



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Mecánica

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE USO PÚBLICO



Anexos

Autores: Albi Villuendas, Joan / Martín Carles, Oscar
Director: Prats Bella, Ferran
Departamento: RMEE
Convocatoria: Enero 2019

Índice

ANEXO A – RESÚMENES DE TEORÍA	A1
A1. Acción sísmica	A1
A2. Ecuación de movimiento	A3
A2.1. SDOF y MDOF:	A3
A2.2. Ecuación de movimiento de un sistema SDOF.....	A3
A2.3. Ecuación de movimiento de un sistema MDOF	A5
A3. Métodos de cálculo en el tiempo	A8
A3.1. Métodos multi-paso	A8
A3.2. Método de la diferencia central	A10
A3.3. Método de Houbolt	A12
A3.4. Método de Newmark	A13
A3.5. Método Wilson- θ	A14
A3.6. Método de colocación	A16
A3.7. Método HHT- α	A17
A4. Métodos de cálculo modal	A19
ANEXO B. AMPLIACIÓN DE LOS RESULTADOS.	B1
Anexo B1. Según normativa NCSE-02	B1
B1.1. Desplazamiento de los pilares	B1
B1.2. Coeficientes de participación	B7
B1.3. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.....	B9
B1.4. Cortante sísmico combinado por planta	B10
B1.5. Tensiones bajo vigas de cimentación	B12
B1.6. Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta .	B16
Anexo B2. Según normativa Eurocódigo 08	B19
B2.1. Desplazamiento de los pilares	B19
B2.2. Coeficientes de participación	B36
B2.3. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.....	B39
B2.4 Cortante sísmico combinado por planta	B40
B2.5. Tensiones bajo vigas de cimentación	B44
B2.6. Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta .	B48
Anexo B3. Modelo envejecido	B54
B3.1. Desplazamiento de los pilares	B54
B3.2. Coeficientes de participación	B68
B3.3. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta.....	B70
B3.4 Cortante sísmico combinado por planta	B71

B3.5. Tensiones bajo vigas de cimentación	B74
B3.6. Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta .	B78

Anexo A – Resúmenes de teoría

Creemos pertinente un breve resumen de los conceptos básicos de la dinámica estructural, en los que este trabajo se basa, para facilitar la comprensión del mismo.

A1. Acción sísmica

Para diseñar estructuras capaces de aguantar la acción de terremotos hay que conseguir definir el movimiento del suelo. Ingenierilmente hablando, la forma más útil de hacerlo es usando la variación de la aceleración del suelo. Para conseguir las tres componentes de dicha aceleración se usan sismógrafos de movimientos fuertes, que se activan al detectar temblores superiores a una cierta intensidad. Este sistema tiene la ventaja de que no está acumulado datos durante los largos periodos sin temblores destacables, pero también tiene una desventaja, que no se puede saber el estado inicial al calcular los desplazamientos. Estos aparatos consisten de un sistema con una masa, un muelle y un amortiguador de parámetros conocidos, la forma más simple posible de un sistema de un grado de libertad. Analizando el comportamiento de dicho sistema se consigue el gráfico de aceleración del suelo respecto al tiempo.

La aceleración del suelo causada por un terremoto es altamente irregular, por ello se suele definir mediante el uso de valores numéricos de aceleración en instantes de tiempo muy seguidos, típicamente de 50 o 100 datos de aceleración por segundo por cada componente. Dicha irregularidad causa que la resolución de las ecuaciones de forma analítica es inviable, por ello es necesario usar métodos numéricos.

Conocer la deformación o desplazamiento del sistema es muy útil la hora de diseñar estructuras, pues el desplazamiento de la masa de dicha estructura está relacionado con las fuerzas internas que tiene que soportar. Con este dato se puede calcular los momentos flectores y los cortantes de los distintos elementos estructurales, así como conocer la separación necesaria para que la construcción al deformarse no impacte con otras. Si introducimos la aceleración del suelo $\ddot{u}_g(t)$ a la ecuación de movimiento lineal de un sistema con un grado de libertad dividida entre la masa nos queda que:

$$\ddot{u} + 2\xi\omega_n\dot{u} + \omega_n^2u = -\ddot{u}_g(t) \quad (\text{A1.1})$$

Con lo que podemos apreciar que la deformación de la estructura dependerá únicamente de la frecuencia o periodo naturales y la ratio de amortiguamiento del sistema. Por ello, dos estructuras

con el mismo periodo natural y ratio de amortiguamiento tendrán la misma respuesta independientemente de su masa y rigidez.

En sistemas de un solo grado de libertad se puede comprobar que el tiempo que tarda la estructura en realizar una vibración completa es muy parecido al periodo natural del sistema. Por lo general un sistema con mayor periodo de vibración sufrirá una mayor deformación máxima que uno con periodo menor, pero esta regla no siempre se cumple para todos los periodos. De un modo similar, un mayor amortiguamiento del sistema suele indicar una menor respuesta de la estructura. En la mayoría de casos la deformación máxima ocurre durante el terremoto en sí, pero en sistemas levemente amortiguados, esta puede ocurrir en la fase de vibración libre que ocurre tras el seísmo.

Tras obtener los resultados del análisis dinámico de la estructura, las fuerzas internas pueden ser analizadas mediante el análisis estático de la estructura a cada instante de tiempo. El método que más se suele usar en ingeniería sísmica es el de la Fuerza Estática Equivalente, cuyos resultados pueden ser comparados con los especificados en las normas de construcción de edificios. Este multiplica la masa del sistema por una pseudo-aceleración formada por el cuadrado de la frecuencia natural multiplicada por los desplazamientos para sacar las fuerzas estáticas equivalentes. Las pseudo-aceleraciones y pseudo-velocidades conseguidas con este método nos permiten obtener el valor máximo de cortante y la energía total de deformación almacenada en la estructura respectivamente.

La potencia del movimiento de suelo causado por un terremoto decrece con la distancia respecto al epicentro de este, pero factores como el terreno hacen que dicha disminución varíe en gran medida de zona a zona.

A2. Ecuación de movimiento

A2.1. SDOF y MDOF:

Cabe recalcar que en dinámica estructural se estudian dos diferentes tipos de sistemas dependiendo del número de grados de libertad que posea la estructura. Se asume que la estructura se deforma únicamente en dirección horizontal paralela al suelo, entonces, para estructuras simples de un único piso con masa concentrada en el techo, el sistema se estudia como un sistema de un grado de libertad (el desplazamiento horizontal de la masa concentrada) también conocido como SDOF (Single Degree Of Freedom).

Para estructuras de más de un piso, manteniendo la asunción de que los desplazamientos se realizan en dirección horizontal y que las masas de cada piso se encuentran concentradas en sus respectivos techos, estas estructuras se definen como sistemas de múltiples grados de libertad (un grado de libertad por cada piso con capacidad para deformarse horizontalmente) también conocidos como MDOF (Multiple Degree Of Freedom).

Dependiendo de qué sistema estemos estudiando la ecuación de movimiento que rige su comportamiento varía levemente, comenzaremos explicando la deducción de la ecuación de movimiento de un SDOF, para luego expandirla a un MDOF explicando sus diferencias.

A2.2. Ecuación de movimiento de un sistema SDOF

Uno de los cimientos fundamentales de la dinámica estructural consiste en comprender la ecuación de movimiento que rige el comportamiento de las estructuras ante una carga dinámica y nos permite conocer la deformación, velocidad y aceleración en diversos puntos de la misma para diversos instantes de tiempo.

La ecuación es la siguiente:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t) \quad (\text{A2.2.1})$$

Siendo:

u : desplazamiento lateral

\dot{u} : velocidad

\ddot{u} : aceleración

m : masa de la estructura

c : coeficiente de disipación de la estructura

k : rigidez lateral de la estructura

$p(t)$: fuerza dinámica externa aplicada

Esta ecuación surge de aplicar a una estructura la segunda ley de Newton.

En un caso idealizado de una estructura compuesta por una masa concentrada sujeta por una barra sin masa tendríamos que, al aplicar una fuerza externa sobre ella, la masa se movería en la misma dirección y sentido que la fuerza aplicada, sin embargo, dado que la masa se halla atada al suelo mediante la barra, la masa comenzaría a oscilar respecto su posición original sin cesar hasta que otra fuerza externa cambiara su movimiento. Sin embargo, este caso es contraintuitivo, es lógico pensar que en cierto punto la estructura volverá a su posición inicial sin la necesidad de volver a aplicar una fuerza externa, y los experimentos comprueban esta suposición. Esta reducción de la vibración es debida a una disipación de energía y suele representarse mediante un disipador viscoso.

Entonces tenemos que, al aplicar nuestra fuerza externa, hay dos fuerzas que se resisten al movimiento, una que se resiste al desplazamiento y lucha por volver a la posición inicial causada por el hecho que la masa se encuentra unida a una barra y otra que se resiste a la velocidad y lucha por detenerse cada vez más hasta volver a la velocidad inicial y que causa el cese de las oscilaciones.

Estas fuerzas de resistencia son conocidas como la fuerza resistente (f_S) y la fuerza de disipación de energía (f_D) y son las que se oponen al desplazamiento y velocidad respectivamente. Son fuerzas inerciales inherentes a la propia estructura, regidas por la rigidez lateral k y el coeficiente de disipación c de la estructura.

La fuerza resistente surge de la rigidez lateral inherente a la propia estructura, la cual se opone a los desplazamientos ocasionados por la fuerza externa. Asumiendo un sistema lineal, tenemos que la relación entre la fuerza resistente y los desplazamientos sería lineal siendo la constante de proporcionalidad la rigidez lateral k , de tal forma que la fuerza resistente queda definida como:

$$f_S = ku \quad (\text{A2.2.2})$$

La fuerza de disipación surge de diversos mecanismos de disipación de energía dentro de la propia estructura, la mayoría causados por efecto térmico debido al esfuerzo constante al que se encuentra sometida y por fricciones internas o externas. Suele ser representada mediante un disipador viscoso en la estructura.

Esta fuerza de disipación está relacionada con la velocidad mediante la constante de disipación c , que tiene en cuenta la disipación de energía global causada por los diferentes mecanismos, de tal forma que la fuerza de disipación de energía queda definida como:

$$f_D = c\dot{u} \quad (\text{A2.2.3})$$

Aplicando la segunda ley de Newton teniendo en cuenta estas fuerzas inerciales obtenemos:

$$p(t) - f_S - f_D = m\ddot{u} \quad (\text{A2.2.4})$$

De la cual si sustituimos las fuerzas resistentes por las ecuaciones 2 y 3 y reorganizamos la ecuación obtenemos la ecuación 1.

A2.3. Ecuación de movimiento de un sistema MDOF

En el apartado anterior hemos visto un resumen de la deducción de la ecuación de movimiento para un sistema de un único grado de libertad, a continuación, expandiremos el concepto a sistemas de más de un grado de libertad.

Un sistema MDOF no es más que un SDOF repetido en varios pisos, por lo que se mantienen las mismas suposiciones que en el caso anterior para cada uno, cada piso tiene su masa concentrada en su techo, las columnas que lo sujetan se asumen sin masa y tiene un disipador viscoso. Teniendo esto en cuenta, la ecuación de movimiento que rige estos sistemas no es más que la superposición de las ecuaciones de movimiento de cada piso individual.

La ecuación de movimiento para un MDOF quedaría escrita de tal forma:

$$m_j \ddot{u}_j + f_{S_j} + f_{D_j} = p_j(t) \quad (\text{A2.3.1})$$

Siendo j el piso de la estructura a evaluar.

Los elementos de esta ecuación, antes individuales, ahora están compuestos por matrices que recogen sus valores para cada piso. Poniendo un ejemplo de una estructura de dos pisos, los elementos serían:

$$u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}; m = \begin{pmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{pmatrix}; f_D = \begin{pmatrix} f_{D_1} \\ f_{D_2} \end{pmatrix}; f_S = \begin{pmatrix} f_{S_1} \\ f_{S_2} \end{pmatrix}; p = \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \end{pmatrix} \quad (\text{A2.3.2})$$

Los únicos parámetros que cambian un poco con respecto a un SDOF son la fuerza resistente f_S y la fuerza de disipación f_D . A continuación, se explicará cual es la diferencia.

Tenemos también que la rigidez lateral de cada piso k_j es diferente, siendo la suma de las rigideces de las columnas de dicho piso, calculadas con la siguiente ecuación:

$$k_j = \sum_{n^{\circ} \text{ columnas}} \frac{12EI_c}{h^3} \quad (\text{A2.3.3})$$

Siendo:

E : módulo de young de la columna

I_c : segundo momento de inercia de la columna

h : altura de la columna

La fuerza resistente que presenta cada piso (f_{S_j}) es diferente también, puesto que la fuerza cortante lateral total de cada piso ha de tener en cuenta la fuerza cortante que el piso superior a él ejerce sobre el mismo. Esto se debe a que, al desplazarse un piso, el piso superior no se desplaza conjuntamente con él, por lo tanto, ofrece una resistencia a su movimiento en forma de una fuerza cortante. Los pisos inferiores también ofrecen resistencia puesto que tampoco se desplazan conjuntamente con el piso, pero si contáramos para un mismo piso las fuerzas cortantes de los pisos superior e inferior a la vez, al calcular la fuerza resistente del siguiente piso, estaríamos contando dos veces la contribución del piso previamente calculado.

Teniendo en cuenta que el cortante lateral de cada piso es:

$$V_j = k_j \Delta_j \quad (\text{A2.3.4})$$

Donde $\Delta_j = u_j - u_{j-1}$.

Entonces la fuerza resistente de cada piso puede ser calculada como la suma de la contribución de su propio cortante menos la contribución del cortante del piso superior.

$$f_{S_j} = V_j - V_{j+1} \quad (\text{A2.3.5})$$

Siguiendo con el ejemplo anterior de una estructura de dos pisos, la fuerza resistente en el primer piso sería la resultante de su propio cortante sustrayendo la contribución del cortante que el segundo ejerce sobre él.

$$f_{S_1} = V_1 - V_2 = k_1 u_1 - k_2 (u_2 - u_1) \quad (\text{A2.3.6})$$

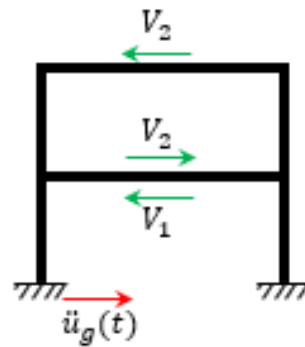
O también:

$$f_{S_1} = k_1 u_1 + k_2 (u_1 - u_2) \quad (\text{A2.3.7})$$

Y la fuerza cortante del segundo piso sería únicamente la contribución de su propio cortante ya que no hay piso superior a él.

$$f_{S_2} = V_2 = k_2 (u_2 - u_1) \quad (\text{A2.3.8})$$

Ejemplo:



Una vez obtenidas las fuerzas resistentes f_{Sj} para cada piso, las colocamos en una matriz como hemos indicado en la ecuación 6, obteniendo $f_S = ku$.

$$\begin{Bmatrix} f_{S1} \\ f_{S2} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{Bmatrix} \quad (\text{A2.3.9})$$

La fuerza de disipación de energía f_D sigue el mismo razonamiento que la fuerza resistente, esta vez teniendo en cuenta la velocidad en vez de los desplazamientos. Por lo tanto, para calcular la fuerza de disipación de cada piso se ha de tener en cuenta la contribución negativa del piso superior.

Siendo:

$$V_j = c_j \dot{\Delta}_j \quad (\text{A2.3.10})$$

$$f_{Dj} = V_j - V_{j+1} \quad (\text{A2.3.11})$$

$$f_{D1} = c_1 \dot{u}_1 + c_2(\dot{u}_1 - \dot{u}_2) \quad y \quad f_{D2} = c_2(\dot{u}_2 - \dot{u}_1) \quad (\text{A2.3.12})$$

Y en forma matricial, obteniendo $f_D = c\dot{u}$:

$$\begin{Bmatrix} f_{D1} \\ f_{D2} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_1 \\ \dot{u}_2 \end{Bmatrix} \quad (\text{A2.3.13})$$

A3. Métodos de cálculo en el tiempo

Cuando no se pueden desacoplar las ecuaciones de movimiento debido a una matriz de coeficientes de amortiguamiento no proporcional o porque el sistema es no lineal, los únicos métodos aplicables son los de integración directa en el tiempo de la ecuación de movimiento. Estos métodos también se usan para calcular las deformaciones de sistemas con muchos grados de libertad, ya que requieren menos tiempo de cálculo. La desventaja de este método es que requiere una matriz de ratios de amortiguamiento completamente definida, cosa que otros métodos no requieren.

Un método de integración numérica ha de ser consistente, ha de converger en la respuesta con más precisión a menor instante Δt , ha de ser estable cuando hay errores de redondeo en los cálculos y ha de ser preciso. La elección de un método u otro depende de dichos parámetros, así como de la ratio de amortiguamiento numérico impuesto al sistema. Este es necesario para contrarrestar las vibraciones parásitas no representativas del sistema que pueden generar las mallas de elementos finitos.

Todos los métodos de integración directa se aplican sobre la ecuación de movimiento en estructuras con más de un grado de libertad:

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = p(t) \quad (\text{A3.1})$$

Donde M, C y K son las matrices de masa, amortiguamiento y rigidez respectivamente. Por otro lado u , \dot{u} y \ddot{u} son los vectores de desplazamiento, velocidad y aceleración de la malla de elementos finitos. Finalmente, p es el vector de fuerzas exteriores aplicadas a los nodos.

A3.1. Métodos multi-paso

A3.1.1. Método multi-paso para ecuaciones de primer orden

La aplicación más simple de este método al sistema de ecuaciones de primer orden es la siguiente:

$$\sum_{i=0}^k \bar{\alpha}_i \hat{u}_{n+1-i} = \Delta t \sum_{i=0}^k \bar{\beta}_i f(\hat{u}_{n+1-i}, t_{n+1-i}) \quad (\text{A3.1.1.1})$$

Donde:

$\bar{\alpha}_i$ y $\bar{\beta}_i$ son constantes reales.

$$f = \begin{bmatrix} 0 & I \\ -M^{-1}K & -M^{-1}C \end{bmatrix} \hat{u} + \begin{bmatrix} 0 \\ M^{-1}p(t) \end{bmatrix} \quad (\text{A3.1.1.2})$$

$$\bar{\alpha}_0 \neq 0 \quad (\text{A3.1.1.3})$$

Buscando que $\bar{\alpha}_0 = 1$, la ecuación se puede reescribir como:

$$\hat{u}_{n+1} = - \sum_{i=1}^k \alpha_i \hat{u}_{n+1-i} + \Delta t \sum_{i=0}^k \beta_i \hat{u}_{n+1-i} \quad (\text{A3.1.1.4})$$

Donde:

α_i y β_i son constantes reales.

$\hat{u}_{n+1} = [\hat{u}_{n+1} \ \dot{u}_{n+1}]^T$ es el vector de estado en $t_{n+1} = (n+1)\Delta t$.

$\Delta t = t_{n-1} - t_n$ es el intervalo de tiempo.

$u_{n+1} = u(t_{n+1})$ y $\dot{u}_{n+1} = \dot{u}(t_{n+1})$

De esta ecuación podemos deducir que el vector de estado en el instante t_{n+1} es una función del estado de su derivada respecto al tiempo y de los vectores de estado y sus derivadas respecto al tiempo en k instantes previos. En el caso de que $k=1$, el estado actual del sistema depende únicamente de un estado previo, por ello el método será de un único paso o Single-Step. Un método es Multi-Paso cuando evalúa dos o más estados anteriores para determinar el actual.

Si un vector de estado puede ser evaluado únicamente a partir de los estados anteriores, el método es explícito. Por lo contrario, si solo depende de su propia derivada respecto al tiempo, el método es implícito.

A3.1.2. Método Multi-Paso para resolver ecuaciones de segundo orden

Multiplicando los términos de la primera ecuación por M^{-1} y transponiéndolos todos excepto el vector de aceleraciones, llegamos a una forma de la ecuación diferencial ordinaria lineal de segundo orden que puede ser expresada con la forma de un método Multi-Paso de k pasos:

$$\sum_{i=0}^k \alpha_i u_{n+1-i} = \Delta t \sum_{i=0}^k \beta_i G_1 u_{n+1-i} + \Delta t^2 \sum_{i=0}^k \gamma_i (G_0 u_{n+1-i} + h(t_{n+1-i})) \quad (\text{A3.1.2.1})$$

Donde:

G_0 y G_1 son matrices constantes.

$h(t)$ es una función vectorial de tiempo.

α_i , β_i y γ_i son constantes reales que definen el método usado. Si $\beta_0 = 0$ y $\gamma_0 = 0$ el método multi-paso es explícito.

A3.2. Método de la diferencia central

Este método requiere de unos periodos de tiempo muy cortos entre cálculos, por ello solo es útil en casos donde dichos cálculos sean muy cortos. Eso causa que solo se use en casos en los que una matriz de masa concentrada puede ser usada y el amortiguamiento viscoso es negligible.

Las aproximaciones diferenciales de velocidad y aceleración pueden estar escritas tal que así:

$$\dot{u}_n = \frac{1}{2\Delta t}(u_{n+1} - u_{n-1}) \quad (\text{A3.2.1})$$

$$\ddot{u}_n = \frac{1}{\Delta t^2}(u_{n+1} - 2u_n + u_{n-1}) \quad (\text{A3.2.2})$$

Sustituyendo esas aproximaciones en la ecuación de movimiento para múltiples grados de libertad se puede obtener la solución para t_{n+1} en la siguiente forma:

$$\hat{K} u_{n+1} = \hat{p}_n \quad (\text{A3.2.3})$$

Donde:

$\hat{K} = \frac{1}{\Delta t^2} M + \frac{1}{2\Delta t} C$ llamada matriz de rigidez efectiva.

$\hat{p}_n = p_n - \left(\frac{1}{\Delta t^2} M - \frac{1}{2\Delta t} C\right) u_{n-1} - \left(K - \frac{2}{\Delta t^2} M\right) u_n$ que es el vector de fuerzas efectivas.

Para encontrar los desplazamientos a t_{n+1} con este método hay que triangularizar la matriz de rigidez efectiva \hat{K} de forma que $\hat{K} = LDL^T$. Con lo que luego se hace:

$$LDL^T u_{n+1} = \hat{p}_n \quad (\text{A3.2.4})$$

Tal y como se puede apreciar, necesitamos tanto la ecuación de movimiento en t_n como los desplazamientos en u_{n-1} y en u_n para conseguir los desplazamientos en t_{n+1} . Esto implica que se requiere un procedimiento para encontrar los desplazamientos al final del primer periodo.

Si disponemos de dos de estos datos, u_0 , \dot{u}_0 o \ddot{u}_0 , podemos sacar el tercero de la ecuación de equilibrio dinámico. Esto deja vía libre para aplicar las aproximaciones diferenciales de la velocidad y la aceleración para sacar u_{-1} de este modo:

$$u_{-1} = u_0 - \Delta t \dot{u}_0 + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{u}_0 \quad (\text{A3.2.5})$$

Este método requiere que el periodo entre cálculos sea más pequeño que un periodo crítico, dado por la función:

$$\Delta t \leq \Delta t_{cr} = 0,318 T_{neq} \quad (\text{A3.2.6})$$

T_{neq} es uno de los periodos de vibración más pequeños de la estructura puede ser encontrado mediante el método de integración directa.

Si el amortiguamiento es negligible, la ecuación $\widehat{K}u_{n+1} = \widehat{p}_n$ se reduce a:

$$\left(\frac{1}{\Delta t^2}M\right)u_{n+1} = \widehat{p}_n = p_n - \left(\frac{1}{\Delta t^2}M\right)u_{n-1} \left(K - \frac{2}{\Delta t^2}M\right)u_n \quad (\text{A3.2.7})$$

Si también se da el caso de que la matriz de masa es diagonal, se pueden encontrar los desplazamientos en u_{n+1} sin que sea necesario factorizar \widehat{K} :

$$(u_i)_{n+1} = \left(\frac{\Delta t^2}{m_{ii}}\right)(\widehat{p}_i)_n, \quad m_{ii} > 0 \quad (\text{A3.2.8})$$

Donde $(u_i)_{n+1}$ y $(\widehat{p}_i)_n$ son los i -ésimos componentes de los vectores u_{n+1} y \widehat{p}_n respectivamente. Del mismo modo, m_{ii} son los i -ésimos componentes de la diagonal de la matriz de masa.

Haciendo eso, se aprecia que la triangularización de la matriz de rigidez no es necesaria, con lo que no hace falta construirla ya que las operaciones pueden ser realizadas a nivel de cada elemento. Con eso en mente, el factor $(K)u_n$, de la ecuación del vector de fuerzas efectivas, puede ser reescrito como:

$$K u_n = A_e K^{(e)} u_n = A_e f_n^{(e)} = f_{S_n} \quad (\text{A3.2.9})$$

Esto implica que se puede encontrar el valor del factor Ku_n mediante la suma de las contribuciones de cada elemento, $f_n^{(e)}$, al vector de fuerzas internas, f_{S_n} . Usando esta igualdad, \widehat{p}_n puede ser calculado como:

$$\widehat{p}_n = p_n - f_{S_n} - \frac{1}{\Delta t^2} M(u_{n-1} - 2u_n) \quad (\text{A3.2.10})$$

En la cual f_{S_n} es evaluado como la suma de las contribuciones de cada elemento $f_n^{(e)}$, con la igualdad $A_e f_n^{(e)} = f_{S_n}$ y usando la forma compacta de la matriz de posición. Con todo eso ya se puede realizar el cálculo mediante este método.

A3.3. Método de Houbolt

El método de Houbolt fue desarrollado para calcular la vibración forzada que se producía como respuesta a los esfuerzos soportados por estructuras aeronáuticas. Es un método explícito y de segundo orden, y es uno de los métodos más antiguos de integración directa de ecuaciones de dinámica estructural que existe. Este procedimiento de cálculo tiene dos grandes desventajas respecto a otros métodos: por un lado, la falta de precisión al predecir tanto las amplitudes como la periodicidad de las soluciones y por otro, que en la mayoría de casos hay que usar algún procedimiento especial al empezar que permita encontrar el valor de u_{n-1} y u_{n-2} . Hoy en día ya no se usa debido a que existen métodos mucho más precisos y que no requieren procedimientos especiales para iniciar el cálculo.

En este método se usan las siguientes aproximaciones:

$$\ddot{u}_{n+1} = \frac{1}{\Delta t^2} (2u_{n+1} - 5u_n + 4u_{n-1} - u_{n-2}) \quad (\text{A3.3.1})$$

$$\dot{u}_{n+1} = \frac{1}{6\Delta t} (11u_{n+1} - 18u_n + 9u_{n-1} - 2u_{n-2}) \quad (\text{A3.3.2})$$

Para obtener el movimiento en t_{n+1} solo hay que sustituir esas dos aproximaciones en la ecuación del movimiento expresada en t_{n+1} :

$$M \ddot{u}_{n+1} + C \dot{u}_{n+1} + K u_{n+1} = p_{n+1} \quad (\text{A3.3.3})$$

Que puede ser reordenado como:

$$\hat{K} u_{n+1} = \hat{p}_{n+1} \quad (\text{A3.3.4})$$

Donde:

$$\hat{K} = K + \frac{2}{\Delta t^2} M + \frac{11}{6\Delta t} C \quad (\text{A3.3.5})$$

$$\hat{p}_{n+1} = p_{n+1} + M \left[\frac{5}{\Delta t^2} u_n - \frac{4}{\Delta t^2} u_{n-1} + \frac{1}{\Delta t^2} u_{n-2} \right] + C \left[\frac{3}{\Delta t} u_n - \frac{3}{2\Delta t} u_{n-1} + \frac{1}{3\Delta t} u_{n-2} \right] \quad (\text{A3.3.6})$$

Finalmente, debe factorizarse la matriz \hat{K} , de modo que $\hat{K} = LDL^T$ el vector de desplazamientos en t_{n+1} se conseguirá mediante:

$$LDL^T u_{n+1} = \hat{p}_{n+1} \quad (\text{A3.3.7})$$

Con esto se pueden encontrar los valores de los desplazamientos en u_{n+1} .

A3.4. Método de Newmark

Para un intervalo de tiempos que entre dentro del límite de estabilidad, el método con aceleración lineal es más preciso que el método con aceleración media. Para poder usarlo, pero, es posible que se requiera de intervalos extremadamente cortos de tiempo debido a que, en sistemas de elementos finitos con muchos grados de libertad, los periodos de mayor rango pueden ser muy cortos. En consecuencia, el tiempo de cálculo se puede volver extremadamente largo y, por ello, es preferible usar el método de Newmark con aceleración media en vez de lineal aun siendo más preciso.

Las expresiones de velocidad y desplazamiento para un sistema con múltiples grados de libertad pueden ser formuladas de la forma siguiente:

$$\dot{u}_{n+1} = \dot{u}_n + (1 - \gamma) \Delta t \ddot{u}_n + \gamma \Delta t \ddot{u}_{n+1} \quad (\text{A3.4.1})$$

$$u_{n+1} = u_n + \Delta t \dot{u}_n + \left(\frac{1}{2} - \beta\right) \Delta t^2 \ddot{u}_n + \beta \Delta t^2 \ddot{u}_{n+1} \quad (\text{A3.4.2})$$

Donde β y γ son las constantes habituales de los métodos de Newmark. Para aceleración media $\beta = 1/4$ y $\gamma = 1/2$ y para aceleración lineal $\beta = 1/6$ y $\gamma = 1/2$.

Debido a que para encontrarlas es necesario saber \ddot{u}_{n+1} , las ecuaciones son implícitas, lo que requiere expresar las ecuaciones de equilibrio dinámico en el instante t_{n+1} . Para ello encontramos que:

$$\ddot{u}_{n+1} = \frac{1}{\beta \Delta t^2} (u_{n+1} - u_n) - \frac{1}{\beta \Delta t} \dot{u}_n - \left(\frac{1}{2\beta} - 1\right) \ddot{u}_n \quad (\text{A3.4.3})$$

Para evitar tener que encontrar el estado del sistema a t_{n+1} por iteración se pueden usar las ecuaciones anteriores para encontrar una forma de evitarlo. De modo que, si aislamos de las dos anteriores, llegamos a:

$$\dot{u}_{n+1} = \frac{\gamma}{\beta \Delta t} (u_{n+1} - u_n) - \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1\right) \dot{u}_n - \left(\frac{1}{2\beta} - 1\right) \Delta t \ddot{u}_n \quad (\text{A3.4.4})$$

Finalmente, sustituyendo las dos ecuaciones anteriores en las ecuaciones de equilibrio dinámico para t_{n+1} conseguimos la siguiente igualdad:

$$\hat{K} u_{n+1} = \hat{p}_{n+1} \quad (\text{A3.4.5})$$

Donde:

$$\hat{K} = K + \frac{1}{\beta \Delta t^2} M + \frac{\gamma}{\beta \Delta t} C \quad (\text{A3.4.6})$$

$$\hat{p}_{n+1} = p_{n+1} + M \left[\frac{1}{\beta \Delta t^2} u_n + \frac{1}{\beta \Delta t} \dot{u}_n + \left(\frac{1}{2\beta} - 1 \right) \ddot{u}_n \right] + C \left[\frac{\gamma}{\beta \Delta t} u_n + \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) \dot{u}_n + \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) \Delta t \ddot{u}_n \right] \quad (\text{A3.4.7})$$

Tras esto hay que factorizar la matriz de rigidez efectiva tal que $\tilde{K} = LDL^T$. Esta es la operación más costosa en tiempo de cálculo, pero solo es necesario hacerla una vez. Hecho esto se encuentran los valores del vector de desplazamientos mediante:

$$LDL^T u_{n+1} = \hat{p}_{n+1} \quad (\text{A3.4.8})$$

Para aplicar de forma correcta el método hay que asegurarse de que el intervalo de tiempo entre estados no supera el valor crítico de Δt_{cr} , dado por la ecuación:

$$\Delta t \leq \Delta t_{cr} = \frac{T_{neq}}{2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{2} - \beta}} = 0,551 T_{neq} \quad (\text{A3.4.9})$$

Donde T_{neq} es el periodo de mayor rango.

A3.5. Método Wilson- θ

El método Wilson- θ fue desarrollado como una extensión del método de Newmark para conseguir que el método de Newmark con aceleración lineal fuera incondicionalmente estable. En este asumimos que la velocidad varía de forma lineal en el intervalo entre $t_n = n\Delta t$ y $t_{n+\theta} = t_n + \theta\Delta t$, donde $\theta \geq 1,0$.

Tomando τ como variable de integración, tal que $0 \leq \tau \leq \theta\Delta t$ y una variación lineal de la aceleración se llega a que:

$$\ddot{u}(t_n + \tau) = \ddot{u}_n + \frac{\tau}{\theta\Delta t} (\ddot{u}_{n+\theta} - \ddot{u}_n) \quad (\text{A3.5.1})$$

Integrando esta ecuación una y dos veces se pueden conseguir la velocidad y los desplazamientos respectivamente:

$$\dot{u}(t_n + \tau) = \dot{u}_n + \ddot{u}_n \tau + \frac{\tau^2}{2\theta\Delta t} (\ddot{u}_{n+\theta} - \ddot{u}_n) \quad (\text{A3.5.2})$$

$$u(t_n + \tau) = u_n + \dot{u}_n \tau + \frac{\tau^2}{2} \ddot{u}_n + \frac{\tau^3}{6\theta\Delta t} (\ddot{u}_{n+\theta} - \ddot{u}_n) \quad (\text{A3.5.3})$$

Evaluando estas ecuaciones para $t_{n+\theta} = t_n + \theta \Delta t$, se puede ver claramente que el método es implícito, ya que las ecuaciones de desplazamiento y velocidad para $t_{n+\theta}$ dependen del valor de la aceleración en $t_{n+\theta}$:

$$\dot{u}_{n+\theta} = \dot{u}_n + \frac{\theta \Delta t}{2} (\ddot{u}_{n+\theta} - \ddot{u}_n) \quad (\text{A3.5.4})$$

$$u_{n+\theta} = u_n + \theta \Delta t \dot{u}_n + \frac{(\theta \Delta t)^2}{6} (\ddot{u}_{n+\theta} - 2\ddot{u}_n) \quad (\text{A3.5.5})$$

La transformación de este método a uno de explícito es similar a la transformación necesaria en el método de Newmark. De manera que $\ddot{u}_{n+\theta}$ y $\dot{u}_{n+\theta}$ se pueden obtener de las ecuaciones anteriores tal que:

$$\ddot{u}_{n+\theta} = \frac{6}{(\theta \Delta t)^2} (u_{n+\theta} - u_n) - \frac{6}{\theta \Delta t} \dot{u}_n - 2\ddot{u}_n \quad (\text{A3.5.6})$$

$$\dot{u}_{n+\theta} = \frac{3}{\theta \Delta t} (u_{n+\theta} - u_n) - 2\dot{u}_n - \frac{\theta \Delta t}{2} \ddot{u}_n \quad (\text{A3.5.7})$$

El siguiente paso es conseguir los desplazamientos, velocidades y aceleraciones a $t_{n+\theta}$. Para ellos se expresa la ecuación de equilibrio dinámico a $t_{n+\theta}$. De esa expresión desconocemos $p_{n+\theta}$ pero, como asumimos que la velocidad varia de forma lineal, podemos usar una proyección del vector, tal que:

$$p_{n+\theta} = p_n + \theta(p_{n+1} - p_n) \quad (\text{A3.5.8})$$

Con esta ecuación, la del equilibrio dinámico, la de la velocidad y la de la aceleración llegamos a la siguiente igualdad:

$$\hat{K}u_{n+\theta} = \hat{p}_{n+\theta} \quad (\text{A3.5.9})$$

Donde:

$$\hat{K} = K + \frac{6}{(\theta \Delta t)^2} M + \frac{3}{\theta \Delta t} C \quad (\text{A3.5.10})$$

$$\hat{p}_{n+\theta} = p_n + \theta(p_{n+1} - p_n) + M \left(\frac{6}{(\theta \Delta t)^2} u_n + \frac{6}{\theta \Delta t} \dot{u}_n + 2\ddot{u}_n \right) + C \left(\frac{3}{\theta \Delta t} u_n + 2\dot{u}_n + \frac{\theta \Delta t}{2} \ddot{u}_n \right) \quad (\text{A3.5.11})$$

Si tras esto se factoriza la matriz de rigidez efectiva tal que $\hat{K} = LDL^T$. Luego podemos llegar a hacer la siguiente sustitución:

$$LDL^T u_{n+\theta} = \hat{p}_{n+\theta} \quad (\text{A3.5.12})$$

Con esta ecuación conseguimos saber los valores de $u_{n+\theta}$. Con ello y las ecuaciones de la velocidad y la aceleración vistas anteriormente, podemos saber también $\dot{u}_{n+\theta}$ y $\ddot{u}_{n+\theta}$. Estos datos nos permiten encontrar los valores de u_{n+1} , \dot{u}_{n+1} y \ddot{u}_{n+1} a base de calcular las tres primeras ecuaciones con $\tau = \Delta t$. Llegando a:

$$\ddot{u}_{n+1} = \ddot{u}_n + \frac{1}{\theta} \left[\frac{6}{(\theta \Delta t)^2} (u_{n+\theta} - u_n) - \frac{6}{\theta \Delta t} \dot{u}_n - 3\ddot{u}_n \right] \quad (\text{A3.5.13})$$

$$\dot{u}_{n+1} = \dot{u}_n + \frac{\Delta t}{2} (\ddot{u}_{n+1} + \ddot{u}_n) \quad (\text{A3.5.14})$$

$$u_{n+1} = u_n + \Delta t \dot{u}_n + \frac{\Delta t^2}{6} (\ddot{u}_{n+1} + 2\ddot{u}_n) \quad (\text{A3.5.15})$$

Se puede demostrar que el método de Wilson- θ es incondicionalmente estable para $\theta \geq 1,37$. Habitualmente el valor que se usa es $\theta = 1,41$.

A3.6. Método de colocación

Este método permite unificar los tres métodos descritos con anterioridad. En este se usa un punto de colocación que se usa para obtener las fuerzas externas, desplazamientos, velocidades y aceleraciones antes de obtener sus valores a t_{n+1} . Con ese propósito, el punto se sitúa fuera del intervalo $[t_n, t_{n+1}]$.

Primero se expresa la ecuación de equilibrio dinámico en el instante $t_{n+\theta} = t_n + \theta \Delta t$. Donde $\theta \geq 1$ es el parámetro de colocación. Aceleraciones, velocidades, desplazamientos y el vector de fuerza en esos instantes pueden ser expresados como:

$$\ddot{u}_{n+\theta} = (1 - \theta)\ddot{u}_n + \theta\ddot{u}_{n+1} \quad (\text{A3.6.1})$$

$$\dot{u}_{n+\theta} = \dot{u}_n + \theta \Delta t(1 - \gamma)\ddot{u}_n + \theta \Delta t \gamma \ddot{u}_{n+\theta} \quad (\text{A3.6.2})$$

$$u_{n+\theta} = u_n + \theta \Delta t \dot{u}_n + (\theta \Delta t)^2 \left(\frac{1}{2} - \beta \right) \ddot{u}_n + (\theta \Delta t)^2 \beta \ddot{u}_{n+\theta} \quad (\text{A3.6.3})$$

$$p_{n+\theta} = (1 - \theta)p_n + \theta p_{n+1} \quad (\text{A3.6.4})$$

A partir de estas ecuaciones y siguiendo los mismos pasos que seguía el método de Wilson- θ se pueden construir las expresiones restantes para llegar a la expresión:

$$\hat{K}u_{n+\theta} = \hat{p}_{n+\theta} \quad (\text{A3.6.5})$$

Con esa fórmula y factorizando K tal que $\hat{K} = LDL^T$ se pueden obtener los valores de $u_{n+\theta}$.

Como se puede apreciar, la aceleración sale de una extrapolación lineal. Las velocidades y los desplazamientos se pueden obtener sustituyendo $\theta = 1$ en el grupo anterior de ecuaciones y usando las ecuaciones estándar del método de Newmark.

$$\ddot{u}_{n+1} = \ddot{u}_n + \frac{1}{\theta}(\ddot{u}_{n+\theta} - \ddot{u}_n) \quad (\text{A3.6.6})$$

$$\dot{u}_{n+1} = \dot{u}_n + \Delta t(1 - \gamma)\ddot{u}_n + \Delta t \gamma \ddot{u}_{n+1} \quad (\text{A3.6.7})$$

$$u_{n+1} = u_n + \Delta t \dot{u}_n + \Delta t^2 \left(\frac{1}{2} - \beta\right)\ddot{u}_n + \Delta t^2 \beta \ddot{u}_{n+1} \quad (\text{A3.6.8})$$

Modificando los parámetros de estas ecuaciones podemos usar los métodos descritos anteriormente:

Método de Newmark de aceleración media: $\theta = 1$, $\gamma = \frac{1}{2}$, $\beta = \frac{1}{4}$

Método de Newmark de aceleración lineal: $\theta = 1$, $\gamma = \frac{1}{2}$, $\beta = \frac{1}{6}$

Método de Wilson- θ : $\theta > 1$, $\gamma = \frac{1}{2}$, $\beta = \frac{1}{4}$

Una precisión de segundo orden se consigue usando $\gamma = \frac{1}{2}$. Para asegurar una estabilidad incondicional los valores han de ser: $\theta \geq 1$, $\gamma = \frac{1}{2}$, $\frac{2\theta^2-1}{4(2\theta^3-1)} \leq \beta \leq \frac{\theta}{2(\theta+1)}$.

A3.7. Método HHT- α

El modelado por elementos finitos puede crear frecuencias altas de vibración que no son representativas de la realidad y que deben ser eliminadas para el correcto estudio dinámico de la estructura. Para controlar estas vibraciones se suele usar amortiguamiento numérico. Quitar dichas frecuencias tiene un error asociado que depende del método que se use. Dicha precisión se valora con la ratio de convergencia, que es mayor cuanto más precisión tiene el método. Por ejemplo, en el método de Newmark se tiene una convergencia de segundo orden únicamente para $\gamma = \frac{1}{2}$, para el resto de valores la convergencia es de primer orden.

El método HHT- α , también conocido como método α , fue creado con el objetivo de producir amortiguamiento numérico mientras a la vez mantenía una ratio de convergencia de segundo orden y no sufría de la sobreestimación de la respuesta como los de colocación.

Este método usa las dos primeras ecuaciones del método de Newmark, pero modifica las ecuaciones de equilibrio dinámico de la siguiente forma:

$$M \ddot{u}_{n+1} + (1 + \alpha) C \dot{u}_{n+1} - \alpha C \dot{u}_n + (1 + \alpha) K u_{n+1} - \alpha K u_n = (1 + \alpha)p_{n+1} - \alpha p_n \quad (\text{A3.7.1})$$

De modo que si se incluyen las ecuaciones de \ddot{u}_{n+1} y \dot{u}_{n+1} del método de Newmark en la formula anterior, obtenemos una resolución muy similar a la de Newmark, en la que se usa la expresión:

$$\hat{K} u_{n+1} = \hat{p}_{n+1} \quad (\text{A3.7.2})$$

Donde:

$$\hat{K} = (1 + \alpha)K + (1 + \alpha) \frac{\gamma}{\beta \Delta t} C + \frac{1}{\beta \Delta t^2} M \quad (\text{A3.7.3})$$

$$\begin{aligned} \hat{p}_{n+1} = & (1 + \alpha)p_{n+1} - \alpha p_n + M \left[\frac{1}{\beta \Delta t^2} u_n + \frac{1}{\beta \Delta t} \dot{u}_n + \left(\frac{1}{2\beta} - 1 \right) \ddot{u}_n \right] \\ & + C \left[(1 + \alpha) \frac{\gamma}{\beta \Delta t} u_n + (1 + \alpha) \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) \dot{u}_n + (1 + \alpha) \left(\frac{\gamma}{2\beta} - 1 \right) \Delta t \ddot{u}_n \right] \\ & + C \alpha \dot{u}_n + K \alpha u_n \end{aligned} \quad (\text{A3.7.4})$$

Modificar el valor de las constantes del sistema modifica también el funcionamiento del método. Si $\alpha = 0$ el método HHT- α funciona igual que el método de Newmark. Por otro lado, si $-\frac{1}{3} \leq \alpha \leq 0$, $\beta = \frac{(1-\alpha)^2}{4}$, $\gamma = \frac{1-2\alpha}{2}$ obtenemos un método incondicionalmente estable con una ratio de convergencia de segundo orden. Valores inferiores de α aumentan la disipación de energía numérica del sistema.

Finalmente, debe factorizarse la matriz \hat{K} , de modo que $\hat{K} = LDL^T$ el vector de desplazamientos en t_{n+1} se conseguirá mediante:

$$LDL^T u_{n+1} = \hat{p}_{n+1} \quad (\text{A3.7.5})$$

Con esto se pueden encontrar los valores de los desplazamientos en u_{n+1} .

A4. Métodos de cálculo modal

El análisis modal de estructuras es útil puesto que permite simplificar las funciones de forma de las estructuras deformadas en funciones armónicas.

Para poder aplicar este método de resolución el sistema no debe tener niveles de disipación muy dispares y debe ser elástico.

En resumen, este método se compone de los siguientes pasos, los cuales explicaremos más adelante:

- I. Definir las propiedades estructurales.
 - a. Determinar las matrices de masa y resistencia, m y k .
 - b. Estimar las ratios de disipación modales ξ_n .
- II. Determinar las frecuencias y modos naturales ω_n y ϕ_n .
- III. Calcular la respuesta para cada modo según los siguientes pasos.
 - a. Resolver $q_n(t)$ mediante la ecuación $M_n \ddot{q}_n + C_n \dot{q}_n + K_n q_n = P_n(t)$ o $\ddot{q}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = \frac{P_n(t)}{M_n}$
 - b. Calcular los desplazamientos nodales $u_n(t)$ mediante la ecuación $u_n(t) = \phi_n q_n(t)$
 - c. Calcular las fuerzas en los elementos relacionadas con los desplazamientos nodales.
- IV. Determinar la respuesta total combinando las contribuciones de todos los modos. Obtener los desplazamientos nodales mediante $u_n(t) = \sum_{n=1}^N \phi_n q_n(t)$ y las fuerzas de los elementos mediante $r(t) = \sum_{n=1}^N r_n(t)$

1a) El primer paso consiste en establecer las propiedades estructurales de nuestra estructura, determinando las matrices de masa y resistencia. Estas matrices son matrices simétricas de tal forma que $(m_{ij} = m_{ji})$; $(k_{ij} = k_{ji})$, con la diferencia que normalmente la matriz de masa suele idealizarse a una matriz diagonal una vez las masas se concentran. De modo que las matrices a determinar son:

$$\begin{bmatrix} m_{11} & m_{1j} & \dots & m_{1N} \\ m_{i1} & m_{22} & \dots & m_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{N1} & m_{N2} & \dots & m_{ij} \end{bmatrix} \text{ o } \begin{bmatrix} m_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_{22} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & m_{ij} \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} k_{11} & k_{1j} & \dots & k_{1N} \\ k_{i1} & k_{22} & \dots & k_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{N1} & k_{N2} & \dots & k_{ij} \end{bmatrix} \quad (\text{A4.1})$$

Los valores de masa suelen ser conocidos o estimados y los valores de resistencia pueden ser obtenidos mediante métodos convencionales utilizados también en el estudio estático de estructuras.

1b) Una vez establecidas estas matrices se deben estimar las ratios de disipación modales.

Para estimar las ratios de disipación modales se ha de recurrir a tablas de datos existentes. Lo ideal sería tener información de las ratios de disipación de una estructura similar a la que se desea

estudiar afectada por un fuerte sismo, pero dado que esta coincidencia es escasa, hemos de ceñirnos a los datos que tenemos por el momento.

La siguiente tabla se ha extraído del libro *Dynamics of Structures* por Anil K Chopra.

En ella se pueden observar diferentes ratios de disipación dependiendo del nivel de estrés de la estructura y de su material. Los valores de ratios más bajos se usan para estructuras especiales que precisan de un enfoque más conservador mientras que los valores más elevados se utilizan para estructuras ordinarias.

TABLE 11.2.1 RECOMMENDED DAMPING VALUES

Stress Level	Type and Condition of Structure	Damping Ratio (%)
Working stress, no more than about $\frac{1}{2}$ yield point	Welded steel, prestressed concrete, well-reinforced concrete (only slight cracking)	2–3
	Reinforced concrete with considerable cracking	3–5
	Bolted and/or riveted steel, wood structures with nailed or bolted joints	5–7
At or just below yield point	Welded steel, prestressed concrete (without complete loss in prestress)	5–7
	Prestressed concrete with no prestress left	7–10
	Reinforced concrete	7–10
	Bolted and/or riveted steel, wood structures with bolted joints	10–15
	Wood structures with nailed joints	15–20

Source: N. M. Newmark, and W. J. Hall, *Earthquake Spectra and Design*, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, Calif., 1982.

Tabla A4.1 – Ratio de disipación dependiendo del tipo de estructura. Extraído del libro Dynamics of Structures por Anil K Chopra

2) A continuación, debemos obtener las frecuencias y modos naturales del sistema. Estas se obtienen resolviendo el conocido como *problema del valor propio*.

Para un sistema de dos pisos sin disipación, la vibración libre en sus modos de vibración naturales puede expresarse como:

$$u(t) = q_n(t)\phi_n \quad (\text{A4.2})$$

Donde:

$$q_n(t) = A_n \cos \omega_n t + B_n \sin \omega_n t \quad (\text{A4.3})$$

A y B son constantes de integración que pueden resolverse imponiendo las condiciones iniciales del sistema. Sustituyendo la ecuación (2) en (1) obtenemos:

$$u(t) = \phi_n (A_n \cos \omega_n t + B_n \sin \omega_n t) \quad (\text{A4.4})$$

Teniendo en cuenta que para nuestro ejemplo sin disipación la ecuación de movimiento es $m\ddot{u} + ku = 0$, sustituyendo por la expresión anterior obtenemos:

$$[-\omega_n^2 m \phi_n + k \phi_n] q_n(t) = 0 \quad (\text{A4.5})$$

La solución $q_n(t) = 0$ no es de interés, pues implica que los desplazamientos son nulos. La solución de interés es la que satisface:

$$k \phi_n = \omega_n^2 m \phi_n \quad (\text{A4.6})$$

Este es conocido como el *problema de la matriz de valor propio*, k y m son conocidas y las incógnitas son el escalar ω_n^2 y el vector ϕ_n . Podemos reescribir el problema de la siguiente manera:

$$[k - \omega_n^2 m] \phi_n = 0 \quad (\text{A4.7})$$

Descartando la solución trivial $\phi_n = 0$ ya que implica que no hay movimiento, nos queda resolver la solución no trivial:

$$\det[k - \omega_n^2 m] = 0 \quad (\text{A4.8})$$

Esta es conocida como la *ecuación característica* o la *ecuación de frecuencia* y sus N raíces proporcionan las N frecuencias naturales del sistema (ω_n), conocidas como *valores propios*, *valores característicos* o *valores normales*. Una vez obtenidos estos valores, sustituyendo las N frecuencias naturales obtenidas en la ecuación (6), obtendremos N vectores independientes ϕ_n conocidos como *modos naturales de vibración* o *formas modales naturales de vibración*.

En resumen, un sistema con N grados de libertad tiene N frecuencias naturales ω_n ($n = 1, 2, \dots, N$) ordenadas de menor a mayor ($\omega_1 < \omega_2 < \dots < \omega_N$) con sus correspondientes períodos T_n y modos naturales ϕ_n . El término natural hace referencia a que las propiedades de la estructura están referidas su estado natural en vibración libre sin disipación de energía, y que únicamente dependen de la masa y la rigidez. El sufijo n hace referencia al modo natural que se está evaluando y $n = 1$ es conocido como el *modo fundamental*.

3a) En un sistema con disipación de energía la ecuación de movimiento es:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t) \quad (\text{A4.9})$$

Y sustituyendo esta ecuación por la expresión modal de u:

$$u(t) = \sum_{r=1}^N \phi_r q_r(t) = \Phi q(t) \quad (\text{A4.10})$$

Donde:

ϕ_r : representa los modos naturales del sistema sin disipación.

q_r : son multiplicadores escalares llamados *coordenadas normales o modales*.

Queda la expresión:

$$\sum_{r=1}^N m \phi_r \ddot{q}_r(t) + \sum_{r=1}^N c \phi_r \dot{q}_r(t) + \sum_{r=1}^N k \phi_r q_r(t) = p(t) \quad (\text{A4.11})$$

La cual puede simplificarse premultipliándola por ϕ_n^T . Resultando en:

$$\sum_{r=1}^N \phi_n^T m \phi_r \ddot{q}_r(t) + \sum_{r=1}^N \phi_n^T c \phi_r \dot{q}_r(t) + \sum_{r=1}^N \phi_n^T k \phi_r q_r(t) = \phi_n^T p(t) \quad (\text{A4.12})$$

La cual puede reescribirse como:

$$M_n \ddot{q}_n + \sum_{r=1}^N C_{nr} \dot{q}_r + K_n q_n = P_n(t) \quad (\text{A4.13})$$

Donde:

$$M_n = \phi_n^T m \phi_n ; C_{nr} = \phi_n^T c \phi_r ; K_n = \phi_n^T k \phi_n ; P_n = \phi_n^T p(t) \quad (\text{A4.14})$$

M_n , K_n y P_n son conocidos como la *masa generalizada*, *rigidez generalizada* y *fuerza generalizada* del sistema, respectivamente, y sólo dependen del n modo ϕ_n .

Reescrita en forma matricial, la ecuación (12) queda en:

$$M\ddot{q} + C\dot{q} + Kq = P(t) \quad (\text{A4.15})$$

Donde:

M : es una matriz diagonal de las masas modales generalizadas M_n .

K : es una matriz diagonal de la rigidez modal generalizada K_n .

C : es una matriz de coeficientes C_{nr} .

P : es un vector columna de las fuerzas modales generalizadas $P_n(t)$.

A partir de este punto entra en juego el tipo de disipación de energía que tenga el sistema. Si C es diagonal, se dice que el sistema tiene *disipación clásica*, si no es diagonal, el sistema tiene *disipación no clásica*. El análisis modal trabaja con sistemas con disipación clásica, puesto que simplifica mucho el cálculo y la ecuación (12) queda reducida a:

$$M_n \ddot{q}_n + C_n \dot{q}_n + K_n q_n = P_n(t) \quad (\text{A4.16})$$

Donde:

$$C_n = \phi_n^T c \phi_n$$

Dividiendo esta ecuación por M_n resulta en:

$$\ddot{q}_n + 2\xi_n \omega_n \dot{q}_n + \omega_n^2 q_n = \frac{P_n}{M_n} \quad (\text{A4.17})$$

Donde ξ_n es la ratio de disipación para el modo n estimado en el apartado anterior.

Una vez preparadas estas ecuaciones, resolviéndolas para la coordenada modal $q_n(t)$ se obtiene la respuesta dinámica del sistema.

3b) Una vez obtenidas las coordenadas modales $q_n(t)$ podemos calcular los desplazamientos modales del modo n mediante la ecuación:

$$u_n(t) = \phi_n q_n(t) \quad (\text{A4.18})$$

Superponiendo las contribuciones modales de cada modo n obtenemos el desplazamiento total:

$$u(t) = \sum_{n=1}^N u_n(t) = \sum_{n=1}^N \phi_n q_n(t) \quad (\text{A4.11})$$

Este método es conocido como el *método de análisis modal clásico* o el *método de superposición de modos clásico*, pero normalmente se le llama sólo *análisis modal*. Este método sólo admite disipación clásica para que las ecuaciones puedan resolverse.

3c) Ahora debemos conocer la contribución de los modos a las fuerzas en los diferentes elementos (vigas, columnas, paredes...) causadas por los desplazamientos. Para ello se proponen dos métodos:

3c.1) Primero se calcula la contribución $r_n(t)$ de un modo n a la fuerza en un elemento mediante los desplazamientos calculados usando las ecuaciones:

$$r_n(t) = M_n(t) = \frac{6EI}{L^2} u_n(t); \quad r_n(t) = V_n(t) = \frac{12EI}{L^3} u_n(t) \quad (\text{A4.20})$$

Siendo:

E : módulo de Young del elemento

I : segundo momento de área del elemento

L : longitud del elemento

Después se calcula la contribución de todos los modos con:

$$r(t) = \sum_{n=1}^N r_n(t) \quad (\text{A4.21})$$

3c.2) Las fuerzas estáticas asociadas a un modo n se calculan como:

$$f_n(t) = k u_n(t) \quad (\text{A4.22})$$

Entonces, sustituyendo en ella las ecuaciones (17) y (5), obtenemos:

$$f_n(t) = \omega_n^2 m \phi_n q_n(t) \quad (\text{A4.23})$$

Analizando estáticamente la estructura para estas fuerzas externas en cada instante de tiempo nos dará $r_n(t)$ para después obtener $r(t)$ mediante la ecuación (20).

4) Calcular la respuesta total de la estructura combinando las respuestas de todos los modos.

Para la respuesta total de desplazamientos nodales $u(t)$ se utiliza la ecuación (18) y para la respuesta total de las fuerzas en los elementos se utiliza la ecuación (20).

Anexo B. Ampliación de los resultados.

En este anexo se adjuntan las tablas de resultados proporcionadas por CYPE del modelo real en sus variantes según normativa.

Anexo B1. Según normativa NCSE-02

B1.1. Desplazamiento de los pilares

A continuación, se muestra una tabla con los desplazamientos individuales de cada pilar en cada una de las plantas en las que se encuentra, tanto para situaciones persistentes o transitorias como para situaciones sísmicas.

Datos de Pilares			Situaciones persistentes o transitorias			Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P1	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.21	0.04	0.14	0.22
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.20
P2	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.21	0.04	0.08	0.22
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.19
P3	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.20	0.04	0.09	0.22
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.19
P4	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.50	0.04	0.13	0.56
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.52
P5	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.14	0.55
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.50
P6	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.68	0.03	0.11	0.88
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.44
P7	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.65	0.03	0.09	0.77
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.54
P8	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.03	0.09	0.74
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.52
P9	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.63	0.03	0.10	0.76
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.53
P10	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.67	0.03	0.08	0.82
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.57
P11	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.59	0.30	1.01	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.57	0.24	0.79	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.55	0.18	0.56	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.51	0.12	0.33	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.05	0.12	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.45
P12	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.61	0.27	0.95	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.73	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.17	0.52	0.60

	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.31	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.11	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.45
P13	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.62	0.27	0.83	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.64	0.62
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.57	0.17	0.45	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.26	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.08	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.44
P14	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.59	0.30	0.80	0.63
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.57	0.24	0.62	0.62
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.55	0.18	0.43	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.51	0.12	0.25	0.55
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.05	0.08	0.50
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.44
P21	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.55	0.32	0.79	0.62
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.54	0.26	0.61	0.61
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.51	0.19	0.42	0.58
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.48	0.12	0.24	0.54
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.43	0.06	0.07	0.49
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.42
P23	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.48	0.35	0.78	0.60
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.47	0.28	0.59	0.59
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.46	0.21	0.41	0.57
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.43	0.13	0.24	0.53
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.39	0.06	0.08	0.48
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.42
P24	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.55	0.32	1.05	0.67
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.54	0.25	0.81	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.52	0.19	0.58	0.63
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.49	0.12	0.35	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.44	0.06	0.13	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.45
P25	Cubierta	15.40	0.00	0.28	0.50	0.35	1.08	0.69
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.49	0.27	0.84	0.68
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.47	0.20	0.60	0.66
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.45	0.13	0.36	0.62
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.41	0.06	0.13	0.57
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.50
P26	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.69	0.18	0.82	0.76
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.67	0.15	0.63	0.75
	Planta 3	8.85	0.01	0.16	0.66	0.12	0.44	0.73
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.64	0.08	0.26	0.70
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.59	0.03	0.08	0.64
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.55
P27	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.77	0.18	0.85	0.82
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.76	0.15	0.66	0.81
	Planta 3	8.85	0.01	0.16	0.74	0.12	0.46	0.78
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.70	0.08	0.27	0.74
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.03	0.09	0.68

	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.61
P28	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.77	0.18	0.88	0.82
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.76	0.15	0.68	0.81
	Planta 3	8.85	0.01	0.15	0.74	0.12	0.48	0.78
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.70	0.08	0.28	0.74
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.03	0.09	0.68
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.60
P29	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.77	0.18	0.92	0.84
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.76	0.15	0.71	0.83
	Planta 3	8.85	0.01	0.15	0.74	0.12	0.50	0.81
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.70	0.08	0.30	0.77
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.65	0.03	0.10	0.70
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.63
P30	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.70	0.18	0.97	0.79
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.68	0.15	0.75	0.78
	Planta 3	8.85	0.01	0.15	0.66	0.12	0.53	0.75
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.63	0.08	0.32	0.72
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.58	0.03	0.11	0.66
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.56
P31	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.57	0.31	0.80	0.63
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.56	0.25	0.61	0.61
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.53	0.19	0.42	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.50	0.12	0.24	0.55
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.45	0.05	0.08	0.49
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.43
P32	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.52	0.34	0.78	0.61
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.51	0.27	0.60	0.60
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.49	0.20	0.42	0.57
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.46	0.13	0.24	0.53
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.42	0.06	0.08	0.48
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.42
P33	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.57	0.31	1.03	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.56	0.25	0.80	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.54	0.18	0.57	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.50	0.12	0.34	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.45	0.05	0.13	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.45
P34	Cubierta	15.40	0.00	0.28	0.53	0.33	1.06	0.68
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.52	0.26	0.82	0.67
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.50	0.20	0.59	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.47	0.13	0.35	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.43	0.06	0.13	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.47
P35	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.14	0.55
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.48
P36	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.45	0.05	0.14	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.46
P37	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.41	0.06	0.14	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.51
P38	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.61	0.27	0.93	0.64

	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.59	0.22	0.72	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.17	0.51	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.30	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.11	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.44
P39	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.61	0.27	0.91	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.70	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.17	0.49	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.29	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.10	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.45
P40	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.61	0.27	0.89	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.69	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.17	0.48	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.28	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.10	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.46
P41	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.61	0.27	0.88	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.68	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.17	0.48	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.11	0.28	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.09	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.48
P42	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.61	0.27	0.87	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.67	0.62
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.17	0.47	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.11	0.28	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.09	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.46
P43	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.61	0.27	0.86	0.63
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.67	0.62
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.17	0.47	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.27	0.55
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.09	0.50
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.44
P44	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.61	0.27	0.84	0.63
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.65	0.62
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.57	0.17	0.45	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.26	0.55
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.09	0.50
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.43
P45	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.61	0.27	0.85	0.63
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.66	0.61
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.57	0.17	0.46	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.27	0.55
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.09	0.50
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.43
P46	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.61	0.27	0.92	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.60	0.22	0.71	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.17	0.50	0.60

	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.11	0.29	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.10	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.44
P47	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.55	0.26	0.83	0.68
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.54	0.19	0.59	0.66
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.51	0.13	0.35	0.62
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.46	0.06	0.13	0.56
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.47
P48	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.60	0.24	0.80	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.57	0.18	0.57	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.12	0.34	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.13	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.45
P49	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.60	0.20	0.85	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.58	0.15	0.60	0.65
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.55	0.10	0.36	0.62
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.05	0.14	0.57
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.51
P50	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.62	0.19	0.82	0.68
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.59	0.14	0.58	0.65
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.56	0.09	0.35	0.62
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.04	0.13	0.57
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.53
P51	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.60	0.24	0.61	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.57	0.18	0.42	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.12	0.24	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.08	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.43
P52	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.55	0.26	0.60	0.62
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.53	0.20	0.42	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.50	0.13	0.24	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.45	0.06	0.08	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.42
P53	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.20	0.60	0.68
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.59	0.16	0.43	0.66
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.56	0.10	0.25	0.63
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.05	0.08	0.57
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.52
P54	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.64	0.19	0.60	0.70
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.62	0.14	0.42	0.68
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.59	0.09	0.24	0.64
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.53	0.04	0.08	0.59
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.52
P55	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.63	0.21	0.72	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.61	0.16	0.51	0.63
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.57	0.11	0.30	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.05	0.11	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.44
P56	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.63	0.21	0.70	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.61	0.16	0.49	0.63

	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.58	0.11	0.29	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.05	0.10	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.45
P57	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.64	0.21	0.69	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.62	0.16	0.48	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.58	0.11	0.28	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.05	0.10	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.47
P58	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.64	0.21	0.67	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.62	0.16	0.47	0.63
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.58	0.11	0.27	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.05	0.09	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.44
P59	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.63	0.21	0.67	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.61	0.16	0.47	0.63
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.58	0.11	0.28	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.05	0.09	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.47
P60	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.63	0.21	0.65	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.61	0.16	0.45	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.57	0.11	0.26	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.05	0.09	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.44
P61	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.75	0.16	0.72	0.81
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.72	0.12	0.51	0.78
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.69	0.08	0.30	0.74
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.04	0.11	0.69
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.61
P62	Cubierta	15.40	0.00	0.29	0.77	0.19	0.91	0.80
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.75	0.16	0.70	0.78
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.72	0.12	0.49	0.76
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.69	0.08	0.29	0.72
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.04	0.10	0.68
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.61
P63	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.76	0.19	0.89	0.79
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.74	0.16	0.69	0.77
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.72	0.12	0.49	0.75
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.68	0.08	0.28	0.71
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.04	0.10	0.66
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.61
P64	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.77	0.19	0.87	0.78
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.74	0.16	0.67	0.76
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.72	0.12	0.47	0.74
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.68	0.08	0.28	0.70
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.63	0.04	0.09	0.65
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.60
P65	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.77	0.19	0.86	0.79
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.74	0.16	0.67	0.77
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.72	0.12	0.47	0.75
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.69	0.08	0.27	0.71

	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.04	0.09	0.67
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.60
P66	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.75	0.16	0.65	0.81
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.72	0.12	0.45	0.78
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.68	0.08	0.26	0.74
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.04	0.09	0.69
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.61

Tabla B1.1.1 - Desplazamientos individuales de los pilares para situaciones persistentes o transitorias y situaciones sísmica

B1.2. Coeficientes de participación

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.121	0.0487	0.2497	0.9671	2.36 %	61 %	R = 2 A = 0.597 m/s ² D = 0.22118 mm	R = 2 A = 0.597 m/s ² D = 0.22118 mm
Modo 2	0.105	0.0689	0.0269	0.9973	32.67 %	4.9 %	R = 2 A = 0.584 m/s ² D = 0.16251 mm	R = 2 A = 0.584 m/s ² D = 0.16251 mm
Modo 3	0.057	0.091	0.0008	0.9959	37.67 %	0 %	R = 2 A = 0.547 m/s ² D = 0.04493 mm	R = 2 A = 0.547 m/s ² D = 0.04493 mm
Modo 4	0.034	0.0488	0.7421	0.6685	0.1 %	22.71 %	R = 2 A = 0.529 m/s ² D = 0.01511 mm	R = 2 A = 0.529 m/s ² D = 0.01511 mm
Modo 5	0.029	0.049	0.0126	0.9987	7.69 %	0.5 %	R = 2 A = 0.525 m/s ² D = 0.01124 mm	R = 2 A = 0.525 m/s ² D = 0.01124 mm
Modo 6	0.021	0.1143	0.9554	0.2722	0.08 %	5.24 %	R = 2 A = 0.519 m/s ² D = 0.00568 mm	R = 2 A = 0.519 m/s ² D = 0.00568 mm
Modo 7	0.020	0.0352	0.3472	0.9371	0.04 %	4.33 %	R = 2 A = 0.518 m/s ² D = 0.00512 mm	R = 2 A = 0.518 m/s ² D = 0.00512 mm
Modo 8	0.018	0.0639	0.002	0.998	8.59 %	0.01 %	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00428 mm	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00428 mm
Modo 9	0.017	0.0143	0.0138	0.9998	0.1 %	0.09 %	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00376 mm	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00376 mm
Modo 10	0.017	0.0837	0.0232	0.9962	1.62 %	0.12 %	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00371 mm	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00371 mm
Total					90.92 %	98.9 %		

Tabla B1.2.1 – Coeficientes de participación según modo del sismo

Tabla B1.2.1 – Coeficientes de participación

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

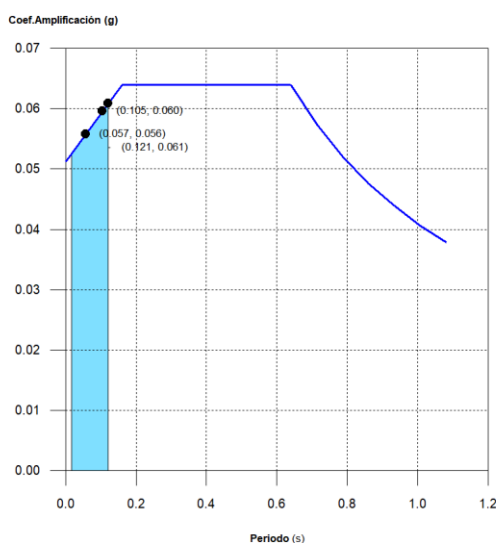


Figura B1.2.1 – Coeficiente de amplificación vs periodo

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo 1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.121	0.061
Modo 2	0.105	0.060
Modo 3	0.057	0.056

Tabla B1.2.2 – Hipótesis de sismo 1

B1.3. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
Cubierta	(21.13, 8.36)	(21.95, 10.05)	-0.83	-1.69
Planta 4	(21.22, 8.28)	(21.84, 10.62)	-0.62	-2.34
Planta 3	(21.20, 8.30)	(21.58, 10.73)	-0.38	-2.44
Planta 2	(21.20, 8.27)	(21.48, 10.36)	-0.28	-2.09
Planta 1	(22.28, 9.90)	(22.93, 11.57)	-0.65	-1.67

Tabla B1.3.1 – Coordenadas del centro de masas en cada planta

c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta

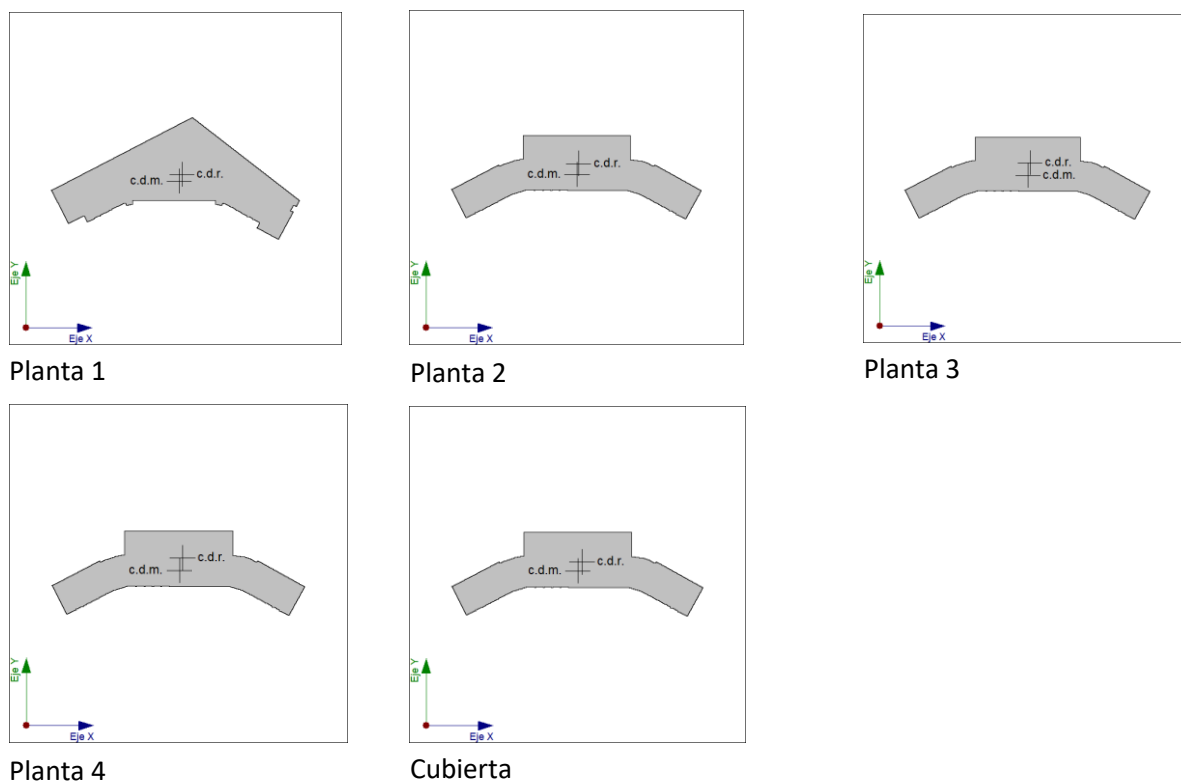


Figura B1.3.1 – Representación del centro de masas en cada planta

B1.4. Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q _x (t)	F _{eq,X} (t)	Q _y (t)	F _{eq,Y} (t)
Cubierta	37.5806	37.5806	15.6860	15.6860
Planta 4	65.1462	29.2165	28.7529	13.5670
Planta 3	85.1635	24.8910	37.8970	9.6664
Planta 2	99.9846	20.0076	42.7972	5.5485
Planta 1	112.1497	20.7211	45.6801	6.1248

Tabla B1.4.1 – Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta en dirección X

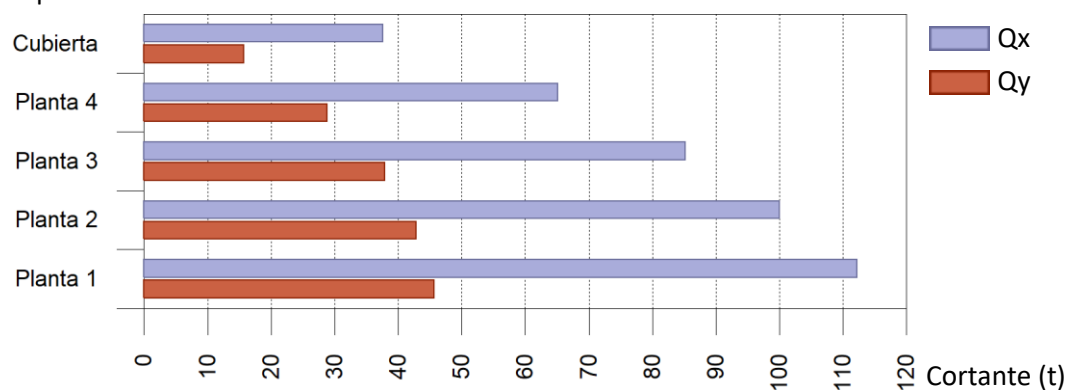
Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q _x (t)	F _{eq,X} (t)	Q _y (t)	F _{eq,Y} (t)
Cubierta	13.8681	13.8681	52.0895	52.0895
Planta 4	26.2783	12.6369	90.4989	41.8035
Planta 3	34.8854	9.2250	117.6978	36.6655
Planta 2	41.2050	7.2287	134.4886	26.5879
Planta 1	45.6885	7.2230	152.4709	38.2772

Tabla B1.4.2 – Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta en dirección Y

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

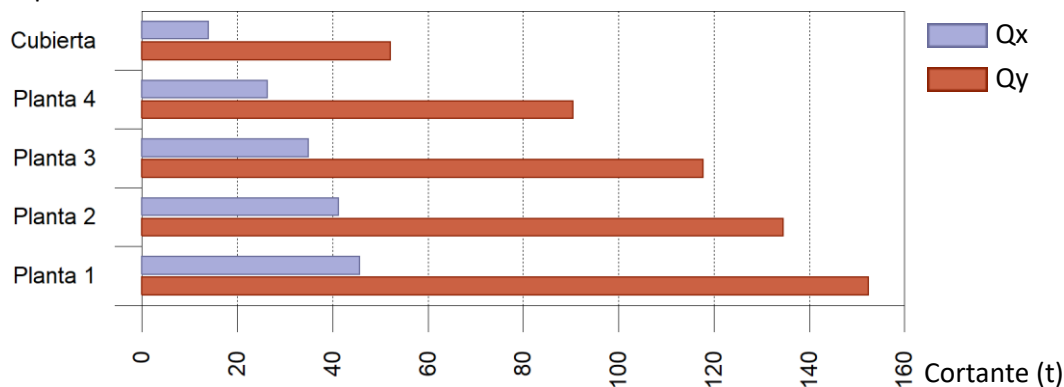
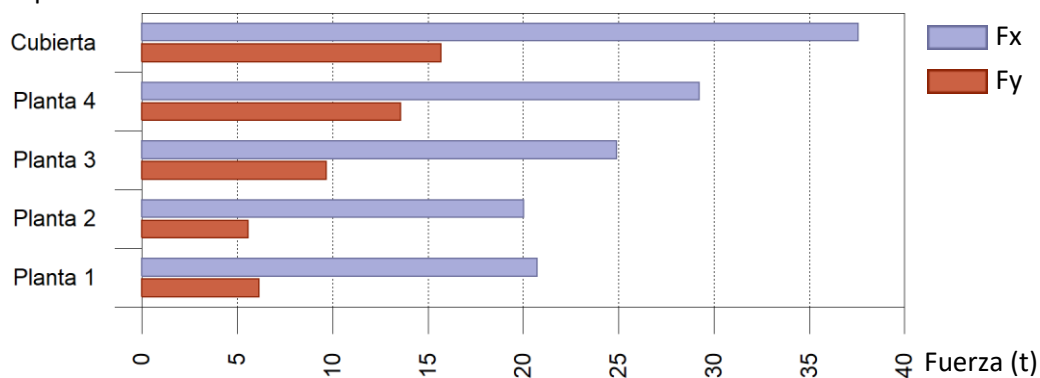


Figura B1.4.1 – Cortantes sísmicos máximos por planta para hipótesis X1 e Y1

Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

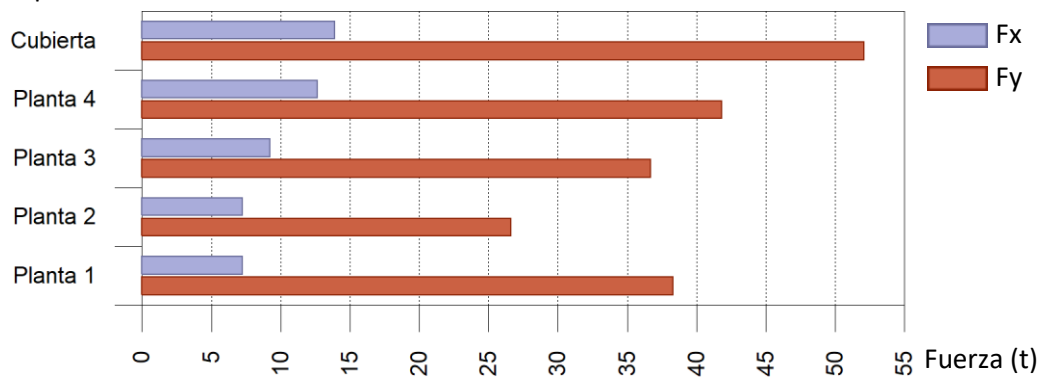


Figura B1.4.2 – Fuerzas sísmicas equivalentes por planta para hipótesis X1 e Y1

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Cubierta	1.93	98.07	0.23	99.77
Planta 4	1.07	98.93	0.69	99.31
Planta 3	0.54	99.46	0.55	99.45
Planta 2	1.62	98.38	1.07	98.93
Planta 1	3.39	96.61	0.91	99.09

Tabla B1.4.3 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por planta en dirección X

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Cubierta	3.94	96.06	0.16	99.84
Planta 4	1.77	98.23	0.80	99.20
Planta 3	1.16	98.84	0.60	99.40
Planta 2	1.12	98.88	0.95	99.05
Planta 1	6.10	93.90	1.11	98.89

Tabla B1.4.4 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por planta en dirección X

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostamiento.

Hipótesis sísmica	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Sismo X1	3.39	96.61	0.91	99.09
Sismo Y1	6.10	93.90	1.11	98.89

Tabla B1.4.5 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

B1.5. Tensiones bajo vigas de cimentación**Planta baja**

Tensión admisible en situaciones persistentes: 1.20 kp/cm²

Tensión admisible en situaciones accidentales: 1.80 kp/cm²

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en borde (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
1	B27-B28	M40: 30x70	0.30	0.31	Cumple	0.34	0.35	Cumple
2	B26-P25	M48: 30x70	0.37	0.38	Cumple	0.44	0.46	Cumple
2	P25-P34	M6: 30x70	0.38	0.38	Cumple	0.43	0.44	Cumple
2	P34-P24	M7: 30x70	0.38	0.38	Cumple	0.42	0.43	Cumple
2	P24-P33	M8: 30x70	0.39	0.40	Cumple	0.42	0.43	Cumple
2	P33-P11	M9: 30x70	0.41	0.41	Cumple	0.43	0.43	Cumple
2	P11-B5	M13: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.46	0.46	Cumple
3	P13-B3	M45: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.46	0.46	Cumple
3	B3-B4	M25: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.46	0.47	Cumple
3	B4-P14	M24: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.45	0.46	Cumple
3	P14-P31	M20: 30x70	0.41	0.41	Cumple	0.42	0.42	Cumple
3	P31-P21	M21: 30x70	0.39	0.39	Cumple	0.41	0.41	Cumple
3	P21-P32	M22: 30x70	0.37	0.38	Cumple	0.40	0.40	Cumple
3	P32-P23	M23: 30x70	0.37	0.37	Cumple	0.39	0.40	Cumple
3	P23-B7	M27: 30x70	0.35	0.36	Cumple	0.39	0.39	Cumple
4	B5-B6	M26: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.46	0.47	Cumple
4	B6-P12	M43: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.46	0.47	Cumple
5	P12-P38	M19: 30x70	0.42	0.43	Cumple	0.44	0.44	Cumple
5	P38-P46	M10: 30x70	0.42	0.42	Cumple	0.43	0.43	Cumple
5	P46-P39	M11: 30x70	0.42	0.43	Cumple	0.43	0.44	Cumple
5	P39-P40	M12: 30x70	0.43	0.44	Cumple	0.45	0.45	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en borde (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
5	P40-P41	M14: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.46	0.47	Cumple
5	P41-P42	M15: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.46	0.47	Cumple
5	P42-P43	M16: 30x70	0.44	0.44	Cumple	0.45	0.45	Cumple
5	P43-P45	M17: 30x70	0.42	0.43	Cumple	0.43	0.43	Cumple
5	P45-P44	M18: 30x70	0.42	0.42	Cumple	0.42	0.43	Cumple
5	P44-P13	M44: 30x70	0.42	0.43	Cumple	0.43	0.43	Cumple
6	B25-P50	M55: 30x70	0.47	0.48	Cumple	0.50	0.51	Cumple
6	P50-B33	M55: 30x70	0.49	0.50	Cumple	0.52	0.53	Cumple
6	B33-B32	M58: 30x70	0.50	0.51	Cumple	0.54	0.55	Cumple
7	B9-B8	M29: 30x70	0.51	0.52	Cumple	0.53	0.54	Cumple
8	B34-B35	M59: 30x70	0.51	0.52	Cumple	0.54	0.55	Cumple
8	B35-B36	M60: 30x70	0.51	0.52	Cumple	0.54	0.55	Cumple
8	B36-B37	M61: 30x70	0.52	0.52	Cumple	0.55	0.56	Cumple
8	B37-B38	M62: 30x70	0.53	0.54	Cumple	0.56	0.57	Cumple
8	B38-B18	M63: 30x70	0.54	0.54	Cumple	0.56	0.57	Cumple
8	B18-B30	M53: 30x70	0.54	0.54	Cumple	0.56	0.57	Cumple
9	<-P61	M64: 30x70	0.58	0.58	Cumple	0.60	0.61	Cumple
9	P61-P62	M64: 30x70	0.59	0.59	Cumple	0.61	0.62	Cumple
9	P62-P63	M64: 30x70	0.59	0.59	Cumple	0.60	0.61	Cumple
9	P63-P64	M64: 30x70	0.59	0.60	Cumple	0.61	0.62	Cumple
9	P64-P65	M64: 30x70	0.58	0.59	Cumple	0.60	0.60	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en borde (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
9	P65-P66	M64: 30x70	0.59	0.59	Cumple	0.61	0.61	Cumple
9	P66->	M64: 30x70	0.57	0.57	Cumple	0.59	0.60	Cumple
10	B1-B2	M3: 30x70	0.21	0.22	Cumple	0.24	0.24	Cumple
11	B0-B1	M2: 30x70	0.21	0.22	Cumple	0.24	0.24	Cumple
12	B25-P36	M49: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.48	0.49	Cumple
12	P36-P37	M49: 30x70	0.42	0.42	Cumple	0.45	0.45	Cumple
12	P37-B26	M49: 30x70	0.39	0.39	Cumple	0.45	0.46	Cumple
13	1	M56: 30x70	0.48	0.49	Cumple	0.49	0.49	Cumple
14	<-B5	M50: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.46	0.47	Cumple
15	B6->	M51: 30x70	0.46	0.46	Cumple	0.47	0.47	Cumple
16	<-B30	M54: 30x70	0.54	0.54	Cumple	0.56	0.57	Cumple
17	P41-B39	M65: 30x70	0.59	0.59	Cumple	0.61	0.61	Cumple
18	<-B40	M66: 30x70	0.54	0.54	Cumple	0.56	0.56	Cumple
19	B3->	M67: 30x70	0.46	0.46	Cumple	0.47	0.47	Cumple
20	B4->	M68: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.46	0.46	Cumple
21	1	M69: 30x70	0.49	0.49	Cumple	0.50	0.50	Cumple
22	B27-B7	M39: 30x70	0.34	0.35	Cumple	0.38	0.39	Cumple
22	B7-B8	M28: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.47	0.48	Cumple
23	B28-B44	M5: 30x70	0.19	0.19	Cumple	0.21	0.22	Cumple
24	B43-B2	M4: 30x70	0.16	0.16	Cumple	0.17	0.17	Cumple
25	B40-B14	M35: 30x70	0.54	0.55	Cumple	0.56	0.57	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en borde (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
25	B14-B13	M34: 30x70	0.53	0.54	Cumple	0.56	0.56	Cumple
25	B13-B12	M33: 30x70	0.53	0.54	Cumple	0.55	0.56	Cumple
25	B12-B11	M32: 30x70	0.52	0.53	Cumple	0.54	0.55	Cumple
25	B11-B10	M31: 30x70	0.52	0.53	Cumple	0.54	0.55	Cumple
26	B86-B43	M42: 20x70	0.15	0.16	Cumple	0.17	0.17	Cumple
27	B87-B44	M52: 20x70	0.18	0.18	Cumple	0.19	0.19	Cumple
28	B87-B86	M47: 20x70	0.18	0.18	Cumple	0.19	0.19	Cumple
29	B0-B41	M1: 30x70	0.17	0.17	Cumple	0.18	0.19	Cumple
29	B41-B89	M41: 25x70	0.19	0.19	Cumple	0.21	0.21	Cumple
30	B89-P37	M36: 20x70	0.39	0.39	Cumple	0.45	0.45	Cumple

Tabla B1.5.1 – Tensiones bajo vigas de cimentación en situaciones persistentes o transitorias y situaciones accidentales

B1.6. Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta

Sólo se tienen en cuenta los esfuerzos de pilares, muros y pantallas, por lo que los esfuerzos de vigas con vinculación exterior, vigas inclinadas, diagonales o estructuras 3D integradas no se muestran en el siguiente listado.

Este listado es de utilidad para conocer las cargas actuantes por encima de la cota de la base de los soportes sobre una planta, por lo que para casos tales como pilares apeados traccionados, los esfuerzos de dichos pilares tendrán la influencia no sólo de las cargas por encima sino también la de las cargas que recibe de plantas inferiores.

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 4	12.00	Peso propio	582.54	12329	4836.4	-0.10	-0.56	-6.27
		Cargas muertas	75.41	1596.0	633.55	-0.01	-0.15	-1.79
		Sobrecarga de uso	52.73	1116.8	443.00	-0.01	-0.12	-1.51
		Sismo X Modo 1	0.13	6.52	-30.32	1.53	-8.94	-177.8
		Sismo X Modo 2	0.02	77.85	35.07	21.99	9.88	300.91
		Sismo X Modo 3	0.09	-90.13	4.55	-25.33	1.09	556.55
		Sismo X Modo 4	0.01	0.44	-4.51	0.11	-1.29	-26.68
		Sismo X Modo 5	0.01	29.18	4.61	8.26	1.28	48.41
		Sismo X Modo 6	0.00	0.10	2.12	0.02	0.59	10.46
		Sismo X Modo 7	0.00	-0.09	-1.43	-0.02	-0.40	-9.46
		Sismo X Modo 8	-0.03	36.41	-2.65	10.33	-0.68	-207.8
		Sismo X Modo 9	0.00	1.67	0.70	0.47	0.19	2.53
		Sismo X Modo 10	-0.00	5.99	-1.95	1.71	-0.54	13.60
		Sismo Y Modo 1	0.68	33.41	-155.3	7.86	-45.78	-910.8
		Sismo Y Modo 2	0.01	30.36	13.68	8.58	3.85	117.35
		Sismo Y Modo 3	0.00	-0.80	0.04	-0.22	0.01	4.93
		Sismo Y Modo 4	0.12	6.76	-68.54	1.72	-19.64	-405.4
		Sismo Y Modo 5	0.00	7.48	1.18	2.12	0.33	12.41
		Sismo Y Modo 6	0.00	0.80	17.71	0.19	4.95	87.49
		Sismo Y Modo 7	0.01	-0.86	-14.17	-0.24	-3.99	-93.42
Sismo Y Modo 8	-0.00	1.12	-0.08	0.32	-0.02	-6.38		
Sismo Y Modo 9	0.00	1.61	0.68	0.45	0.19	2.44		
Sismo Y Modo 10	-0.00	1.66	-0.54	0.47	-0.15	3.76		
Planta 3	9.00	Peso propio	1097.6	23234	9128.9	0.17	-0.13	-4.11
		Cargas muertas	139.33	2952.5	1163.7	0.02	-0.04	-0.77
		Sobrecarga de uso	116.56	2471.4	972.14	0.02	-0.04	-0.74
		Sismo X Modo 1	0.04	14.67	-81.30	2.97	-16.70	-329.8
		Sismo X Modo 2	0.01	206.21	90.13	42.65	18.32	584.16
		Sismo X Modo 3	-0.01	-223.7	9.45	-44.59	1.92	1010.9
		Sismo X Modo 4	-0.00	0.76	-8.54	0.13	-1.31	-26.36
		Sismo X Modo 5	0.00	60.66	7.50	10.42	0.99	30.04
		Sismo X Modo 6	0.00	0.29	2.13	0.07	-0.00	-1.09
		Sismo X Modo 7	-0.00	-0.01	-1.64	0.03	-0.06	-2.12
		Sismo X Modo 8	-0.00	65.99	-1.52	9.74	0.28	-195.5
		Sismo X Modo 9	-0.00	2.38	0.03	0.24	-0.22	-5.53
		Sismo X Modo 10	-0.00	5.65	0.13	-0.15	0.69	32.03
		Sismo Y Modo 1	0.19	75.17	-416.5	15.20	-85.58	-1690
		Sismo Y Modo 2	0.01	80.42	35.15	16.63	7.14	227.81
		Sismo Y Modo 3	-0.00	-1.98	0.08	-0.39	0.02	8.95
		Sismo Y Modo 4	-0.00	11.56	-129.7	1.90	-19.87	-400.5
		Sismo Y Modo 5	0.00	15.55	1.92	2.67	0.25	7.70
		Sismo Y Modo 6	0.00	2.45	17.77	0.55	-0.00	-9.09
		Sismo Y Modo 7	-0.00	-0.12	-16.17	0.28	-0.62	-20.92
Sismo Y Modo 8	-0.00	2.03	-0.05	0.30	0.01	-6.01		
Sismo Y Modo 9	-0.00	2.30	0.03	0.23	-0.21	-5.35		
Sismo Y Modo 10	-0.00	1.56	0.04	-0.04	0.19	8.86		

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 2	6.00	Peso propio	1637.8	34682	13595	0.02	0.09	0.68
		Cargas muertas	202.98	4306.0	1691.1	0.01	0.01	0.07
		Sobrecarga de uso	180.21	3824.8	1499.5	0.00	0.01	0.08
		Sismo X Modo 1	0.05	27.09	-147.7	4.06	-22.22	-439.0
		Sismo X Modo 2	0.02	374.60	162.51	56.12	24.09	794.33
		Sismo X Modo 3	0.03	-405.7	17.26	-60.86	2.41	1343.6
		Sismo X Modo 4	-0.00	0.94	-8.75	0.06	-0.06	-0.41
		Sismo X Modo 5	-0.00	74.91	6.03	4.76	-0.46	-32.36
		Sismo X Modo 6	-0.00	0.49	0.04	0.07	-0.69	-13.57
		Sismo X Modo 7	0.00	0.20	-0.18	0.07	0.48	10.09
		Sismo X Modo 8	-0.00	71.05	-0.16	1.67	0.44	-26.55
		Sismo X Modo 9	-0.00	1.25	0.05	-0.38	0.01	-2.35
		Sismo X Modo 10	0.00	-1.94	0.53	-2.54	0.13	-9.22
		Sismo Y Modo 1	0.28	138.78	-756.4	20.79	-113.8	-2249
		Sismo Y Modo 2	0.01	146.09	63.38	21.88	9.39	309.77
		Sismo Y Modo 3	0.00	-3.59	0.15	-0.54	0.02	11.90
		Sismo Y Modo 4	-0.02	14.27	-132.9	0.97	-0.95	-6.16
		Sismo Y Modo 5	-0.00	19.20	1.55	1.22	-0.12	-8.29
		Sismo Y Modo 6	-0.00	4.07	0.36	0.56	-5.76	-113.4
		Sismo Y Modo 7	0.00	1.99	-1.82	0.69	4.77	99.62
Sismo Y Modo 8	-0.00	2.18	-0.00	0.05	0.01	-0.82		
Sismo Y Modo 9	-0.00	1.21	0.05	-0.36	0.01	-2.27		
Sismo Y Modo 10	0.00	-0.54	0.15	-0.70	0.03	-2.55		
Planta 1	3.00	Peso propio	2084.7	44053	16609	-3.77	0.59	71.05
		Cargas muertas	254.51	5394.7	2039.7	-0.31	0.29	12.64
		Sobrecarga de uso	232.62	4933.4	1861.4	-0.27	0.30	12.29
		Sismo X Modo 1	3.22	118.50	-172.3	4.88	-25.15	-500.9
		Sismo X Modo 2	-4.36	437.80	175.28	65.36	27.10	894.07
		Sismo X Modo 3	0.01	-616.0	27.52	-71.56	2.27	1525.3
		Sismo X Modo 4	0.03	1.69	-4.16	-0.03	1.32	28.34
		Sismo X Modo 5	-0.07	61.81	-0.24	-3.69	-1.80	-99.43
		Sismo X Modo 6	0.00	0.49	-1.13	-0.01	-0.39	-6.49
		Sismo X Modo 7	-0.00	0.27	0.86	0.04	0.35	7.54
		Sismo X Modo 8	0.06	48.11	0.52	-7.90	0.01	162.24
		Sismo X Modo 9	-0.00	-0.37	0.59	-0.53	0.18	2.53
		Sismo X Modo 10	0.02	-6.78	-0.79	-1.82	-0.57	-37.73
		Sismo Y Modo 1	16.50	607.06	-882.5	25.02	-128.8	-2566
		Sismo Y Modo 2	-1.70	170.73	68.36	25.49	10.57	348.67
		Sismo Y Modo 3	0.00	-5.45	0.24	-0.63	0.02	13.50
		Sismo Y Modo 4	0.50	25.67	-63.16	-0.51	20.05	430.65
		Sismo Y Modo 5	-0.02	15.84	-0.06	-0.95	-0.46	-25.49
		Sismo Y Modo 6	0.01	4.09	-9.46	-0.11	-3.28	-54.30
		Sismo Y Modo 7	-0.01	2.64	8.48	0.41	3.49	74.49
Sismo Y Modo 8	0.00	1.48	0.02	-0.24	0.00	4.99		
Sismo Y Modo 9	-0.00	-0.35	0.57	-0.51	0.17	2.45		
Sismo Y Modo 10	0.01	-1.87	-0.22	-0.50	-0.16	-10.44		

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta baja	0.00	Peso propio	3196.8	68954	28160	0.00	-0.00	-0.00
		Cargas muertas	410.90	8910.9	3719.8	0.00	-0.00	-0.00
		Sobrecarga de uso	388.12	8429.6	3528.1	0.00	-0.00	-0.00
		Sismo X Modo 1	0.00	56.85	-306.6	5.32	-27.26	-533.5
		Sismo X Modo 2	-0.00	788.20	328.14	72.25	28.17	974.05
		Sismo X Modo 3	-0.00	-854.2	25.74	-77.96	0.69	1602.6
		Sismo X Modo 4	0.00	0.23	4.34	-0.20	3.03	64.58
		Sismo X Modo 5	-0.00	18.17	-11.10	-15.28	-3.91	-252.3
		Sismo X Modo 6	-0.00	0.01	2.59	-0.15	1.24	28.65
		Sismo X Modo 7	0.00	0.06	-1.72	-0.09	-0.87	-20.30
		Sismo X Modo 8	-0.00	-3.02	1.48	-16.79	0.52	431.38
		Sismo X Modo 9	-0.00	0.25	0.04	0.20	-0.19	7.89
		Sismo X Modo 10	0.00	2.03	1.50	3.16	0.87	26.69
		Sismo Y Modo 1	0.00	291.22	-1571	27.27	-139.7	-2733
		Sismo Y Modo 2	-0.00	307.38	127.97	28.18	10.99	379.86
		Sismo Y Modo 3	-0.00	-7.56	0.23	-0.69	0.01	14.19
		Sismo Y Modo 4	0.00	3.52	65.98	-3.03	46.02	981.22
		Sismo Y Modo 5	-0.00	4.66	-2.85	-3.92	-1.00	-64.66
		Sismo Y Modo 6	-0.00	0.11	21.63	-1.25	10.41	239.58
		Sismo Y Modo 7	0.00	0.55	-17.01	-0.87	-8.59	-200.5
Sismo Y Modo 8	-0.00	-0.09	0.05	-0.52	0.02	13.26		
Sismo Y Modo 9	-0.00	0.24	0.04	0.19	-0.19	7.63		
Sismo Y Modo 10	0.00	0.56	0.42	0.87	0.24	7.38		

Tabla B1.6.1 – Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta

Anexo B2. Según normativa Eurocódigo 08

B2.1. Desplazamiento de los pilares

A continuación, se muestra una tabla con los desplazamientos individuales de cada pilar en cada una de las plantas en las que se encuentra, tanto para situaciones persistentes o transitorias como para situaciones sísmicas.

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P1	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.21	0.10	0.35	0.22
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.20

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P2	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.21	0.09	0.18	0.21
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.19
P3	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.20	0.11	0.20	0.22
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.20
P4	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.11	0.31	0.65
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.60
P5	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.46	0.13	0.34	0.63
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.58
P6	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.64	0.07	0.26	1.12
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.60
P7	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.62	0.07	0.18	0.86
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.63
P8	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.60	0.07	0.20	0.82
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.59
P9	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.60	0.07	0.23	0.87
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.64
P10	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.63	0.07	0.17	0.98
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.71

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota	Desp. X	Desp. Y	Desp. Z	Desp. X	Desp. Y	Desp. Z
		(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
P11	Cubierta	15.40	0.00	0.25	0.56	0.83	2.34	0.68
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.55	0.66	1.84	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.52	0.50	1.31	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.49	0.32	0.79	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.45	0.14	0.29	0.55
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.49
P12	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.58	0.76	2.12	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.57	0.61	1.67	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.54	0.46	1.18	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.70	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.13	0.25	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.48
P13	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.58	0.76	1.77	0.63
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.57	0.61	1.39	0.62
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.54	0.46	0.97	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.56	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.13	0.17	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.46

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P14	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.56	0.84	1.67	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.54	0.66	1.31	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.52	0.50	0.91	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.49	0.32	0.52	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.45	0.14	0.16	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.47
P21	Cubierta	15.40	0.00	0.28	0.52	0.91	1.63	0.67
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.51	0.72	1.28	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.49	0.54	0.88	0.63
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.46	0.34	0.50	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.42	0.15	0.15	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.47
P23	Cubierta	15.40	0.00	0.28	0.46	0.98	1.59	0.74
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.45	0.78	1.24	0.73
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.44	0.58	0.87	0.70
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.42	0.37	0.50	0.65
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.38	0.16	0.16	0.58
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.51

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P24	Cubierta	15.40	0.00	0.25	0.53	0.90	2.45	0.78
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.52	0.72	1.93	0.76
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.50	0.53	1.38	0.73
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.47	0.34	0.83	0.69
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.43	0.15	0.30	0.62
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.54
P25	Cubierta	15.40	0.00	0.25	0.47	0.98	2.56	0.97
	Planta 4	11.85	0.00	0.18	0.47	0.77	2.02	0.96
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.45	0.57	1.44	0.93
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.43	0.37	0.87	0.87
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.40	0.16	0.32	0.79
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.69
P26	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.65	0.49	1.73	0.81
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.64	0.40	1.36	0.80
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.63	0.31	0.95	0.79
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.61	0.20	0.55	0.76
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.56	0.09	0.17	0.69
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.59

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P27	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.73	0.49	1.83	0.85
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.72	0.40	1.44	0.84
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.70	0.31	1.00	0.82
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.67	0.20	0.58	0.78
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.62	0.09	0.19	0.71
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.65
P28	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.73	0.49	1.92	0.83
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.72	0.40	1.51	0.82
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.70	0.31	1.06	0.80
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.67	0.20	0.62	0.76
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.62	0.09	0.20	0.70
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.62
P29	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.73	0.49	2.03	0.90
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.72	0.40	1.60	0.89
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.70	0.31	1.13	0.87
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.67	0.20	0.66	0.83
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.62	0.09	0.23	0.76
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.67

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P30	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.66	0.49	2.18	0.89
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.64	0.40	1.72	0.87
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.63	0.31	1.22	0.85
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.60	0.20	0.73	0.81
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.56	0.09	0.26	0.75
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.63
P31	Cubierta	15.40	0.00	0.28	0.54	0.87	1.65	0.66
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.53	0.69	1.29	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.51	0.52	0.90	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.48	0.33	0.51	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.44	0.15	0.15	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.47
P32	Cubierta	15.40	0.00	0.28	0.49	0.95	1.61	0.70
	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.48	0.75	1.26	0.68
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.47	0.56	0.87	0.65
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.44	0.36	0.49	0.61
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.40	0.16	0.16	0.55
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.49

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P33	Cubierta	15.40	0.00	0.25	0.54	0.87	2.39	0.72
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.53	0.69	1.89	0.70
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.51	0.52	1.34	0.68
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.48	0.33	0.81	0.63
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.44	0.15	0.29	0.58
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.51
P34	Cubierta	15.40	0.00	0.25	0.50	0.94	2.50	0.87
	Planta 4	11.85	0.00	0.18	0.49	0.75	1.97	0.85
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.48	0.55	1.41	0.81
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.45	0.35	0.85	0.76
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.41	0.16	0.31	0.69
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.61
P35	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.46	0.13	0.35	0.66
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.57
P36	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.44	0.15	0.34	0.57
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.52
P37	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.40	0.16	0.34	0.72
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.67

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota	Desp. X	Desp. Y	Desp. Z	Desp. X	Desp. Y	Desp. Z
		(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
P38	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.58	0.76	2.06	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.56	0.61	1.62	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.54	0.46	1.15	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.68	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.46	0.13	0.24	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.46
P39	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.58	0.76	1.99	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.57	0.61	1.56	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.54	0.46	1.10	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.65	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.13	0.22	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.47
P40	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.58	0.76	1.95	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.57	0.61	1.54	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.55	0.46	1.08	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.63	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.13	0.21	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.49

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota	Desp. X	Desp. Y	Desp. Z	Desp. X	Desp. Y	Desp. Z
		(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
P41	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.58	0.76	1.92	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.57	0.61	1.51	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.55	0.46	1.06	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.52	0.30	0.62	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.13	0.20	0.56
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.52
P42	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.58	0.76	1.89	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.57	0.61	1.49	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.55	0.46	1.04	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.61	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.13	0.20	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.49
P43	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.58	0.76	1.86	0.63
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.57	0.61	1.46	0.61
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.54	0.46	1.02	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.59	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.13	0.19	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.45

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P44	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.58	0.76	1.80	0.62
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.56	0.61	1.41	0.61
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.54	0.46	0.99	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.57	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.13	0.18	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.45
P45	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.58	0.76	1.83	0.62
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.57	0.61	1.44	0.60
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.54	0.46	1.00	0.58
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.58	0.55
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.13	0.19	0.50
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.44
P46	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.58	0.76	2.02	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.56	0.61	1.59	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.54	0.46	1.12	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.51	0.30	0.66	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.13	0.23	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.46

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P47	Planta 4	11.85	0.00	0.18	0.53	0.73	1.98	0.82
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.52	0.55	1.41	0.79
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.49	0.35	0.85	0.74
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.45	0.15	0.31	0.69
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.60
P48	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.57	0.68	1.89	0.69
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.55	0.51	1.35	0.67
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.52	0.33	0.81	0.63
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.14	0.30	0.58
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.50
P49	Planta 4	11.85	0.00	0.18	0.56	0.56	2.05	0.73
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.54	0.43	1.47	0.71
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.52	0.28	0.88	0.67
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.12	0.33	0.62
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.57
P50	Planta 4	11.85	0.00	0.18	0.59	0.51	1.97	0.76
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.56	0.39	1.40	0.73
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.54	0.25	0.84	0.68

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.50	0.11	0.31	0.64
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.60
P51	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.57	0.68	1.29	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.55	0.51	0.89	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.52	0.33	0.51	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.15	0.15	0.55
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.47
P52	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.52	0.74	1.26	0.69
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.51	0.55	0.87	0.67
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.48	0.35	0.49	0.63
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.44	0.15	0.16	0.57
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.49
P53	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.57	0.57	1.29	0.75
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.56	0.43	0.91	0.74
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.53	0.28	0.53	0.70
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.13	0.17	0.65
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.59
P54	Planta 4	11.85	0.00	0.21	0.61	0.52	1.26	0.76

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.59	0.39	0.87	0.73
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.56	0.25	0.49	0.69
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.12	0.16	0.64
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.58
P55	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.61	0.60	1.62	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.58	0.45	1.15	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.55	0.29	0.68	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.50	0.13	0.24	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.47
P56	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.60	0.60	1.56	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.59	0.45	1.10	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.56	0.29	0.65	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.13	0.22	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.47
P57	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.61	0.60	1.54	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.59	0.45	1.08	0.63
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.56	0.29	0.63	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.50	0.13	0.21	0.54

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.50
P58	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.61	0.60	1.46	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.59	0.45	1.02	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.56	0.29	0.59	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.13	0.19	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.46
P59	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.61	0.60	1.49	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.59	0.45	1.04	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.56	0.29	0.61	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.50	0.13	0.20	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.49
P60	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.61	0.60	1.41	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.58	0.45	0.99	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.55	0.29	0.57	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.50	0.13	0.18	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.45
P61	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.72	0.42	1.62	0.86
	Planta 3	8.85	0.00	0.13	0.69	0.33	1.15	0.83

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.66	0.21	0.68	0.80
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.62	0.10	0.24	0.74
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.67
P62	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.73	0.52	1.99	0.81
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.71	0.42	1.57	0.78
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.69	0.33	1.10	0.76
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.66	0.21	0.65	0.73
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.62	0.10	0.22	0.69
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.64
P63	Cubierta	15.40	0.00	0.26	0.72	0.52	1.95	0.78
	Planta 4	11.85	0.00	0.19	0.71	0.42	1.54	0.76
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.69	0.33	1.08	0.74
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.66	0.21	0.63	0.71
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.61	0.10	0.21	0.67
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.63
P64	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.72	0.52	1.89	0.76
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.71	0.42	1.49	0.74
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.69	0.33	1.04	0.72

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota	Desp. X	Desp. Y	Desp. Z	Desp. X	Desp. Y	Desp. Z
		(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.66	0.21	0.61	0.69
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.61	0.10	0.20	0.65
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.61
P65	Cubierta	15.40	0.00	0.27	0.72	0.52	1.86	0.80
	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.71	0.42	1.46	0.78
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.69	0.33	1.02	0.76
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.66	0.21	0.59	0.72
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.62	0.10	0.19	0.68
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.62
P66	Planta 4	11.85	0.00	0.20	0.71	0.42	1.41	0.87
	Planta 3	8.85	0.00	0.14	0.69	0.33	0.98	0.84
	Planta 2	5.85	0.00	0.08	0.65	0.21	0.57	0.80
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.62	0.10	0.18	0.75
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.66

Tabla B2.1.1 - Desplazamientos individuales de los pilares para situaciones persistentes o transitorias y situaciones sísmicas

B2.2. Coeficientes de participación

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X (1)	Hipótesis Y (1)
Modo 1	0.148	0.0519	0.2314	0.9715	3.06 %	60.14 %	R = 1.7 A = 1.342 m/s ² D = 0.745 mm	R = 1.7 A = 1.342 m/s ² D = 0.745 mm
Modo 2	0.130	0.0698	0.0307	0.9971	32.02 %	6.15 %	R = 1.69 A = 1.267 m/s ² D = 0.54325 mm	R = 1.69 A = 1.267 m/s ² D = 0.54325 mm
Modo 3	0.072	0.0902	0.0006	0.9959	38.41 %	0 %	R = 1.63 A = 1.025 m/s ² D = 0.13561 mm	R = 1.63 A = 1.025 m/s ² D = 0.13561 mm
Modo 4	0.043	0.0453	0.8134	0.58	0.07 %	21.91 %	R = 1.59 A = 0.902 m/s ² D = 0.04242 mm	R = 1.59 A = 0.902 m/s ² D = 0.04242 mm
Modo 5	0.037	0.0479	0.0113	0.9988	7.45 %	0.41 %	R = 1.58 A = 0.878 m/s ² D = 0.03103 mm	R = 1.58 A = 0.878 m/s ² D = 0.03103 mm
Modo 6	0.027	0.1257	0.7079	0.6951	0.09 %	2.71 %	R = 1.56 A = 0.835 m/s ² D = 0.01541 mm	R = 1.56 A = 0.835 m/s ² D = 0.01541 mm
Modo 7	0.026	0.0185	0.4322	0.9016	0.01 %	7.12 %	R = 1.56 A = 0.829 m/s ² D = 0.01365 mm	R = 1.56 A = 0.829 m/s ² D = 0.01365 mm
Modo 8	0.023	0.0686	0.0043	0.9976	8.02 %	0.03 %	R = 1.55 A = 0.819 m/s ² D = 0.01105 mm	R = 1.55 A = 0.819 m/s ² D = 0.01105 mm

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X (1)	Hipótesis Y (1)
Modo 9	0.022	0.0399	0.0227	0.9989	0.63 %	0.2 %	R = 1.55 A = 0.815 m/s ² D = 0.01017 mm	R = 1.55 A = 0.815 m/s ² D = 0.01017 mm
Modo 10	0.022	0.0445	0.0056	0.999	1.39 %	0.02 %	R = 1.55 A = 0.814 m/s ² D = 0.00987 mm	R = 1.55 A = 0.814 m/s ² D = 0.00987 mm
Modo 11	0.019	0.065	0.3669	0.928	0.03 %	0.96 %	R = 1.54 A = 0.803 m/s ² D = 0.00763 mm	R = 1.54 A = 0.803 m/s ² D = 0.00763 mm
Modo 12	0.018	0.1272	0.1249	0.984	0.08 %	0.07 %	R = 1.54 A = 0.796 m/s ² D = 0.00625 mm	R = 1.54 A = 0.796 m/s ² D = 0.00625 mm
Modo 13	0.016	0.0617	0.0014	0.9981	6.39 %	0 %	R = 1.54 A = 0.789 m/s ² D = 0.00514 mm	R = 1.54 A = 0.789 m/s ² D = 0.00514 mm
Total					97.65 %	99.72 %		

Tabla B2.2.1 – Coeficientes de participación según modo del sismo

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

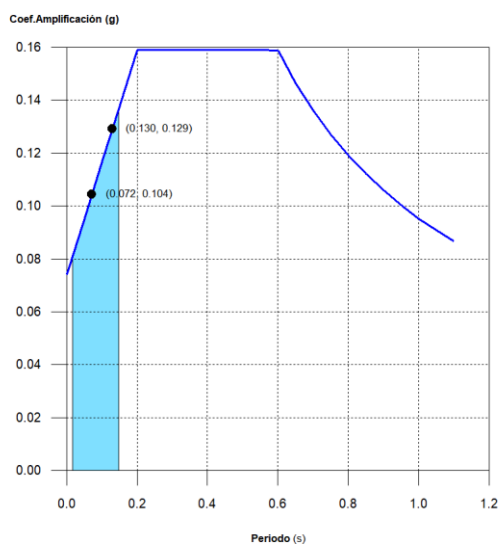
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X



Espectro de diseño según Y

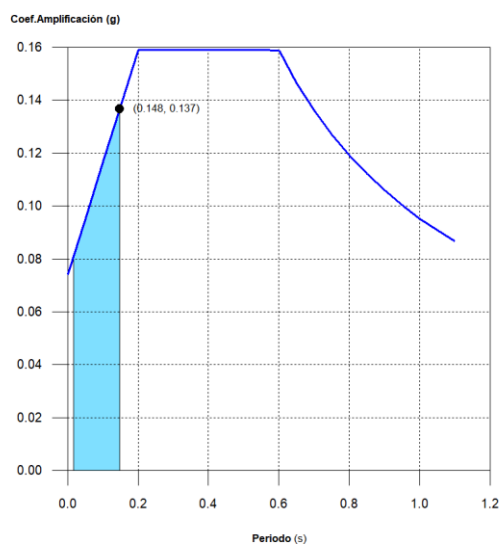


Figura B2.2.1 – Coeficiente de amplificación vs periodo según X e Y

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo X1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 2	0.130	0.129
Modo 3	0.072	0.104

Hipótesis Sismo Y1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.148	0.137

Tabla B2.2.2 – Hipótesis de sismo para X1 e Y1

B2.3. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
Cubierta	(21.13, 8.36)	(21.95, 10.04)	-0.83	-1.69
Planta 4	(21.23, 8.28)	(21.88, 10.62)	-0.65	-2.35
Planta 3	(21.22, 8.29)	(21.64, 10.75)	-0.42	-2.45
Planta 2	(21.22, 8.26)	(21.53, 10.37)	-0.31	-2.11
Planta 1	(22.28, 9.90)	(23.06, 11.59)	-0.78	-1.69

Tabla B2.3.1 – Coordenadas del centro de masas en cada planta

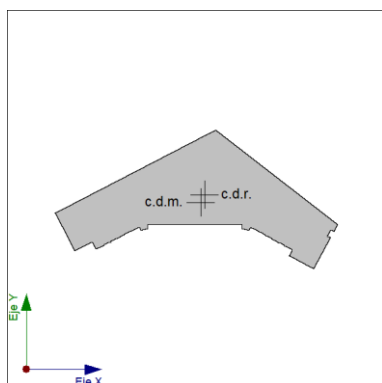
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

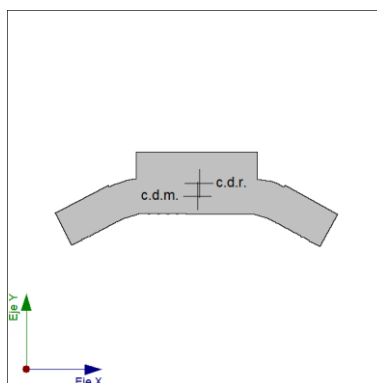
e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

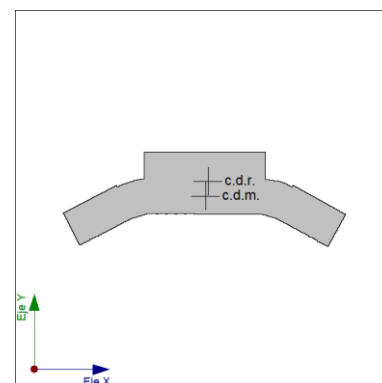
Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



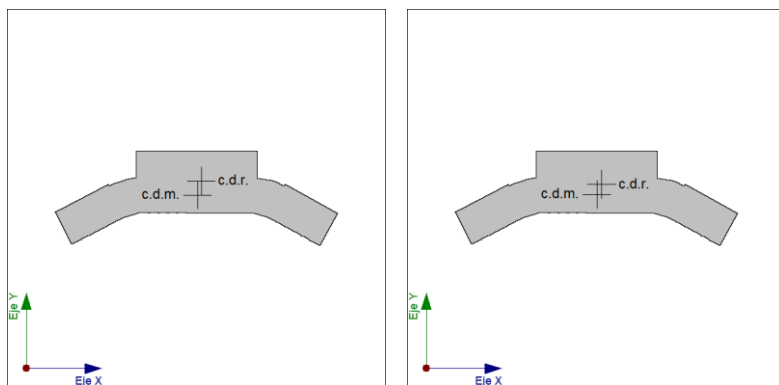
Planta 1



Planta 2



Planta 3



Planta 4

Cubierta

Figura B2.3.1 – Representación del centro de masas en cada planta

B2.4 Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,x}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,y}$ (t)
Cubierta	71.3052	71.3052	37.0437	37.0437
Planta 4	127.3198	60.1617	70.5210	34.0977
Planta 3	169.7492	49.2962	93.3480	23.3345
Planta 2	198.8840	37.0674	105.6405	12.9654
Planta 1	222.7098	42.2451	111.8450	11.0443

Tabla B2.4.1 – Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta en dirección X

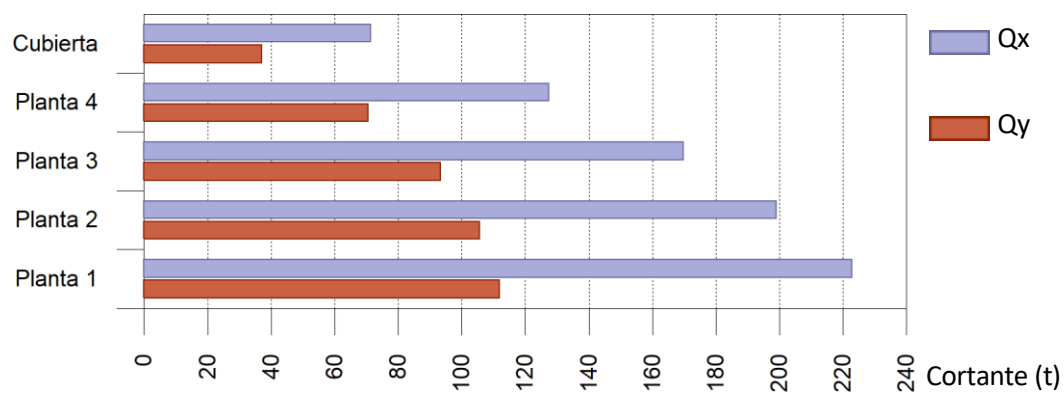
Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,x}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,y}$ (t)
Cubierta	33.8050	33.8050	107.3690	107.3690
Planta 4	64.0509	30.4655	197.0969	94.4362
Planta 3	85.6883	22.2656	258.6604	74.4680
Planta 2	100.0841	15.3090	292.6598	48.8169
Planta 1	111.8673	14.0121	325.7187	63.3143

Tabla B2.4.2 – Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta en dirección Y

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

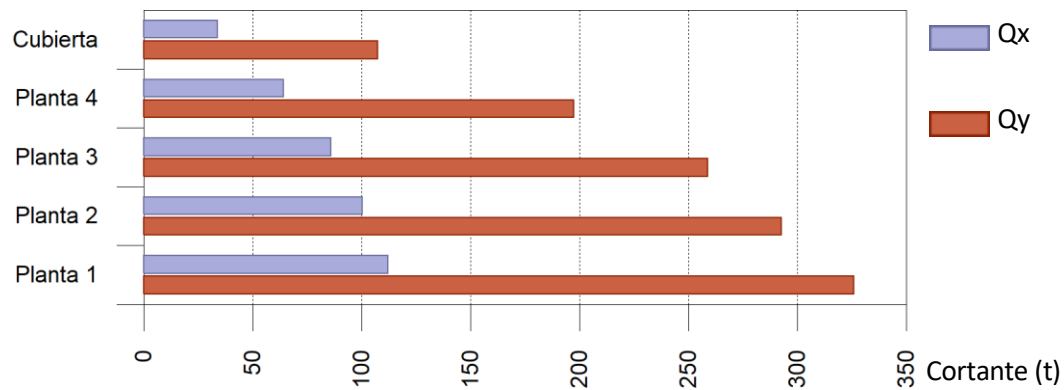
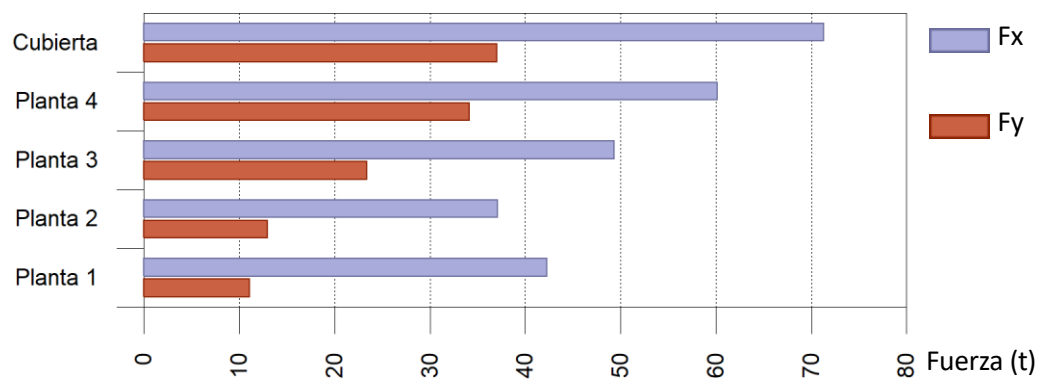


Figura B2.4.1 – Cortantes sísmicos máximos por planta para hipótesis X1 e Y1

Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

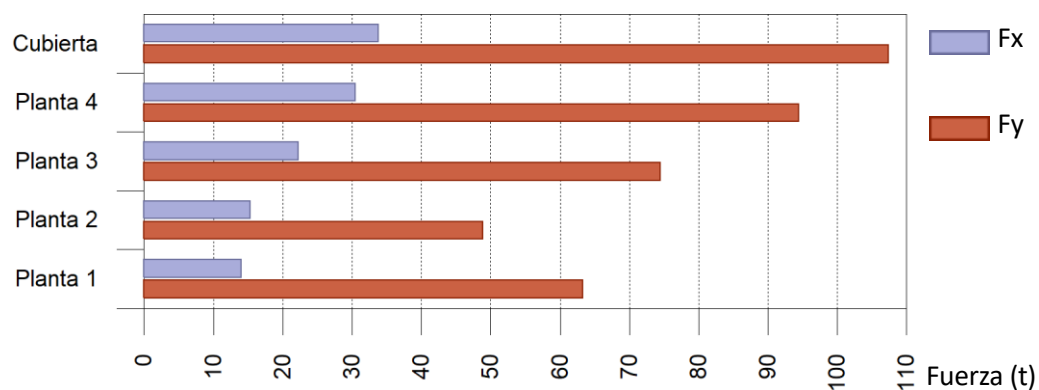


Figura B2.4.2 – Fuerzas sísmicas equivalentes por planta para hipótesis X1 e Y1

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Cubierta	2.00	98.00	0.23	99.77
Planta 4	0.98	99.02	1.11	98.89
Planta 3	0.87	99.13	0.80	99.20
Planta 2	2.55	97.45	1.49	98.51
Planta 1	4.71	95.29	1.70	98.30

Tabla B2.4.3 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por planta en dirección X

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Cubierta	3.56	96.44	0.18	99.82
Planta 4	1.45	98.55	1.21	98.79
Planta 3	1.03	98.97	0.82	99.18
Planta 2	1.53	98.47	1.38	98.62
Planta 1	6.82	93.18	1.66	98.34

Tabla B2.4.4 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por planta en dirección XY

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Sismo X1	4.71	95.29	1.70	98.30
Sismo Y1	6.82	93.18	1.66	98.34

Tabla B2.4.5 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

B2.5. Tensiones bajo vigas de cimentación

Planta baja

Tensión admisible en situaciones persistentes: 1.20 kp/cm²

Tensión admisible en situaciones accidentales: 1.80 kp/cm²

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
1	B27-B28	M40: 30x70	0.31	0.32	Cumple	0.42	0.43	Cumple
2	B26-P25	M48: 30x70	0.38	0.38	Cumple	0.58	0.60	Cumple
2	P25-P34	M6: 30x70	0.38	0.39	Cumple	0.54	0.55	Cumple
2	P34-P24	M7: 30x70	0.39	0.39	Cumple	0.49	0.49	Cumple
2	P24-P33	M8: 30x70	0.40	0.41	Cumple	0.45	0.45	Cumple
2	P33-P11	M9: 30x70	0.41	0.42	Cumple	0.43	0.44	Cumple
2	P11-B5	M13: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.44	0.45	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Viga			Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
Pórtico	Tramo	Dimensión						
3	P13-B3	M45: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.43	0.44	Cumple
3	B3-B4	M25: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.43	0.44	Cumple
3	B4-P14	M24: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.43	0.44	Cumple
3	P14-P31	M20: 30x70	0.41	0.42	Cumple	0.41	0.42	Cumple
3	P31-P21	M21: 30x70	0.40	0.40	Cumple	0.41	0.41	Cumple
3	P21-P32	M22: 30x70	0.38	0.38	Cumple	0.42	0.43	Cumple
3	P32-P23	M23: 30x70	0.37	0.38	Cumple	0.44	0.44	Cumple
3	P23-B7	M27: 30x70	0.36	0.37	Cumple	0.44	0.45	Cumple
4	B5-B6	M26: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.44	0.45	Cumple
4	B6-P12	M43: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.44	0.45	Cumple
5	P12-P38	M19: 30x70	0.43	0.43	Cumple	0.42	0.43	Cumple
5	P38-P46	M10: 30x70	0.43	0.43	Cumple	0.41	0.42	Cumple
5	P46-P39	M11: 30x70	0.43	0.44	Cumple	0.42	0.42	Cumple
5	P39-P40	M12: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.43	0.44	Cumple
5	P40-P41	M14: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.45	0.46	Cumple
5	P41-P42	M15: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.45	0.46	Cumple
5	P42-P43	M16: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.43	0.43	Cumple
5	P43-P45	M17: 30x70	0.43	0.44	Cumple	0.41	0.41	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Viga			Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
Pórtico	Tramo	Dimensión						
5	P45-P44	M18: 30x70	0.43	0.43	Cumple	0.40	0.40	Cumple
5	P44-P13	M44: 30x70	0.43	0.43	Cumple	0.41	0.41	Cumple
6	B9-B8	M29: 30x70	0.51	0.52	Cumple	0.53	0.54	Cumple
7	B34-B35	M59: 30x70	0.51	0.52	Cumple	0.56	0.57	Cumple
7	B35-B36	M60: 30x70	0.51	0.52	Cumple	0.56	0.57	Cumple
7	B36-B37	M61: 30x70	0.52	0.53	Cumple	0.56	0.57	Cumple
7	B37-B38	M62: 30x70	0.53	0.54	Cumple	0.56	0.57	Cumple
7	B38-B18	M63: 30x70	0.54	0.54	Cumple	0.56	0.57	Cumple
7	B18-B30	M53: 30x70	0.54	0.54	Cumple	0.56	0.56	Cumple
8	<-P61	M64: 30x70	0.58	0.59	Cumple	0.60	0.60	Cumple
8	P61-P62	M64: 30x70	0.59	0.60	Cumple	0.60	0.61	Cumple
8	P62-P63	M64: 30x70	0.59	0.59	Cumple	0.57	0.58	Cumple
8	P63-P64	M64: 30x70	0.60	0.60	Cumple	0.57	0.58	Cumple
8	P64-P65	M64: 30x70	0.59	0.59	Cumple	0.56	0.56	Cumple
8	P65-P66	M64: 30x70	0.59	0.60	Cumple	0.59	0.59	Cumple
8	P66->	M64: 30x70	0.58	0.58	Cumple	0.59	0.59	Cumple
9	B1-B2	M3: 30x70	0.22	0.22	Cumple	0.25	0.26	Cumple
10	B0-B1	M2: 30x70	0.22	0.22	Cumple	0.25	0.26	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Viga			Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
Pórtico	Tramo	Dimensión						
11	B25-P35	M49: 30x70	0.43	0.44	Cumple	0.51	0.52	Cumple
11	P35-P36	M49: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.51	0.52	Cumple
11	P36-P37	M49: 30x70	0.42	0.42	Cumple	0.53	0.53	Cumple
11	P37-B26	M49: 30x70	0.40	0.40	Cumple	0.59	0.60	Cumple
12	1	M56: 30x70	0.49	0.49	Cumple	0.50	0.50	Cumple
13	<-B5	M50: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.45	0.45	Cumple
14	B6->	M51: 30x70	0.46	0.46	Cumple	0.46	0.46	Cumple
15	<-B30	M54: 30x70	0.54	0.54	Cumple	0.56	0.56	Cumple
16	P41-B39	M65: 30x70	0.60	0.60	Cumple	0.57	0.57	Cumple
17	<-B40	M66: 30x70	0.54	0.55	Cumple	0.54	0.55	Cumple
18	B3->	M67: 30x70	0.47	0.47	Cumple	0.44	0.44	Cumple
19	B4->	M68: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.44	0.44	Cumple
20	1	M69: 30x70	0.49	0.50	Cumple	0.47	0.48	Cumple
21	B27-B7	M39: 30x70	0.35	0.35	Cumple	0.44	0.45	Cumple
21	B7-B8	M28: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.51	0.53	Cumple
22	B28-B44	M5: 30x70	0.20	0.20	Cumple	0.24	0.25	Cumple
23	B43-B2	M4: 30x70	0.16	0.16	Cumple	0.18	0.18	Cumple
24	B40-B14	M35: 30x70	0.54	0.55	Cumple	0.55	0.55	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Viga			Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
Pórtico	Tramo	Dimensión						
24	B14-B13	M34: 30x70	0.54	0.54	Cumple	0.55	0.55	Cumple
24	B13-B12	M33: 30x70	0.53	0.54	Cumple	0.54	0.55	Cumple
24	B12-B11	M32: 30x70	0.52	0.53	Cumple	0.54	0.55	Cumple
24	B11-B10	M31: 30x70	0.52	0.53	Cumple	0.54	0.54	Cumple
25	B86-B43	M42: 20x70	0.16	0.16	Cumple	0.18	0.18	Cumple
26	B87-B44	M52: 20x70	0.19	0.19	Cumple	0.20	0.21	Cumple
27	B87-B86	M47: 20x70	0.18	0.18	Cumple	0.19	0.20	Cumple
28	B0-B41	M1: 30x70	0.18	0.18	Cumple	0.25	0.25	Cumple
28	B41-B89	M41: 25x70	0.20	0.21	Cumple	0.25	0.25	Cumple
29	B89-P37	M36: 20x70	0.39	0.40	Cumple	0.53	0.54	Cumple
30	B25-P49	M55: 30x70	0.46	0.46	Cumple	0.53	0.54	Cumple
30	P49-P50	M55: 30x70	0.47	0.48	Cumple	0.53	0.53	Cumple
30	P50-B33	M55: 30x70	0.49	0.50	Cumple	0.55	0.56	Cumple
30	B33-B32	M58: 30x70	0.50	0.51	Cumple	0.56	0.58	Cumple

Tabla B2.5.1 – Tensiones bajo vigas de cimentación en situaciones persistentes o transitorias y accidentales

B2.6. Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta

Sólo se tienen en cuenta los esfuerzos de pilares, muros y pantallas, por lo que los esfuerzos de vigas con vinculación exterior, vigas inclinadas, diagonales o estructuras 3D integradas no se muestran en el siguiente listado.

Este listado es de utilidad para conocer las cargas actuantes por encima de la cota de la base de los soportes sobre una planta, por lo que para casos tales como pilares apeados traccionados, los esfuerzos de dichos pilares tendrán la influencia no sólo de las cargas por encima sino también la de las cargas que recibe de plantas inferiores.

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 4	12.00	Peso propio	581.33	12324	4826.7	-0.04	-0.68	-6.70
		Cargas muertas	75.20	1594.3	631.65	0.03	-0.17	-2.05
		Sobrecarga de uso	52.55	1115.4	441.37	0.02	-0.13	-1.71
		Sismo X Modo 1	0.58	19.00	-71.86	4.53	-21.73	-431.3
		Sismo X Modo 2	0.24	159.98	81.06	45.51	22.51	678.65
		Sismo X Modo 3	0.31	-159.5	8.57	-44.67	1.80	981.75
		Sismo X Modo 4	0.02	0.55	-6.23	0.14	-1.80	-37.31
		Sismo X Modo 5	0.06	46.85	6.44	13.31	1.68	74.46
		Sismo X Modo 6	0.00	0.06	2.51	0.00	0.70	11.62
		Sismo X Modo 7	0.00	-0.09	-1.54	-0.02	-0.43	-9.60
		Sismo X Modo 8	0.07	-50.17	4.98	-14.25	1.26	296.72
		Sismo X Modo 9	0.00	5.24	2.62	1.46	0.72	-14.04
		Sismo X Modo 10	0.01	12.69	-0.81	3.62	-0.23	19.07
		Sismo X Modo 11	-0.01	-0.11	-2.35	-0.01	-0.64	-14.06
		Sismo X Modo 12	-0.00	-0.53	-0.18	-0.15	-0.05	-0.32
		Sismo X Modo 13	-0.01	36.00	-1.86	10.19	-0.51	-181.8
		Sismo Y Modo 1	2.60	84.67	-320.2	20.18	-96.84	-1922
		Sismo Y Modo 2	0.10	70.41	35.68	20.03	9.91	298.69
		Sismo Y Modo 3	0.00	-1.10	0.06	-0.31	0.01	6.76
		Sismo Y Modo 4	0.34	9.95	-111.8	2.59	-32.27	-669.8
		Sismo Y Modo 5	0.01	11.09	1.52	3.15	0.40	17.62
		Sismo Y Modo 6	0.01	0.32	14.11	0.02	3.91	65.41
		Sismo Y Modo 7	0.00	-2.09	-36.08	-0.51	-10.11	-224.4
		Sismo Y Modo 8	0.00	-3.15	0.31	-0.89	0.08	18.61
		Sismo Y Modo 9	0.00	2.98	1.49	0.83	0.41	-7.97
		Sismo Y Modo 10	0.00	1.60	-0.10	0.46	-0.03	2.41
Sismo Y Modo 11	-0.03	-0.62	-13.24	-0.07	-3.59	-79.37		
Sismo Y Modo 12	-0.00	-0.52	-0.17	-0.15	-0.05	-0.32		
Sismo Y Modo 13	-0.00	0.80	-0.04	0.23	-0.01	-4.06		

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 3	9.00	Peso propio	1098.7	23269	9135.2	0.17	-0.13	-4.10
		Cargas muertas	139.27	2951.2	1163.3	0.02	-0.04	-0.77
		Sobrecarga de uso	116.50	2470.1	971.73	0.02	-0.04	-0.73
		Sismo X Modo 1	0.10	42.21	-201.1	8.53	-41.76	-819.6
		Sismo X Modo 2	0.03	426.21	208.90	88.25	42.99	1350.0
		Sismo X Modo 3	-0.01	-404.9	15.43	-82.03	3.14	1849.4
		Sismo X Modo 4	-0.00	0.90	-12.02	0.15	-1.86	-37.68
		Sismo X Modo 5	0.00	97.08	9.77	16.59	1.27	49.50
		Sismo X Modo 6	0.00	0.40	2.36	0.12	-0.05	-2.74
		Sismo X Modo 7	-0.00	-0.07	-1.69	0.01	-0.04	-1.45
		Sismo X Modo 8	0.00	-93.38	1.73	-14.19	-0.87	278.05
		Sismo X Modo 9	-0.00	9.90	-0.05	1.56	-0.87	-44.29
		Sismo X Modo 10	-0.00	14.59	0.18	0.57	0.36	23.03
		Sismo X Modo 11	0.00	-0.02	0.07	0.01	0.78	16.59
		Sismo X Modo 12	-0.00	-0.39	-0.01	0.05	0.06	2.15
		Sismo X Modo 13	-0.00	34.34	-0.62	-0.74	0.36	-15.79
		Sismo Y Modo 1	0.45	188.06	-896.0	38.03	-186.1	-3652
		Sismo Y Modo 2	0.01	187.59	91.94	38.84	18.92	594.18
		Sismo Y Modo 3	-0.00	-2.79	0.11	-0.56	0.02	12.74
		Sismo Y Modo 4	-0.00	16.17	-215.8	2.61	-33.48	-676.4
		Sismo Y Modo 5	0.00	22.97	2.31	3.93	0.30	11.71
		Sismo Y Modo 6	0.00	2.28	13.30	0.68	-0.26	-15.41
		Sismo Y Modo 7	-0.01	-1.57	-39.49	0.21	-1.04	-33.97
		Sismo Y Modo 8	0.00	-5.86	0.11	-0.89	-0.05	17.44
		Sismo Y Modo 9	-0.00	5.62	-0.03	0.89	-0.49	-25.15
		Sismo Y Modo 10	-0.00	1.85	0.02	0.07	0.05	2.91
Sismo Y Modo 11	0.00	-0.12	0.39	0.07	4.41	93.63		
Sismo Y Modo 12	-0.00	-0.39	-0.01	0.05	0.05	2.12		
Sismo Y Modo 13	-0.00	0.77	-0.01	-0.02	0.01	-0.35		

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 2	6.00	Peso propio	1639.8	34749	13606	0.02	0.10	0.97
		Cargas muertas	202.87	4303.7	1690.3	0.00	0.02	0.11
		Sobrecarga de uso	180.11	3822.6	1498.8	0.00	0.01	0.11
		Sismo X Modo 1	0.15	77.69	-367.0	11.61	-55.59	-1092
		Sismo X Modo 2	0.04	777.31	379.37	117.03	56.77	1816.9
		Sismo X Modo 3	0.05	-745.2	28.34	-113.8	3.95	2489.3
		Sismo X Modo 4	-0.00	1.09	-12.29	0.07	-0.08	-0.45
		Sismo X Modo 5	-0.01	119.86	7.57	7.62	-0.69	-52.91
		Sismo X Modo 6	-0.00	0.85	-0.10	0.15	-0.82	-15.93
		Sismo X Modo 7	0.00	0.07	-0.12	0.04	0.52	10.75
		Sismo X Modo 8	0.00	-103.8	0.48	-3.46	-0.40	48.55
		Sismo X Modo 9	-0.00	10.14	0.22	0.08	0.09	-4.59
		Sismo X Modo 10	0.00	1.89	1.02	-4.24	0.26	-17.30
		Sismo X Modo 11	0.00	0.13	0.32	0.05	0.08	1.90
		Sismo X Modo 12	0.00	-0.14	0.54	0.08	0.18	1.67
		Sismo X Modo 13	0.00	8.41	-0.88	-8.67	-0.12	144.57
		Sismo Y Modo 1	0.68	346.17	-1635	51.73	-247.7	-4865
		Sismo Y Modo 2	0.02	342.11	166.97	51.51	24.99	799.64
		Sismo Y Modo 3	0.00	-5.13	0.20	-0.78	0.03	17.14
		Sismo Y Modo 4	-0.02	19.59	-220.7	1.25	-1.43	-8.09
		Sismo Y Modo 5	-0.00	28.36	1.79	1.80	-0.16	-12.52
		Sismo Y Modo 6	-0.00	4.79	-0.59	0.86	-4.59	-89.70
		Sismo Y Modo 7	0.00	1.56	-2.73	1.01	12.19	251.41
		Sismo Y Modo 8	0.00	-6.51	0.03	-0.22	-0.03	3.05
		Sismo Y Modo 9	-0.00	5.76	0.13	0.04	0.05	-2.61
		Sismo Y Modo 10	0.00	0.24	0.13	-0.54	0.03	-2.19
		Sismo Y Modo 11	0.00	0.73	1.83	0.28	0.47	10.75
		Sismo Y Modo 12	0.00	-0.14	0.53	0.08	0.18	1.64
		Sismo Y Modo 13	0.00	0.19	-0.02	-0.19	-0.00	3.23

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 1	3.00	Peso propio	2081.9	44118	16581	-3.72	0.17	69.65
		Cargas muertas	253.77	5386.9	2033.7	-0.37	0.27	12.68
		Sobrecarga de uso	231.94	4926.0	1855.9	-0.33	0.28	12.35
		Sismo X Modo 1	8.29	314.92	-424.0	13.66	-62.49	-1247
		Sismo X Modo 2	-9.36	864.67	412.39	135.81	64.58	2043.1
		Sismo X Modo 3	-0.43	-1142	43.67	-134.7	4.23	2836.1
		Sismo X Modo 4	0.05	2.30	-5.64	-0.04	1.87	40.42
		Sismo X Modo 5	0.06	97.54	-0.61	-6.10	-2.56	-160.7
		Sismo X Modo 6	0.01	0.91	-1.16	0.01	-0.35	-5.45
		Sismo X Modo 7	-0.00	0.12	0.83	0.04	0.32	6.64
		Sismo X Modo 8	-0.13	-72.75	0.73	10.82	0.43	-226.5
		Sismo X Modo 9	-0.01	5.35	2.38	-1.48	0.78	35.54
		Sismo X Modo 10	-0.02	-8.78	0.50	-3.86	-0.33	-37.23
		Sismo X Modo 11	0.01	0.46	-1.18	0.00	-0.56	-12.14
		Sismo X Modo 12	0.00	0.18	-0.33	0.09	-0.29	-6.15
		Sismo X Modo 13	0.04	0.68	-1.44	-3.03	-0.29	88.85
		Sismo Y Modo 1	36.93	1403.3	-1889	60.86	-278.4	-5556
		Sismo Y Modo 2	-4.12	380.56	181.50	59.77	28.42	899.22
		Sismo Y Modo 3	-0.00	-7.87	0.30	-0.93	0.03	19.53
		Sismo Y Modo 4	0.94	41.37	-101.3	-0.71	33.63	725.68
		Sismo Y Modo 5	0.01	23.08	-0.14	-1.44	-0.61	-38.02
		Sismo Y Modo 6	0.03	5.13	-6.53	0.05	-1.99	-30.69
		Sismo Y Modo 7	-0.07	2.74	19.36	0.92	7.50	155.31
		Sismo Y Modo 8	-0.01	-4.56	0.05	0.68	0.03	-14.21
		Sismo Y Modo 9	-0.01	3.04	1.35	-0.84	0.44	20.18
		Sismo Y Modo 10	-0.00	-1.11	0.06	-0.49	-0.04	-4.71
		Sismo Y Modo 11	0.07	2.60	-6.64	0.01	-3.14	-68.52
Sismo Y Modo 12	0.00	0.18	-0.32	0.09	-0.29	-6.03		
Sismo Y Modo 13	0.00	0.02	-0.03	-0.07	-0.01	1.98		

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta baja	0.00	Peso propio	3201.1	69082	28182	0.00	-0.00	-0.00
		Cargas muertas	410.77	8906.4	3718.8	0.00	-0.00	-0.00
		Sobrecarga de uso	387.99	8425.2	3527.1	0.00	-0.00	-0.00
		Sismo X Modo 1	0.00	162.98	-764.2	15.25	-67.96	-1321
		Sismo X Modo 2	-0.00	1640.1	770.17	150.81	66.36	2208.0
		Sismo X Modo 3	-0.00	-1587	41.65	-146.3	1.01	2973.5
		Sismo X Modo 4	0.00	0.25	5.82	-0.23	4.13	88.39
		Sismo X Modo 5	-0.00	28.90	-17.32	-24.31	-5.75	-409.0
		Sismo X Modo 6	-0.00	0.10	3.32	-0.27	1.51	33.46
		Sismo X Modo 7	0.00	0.05	-1.97	-0.04	-0.95	-22.05
		Sismo X Modo 8	0.00	1.73	-2.70	24.40	-1.53	-611.0
		Sismo X Modo 9	-0.00	-0.04	-0.61	-1.91	-1.08	41.79
		Sismo X Modo 10	-0.00	2.78	1.96	4.21	0.53	67.49
		Sismo X Modo 11	0.00	-0.14	0.15	-0.09	0.51	13.19
		Sismo X Modo 12	-0.00	-0.53	0.30	-0.22	0.22	8.54
		Sismo X Modo 13	0.00	55.57	-3.29	18.73	-0.42	-483.3
		Sismo Y Modo 1	0.00	726.25	-3405	67.97	-302.8	-5888
		Sismo Y Modo 2	-0.00	721.84	338.97	66.37	29.21	971.78
		Sismo Y Modo 3	-0.00	-10.93	0.29	-1.01	0.01	20.48
		Sismo Y Modo 4	0.00	4.51	104.41	-4.13	74.20	1586.8
		Sismo Y Modo 5	-0.00	6.84	-4.10	-5.75	-1.36	-96.79
		Sismo Y Modo 6	-0.00	0.56	18.67	-1.51	8.47	188.39
		Sismo Y Modo 7	0.00	1.20	-46.17	-0.95	-22.14	-515.7
		Sismo Y Modo 8	0.00	0.11	-0.17	1.53	-0.10	-38.33
		Sismo Y Modo 9	-0.00	-0.03	-0.34	-1.08	-0.62	23.73
		Sismo Y Modo 10	-0.00	0.35	0.25	0.53	0.07	8.54
Sismo Y Modo 11	0.00	-0.77	0.85	-0.51	2.89	74.45		
Sismo Y Modo 12	-0.00	-0.52	0.29	-0.22	0.22	8.39		
Sismo Y Modo 13	0.00	1.24	-0.07	0.42	-0.01	-10.79		

Tabla B2.6.1 – Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta

Anexo B3. Modelo envejecido

B3.1. Desplazamiento de los pilares

A continuación, se muestra una tabla con los desplazamientos individuales de cada pilar en cada una de las plantas en las que se encuentra, tanto para situaciones persistentes o transitorias como para situaciones sísmicas.

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P1	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.21	0.04	0.15	0.22
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.20
P2	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.21	0.04	0.09	0.22
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.19
P3	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.21	0.04	0.10	0.22
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.20
P4	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.51	0.04	0.14	0.58
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.52
P5	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.15	0.56
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.51
P6	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.70	0.03	0.12	0.91
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.45
P7	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.67	0.03	0.09	0.79
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.55
P8	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.66	0.03	0.10	0.77
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.53

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P9	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.65	0.03	0.11	0.78
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.54
P10	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.69	0.03	0.09	0.85
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.58
P11	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.61	0.31	1.07	0.67
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.59	0.25	0.83	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.56	0.19	0.59	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.52	0.12	0.35	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.06	0.13	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.46
P12	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.63	0.29	1.00	0.66
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.78	0.65
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.58	0.17	0.55	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.11	0.32	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.12	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.46
P13	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.63	0.29	0.88	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.62	0.23	0.68	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.59	0.17	0.47	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.54	0.11	0.27	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.09	0.52

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.45
P14	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.61	0.31	0.85	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.59	0.25	0.65	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.56	0.19	0.45	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.52	0.12	0.26	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.06	0.08	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.44
P21	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.56	0.34	0.83	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.55	0.27	0.64	0.62
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.53	0.20	0.44	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.49	0.13	0.25	0.55
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.44	0.06	0.08	0.50
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.42
P23	Cubierta	15.40	0.00	0.33	0.49	0.37	0.82	0.62
	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.48	0.29	0.63	0.60
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.46	0.22	0.44	0.58
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.44	0.14	0.25	0.54
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.40	0.06	0.08	0.48
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.43
P24	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.57	0.34	1.11	0.69
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.56	0.27	0.86	0.67

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.53	0.20	0.61	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.50	0.13	0.36	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.45	0.06	0.13	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.46
P25	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.51	0.37	1.14	0.71
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.50	0.29	0.89	0.70
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.48	0.22	0.63	0.68
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.45	0.14	0.38	0.64
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.42	0.06	0.14	0.58
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.50
P26	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.71	0.19	0.87	0.78
	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.69	0.16	0.67	0.77
	Planta 3	8.85	0.01	0.17	0.68	0.12	0.47	0.75
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.65	0.08	0.27	0.72
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.60	0.04	0.09	0.66
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.56
P27	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.79	0.19	0.90	0.84
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.78	0.16	0.69	0.83
	Planta 3	8.85	0.01	0.16	0.76	0.12	0.49	0.80
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.72	0.08	0.28	0.76
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.65	0.04	0.09	0.69

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.62
P28	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.79	0.19	0.93	0.84
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.78	0.16	0.72	0.83
	Planta 3	8.85	0.01	0.16	0.76	0.12	0.51	0.80
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.71	0.08	0.30	0.76
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.65	0.04	0.10	0.69
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.61
P29	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.79	0.19	0.97	0.86
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.78	0.16	0.75	0.85
	Planta 3	8.85	0.01	0.16	0.76	0.12	0.53	0.83
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.72	0.08	0.31	0.79
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.66	0.04	0.11	0.72
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.63
P30	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.71	0.19	1.02	0.82
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.70	0.16	0.79	0.80
	Planta 3	8.85	0.01	0.16	0.68	0.12	0.56	0.78
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.64	0.08	0.33	0.74
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.59	0.04	0.12	0.68
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.57
P31	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.58	0.33	0.84	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.57	0.26	0.65	0.63

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.55	0.20	0.45	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.51	0.13	0.26	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.46	0.06	0.08	0.50
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.43
P32	Cubierta	15.40	0.00	0.33	0.53	0.36	0.82	0.63
	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.52	0.28	0.63	0.61
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.50	0.21	0.44	0.59
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.47	0.14	0.25	0.54
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.42	0.06	0.08	0.49
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.42
P33	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.59	0.33	1.09	0.67
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.57	0.26	0.85	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.55	0.20	0.60	0.63
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.51	0.13	0.36	0.59
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.46	0.06	0.13	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.45
P34	Cubierta	15.40	0.00	0.30	0.54	0.35	1.13	0.70
	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.53	0.28	0.87	0.68
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.51	0.21	0.62	0.66
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.48	0.14	0.37	0.61
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.43	0.06	0.14	0.55

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.48
P35	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.48	0.05	0.15	0.56
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.49
P36	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.46	0.06	0.15	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.47
P37	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.42	0.06	0.15	0.55
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.51
P38	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.62	0.29	0.98	0.66
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.76	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.58	0.18	0.54	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.11	0.32	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.11	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.44
P39	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.63	0.29	0.96	0.66
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.74	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.58	0.18	0.52	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.11	0.30	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.11	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.45
P40	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.63	0.29	0.94	0.66
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.73	0.64

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.58	0.18	0.51	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.11	0.30	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.50	0.05	0.10	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.47
P41	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.63	0.29	0.93	0.66
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.72	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.59	0.18	0.51	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.55	0.11	0.30	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.10	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.48
P42	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.63	0.29	0.92	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.71	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.59	0.18	0.50	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.55	0.11	0.29	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.50	0.05	0.10	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.46
P43	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.63	0.29	0.91	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.70	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.58	0.18	0.49	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.54	0.11	0.29	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.09	0.51

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.44
P44	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.62	0.29	0.89	0.65
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.69	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.58	0.18	0.48	0.61
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.54	0.11	0.28	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.09	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.44
P45	Cubierta	15.40	0.00	0.32	0.63	0.29	0.90	0.64
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.69	0.63
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.58	0.18	0.49	0.60
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.54	0.11	0.28	0.56
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.09	0.50
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.43
P46	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.62	0.29	0.97	0.66
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.61	0.23	0.75	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.58	0.18	0.53	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.54	0.11	0.31	0.57
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.05	0.11	0.51
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.44
P47	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.57	0.28	0.87	0.70
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.55	0.21	0.62	0.68

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.52	0.13	0.37	0.64
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.47	0.06	0.14	0.57
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.00	0.48
P48	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.61	0.26	0.85	0.68
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.59	0.19	0.60	0.65
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.55	0.12	0.36	0.61
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.06	0.13	0.55
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.45
P49	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.61	0.21	0.90	0.68
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.60	0.16	0.64	0.67
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.57	0.11	0.38	0.63
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.05	0.14	0.58
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.52
P50	Planta 4	11.85	0.00	0.22	0.63	0.20	0.87	0.70
	Planta 3	8.85	0.00	0.15	0.60	0.15	0.62	0.67
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.57	0.10	0.37	0.63
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.04	0.14	0.58
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.54
P51	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.61	0.26	0.64	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.59	0.19	0.45	0.63
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.55	0.13	0.26	0.59

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.49	0.06	0.08	0.53
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.43
P52	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.56	0.28	0.63	0.64
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.54	0.21	0.44	0.62
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.51	0.13	0.25	0.58
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.46	0.06	0.08	0.52
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.43
P53	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.62	0.22	0.64	0.70
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.61	0.16	0.45	0.68
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.58	0.11	0.26	0.65
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.05	0.09	0.59
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00	0.53
P54	Planta 4	11.85	0.00	0.24	0.66	0.20	0.63	0.72
	Planta 3	8.85	0.00	0.17	0.64	0.15	0.44	0.70
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.60	0.10	0.25	0.66
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.54	0.05	0.08	0.60
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.53
P55	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.65	0.23	0.76	0.67
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.62	0.17	0.54	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.58	0.11	0.32	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.05	0.11	0.54

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.45
P56	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.65	0.23	0.74	0.67
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.63	0.17	0.52	0.65
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.59	0.11	0.30	0.61
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.53	0.05	0.11	0.55
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.45
P57	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.65	0.23	0.73	0.67
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.63	0.17	0.51	0.65
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.59	0.11	0.30	0.61
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.05	0.10	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.48
P58	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.65	0.23	0.70	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.63	0.17	0.49	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.59	0.11	0.29	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.53	0.05	0.09	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.45
P59	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.65	0.23	0.71	0.66
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.63	0.17	0.50	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.59	0.11	0.29	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.05	0.10	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.47

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones sísmicas		
Pilar	Planta	Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
P60	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.65	0.23	0.69	0.67
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.62	0.17	0.48	0.64
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.58	0.11	0.28	0.60
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.52	0.05	0.09	0.54
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.44
P61	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.77	0.16	0.76	0.83
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.74	0.13	0.54	0.80
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.70	0.08	0.32	0.75
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.65	0.04	0.11	0.70
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.62
P62	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.79	0.20	0.96	0.82
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.76	0.16	0.74	0.80
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.74	0.13	0.52	0.77
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.70	0.08	0.31	0.73
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.66	0.04	0.11	0.69
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.62
P63	Cubierta	15.40	0.00	0.31	0.78	0.20	0.95	0.81
	Planta 4	11.85	0.00	0.23	0.76	0.16	0.73	0.79
	Planta 3	8.85	0.00	0.16	0.74	0.13	0.51	0.76
	Planta 2	5.85	0.00	0.09	0.70	0.08	0.30	0.72
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.65	0.04	0.10	0.67

Situaciones persistentes o transitorias					Situaciones sísmicas					
Pilar	Planta			Cota (m)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)	Desp. X (mm)	Desp. Y (mm)	Desp. Z (mm)
	Planta baja			0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.62
P64	Cubierta			15.40	0.00	0.31	0.79	0.20	0.92	0.80
	Planta 4			11.85	0.00	0.23	0.76	0.16	0.71	0.78
	Planta 3			8.85	0.00	0.16	0.74	0.13	0.50	0.75
	Planta 2			5.85	0.00	0.09	0.70	0.08	0.29	0.72
	Planta 1			2.85	0.00	0.03	0.65	0.04	0.10	0.66
	Planta baja			0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.61
P65	Cubierta			15.40	0.00	0.32	0.79	0.20	0.91	0.82
	Planta 4			11.85	0.00	0.23	0.76	0.16	0.70	0.79
	Planta 3			8.85	0.00	0.16	0.74	0.13	0.49	0.77
	Planta 2			5.85	0.00	0.10	0.70	0.08	0.29	0.73
	Planta 1			2.85	0.00	0.03	0.66	0.04	0.09	0.68
	Planta baja			0.00	0.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.61
P66	Planta 4			11.85	0.00	0.24	0.77	0.16	0.68	0.83
	Planta 3			8.85	0.00	0.16	0.74	0.13	0.48	0.80
	Planta 2	5.85	0.00	0.10	0.70	0.08	0.28	0.76		
	Planta 1	2.85	0.00	0.03	0.65	0.04	0.09	0.70		
	Planta baja	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.62		

Tabla B3.1.1 - Desplazamientos individuales de los pilares para situaciones persistentes o transitorias y situaciones sísmicas

B3.2. Coeficientes de participación

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.124	0.0491	0.2482	0.9675	2.41 %	60.9 %	R = 2 A = 0.6 m/s ² D = 0.23442 mm	R = 2 A = 0.6 m/s ² D = 0.23442 mm
Modo 2	0.108	0.069	0.0271	0.9973	32.61 %	4.99 %	R = 2 A = 0.587 m/s ² D = 0.17228 mm	R = 2 A = 0.587 m/s ² D = 0.17228 mm
Modo 3	0.059	0.091	0.0008	0.9959	37.8 %	0 %	R = 2 A = 0.548 m/s ² D = 0.04775 mm	R = 2 A = 0.548 m/s ² D = 0.04775 mm
Modo 4	0.035	0.0485	0.7308	0.6809	0.1 %	22.65 %	R = 2 A = 0.529 m/s ² D = 0.01611 mm	R = 2 A = 0.529 m/s ² D = 0.01611 mm
Modo 5	0.030	0.0487	0.0126	0.9987	7.65 %	0.51 %	R = 2 A = 0.526 m/s ² D = 0.012 mm	R = 2 A = 0.526 m/s ² D = 0.012 mm
Modo 6	0.021	0.1215	0.9809	0.1518	0.08 %	4.92 %	R = 2 A = 0.519 m/s ² D = 0.00605 mm	R = 2 A = 0.519 m/s ² D = 0.00605 mm
Modo 7	0.020	0.0335	0.3593	0.9326	0.04 %	4.68 %	R = 2 A = 0.518 m/s ² D = 0.00546 mm	R = 2 A = 0.518 m/s ² D = 0.00546 mm
Modo 8	0.019	0.064	0.0021	0.9979	8.52 %	0.01 %	R = 2 A = 0.517 m/s ² D = 0.00455 mm	R = 2 A = 0.517 m/s ² D = 0.00455 mm
Modo 9	0.018	0.0127	0.0138	0.9998	0.08 %	0.1 %	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00402 mm	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00402 mm
Modo 10	0.017	0.0841	0.0232	0.9962	1.65 %	0.12 %	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00397 mm	R = 2 A = 0.516 m/s ² D = 0.00397 mm
Total					90.94 %	98.88 %		

Tabla B3.2.1 – Coeficientes de participación según modo del sismo

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

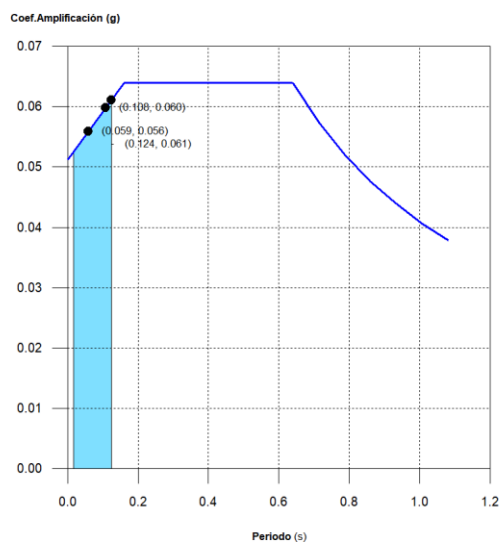


Figura B3.2.1 – Coeficiente de amplificación vs periodo

Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo 1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.124	0.061
Modo 2	0.108	0.060
Modo 3	0.059	0.056

Tabla B3.2.2 – Hipótesis de sismo 1

B3.3. Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e_x (m)	e_y (m)
Cubierta	(21.13, 8.36)	(21.95, 10.05)	-0.83	-1.69
Planta 4	(21.22, 8.28)	(21.84, 10.62)	-0.62	-2.34
Planta 3	(21.20, 8.30)	(21.58, 10.73)	-0.38	-2.44
Planta 2	(21.20, 8.27)	(21.48, 10.36)	-0.28	-2.09
Planta 1	(22.27, 9.90)	(22.93, 11.57)	-0.66	-1.67

Tabla B3.3.1 – Coordenadas del centro de masas en cada planta

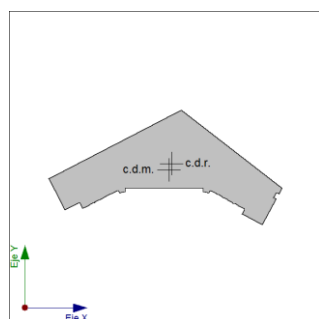
c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

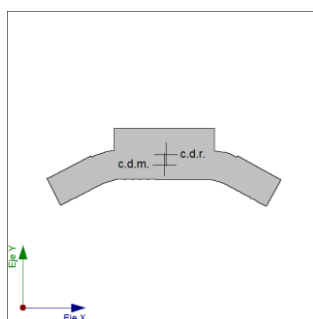
e_x : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_y : Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

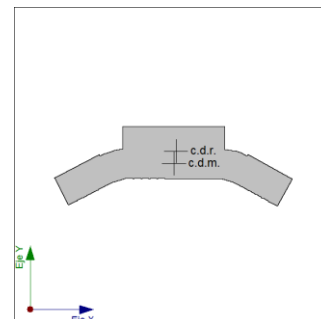
Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta



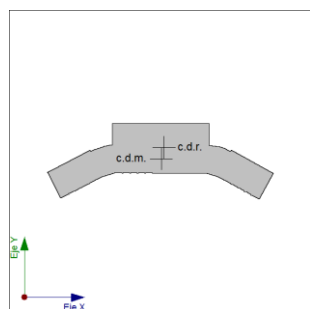
Planta 1



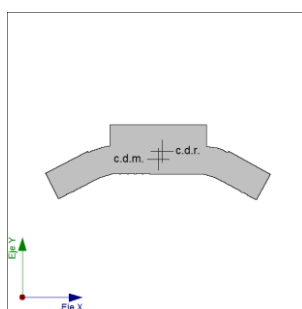
Planta 2



Planta 3



Planta 4



Cubierta

Figura B3.3.1 – Representación del centro de masas en cada planta

B3.4 Cortante sísmico combinado por planta

El valor máximo del cortante por planta en una hipótesis sísmica dada se obtiene mediante la Combinación Cuadrática Completa (CQC) de los correspondientes cortantes modales.

Si la obra tiene vigas con vinculación exterior o estructuras 3D integradas, los esfuerzos de dichos elementos no se muestran en el siguiente listado.

Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta

Los valores que se muestran en las siguientes tablas no están ajustados por el factor de modificación calculado en el apartado 'Corrección por cortante basal'.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q _x (t)	F _{eq,x} (t)	Q _y (t)	F _{eq,y} (t)
Cubierta	37.4013	37.4013	15.8240	15.8240
Planta 4	65.0794	29.3030	29.0903	13.7486
Planta 3	85.2685	24.9795	38.3457	9.7710
Planta 2	100.1403	20.0373	43.3006	5.6009
Planta 1	112.2821	20.6538	46.1530	6.0818

Tabla B3.4.1 – Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta en dirección X

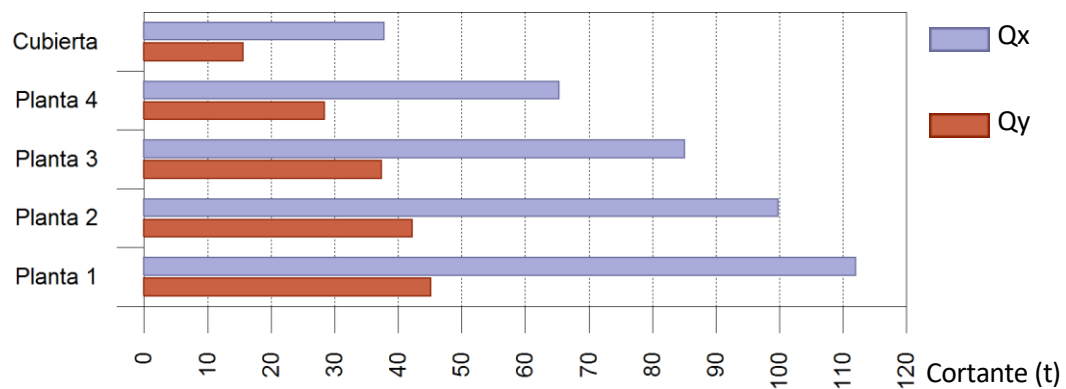
Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q _x (t)	F _{eq,x} (t)	Q _y (t)	F _{eq,y} (t)
Cubierta	13.9970	13.9970	52.0443	52.0443
Planta 4	26.5434	12.7767	90.6261	41.9642
Planta 3	35.2497	9.3317	117.8779	36.7076
Planta 2	41.6276	7.2913	134.6812	26.6020
Planta 1	46.1612	7.2893	152.4345	38.0256

Tabla B3.4.2 – Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta en dirección Y

Cortantes sísmicos máximos por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

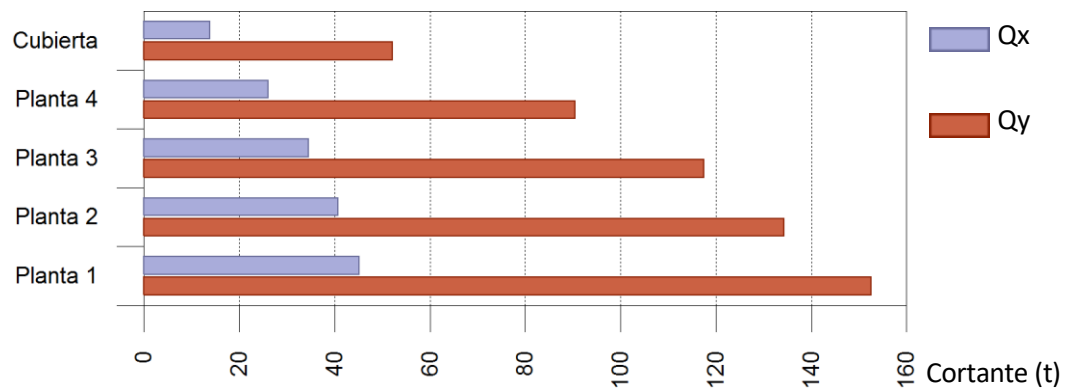
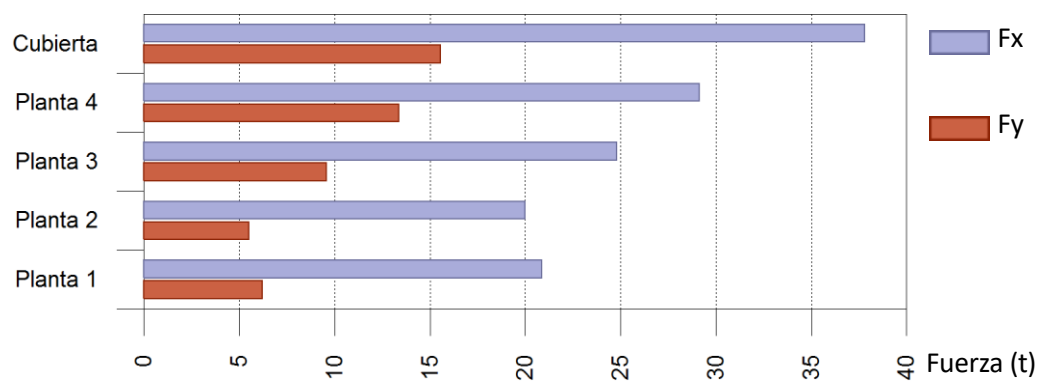


Figura B3.4.1 – Cortantes sísmicos máximos por planta para hipótesis X1 e Y1

Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

Hipótesis sísmica: Sismo X1



Hipótesis sísmica: Sismo Y1

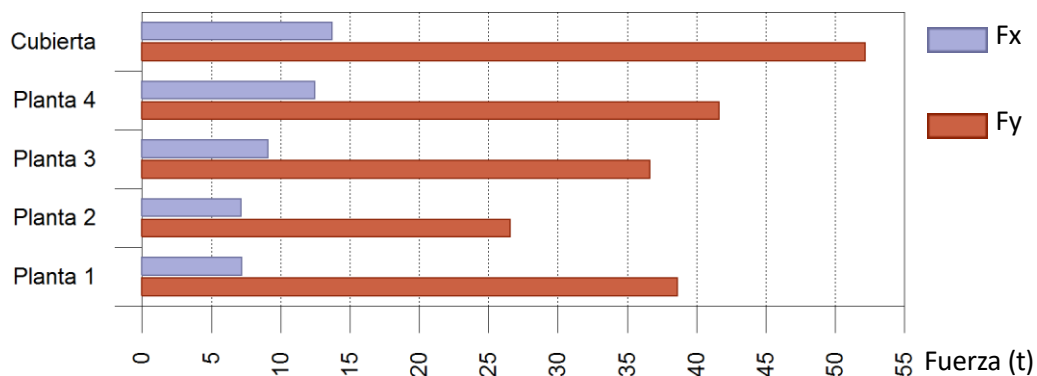


Figura B3.4.2 – Fuerzas sísmicas equivalentes por planta para hipótesis X1 e Y1

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte y por planta

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Cubierta	1.92	98.08	0.23	99.77
Planta 4	1.06	98.94	0.69	99.31
Planta 3	0.53	99.47	0.55	99.45
Planta 2	1.63	98.37	1.07	98.93
Planta 1	3.36	96.64	0.91	99.09

Tabla B3.4.3 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por planta en dirección X

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Cubierta	3.90	96.10	0.16	99.84
Planta 4	1.74	98.26	0.80	99.20
Planta 3	1.13	98.87	0.60	99.40
Planta 2	1.11	98.89	0.95	99.05
Planta 1	6.02	93.98	1.11	98.89

Tabla B3.4.4 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por planta en dirección XY

Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

El porcentaje de cortante sísmico de la columna 'Muros' incluye el cortante resistido por muros, pantallas y elementos de arriostramiento.

Hipótesis sísmica	%Q _x		%Q _y	
	Pilares	Muros	Pilares	Muros
Sismo X1	3.36	96.64	0.91	99.09
Sismo Y1	6.02	93.98	1.11	98.89

Tabla B3.4.5 – Porcentaje de cortante sísmico resistido por tipo de soporte en arranques

B3.5. Tensiones bajo vigas de cimentación

Planta baja

Tensión admisible en situaciones persistentes: 1.20 kp/cm²

Tensión admisible en situaciones accidentales: 1.80 kp/cm²

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
1	B27-B28	M40: 30x70	0.30	0.31	Cumple	0.35	0.36	Cumple
2	B26-P25	M48: 30x70	0.37	0.38	Cumple	0.45	0.46	Cumple
2	P25-P34	M6: 30x70	0.38	0.38	Cumple	0.44	0.44	Cumple
2	P34-P24	M7: 30x70	0.38	0.39	Cumple	0.43	0.43	Cumple
2	P24-P33	M8: 30x70	0.40	0.40	Cumple	0.43	0.43	Cumple
2	P33-P11	M9: 30x70	0.41	0.41	Cumple	0.43	0.44	Cumple
2	P11-B5	M13: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.46	0.47	Cumple
3	P13-B3	M45: 30x70	0.46	0.46	Cumple	0.46	0.47	Cumple
3	B3-B4	M25: 30x70	0.46	0.46	Cumple	0.46	0.47	Cumple
3	B4-P14	M24: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.46	0.47	Cumple
3	P14-P31	M20: 30x70	0.41	0.41	Cumple	0.43	0.43	Cumple
3	P31-P21	M21: 30x70	0.39	0.40	Cumple	0.41	0.42	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
3	P21-P32	M22: 30x70	0.38	0.38	Cumple	0.40	0.40	Cumple
3	P32-P23	M23: 30x70	0.37	0.37	Cumple	0.40	0.40	Cumple
3	P23-B7	M27: 30x70	0.36	0.36	Cumple	0.39	0.40	Cumple
4	B5-B6	M26: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.47	0.47	Cumple
4	B6-P12	M43: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.47	0.47	Cumple
5	P12-P38	M19: 30x70	0.43	0.43	Cumple	0.44	0.44	Cumple
5	P38-P46	M10: 30x70	0.42	0.42	Cumple	0.43	0.43	Cumple
5	P46-P39	M11: 30x70	0.43	0.43	Cumple	0.44	0.44	Cumple
5	P39-P40	M12: 30x70	0.44	0.44	Cumple	0.45	0.46	Cumple
5	P40-P41	M14: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.46	0.47	Cumple
5	P41-P42	M15: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.46	0.47	Cumple
5	P42-P43	M16: 30x70	0.44	0.44	Cumple	0.45	0.46	Cumple
5	P43-P45	M17: 30x70	0.43	0.43	Cumple	0.43	0.44	Cumple
5	P45-P44	M18: 30x70	0.42	0.42	Cumple	0.43	0.43	Cumple
5	P44-P13	M44: 30x70	0.43	0.43	Cumple	0.44	0.44	Cumple
6	B25-P50	M55: 30x70	0.48	0.48	Cumple	0.51	0.51	Cumple
6	P50-B33	M55: 30x70	0.49	0.50	Cumple	0.53	0.54	Cumple
6	B33-B32	M58: 30x70	0.51	0.52	Cumple	0.54	0.56	Cumple
7	B9-B8	M29: 30x70	0.51	0.53	Cumple	0.54	0.55	Cumple
8	B34-B35	M59: 30x70	0.52	0.53	Cumple	0.55	0.56	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
8	B35-B36	M60: 30x70	0.52	0.53	Cumple	0.55	0.56	Cumple
8	B36-B37	M61: 30x70	0.52	0.53	Cumple	0.56	0.56	Cumple
8	B37-B38	M62: 30x70	0.54	0.55	Cumple	0.57	0.58	Cumple
8	B38-B18	M63: 30x70	0.54	0.55	Cumple	0.57	0.58	Cumple
8	B18-B30	M53: 30x70	0.54	0.55	Cumple	0.57	0.58	Cumple
9	<-P61	M64: 30x70	0.58	0.59	Cumple	0.61	0.61	Cumple
9	P61-P62	M64: 30x70	0.60	0.60	Cumple	0.62	0.62	Cumple
9	P62-P63	M64: 30x70	0.59	0.60	Cumple	0.61	0.61	Cumple
9	P63-P64	M64: 30x70	0.60	0.61	Cumple	0.62	0.62	Cumple
9	P64-P65	M64: 30x70	0.59	0.60	Cumple	0.60	0.61	Cumple
9	P65-P66	M64: 30x70	0.60	0.60	Cumple	0.61	0.62	Cumple
9	P66->	M64: 30x70	0.58	0.58	Cumple	0.60	0.60	Cumple
10	B1-B2	M3: 30x70	0.21	0.22	Cumple	0.24	0.24	Cumple
11	B0-B1	M2: 30x70	0.22	0.22	Cumple	0.24	0.24	Cumple
12	B25-P36	M49: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.48	0.50	Cumple
12	P36-P37	M49: 30x70	0.42	0.42	Cumple	0.46	0.46	Cumple
12	P37-B26	M49: 30x70	0.40	0.40	Cumple	0.46	0.46	Cumple
13	1	M56: 30x70	0.49	0.49	Cumple	0.50	0.50	Cumple
14	<-B5	M50: 30x70	0.45	0.45	Cumple	0.47	0.47	Cumple
15	B6->	M51: 30x70	0.46	0.46	Cumple	0.48	0.48	Cumple
16	<-B30	M54: 30x70	0.55	0.55	Cumple	0.57	0.57	Cumple

Situaciones persistentes o transitorias						Situaciones accidentales		
Pórtico	Viga		Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado	Tensión media (kp/cm ²)	Tensión en bordes (kp/cm ²)	Estado
	Tramo	Dimensión						
17	P41-B39	M65: 30x70	0.60	0.60	Cumple	0.62	0.62	Cumple
18	<-B40	M66: 30x70	0.55	0.55	Cumple	0.57	0.57	Cumple
19	B3->	M67: 30x70	0.46	0.47	Cumple	0.47	0.47	Cumple
20	B4->	M68: 30x70	0.45	0.46	Cumple	0.47	0.47	Cumple
21	1	M69: 30x70	0.49	0.49	Cumple	0.50	0.50	Cumple
22	B27-B7	M39: 30x70	0.35	0.35	Cumple	0.39	0.39	Cumple
22	B7-B8	M28: 30x70	0.44	0.45	Cumple	0.48	0.49	Cumple
23	B28-B44	M5: 30x70	0.19	0.19	Cumple	0.21	0.22	Cumple
24	B43-B2	M4: 30x70	0.16	0.16	Cumple	0.17	0.17	Cumple
25	B40-B14	M35: 30x70	0.55	0.55	Cumple	0.57	0.58	Cumple
25	B14-B13	M34: 30x70	0.54	0.55	Cumple	0.56	0.57	Cumple
25	B13-B12	M33: 30x70	0.53	0.54	Cumple	0.56	0.57	Cumple
25	B12-B11	M32: 30x70	0.53	0.54	Cumple	0.55	0.56	Cumple
25	B11-B10	M31: 30x70	0.53	0.54	Cumple	0.55	0.56	Cumple
26	B86-B43	M42: 20x70	0.15	0.16	Cumple	0.17	0.17	Cumple
27	B87-B44	M52: 20x70	0.18	0.18	Cumple	0.19	0.20	Cumple
28	B87-B86	M47: 20x70	0.18	0.18	Cumple	0.19	0.19	Cumple
29	B0-B41	M1: 30x70	0.17	0.17	Cumple	0.19	0.19	Cumple
29	B41-B89	M41: 25x70	0.19	0.20	Cumple	0.21	0.21	Cumple
30	B89-P37	M36: 20x70	0.39	0.39	Cumple	0.45	0.45	Cumple

Tabla B3.5.1 – Tensiones bajo vigas de cimentación en situaciones persistentes o transitorias y situaciones accidentales

B3.6. Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta

Sólo se tienen en cuenta los esfuerzos de pilares, muros y pantallas, por lo que los esfuerzos de vigas con vinculación exterior, vigas inclinadas, diagonales o estructuras 3D integradas no se muestran en el siguiente listado.

Este listado es de utilidad para conocer las cargas actuantes por encima de la cota de la base de los soportes sobre una planta, por lo que para casos tales como pilares apeados traccionados, los esfuerzos de dichos pilares tendrán la influencia no sólo de las cargas por encima sino también la de las cargas que recibe de plantas inferiores.

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 4	12.00	Peso propio	582.53	12329	4836.2	-0.11	-0.56	-6.14
		Cargas muertas	75.41	1596.0	633.52	-0.01	-0.14	-1.76
		Sobrecarga de uso	52.73	1116.8	442.97	-0.01	-0.12	-1.49
		Sismo X Modo 1	0.13	6.67	-30.65	1.57	-9.04	-179.7
		Sismo X Modo 2	0.02	77.59	35.30	21.93	9.94	303.55
		Sismo X Modo 3	0.09	-89.57	4.51	-25.17	1.08	553.73
		Sismo X Modo 4	0.01	0.45	-4.54	0.11	-1.30	-26.85
		Sismo X Modo 5	0.01	29.00	4.67	8.21	1.29	49.01
		Sismo X Modo 6	0.00	0.08	2.05	0.02	0.57	10.05
		Sismo X Modo 7	0.00	-0.08	-1.42	-0.02	-0.40	-9.29
		Sismo X Modo 8	-0.03	36.05	-2.64	10.23	-0.68	-205.9
		Sismo X Modo 9	0.00	1.52	0.63	0.43	0.17	2.05
		Sismo X Modo 10	-0.00	6.07	-1.91	1.73	-0.52	14.19
		Sismo Y Modo 1	0.68	33.77	-155.1	7.96	-45.72	-909.2
		Sismo Y Modo 2	0.01	30.54	13.89	8.63	3.91	119.46
		Sismo Y Modo 3	0.00	-0.76	0.04	-0.21	0.01	4.72
		Sismo Y Modo 4	0.12	6.81	-68.39	1.73	-19.60	-404.4
		Sismo Y Modo 5	0.00	7.51	1.21	2.13	0.33	12.68
		Sismo Y Modo 6	0.00	0.64	16.55	0.15	4.63	81.16
		Sismo Y Modo 7	0.01	-0.90	-15.27	-0.25	-4.30	-99.57
Sismo Y Modo 8	-0.00	1.20	-0.09	0.34	-0.02	-6.83		
Sismo Y Modo 9	0.00	1.65	0.68	0.46	0.19	2.23		
Sismo Y Modo 10	-0.00	1.67	-0.53	0.48	-0.14	3.91		

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 3	9.00	Peso propio	1097.6	23234	9129.0	0.17	-0.13	-4.11
		Cargas muertas	139.33	2952.5	1163.7	0.02	-0.04	-0.77
		Sobrecarga de uso	116.56	2471.4	972.16	0.02	-0.04	-0.74
		Sismo X Modo 1	0.04	15.04	-82.33	3.04	-16.93	-334.1
		Sismo X Modo 2	0.01	205.74	90.91	42.57	18.50	590.10
		Sismo X Modo 3	-0.01	-223.0	9.34	-44.56	1.90	1010.0
		Sismo X Modo 4	-0.00	0.78	-8.59	0.13	-1.32	-26.54
		Sismo X Modo 5	0.00	60.32	7.60	10.37	1.00	30.47
		Sismo X Modo 6	0.00	0.28	2.05	0.07	-0.00	-1.17
		Sismo X Modo 7	-0.00	-0.02	-1.62	0.03	-0.06	-1.98
		Sismo X Modo 8	-0.00	65.48	-1.48	9.69	0.29	-194.2
		Sismo X Modo 9	-0.00	2.18	0.02	0.22	-0.19	-5.16
		Sismo X Modo 10	-0.00	5.71	0.15	-0.15	0.69	32.25
		Sismo Y Modo 1	0.19	76.08	-416.5	15.39	-85.65	-1690
		Sismo Y Modo 2	0.01	80.97	35.77	16.75	7.28	232.23
		Sismo Y Modo 3	-0.00	-1.90	0.08	-0.38	0.02	8.62
		Sismo Y Modo 4	-0.00	11.69	-129.4	1.93	-19.84	-399.8
		Sismo Y Modo 5	0.00	15.61	1.97	2.68	0.26	7.89
		Sismo Y Modo 6	0.00	2.23	16.52	0.53	-0.03	-9.41
		Sismo Y Modo 7	-0.00	-0.18	-17.33	0.27	-0.63	-21.25
Sismo Y Modo 8	-0.00	2.17	-0.05	0.32	0.01	-6.44		
Sismo Y Modo 9	-0.00	2.37	0.03	0.24	-0.21	-5.60		
Sismo Y Modo 10	-0.00	1.57	0.04	-0.04	0.19	8.89		
Planta 2	6.00	Peso propio	1637.8	34682	13595	0.02	0.08	0.55
		Cargas muertas	202.98	4306.0	1691.1	0.01	0.01	0.05
		Sobrecarga de uso	180.21	3824.8	1499.5	0.01	0.01	0.06
		Sismo X Modo 1	0.06	27.76	-149.6	4.16	-22.52	-444.7
		Sismo X Modo 2	0.02	373.96	164.00	56.07	24.33	801.12
		Sismo X Modo 3	0.03	-405.4	17.04	-61.00	2.37	1344.8
		Sismo X Modo 4	-0.00	0.96	-8.80	0.07	-0.06	-0.36
		Sismo X Modo 5	-0.00	74.57	6.11	4.76	-0.47	-33.03
		Sismo X Modo 6	-0.00	0.48	0.03	0.07	-0.67	-13.12
		Sismo X Modo 7	0.00	0.18	-0.17	0.06	0.48	10.00
		Sismo X Modo 8	-0.00	70.69	-0.18	1.72	0.42	-27.17
		Sismo X Modo 9	-0.00	1.19	0.05	-0.33	0.01	-2.11
		Sismo X Modo 10	0.00	-2.00	0.53	-2.58	0.12	-9.49
		Sismo Y Modo 1	0.28	140.43	-756.8	21.04	-113.9	-2250
		Sismo Y Modo 2	0.01	147.17	64.54	22.06	9.57	315.27
		Sismo Y Modo 3	0.00	-3.46	0.15	-0.52	0.02	11.47
		Sismo Y Modo 4	-0.02	14.44	-132.5	0.99	-0.90	-5.39
		Sismo Y Modo 5	-0.00	19.30	1.58	1.23	-0.12	-8.55
		Sismo Y Modo 6	-0.00	3.90	0.24	0.58	-5.39	-105.9
		Sismo Y Modo 7	0.00	1.94	-1.85	0.69	5.14	107.12
Sismo Y Modo 8	-0.00	2.35	-0.01	0.06	0.01	-0.90		
Sismo Y Modo 9	-0.00	1.29	0.05	-0.36	0.01	-2.29		
Sismo Y Modo 10	0.00	-0.55	0.15	-0.71	0.03	-2.62		

Valores referidos al origen (X=0.00, Y=0.00)								
Planta	Cota (m)	Hipótesis	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)	Qx (t)	Qy (t)	T (t·m)
Planta 1	3.00	Peso propio	2085.5	44072	16622	-3.72	0.62	71.68
		Cargas muertas	254.62	5397.2	2041.4	-0.30	0.29	12.73
		Sobrecarga de uso	232.72	4935.7	1862.9	-0.26	0.30	12.37
		Sismo X Modo 1	3.25	120.33	-174.7	5.00	-25.48	-507.4
		Sismo X Modo 2	-4.38	436.43	177.19	65.30	27.37	901.35
		Sismo X Modo 3	0.01	-616.5	27.16	-71.78	2.23	1527.2
		Sismo X Modo 4	0.03	1.72	-4.16	-0.03	1.33	28.61
		Sismo X Modo 5	-0.07	61.58	-0.25	-3.65	-1.83	-100.7
		Sismo X Modo 6	0.00	0.50	-1.08	-0.01	-0.37	-6.07
		Sismo X Modo 7	-0.00	0.24	0.84	0.04	0.34	7.28
		Sismo X Modo 8	0.06	47.97	0.45	-7.83	-0.01	160.83
		Sismo X Modo 9	-0.00	-0.27	0.53	-0.48	0.16	2.46
		Sismo X Modo 10	0.02	-6.90	-0.78	-1.84	-0.56	-38.10
		Sismo Y Modo 1	16.46	608.76	-883.7	25.31	-128.9	-2567
		Sismo Y Modo 2	-1.72	171.75	69.73	25.70	10.77	354.71
		Sismo Y Modo 3	0.00	-5.26	0.23	-0.61	0.02	13.03
		Sismo Y Modo 4	0.50	25.88	-62.62	-0.51	20.09	430.91
		Sismo Y Modo 5	-0.02	15.94	-0.06	-0.94	-0.47	-26.06
		Sismo Y Modo 6	0.01	4.01	-8.72	-0.07	-2.99	-48.97
		Sismo Y Modo 7	-0.02	2.58	9.02	0.42	3.68	78.01
Sismo Y Modo 8	0.00	1.59	0.01	-0.26	-0.00	5.34		
Sismo Y Modo 9	-0.00	-0.30	0.58	-0.52	0.18	2.67		
Sismo Y Modo 10	0.01	-1.90	-0.21	-0.51	-0.16	-10.50		
Planta baja	0.00	Peso propio	3197.5	68950	28162	0.00	-0.00	-0.00
		Cargas muertas	410.96	8910.6	3720.0	0.00	-0.00	-0.00
		Sobrecarga de uso	388.18	8429.4	3528.2	0.00	-0.00	-0.00
		Sismo X Modo 1	0.00	58.29	-310.5	5.45	-27.59	-539.6
		Sismo X Modo 2	-0.00	787.20	331.14	72.19	28.40	980.37
		Sismo X Modo 3	-0.00	-855.3	25.35	-78.18	0.67	1603.4
		Sismo X Modo 4	0.00	0.24	4.38	-0.20	3.04	64.77
		Sismo X Modo 5	-0.00	18.27	-11.14	-15.17	-3.92	-253.5
		Sismo X Modo 6	-0.00	0.02	2.53	-0.15	1.21	27.70
		Sismo X Modo 7	0.00	0.05	-1.73	-0.08	-0.87	-20.18
		Sismo X Modo 8	-0.00	-2.65	1.52	-16.62	0.55	426.74
		Sismo X Modo 9	-0.00	0.23	0.03	0.16	-0.17	7.38
		Sismo X Modo 10	0.00	2.07	1.55	3.21	0.89	27.07
		Sismo Y Modo 1	0.00	294.93	-1571	27.60	-139.6	-2730
		Sismo Y Modo 2	-0.00	309.79	130.32	28.41	11.18	385.81
		Sismo Y Modo 3	-0.00	-7.30	0.22	-0.67	0.01	13.68
		Sismo Y Modo 4	0.00	3.65	65.91	-3.04	45.82	975.50
		Sismo Y Modo 5	-0.00	4.73	-2.88	-3.93	-1.02	-65.61
		Sismo Y Modo 6	-0.00	0.16	20.43	-1.21	9.76	223.67
		Sismo Y Modo 7	0.00	0.55	-18.51	-0.87	-9.27	-216.3
Sismo Y Modo 8	-0.00	-0.09	0.05	-0.55	0.02	14.16		
Sismo Y Modo 9	-0.00	0.24	0.04	0.17	-0.19	8.01		
Sismo Y Modo 10	0.00	0.57	0.43	0.89	0.24	7.46		

Tabla B3.6.1 – Sumatorio de esfuerzos de pilares, pantallas y muros por hipótesis y planta

