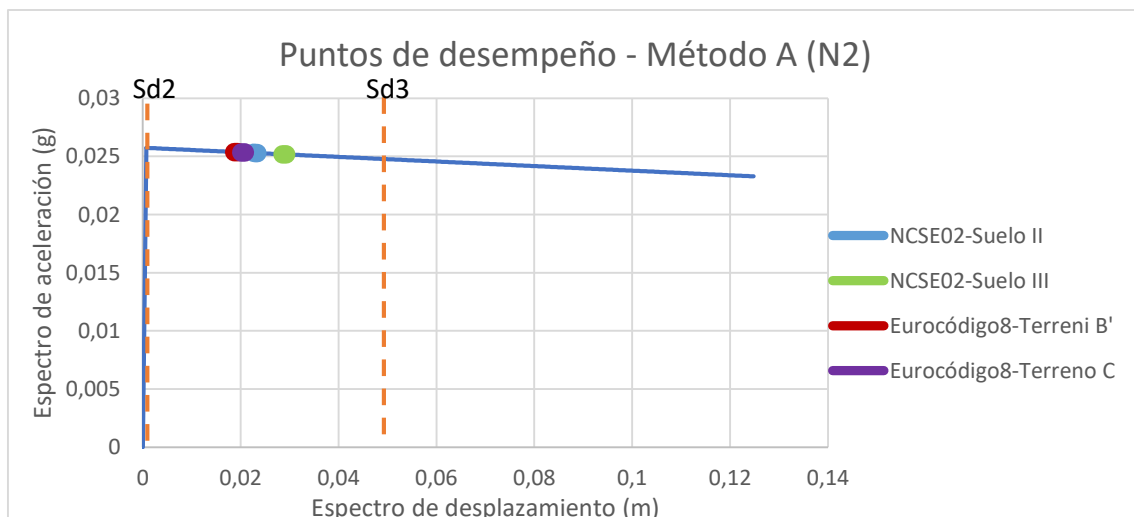
Gráfica A.2.32 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Girona 65

Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



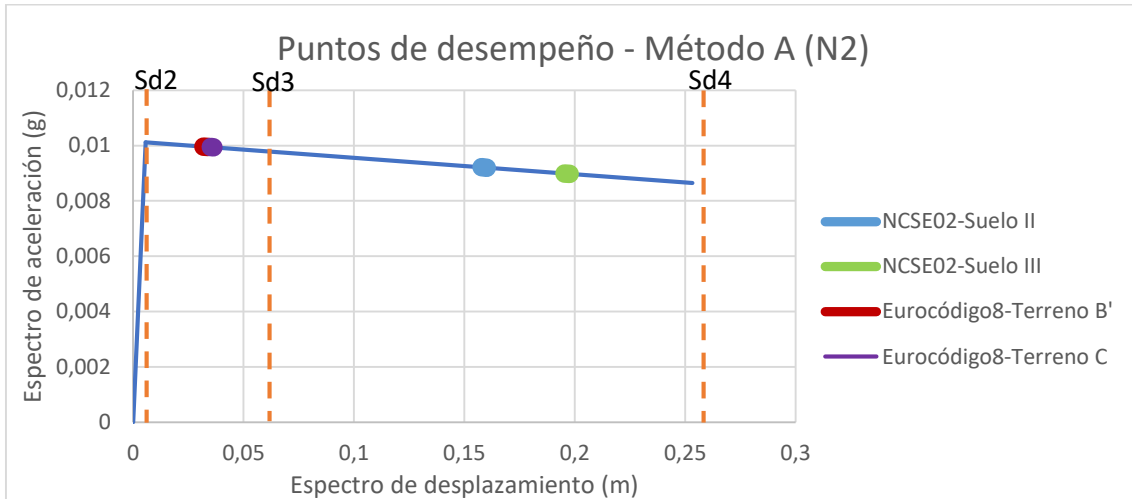
Gráfica A.2.33 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Girona 65

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 2 pisos)



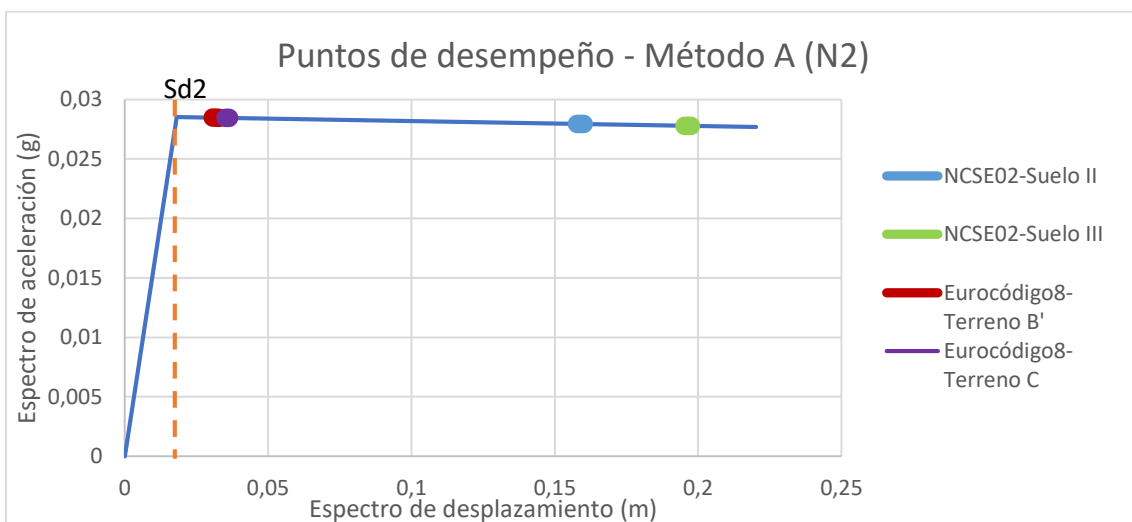
Gráfica A.2.34 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Girona 65

Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Gráfica A.2.35 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Girona 65

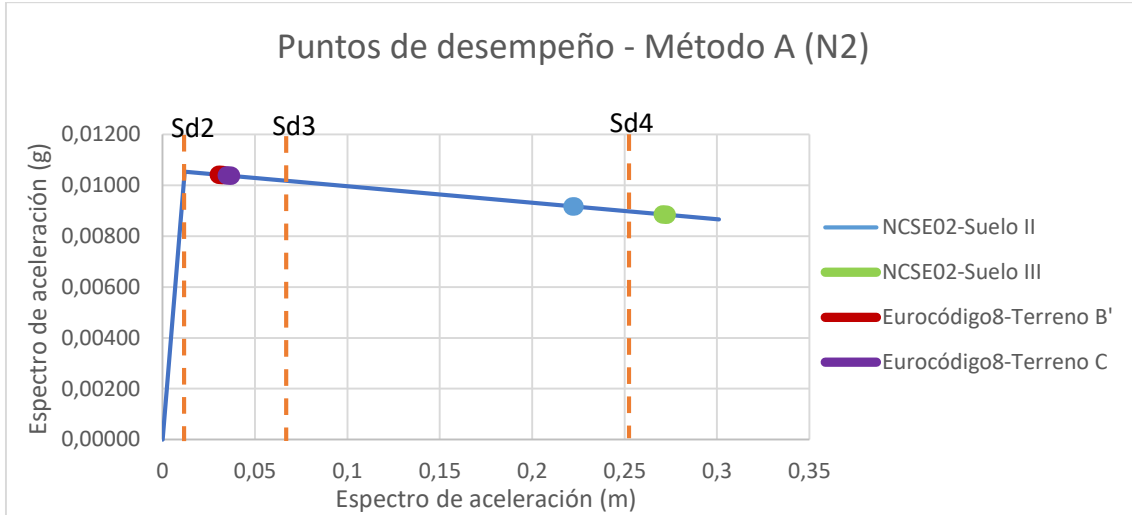
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Gráfica A.2.36 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Girona 65

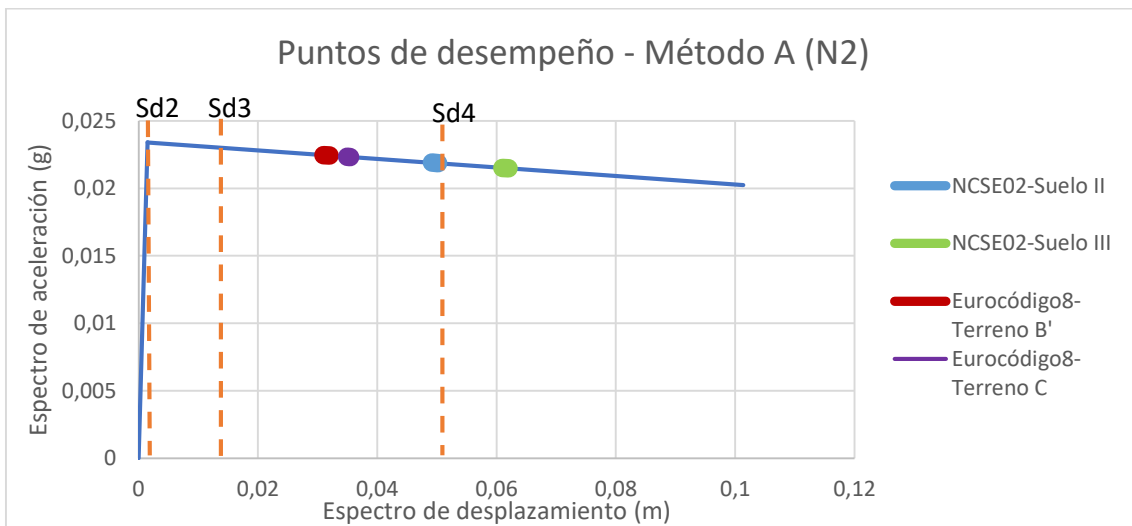
A.2.7 Fachada de la calle Mallorca 312

Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



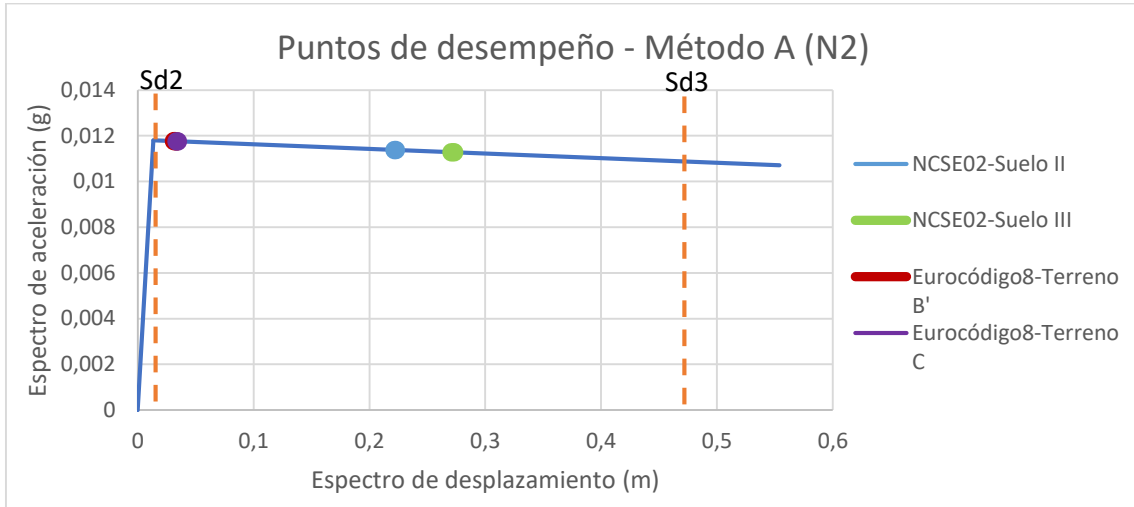
Gráfica A.2.37 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Mallorca 312

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 3 pisos)



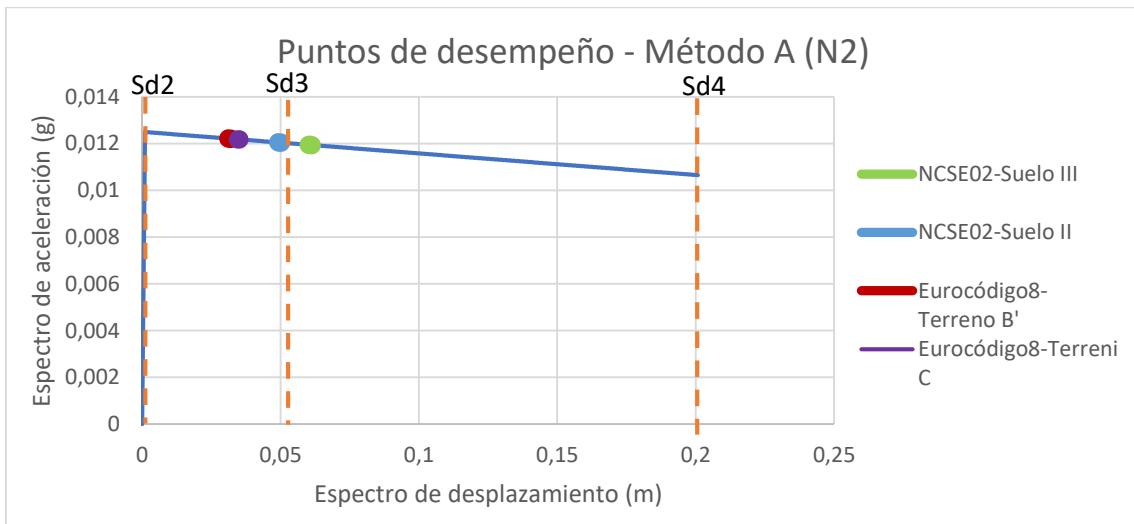
Gráfica A.2.38 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Mallorca 312

Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



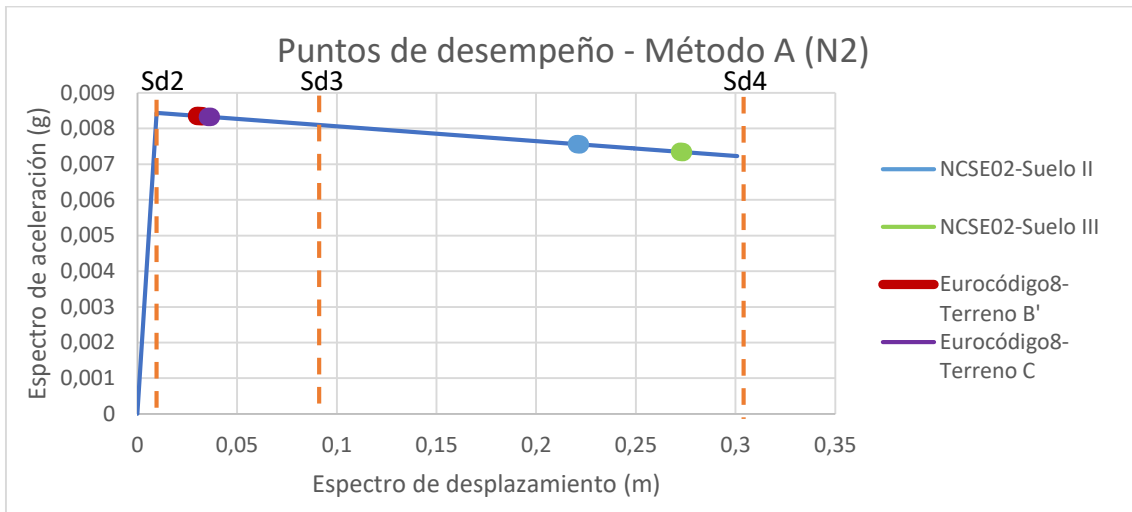
Gráfica A.2.39 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Mallorca 312

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales (últimos 3 pisos)



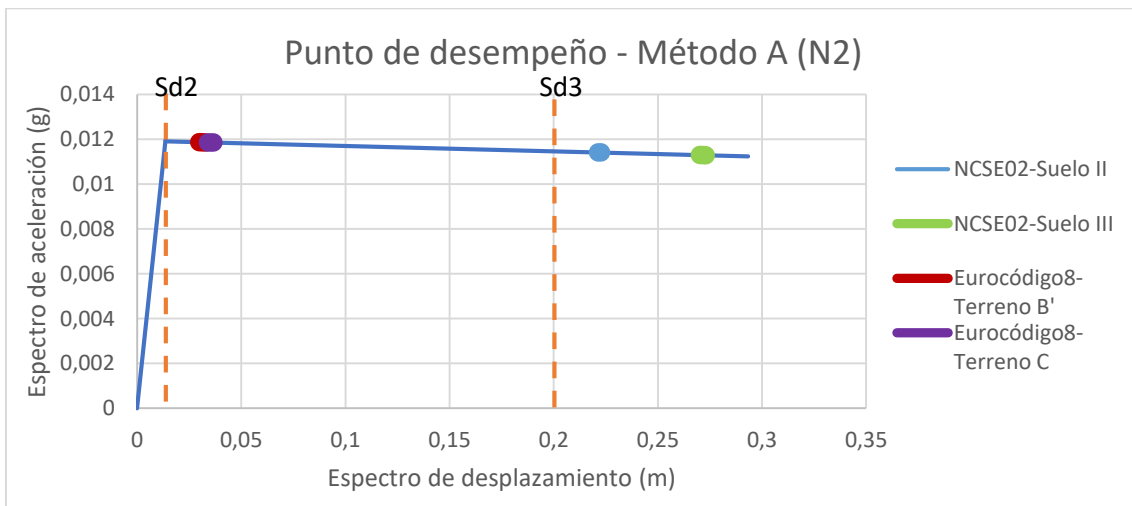
Gráfica A.2.40 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Mallorca 312

Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Gráfica A.2.41 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Mallorca 312

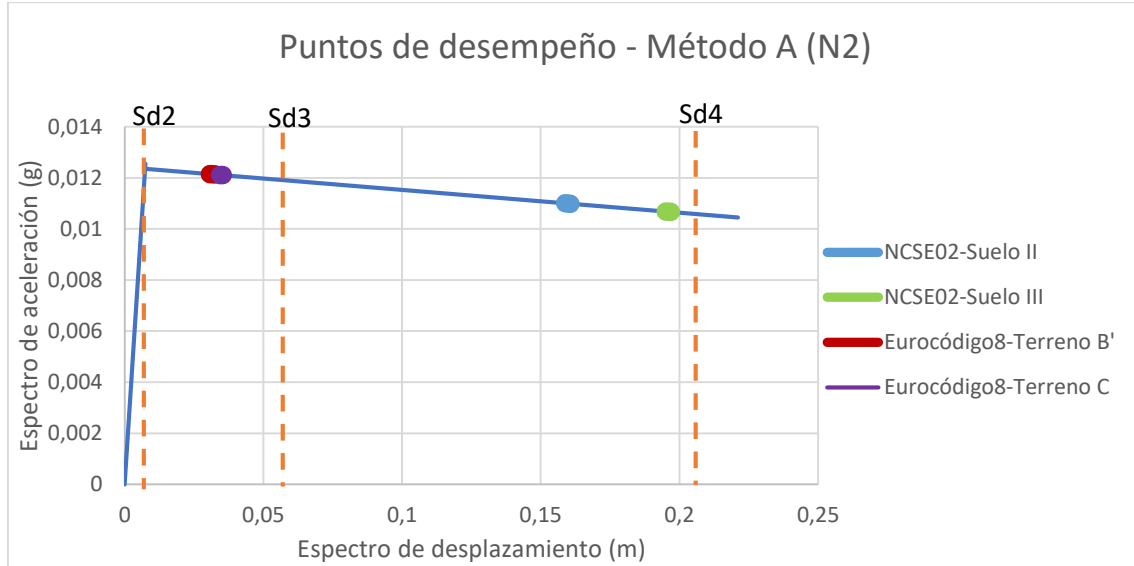
Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Gráfica A.2.42 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Mallorca 312

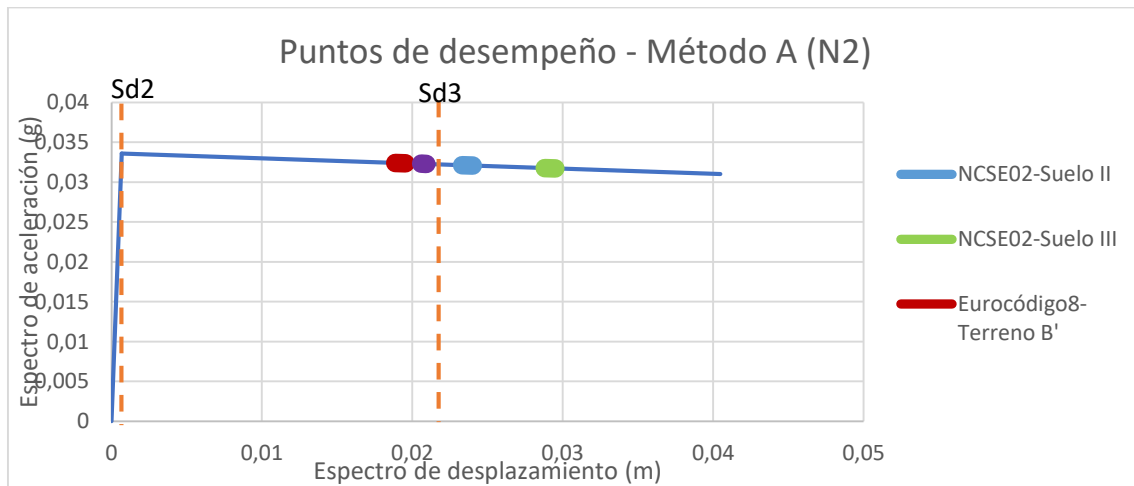
A.2.8 Fachada de la calle Pau Clarís 96

Mecanismo 1: vuelco total de la fachada principal



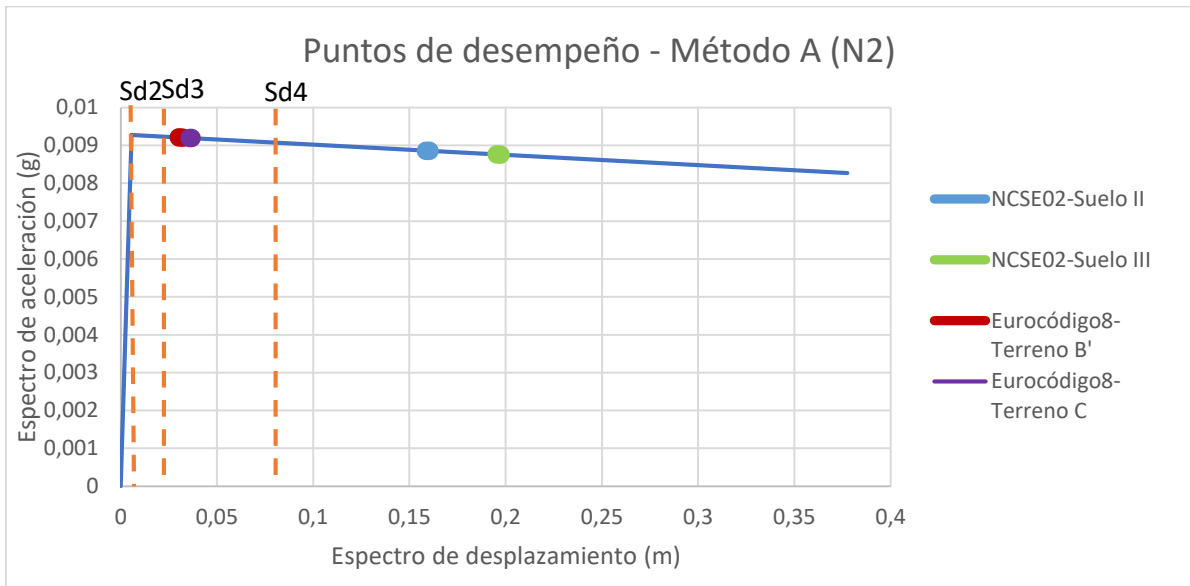
Gráfica A.2.43 Puntos de desempeño en el mecanismo 1 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Mecanismo 2: vuelco parcial de la fachada principal (últimos 2 pisos)



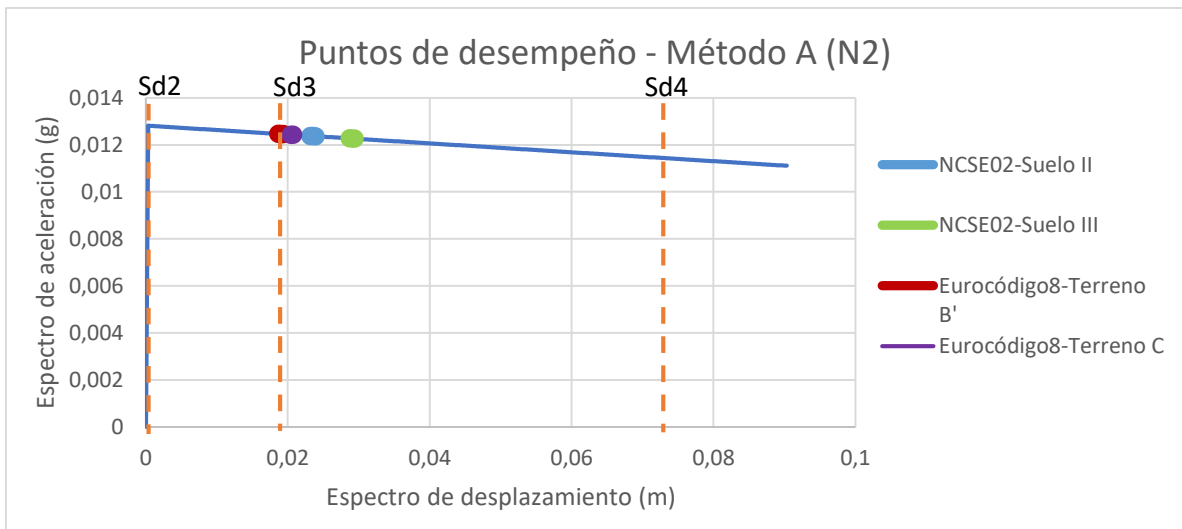
Gráfica A.2.44 Puntos de desempeño en el mecanismo 2 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Mecanismo 3: vuelco total de la fachada principal con los dos paneles laterales



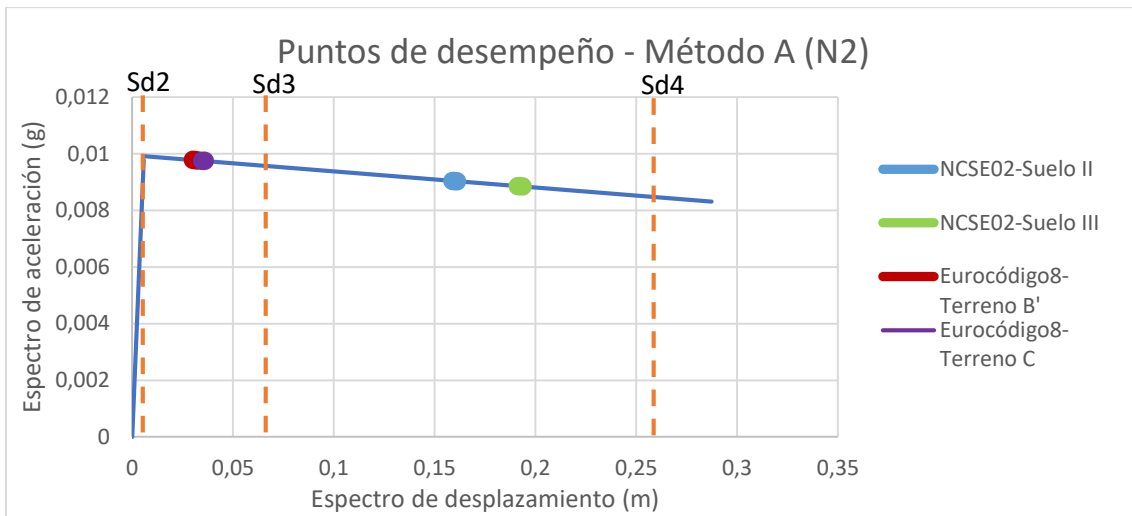
Gráfica A.2.45 Puntos de desempeño en el mecanismo 3 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Mecanismo 4: vuelco parcial de la fachada principal con los dos paneles laterales



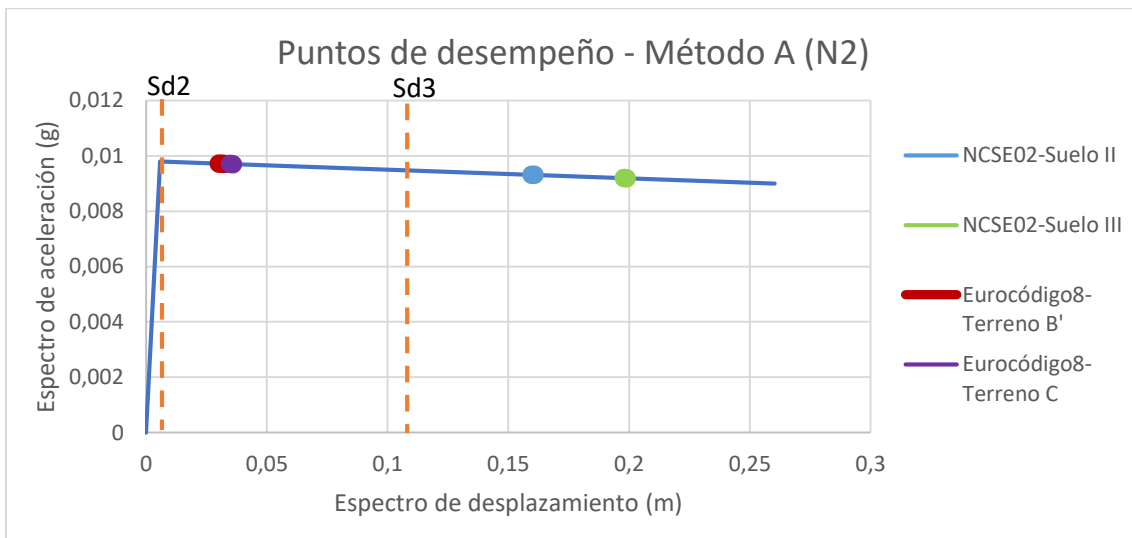
Gráfica A.2.46 Puntos de desempeño en el mecanismo 4 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Mecanismo 5: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal



Gráfica A.2.47 Puntos de desempeño en el mecanismo 5 del edificio de la calle Pau Clarís 96

Mecanismo 6: vuelco parcial de la fachada principal por rotura diagonal con 1 panel lateral



Gráfica A.2.48 Puntos de desempeño en el mecanismo 6 del edificio de la calle Pau Clarís 96