Escuela Politécnica Superior de Linares

Grado en Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO SOBRE LA INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA EN EL COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE DE EDIFICIOS PROYECTADOS EN LA CIUDAD DE JAÉN

Alumno: Jurado Escudero, Daniel

Tutor: Prof. D. Donaire Ávila, Jesús

Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Noviembre, 2022

Universidad de Jaén

Campus Científico – Tecnológico de Linares

Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera

Don Jesús Donaire Ávila, como tutor del Trabajo Fin de Grado titulado: estudio sobre la influencia de la variación de la acción sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén; autoriza su presentación para defensa y evaluación en el Campus Científico – Tecnológico de Linares.

Linares, noviembre de 2022.

Firma autor:	Firma tutor:
Daniel Jurado Escudero	Jesús Donaire Ávila

DONAIRE AVILA JESUS - 44292641T

Firmado digitalmente por DONAIRE AVILA JESUS - 44292641T
Fecha: 2022.11.11 19:05:31 +01'00'

Índice

1. Resumen 5
1. abstract 6
2. Introducción 7
2.1. Cambios sísmicos históricos de Jaén 7
2.2. Estructuras porticadas y reticulares. 8
2.3. Altura de referencia de la ciudad de Jaén, 6 plantas. 8
3. Objetivos 8
4. Acción sísmica de cálculo 9
4.1 NCSE-02 9
4.1.1. Excepción de la norma 10
4.2. Mapa de peligrosidad sísmica IGN-15 11
4.3 Anejo Nacional EC-08 12
5. Edificio prototipo 13
5.1. Localización 13
5.2. Materiales 13
5.2.1. Hormigón 13
5.2.2. Acero 13
5.3. Acciones gravitatorias 13
5.3.1. Cargas permanentes 13
5.3.2. Sobrecarga de uso. 14
5.3.3. Sobrecarga de nieve. 14
5.4. Predimensionamiento 14
5.4.1. Cimentación 14
5.4.1.1. Estimación del canto, 10% de la luz máxima entre pilares. 14
5.4.1.2. Criterio de José María Rodríguez Ortiz. 14
5.4.1.3. Estimación mediante el coeficiente de balasto 15
5.4.2. Forjados 15
5.4.3. Pilares 17
5.4.4. Tabiquería y cerramientos 18
6. Estructura porticada 19
6.1. Acción del viento 21
6.2. Composición de los forjados unidireccionales 22
6.3. Vigas 27

7. Estructura reticular 28
7.1. Acción del viento 30
7.2. Forjados 31
7.3. Ábacos y crucetas de punzonamiento. 32
8. Cálculo sísmico 33
8.1.1. Estructura Porticada-A: solo cargas gravitatorias. 33
8.1.1.1. Cálculos Cypecad 33
8.1.1.1.1. Análisis de solicitaciones 33
8.1.2. Estructura Porticada-B: Acción del sismo dada por NCSE-02. 34
8.1.2.1. Cálculos en Cypecad 34
8.1.2.1.1. Análisis de solicitaciones y cálculo sísmico 34
8.1.2.1.2. Desplazamientos horizontales 40
8.1.3. Estructura Porticada-C: Acción del sismo dada por Mapa de Peligrosidad Sísmica del IGN-15 y Anejo Nacional del EC-08. 41
8.1.3.1. Cálculos en Cypecad 41
8.1.3.1.1. Análisis de solicitaciones y cálculo sísmico 41
8.1.3.1.2. Desplazamientos horizontales 47
8.2.1 Estructura Reticular-A: solo cargas gravitatorias. 48
8.2.1.1. Cálculos en Cypecad 48
8.2.1.1.1. Análisis de solicitaciones 48
8.2.2. Estructura Reticular-B: Acción del sismo dada por NCSE-02. 48
8.2.2.1. Cálculos en Cypecad 48
8.2.2.1.1. Análisis de solicitaciones y cálculo sísmico 48
8.2.2.1.2. Desplazamientos horizontales 54
8.2.3. Estructura Reticular-C: Acción del sismo dada por Mapa de Peligrosidad Sísmica del IGN-15 y Anejo Nacional del EC-08. 55
8.2.3.1. Cálculos en Cypecad 55
8.2.3.1.1. Análisis de solicitaciones y cálculo sísmico 55
8.2.3.1.2. Desplazamientos horizontales 60
8.4. Introducción al análisis del comportamiento de las estructuras A y B sometidas a las solicitaciones de la estructura C. 61
9. Discusión de resultados 62
9.1. Desplazamientos 62
9.1.1. Estructura porticada 62
9.1.2. Estructura reticular 66
9.2. Cuantías de armado 70
9.2.1. Estructura porticada. 70

6.2.2. Estructura reticular 72
9.3. Análisis del comportamiento de las estructuras A y B sometidas a las solicitaciones de la estructura C. 75
9.3.1. Análisis de desplazamientos 75
9.3.1.1. Estructura porticada 75
9.3.1.2. Estructura reticular 79
9.3.2. Artículos que no se verifican por exceso de solicitaciones 83
9.3.2.1. Estructura porticada 83
9.3.2.1.1 Estructura A 83
9.3.2.1.1.1. Pilares 83
9.3.2.1.1.2. Vigas 85
9.3.2.1.2 Estructura B 89
9.3.2.1.2.1. Pilares 89
9.3.2.1.2.2. Vigas 90
9.3.2.2. Estructura reticular 90
9.3.2.2.1 Estructura A 90
9.3.2.2.1.1. Pilares 90
9.3.2.2.2 Estructura B 91
9.3.2.2.2.1. Pilares 91
10. Conclusiones 92
10.1. Desplazamientos 92
10.2. Cuantía de armado 92
10.3. Caso extraordinario detectado en los resultados finales 93
10.4. Análisis de las estructuras proyectadas según NCSE-02 sometidas a la aceleración básica propuesta en el Anejo Nacional del Eurocódigo 8 93
11. Referencias bibliográficas 94

1. RESUMEN

En este Trabajo Fin de Grado se van a analizar y comparar el comportamiento sismorresistente de edificios de 6 plantas localizados en la ciudad de Jaén, proyectados según diferentes criterios. La norma NCSE-02 establece que para edificios hasta 7 plantas con pórticos que arriostren en todas las direcciones y situados en zonas con aceleración básica del suelo menor a 0.08g, siendo *g* la aceleración de la gravedad, no es necesario considerar acciones sísmicas en el cálculo de su estructura. La aceleración básica propuesta por la NCSE-02 para la ciudad de Jaén es de 0.07g. Sin embargo, después del terremoto de Lorca en 2011, se llevaron a cabo estudios de peligrosidad sísmica en el territorio español —como el realizado por el Instituto Geográfico Nacional en 2012— que han conducido a incrementos de la aceleración básica del suelo y que han sido incorporados al Anejo Nacional del Eurocódigo 8. La provincia de Jaén ha sido una de las más afectadas en el incremento de la peligrosidad sísmica. Por lo tanto, en este trabajo se va a analizar el comportamiento sismorresistente de edificios de 6 plantas tanto con estructuras porticadas como con forjados reticulares, proyectadas según diferentes criterios: (i) sometidas únicamente a cargas gravitatorias (criterio exención NCSE-02); (ii) sometidas a la acción sísmica propuesta por la NCSE-02 para Jaén; (iii) sometidas a la acción sísmica propuesta por el Anejo Nacional del Eurocódigo 8. Se analizará la respuesta de la estructura a nivel de desplazamientos, así como de las cuantías de armado obtenidas. Por último, se llevará a cabo un análisis del comportamiento de las estructuras proyectadas tanto bajo cargas gravitatorias como con la acción sísmica de la NCSE-02, sometidas a la acción sísmica propuesta por el Anejo Nacional del Eurocódigo 8. En este caso, se examinará la respuesta de las estructuras a nivel de desplazamientos, así como la capacidad resistente de los elementos estructurales, determinando su idoneidad para soportar la acción sísmica que es superior a la contemplada en proyecto.

1. ABSTRACT

This final degree project consists of an study for the seismic behavior of 6-story located at the city of Jaen. The Spanish seismic standard code (NCSE-02) exclude the seismic analysis for seven stories —at most— frames located in regions with a basic soil acceleration lower than 0.08g, where *g* is the gravity acceleration. NCSE-02 set out a basic soil acceleration of 0.07g for the city of Jaen. Nevertheless, after the Lorca earthquake (2011), different seismic studies were carried out in Spain —like the developed by Geographic National Institute of Spain in 2012, for instance— that led to increasing values for the soil acceleration. They were considered in the modifications made in the National Annex of Eurocode 8. The new seismic hazard levels proposed for the province of Jaen are significantly higher than the former ones. Then, the seismic behavior of 6-story buildings designed with different structural systems —frame and waffle-flat-plate structures— were designed according to different criteria: (i) without seismic actions; (ii) subjected to the seismic action set out by NCSE-08 for the city of Jaén; (iii) subjected to the seismic action set out by the National Annex of Eurocode 8 for the city of Jaén. The response of the structure is analyzed in terms of displacements, as well as the amount of steel obtained in each case. Eventually, the structures designed according to the two firsts criteria (without seismic action and NCSE-02 seismic action) will be subjected to the seismic action set out by Eurocode 8. In this case, the response of the structure will be analyzed in terms of displacements of the structure and the capacity of the structural elements.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Cambios sísmicos históricos de Jaén

Han existido distintos criterios a la hora de considerar la acción sísmica a lo largo de la historia, siempre estos criterios han sido impulsados por algún terremoto, que, otorga información y genera la necesidad de prevenir la destrucción que podría causar un sismo similar. Aunque se impulsaron distintos criterios para reforzar las estructuras desde el siglo XVI, hasta mediados del siglo XX no existió un criterio científico para valorar el daño sísmico, apareciendo en 1962 el primer mapa de zonas sísmicas de España, informando de las zonas sísmicas según la escala de Mercalli modificada, que acabo dando a luz a la Norma Sismorresistente PGS-1 (1968). En 1974 se aprueba la Norma Sismorresistente PDS-1, así como la constitución de la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes. Aparecen tanto, un mapa de peligrosidad expresado en valores de intensidad sísmica, como unos métodos de cálculo y unas recomendaciones de uso obligado, o no, dependiendo de las zonas y de las construcciones. La Norma NCSE-94, publicada en 1995, supuso también un gran avance al incluir un mapa de peligrosidad sísmica de tipo probabilista, expresado en términos de aceleración sísmica básica. Finalmente llegamos a la NCSE-02 de la actualidad que es una evolución directa de la anterior norma.

A continuación, Tabla 1 con los valores otorgados a Jaén de peligrosidad sísmica y aceleración sísmica básica de las distintas normas anteriormente mencionadas:

Tabla 1. Dato de referencia de peligrosidad sísmica histórica.

	M.M	a_b	K
PGS-1	VIII-IX		
PDS-1	VIII		
NCSE-94		0,07g	1
NCSE-02		0,07g	1
Mapa peligrosidad sísmica IGN-15		0,12g	1
Anejo nacional EC-08		0,12g	1

Se puede apreciar que originalmente, por su cercanía a la zona sísmica de Granada (en los mapas de peligrosidad sísmica de la época se consideraba que ambas ciudades estaban dentro del mismo rango de sismo), el nivel sísmico de Jaén se consideraba muy alto, con el paso del tiempo se fue desvinculando la influencia de la distancia a Granada y de nuevo en las últimas actualizaciones, provocadas por el terremoto de Lorca, se vuelve a apreciar un crecimiento del criterio sísmico aplicado a Jaén.

2.2. Estructuras porticadas y reticulares.

Se puede asegurar, por la tipología de construcciones de España en las últimas décadas, que la inmensa mayoría, en torno al 90 % de las edificaciones actuales en Jaén van a tener forjados de viguetas o forjados reticulares.

2.3. Altura de referencia de la ciudad de Jaén, 6 plantas.

Se puede considerar que la ciudad de Jaén, la mayor parte de las edificaciones, tienen en torno a 6 plantas.

3. OBJETIVOS

3.1. Determinar la respuesta de estructuras de edificación, porticadas y reticulares, bajo diferentes valores de la acción sísmica, dependiendo de las diferentes normas aplicadas (NCSE-02, mapa de peligrosidad sísmica de IGN-15 y Anejo nacional EC-08).

3.2. Determinar las diferencias en cuantías de armado para los diferentes casos analizados.

3.3. Análisis del comportamiento de las estructuras proyectadas con aceleración sísmica baja (NCSE-02), sometidas a la aceleración sísmica propuesta según mapa de peligrosidad sísmica de IGN-15 y Anejo nacional EC-08 que coincide.

Se trata de analizar el incremento de desplazamiento lateral que tendrían las estructuras sometidas a un valor de aceleración del suelo superior al previsto inicialmente.

4. ACCIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

En este apartado se van a mostrar los distintos valores de aceleración sísmica básica utilizados en este estudio, atendiendo a los diferentes documentos que existen y que muestran valores notablemente distintivos.

4.1 NCSE-02

El valor de la aceleración sísmica en Jaén se obtiene del Anejo 1 de la NCSE-02, mostrado en la figura 1.

Municipio	a_b/g	K	Municipio	a_b/g	K
Rociana del Condado	0,09	(1,2)	Iznatoraf	0,05	(1,0)
Rosal de la Frontera	0,09	(1,3)	Jabalquinto	0,05	(1,0)
San Bartolomé de la Torre	0,10	(1,3)	Jaén	0,07	(1,0)
San Juan del Puerto	0,09	(1,2)	Jamilena	0,07	(1,0)
San Silvestre de Guzmán	0,12	(1,3)	Jimena	0,06	(1,0)
Sanlúcar de Guadiana	0,13	(1,3)	Jódar	0,06	(1,0)
Santa Ana la Real	0,06	(1,3)	Lahiguera	0,05	(1,0)
Santa Bárbara de Casa	0,09	(1,3)	Larva	0,07	(1,0)
Santa Olalla del Cala	0,05	(1,3)	Linares	0,05	(1,0)
Trigueros	0,09	(1,2)	Lopera	0,05	(1,0)
Valdelarco	0,06	(1,3)	Lupión	0,06	(1,0)
Valverde del Camino	0,08	(1,2)	Mancha Real	0,07	(1,0)
Villablanca	0,13	(1,3)	Marmolejo	0,05	(1,0)
Villalba del Alcor	0,08	(1,2)	Martos	0,07	(1,0)
Villanueva de las Cruces	0,09	(1,3)	Mengíbar	0,06	(1,0)
Villanueva de los Castillejos	0,11	(1,3)	Navas de San Juan	0,04	(1,0)
Villarrasa	0,08	(1,2)	Noalejo	0,11	(1,0)
Zalamea la Real	0,07	(1,3)	Peal de Becerro	0,06	(1,0)
Zufre	0,06	(1,3)	Pegalajar	0,07	(1,0)
			Porcuna	0,06	(1,0)
			Pozo Alcón	0,08	(1,0)
Provincia de Jaén			Quesada	0,07	(1,0)
			Rus	0,05	(1,0)
Albánchez de Mágina	0,07	(1,0)	Sabiote	0,05	(1,0)
Alcalá la Real	0,12	(1,0)	Santiago de Calatrava	0,06	(1,0)
Alcaudete	0,08	(1,0)	Santiago Pontones	0,05	(1,0)
Andújar	0,05	(1,0)	Santisteban del Puerto	0,04	(1,0)
Arjona	0,06	(1,0)	Santo Tomé	0,06	(1,0)
Arjonilla	0,05	(1,0)	Sorihuela del Guadalimar	0,04	(1,0)

Figura 1. Aceleración sísmica básica NCSE-02

La norma NCSE-02 define la ecuación de la aceleración sísmica de cálculo (ac), empleada en el cálculo de la estructura como se muestra en la ecuación 1.

$$ac = S \cdot \rho \cdot ab \tag{1}$$

ab: Aceleración sísmica básica definida anteriormente.

ρ: Coeficiente adimensional de riesgo, función de probabilidad aceptable de que se exceda ac en el período de vida para el que se proyecta la construcción.

Toma los siguientes valores:

Construcciones de importancia normal ρ = 1,0.

Construcciones de importancia especial ρ = 1,3.

S: Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor de:

Para $\rho \cdot ab \leq 0{,}1g \rightarrow S = C/1{,}25$

Para $0{,}1g < \rho \cdot ab < 0{,}4g \rightarrow S=C/1{,}25+3{,}33\cdot(\rho \cdot ab/g-0{,}1)\cdot(1-C/1{,}25)$

Para $0{,}4g \geq \rho \cdot ab \rightarrow S=1$

Siendo C el coeficiente del terreno anteriormente definido.

El caso de estudió sería una construcción de **importancia normal** (ρ = 1,0.) y con un coeficiente de ampliación $\rho \cdot a_b \leq 0{,}1g \rightarrow S = C/1{,}25$

El suelo a estudio se clasificará como terreno tipo II *"Roca muy fracturada, granular denso o cohesivo duro"* según la tabla 2.1 de la NCSE-02, y de ella se obtendrá el coeficiente *C* (figura 2). En este caso de estudio, dicho valor será de 1,3.

Tipo de terreno	Coeficiente *C*
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Figura 2. Tabla 2.1. NCSE-02 de coeficientes del terreno.

Tabla 2. Parámetros sísmicos.

Importancia del edificio	**Normal**
Aceleración sísmica básica (a_b)	0,07g
Aceleración sísmica de cálculo (a_c)	0,0728g
Coeficiente de contribución (ρ)	1,0
Coeficiente de amplificación (S)	1,04
Clasificación del terreno	Tipo II
Coeficiente del suelo (C)	1,3

4.1.1. Excepción de la norma

Atendiendo al artículo *1.2.3. Criterios de aplicación de la Norma* de la NCSE-02 se recoge como excepción de cumplimiento de dicha norma:

--- *En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art. 2.1) sea inferior a 0,08g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, a_c, (art.2.2) es igual o mayor de 0.08g.*

Teniendo esto en cuenta, en este estudio, se considera un edificio de seis plantas en Jaén con un valor de a_b=0,07g <0,08g por lo que se podría llegar a considerar el caso de calcular dicha estructura sin considerar el cálculo por sismo.

En este estudio, se considera este caso como medio comparativo con respecto al caso de si realizar el cálculo por sismo y de este modo visualizar el riesgo asumido al acogerse a esta excepción y poder criticar si de verdad es necesaria su existencia.

4.2. Mapa de peligrosidad sísmica IGN-15

A partir del terremoto de Lorca se desarrolló este nuevo mapa de peligrosidad sísmica que actualiza al aplicable a la norma NCSE-02 (figura 3), no tenemos en este caso un listado completo por municipio, pero se pueden observar un claro incremento con respecto a los valores de ab de dicha norma.

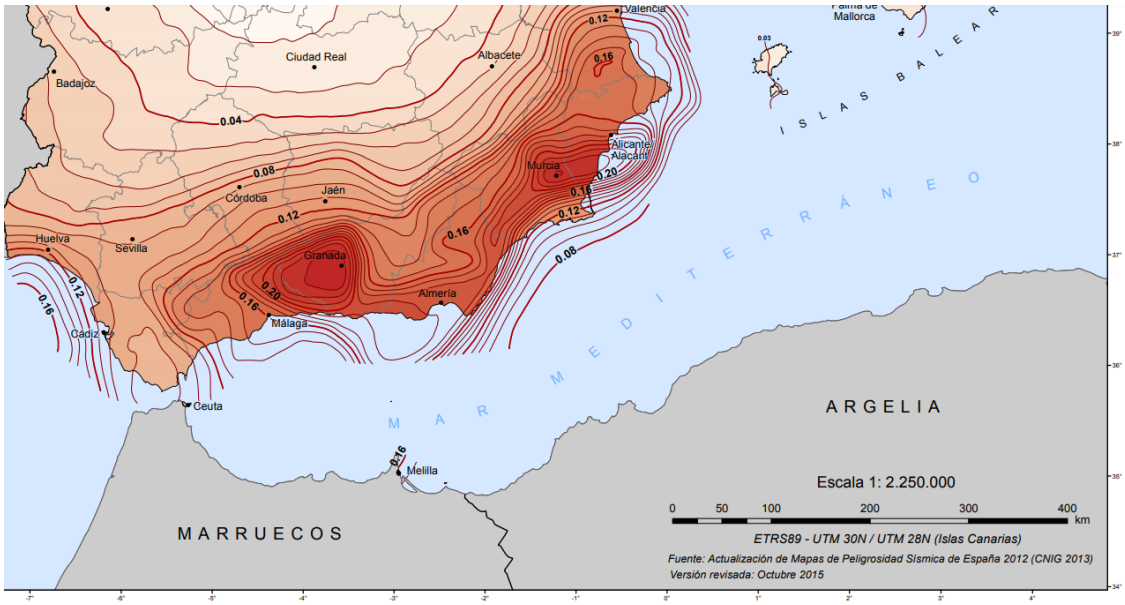


Figura 3. Nuevo mapa de peligrosidad sísmica.

Observando el mapa Jaén se encuentra por debajo de la isolínea que marca 0,12g, aun así, para este estudio se ha considerado el valor de a_b =0,12g.

De igual forma que en el caso anterior, se representa en la Tabla 3:

Tabla 3. Parámetros sísmicos

Importancia del edificio	**Normal**
Aceleración sísmica básica (a_b)	0,12g
Aceleración sísmica de cálculo (a_c)	0,1246g
Coeficiente de contribución (ρ)	1,0
Coeficiente de amplificación (S)	1,038
Clasificación del terreno	Tipo II
Coeficiente del suelo (C)	1,3

4.3 Anejo Nacional EC-08

Los Eurocódigos que nacen por parte del Comité Europeo de Normalización y que pretenden unificar criterios y normativas en las materias de diseño, cálculo y dimensionado de estructuras y elementos prefabricados para edificación, son de carácter voluntario, aunque la normativa española ha tendido a adaptarse a estas nuevas normas, y en este caso se añadió este anejo a la NCSE-02 añadiendo nuevos criterios de sismo para el territorio español.

En este caso nos encontramos unas tablas referidas a coordenadas que para Jaén son:

En decimal: 37.769722°, -3.788889°

Del Anejo obtenemos:

Tabla 4. Valor de aceleración sísmica por coordenadas del Anejo del EC-08.

Long	**Lat**	**K**	**ag,R**
-3,8	37,8	1,0	0,110
-3,8	37,7	1,0	0,119

Interpolando con las coordenadas obtenidas en la Tabla 4, con las coordenadas de Jaén se obtiene un valor de ag,R= 0,1127g, como en el caso anterior, redondeamos al alza para un valor de a_b =0,12g que coincide con el valor del caso anterior.

Tabla 5. Parámetros sísmicos.

Importancia del edificio	**Normal**
Aceleración sísmica básica (a_b)	0,12g
Aceleración sísmica de cálculo (a_c)	0,1246g
Coeficiente de contribución (ρ)	1,0
Coeficiente de amplificación (S)	1,038
Clasificación del terreno	Tipo II
Coeficiente del suelo (C)	1,3

Se está optando por redondear al alza principalmente porque el programa de cálculo a utilizar solo permite dos decimales, lo que implica, optar entre 0,11 o 0,12, se considera en estos casos redondear al alza porque en caso contrario estaríamos minorando de base el valor sísmico.

5. EDIFICIO PROTOTIPO

En este apartado se describen las seis estructuras diferentes del estudio, para ello, se van a describir primero los aspectos comunes para luego detallar por tipología y caso particular.

El edificio considerado consta de 6 plantas destinado a viviendas plurifamiliares con cubierta plana transitable

5.1. Localización

Se considera a nivel cimentación y por el tipo de terreno utilizado en el cálculo de la acción sísmica de cálculo, que el edificio se sitúa en la zona noroeste de la ciudad de Jaén sin una ubicación concreta, ya que el edificio se ha diseñado solo a nivel de estudio.

5.2. Materiales

5.2.1. Hormigón

Tabla 1. Características del hormigón extraídas de Cypecad

Elemento	Hormigón	Fck (MPa)	γ_c	Árido		E_c (MPa)
				Naturaleza	Tamaño máx. (mm)	
Todos	HA-25	25	1,50	Cuarcita	15	27264

5.2.2. Acero

Tabla 2. Características del acero extraídas de Cypecad

Elemento	Acero	F_{yk} (MPa)	γ_s
Todos	B 500 S	500	1,15

5.3. Acciones gravitatorias

5.3.1. Cargas permanentes

Tabla 3. Acciones gravitatorias.

Peso propio y cargas muertas	Elemento	Carga (kN/m2)
Peso propio forjado	Forjado 30+5	4,20
Cerramientos interiores	Tabiquería interior	1
	Tabiquería pesada	10
Cerramientos exteriores	Cerramiento vivienda	6
Revestimientos	Pavimentos	1
	Falsos techos	0,5
Peso propio ascensor		4
Peso propio instalaciones		4

5.3.2. Sobrecarga de uso.

Como marca el CTE DB SE-AE en el artículo 3.1.1 Valores de la sobrecarga, en el caso de viviendas, el valor de sobrecarga de uso es de 2 kN/m^2.

5.3.3. Sobrecarga de nieve.

Según el CTE DB SE-AE en el artículo 3.5.2 Carga de nieve sobre un terreno horizontal, ya que se ha considerado al edificio con cubierta plana transitable, en Jaén se considera un valor de sobrecarga de 0,4 kN/m^2.

5.4. Predimensionamiento

5.4.1. Cimentación

5.4.1.1. Estimación del canto, criterio del 10% de la luz máxima entre pilares.

Dicho criterio, bastante extendido en España, consiste considerar el canto de la losa como aproximadamente del 5-10% de la luz máxima entre pilares (ecuación 8), sea losa superficial o bajo rasante. Este método tiene la desventaja de conducir a cimentaciones en las que sean posibles asientos diferenciales, losas flexibles. La longitud entre pilares máxima (lp) es de 6 metros, obteniéndose un **canto de 60 centímetros.**

$$0.05 \leq h/l_p \leq 0.1 \qquad (2)$$

5.4.1.2. Criterio de José María Rodríguez Ortiz.

El arquitecto y profesor Rodriguez Ortiz en su libro (J.M. Rodriguez Ortiz, Curso aplicado de cimentaciones, 1989) [5] indica que, para una losa apoyada en el terreno de canto B, el canto estimado para rigideces intermedias sería como se muestra en la fig 6.

N.º de plantas	*Canto h(m) para una longitud de losa*		
	B = 15 m	*B = 30 m*	*B = 40 m*
<5	0,60	0,80	1,00
5-10	0,90	1,20	1,50
10-20	1,50	2,00	2,50

Figura 6. Criterio de estimación de canto según Rodríguez Ortiz J.M.

Para el edificio de 6 plantas y longitud de losa B = 21 m, la aproximación del canto resultaría: B = 15 m → 0,9 m, B = 30 m → 1,2 m, se considera un canto de 1 m.

5.4.1.3. Estimación mediante el coeficiente de balasto

Este criterio, basado en los parámetros de rigidez del suelo y cimiento. Aplicaremos el criterio de Fernando Muzás Labad en su artículo (Consideraciones sobre la elección del coeficiente de balasto. Muzás Labad, Noviembre 2002.) [6], basado en el modelo Winkler.

Se considera una losa semiflexible, por lo tanto, nos movemos con valores de N entre 5 y 30, como se observa en la figura 7.

Tipo cimentación	l	N
Rígida	$\leq L$	1
Semirrígida	$L - 2.5L$	3-5
Semiflexible	$2.5L - 5.0L$	5-30
Flexible	$5.5L$	>30

Figura 7. Criterio de estimación de canto según Muzás Labad.

Mediante la ecuación 5 se puede obtener el canto *h* despejando, ya que el resto de datos son conocidos.

$$N = E_{suelo}/E_h \cdot (l/h)^3 \quad (3)$$

E_{suelo}= 100-500 N/mm^2

E_h (HA-25)=27264,04 N/mm^2 (Ecuación 4)

l=21m

$$Eh = 8500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} + 8} \quad (4)$$

Utilizando N = 30 → h=1,5 m, este será el valor de proyecto, ya que es el mayor canto posible, y que esta estructura solo sirve como medio de estudio.

5.4.2. Forjados

La EHE-08 en el apartado 50.2.2.1, propone una expresión para determinar el canto de un forjado que cumple el estado límite de deformación y, por tanto, evita la comprobación de flecha. Si se utiliza el propuesto por la norma, no será necesaria la comprobación del estado límite de deformación para el forjado unidireccional. La expresión propuesta es la siguiente:

$$h_{min} = \delta_1 \delta_2 L / C \quad (5)$$

Esto se podrá aplicar siempre que la luz del vano (L) sea menor a 7 m y la sobrecarga no sea superior a 4 kN/m^2, siendo:

δ1: factor que depende de la carga total y que tiene el valor de $\sqrt{q/7}$, siendo q la carga total, en kN/m²;

δ2: factor que tiene el valor de $(L/6)^{1/4}$;

L: la luz de cálculo del forjado, en m;

C: coeficiente cuyo valor se toma de la Tabla 50.2.2.1.b:

Tabla 50.2.2.1.b

Coeficientes *C*				
Tipo de forjado	Tipo de carga	Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Viguetas armadas	Con tabiques o muros	17	21	24
	Cubiertas	20	24	27
Viguetas pretensadas	Con tabiques o muros	19	23	26
	Cubiertas	22	26	29
Losas alveolares pretensadas (*)	Con tabiques o muros	36	-	-
	Cubiertas	45		

(*) Piezas pretensadas proyectadas de forma que, para la combinación poco frecuente no llegue a superarse el momento de fisuración

Figura 8. Tabla 50.2.2.1.b de la EHE-08.

Escogemos C=27 para unificar todos los forjados del edificio, de esta forma escogiendo el caso más desfavorable que es el de la cubierta.

A partir de este artículo se obtiene:

δ_1	δ_2	L (m)	C	Q (kN/m2)	Hmin (cm)
1,207	1	6	27	10,2	0,268

Por lo tanto, se dispondrán forjados de 30+5. El valor de 5cm se refiere a la capa de compresión.

Este método es utilizable solo en las estructuras porticadas, que, de igual forma, utilizando el criterio pertinente para el caso del forjado reticular, es decir, el artículo 50.2.2.1. de la EHE-08, haciendo uso de la tabla 50.2.2.1.a.

Tabla 50.2.2.1.a Relaciones *L/d* en vigas y losas de hormigón armado sometidos a flexión simple

SISTEMA ESTRUCTURAL *L/d*	*K*	Elementos fuertemente Armados: ρ=1,5%	Elementos débilmente Armados ρ=0,5%
Viga simplemente apoyada. Losa uni o bidireccional simplemente apoyada	1,00	14	20
Viga continua[1] en un extremo. Losa unidireccional continua[1,2] en un solo lado	1,30	18	26
Viga continua[1] en ambos extremos. Losa unidireccional o bidireccional continua[1,2]	1,50	20	30
Recuadros exteriores y de esquina en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,15	16	23
Recuadros interiores en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,20	17	24
Voladizo	0,40	6	8

[1] *Un extremo se considera continuo si el momento correspondiente es igual o superior al 85% del momento de empotramiento perfecto.*

[2] *En losas unidireccionales, las esbelteces dadas se refieren a la luz menor.*

[3] *En losas sobre apoyos aislados (pilares), las esbelteces dadas se refieren a la luz mayor.*

Figura 9. Tabla 50.2.2.1.a de la EHE-08.

Por lo tanto, para el caso de estudio se obtiene lo siguiente:

$$L/d < 24 \rightarrow \text{con } L = 6 \text{ metros; } d \geq 0{,}25 \text{ metros}$$

Atendiendo al resultado obtenido, se puede considerar un forjado reticular de espesor 25 + 5, en este caso como el valor obtenido por el cálculo propuesto por la EHE-08 es exactamente 25 centímetros y para unificar criterios con el forjado unidireccional, se considerará un forjado para la estructura reticular de 30 + 5, refiriéndose el + 5 al espesor de la capa de compresión en centímetros.

5.4.3. Pilares

El reparto y disposición de pilares ha sido en cuadrícula respecto al eje X e Y, con una distancia entre ellos, generalmente de 6 metros a excepción del vano central del eje X de 5 metros. Además, se han incluido pilares intermedios próximos al hueco de escaleras y hueco de ascensor. Se puede apreciar con detalle en el Plano 1.

Las dimensiones para el predimensionamiento de los pilares han sido fijadas siguiendo criterios propios basándome en la observación de distintas construcciones similares, los pilares serán de sección cuadrada, adoptando dimensiones que reducirán en altura cada dos plantas como muestra la tabla 9, manteniendo fijo el eje de los pilares.

Tabla 4. Dimensiones de pilares.

Planta	Dimensiones (cm)
Planta 6ª	35x35
Planta 5ª	35x35
Planta 4ª	40x40
Planta 3ª	40x40
Planta 2ª	45x45
Planta 1ª	45x45

5.4.4. Tabiquería y cerramientos.

Con respecto a los cerramientos, se ha optado por la colocación de un muro capuchino como cerramiento exterior de fachada, que cubrirá en toda longitud de planta y altura. El muro capuchino se define según el Documento Básico de Seguridad Estructural- Fabrica [1] como el compuesto por dos hojas paralelas, eficazmente enlazadas por llaves o armaduras de tendel sin capacidad para transmitir esfuerzo cortante, con una o ambas hojas soportando cargas verticales (ver Figura 9).

Los cerramientos medianeros y tabiquería interior se compondrán de ladrillo de termoarcilla de 24 cm, el cual tiene la ventaja de aislamiento térmico y acústico frente a ladrillos huecos y ladrillos macizos. Ver figura 10.

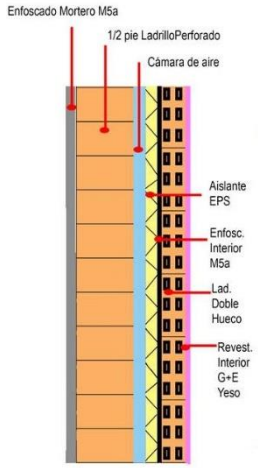


Figura 9. Muro capuchino.

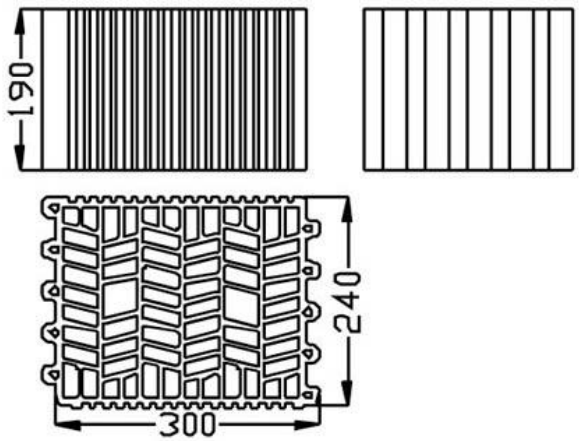


Figura 10. Ladrillo de termoarcilla.

En el interior de las viviendas para el cálculo de la tabiquería interior, falso techo o solería dispuesta atenderá a la normativa del Código Técnico de la Edificación (CTE DB SE-EA, 2009) [1], concretamente en el *Anejo C. Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno.*

6. ESTRUCTURA PORTICADA

En este capítulo, se va a analizar la estructura del edificio prototipo formada por pórticos con forjados unidireccionales. Para ello, se plantean tres posibles opciones de cálculo:

a) Estructura A-Porticada: cálculo y dimensionamiento bajo cargas gravitatorias sin acción sísmica.
b) Estructura B-Porticada: cálculo y dimensionamiento bajo la acción sísmica propuesta por la norma NCSE-02 para la ciudad de Jaén.
c) Estructura C-Porticada: cálculo y dimensionamiento bajo la acción sísmica propuesta en el Anejo Nacional de España del Eurocódigo 8 para la ciudad de Jaén.

Como se observa en la figura 11, el edificio consta de 6 plantas, estas son rectangulares de 17 x 18 m medidos entre ejes de pilares en dirección X e Y respectivamente, el forjado se prolonga por un voladizo de 1 m medido desde el centro geométrico de los pilares exteriores, dando una planta total de 19 x 20 m dejando un área de forjado de 380 m2.

La planta baja contará con 5 metros de altura entre forjados, y las siguientes plantas tendrán una altura de 3.5 metros, obteniendo una altura total de 22.5 metros.

Las vigas que se han dispuesto serán descolgadas y tienen una luz entre apoyos de 6 metros generalmente, excepto el vano central sobre el eje X, que tiene una luz de 5 metros.

De acuerdo al apartado (Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad, 2015) [1], se dispondrá, a efectos de cálculo, de un ascensor con las medidas que posibiliten el acceso a personas con discapacidad física.

Para esta tipología estructural se ha optado por considerar una ductilidad $\mu=3$, un valor medio alto, que es un valor típico en estructuras con vigas descolgadas.

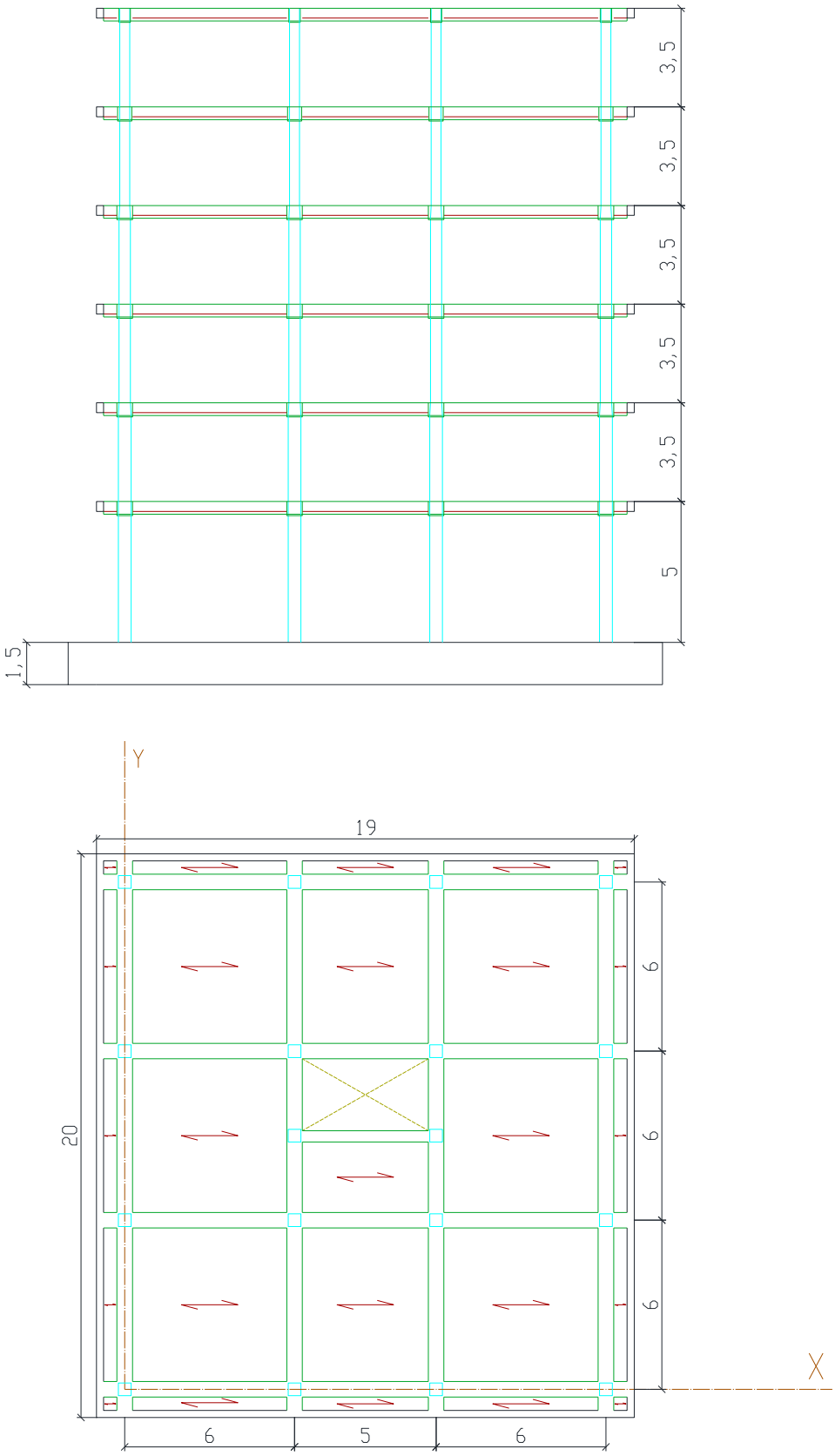


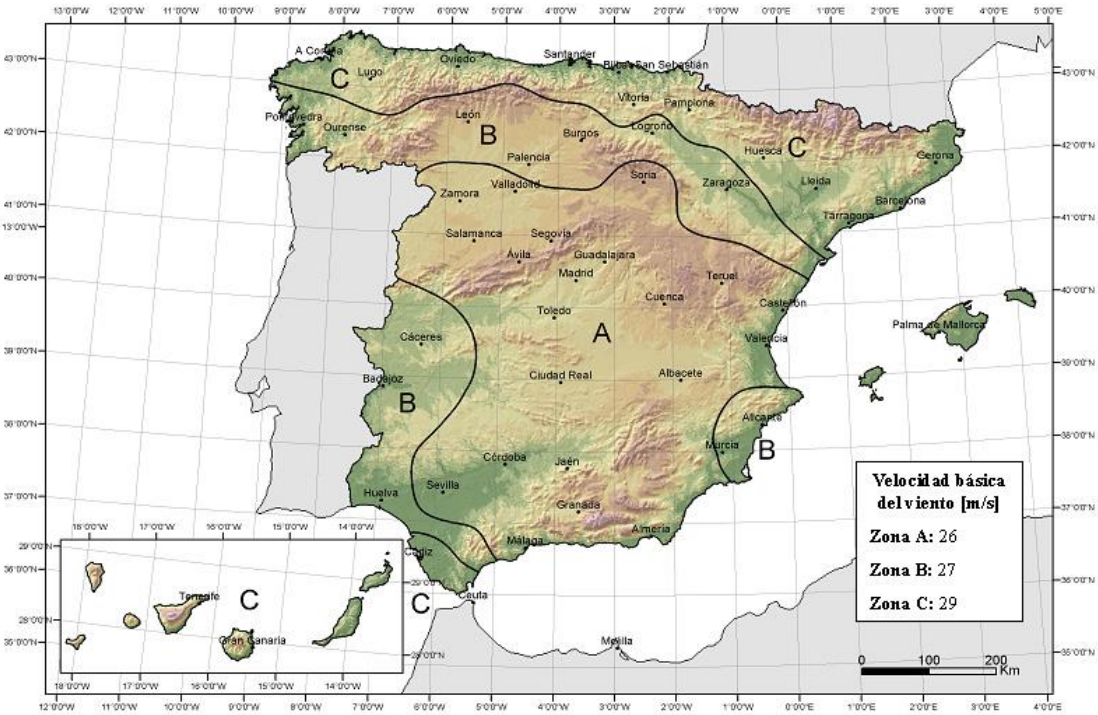
Figura 11. Plano base de la estructura porticada.

6.1. Acción del viento

En el CTE DB SE-AE, artículo 3.3.2 Acción del viento, se indica el cálculo de la fuerza perpendicular a la superficie del edificio producida por el viento, siempre que el edificio se encuentre a menos de 2000 m de altura, que es el caso.

Este artículo indica que la presión estática, q_e, se define como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \qquad (6)$$



Siendo:

- qb: Presión dinámica del viento conforme al mapa eólico de la fig. 9.
- ce: Coeficiente de exposición, determinado conforme al grado de aspereza del entorno y la altura sobre el terreno, tabla 3.4.
- cp: Coeficiente eólico o de presión, calculado en función de la esbeltez del edificio en el plano paralelo al viento, tabla 3.5.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

	Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Mediante el cálculo de la estructura en Cypecad, se ha obtenido esta tabla de cargas de viento por planta:

Tabla 10. Cargas de viento según CTE DB SE-AE.

Cargas de viento		
Planta	Viento X (kN)	Viento Y (kN)
Cubierta	47.756	44.586
Forjado 5	90.401	84.400
Forjado 4	84.395	78.792
Forjado 3	77.074	71.958
Forjado 2	67.615	63.126
Forjado 1	65.532	61.182

6.2. Composición de los forjados unidireccionales

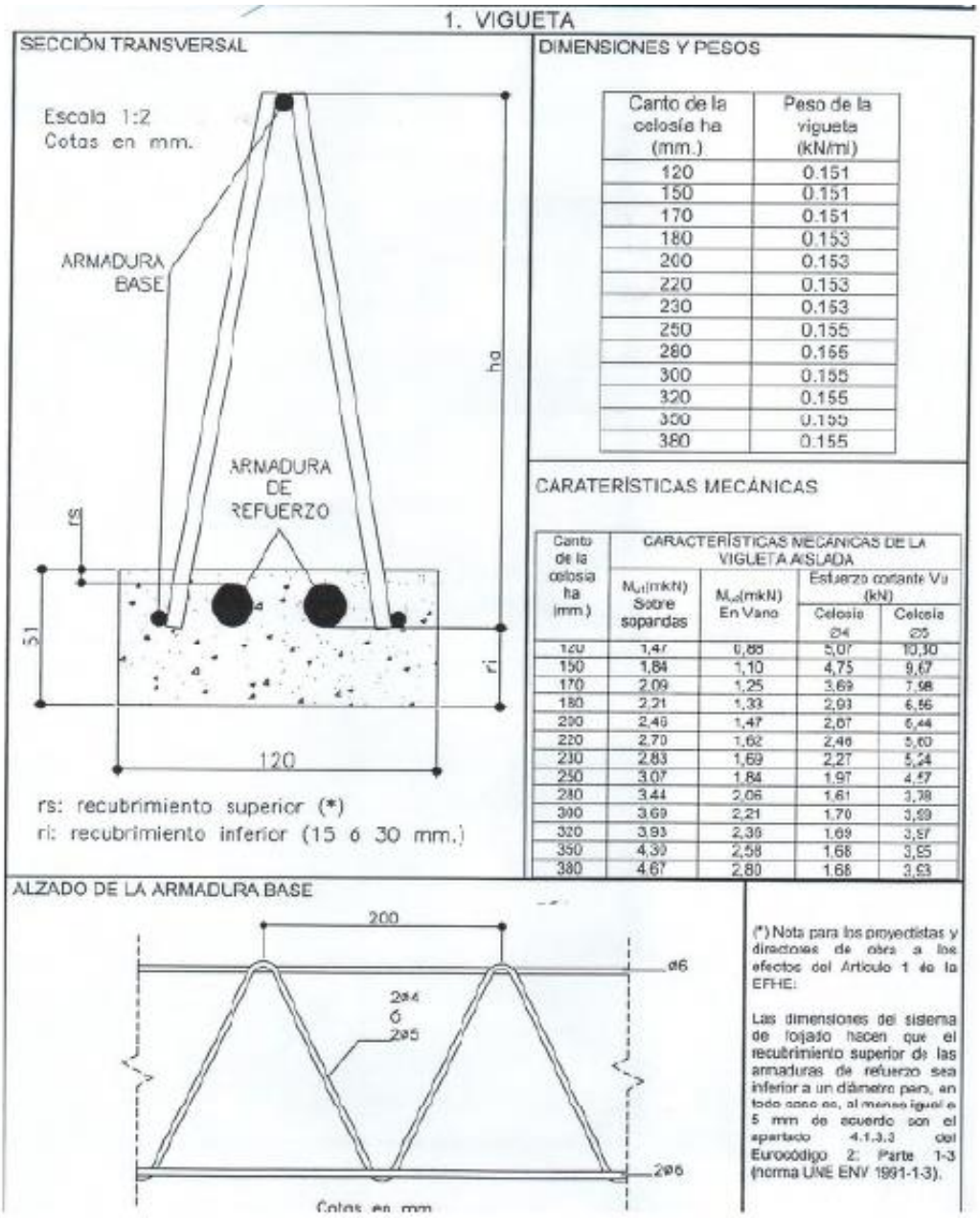
Ya se ha descrito como se ha predimensionado el canto del forjado, en este apartado, se va a describir el forjado seleccionado.

En las figuras 12, 13, 14 y 15, obtenidas del libro de fichas técnicas del fabricante, sirven de apoyo a la descripción del propio forjado.

El forjado seleccionado tiene un canto de 30+5 cm con intereje de 70 cm con vigueta simple y 82 con vigueta doble, que en este edificio es el predominante, solo se ha colocado vigueta simple en los voladizos.

La bovedilla es de hormigón, se utiliza hormigón HA-25 Yc=1,5 para la vigueta, y el acero de celosía, montaje, positivos y negativos es B500S Yc=1,15.

Por longitud de vanos se utiliza un tipo S10 (5,7-5,8 m) en los vanos de 5 m y un tipo S11 (5,9-6,1 m) en los vanos de 6 m, para los voladizos de 1 m se utiliza un tipo S2 (0,30-3,50 m)

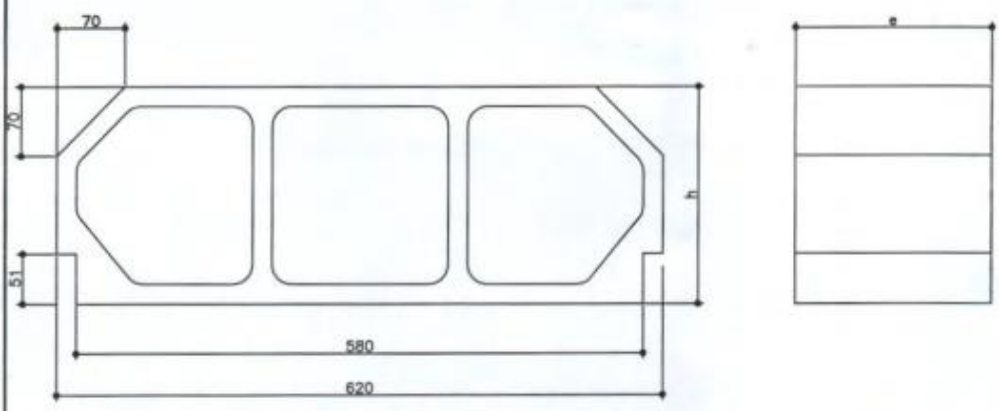


Canto de la celosía ha (mm.)	Peso de la vigueta (kN/ml)
120	0.151
150	0.151
170	0.151
180	0.153
200	0.153
220	0.153
230	0.153
250	0.155
280	0.155
300	0.155
320	0.155
350	0.155
380	0.155

Canto de la celosía ha (mm.)	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA VIGUETA AISLADA			
	M_{Ud}(mkN) Sobre sopandas	M_{Ud}(mkN) En Vano	Esfuerzo cortante Vu (kN)	
			Celosía Ø4	Celosía Ø5
120	1,47	0,88	5,07	10,30
150	1,84	1,10	4,75	9,67
170	2,09	1,25	3,69	7,98
180	2,21	1,33	2,93	6,56
200	2,46	1,47	2,67	6,44
220	2,70	1,62	2,46	5,60
230	2,83	1,69	2,27	5,24
250	3,07	1,84	1,97	4,57
280	3,44	2,06	1,61	3,78
300	3,69	2,21	1,70	3,89
320	3,93	2,36	1,69	3,87
350	4,30	2,58	1,68	3,85
380	4,67	2,80	1,68	3,83

Figura 12. Vigueta y celosía prefabricada.

2. PIEZA DE ENTREVIGADO



SECCIÓN TRANSVERSAL

PERFIL

NOTA: Los tabiquillos interiores representados en las bovedillas son meramente orientativos.

Cotas en mm.

h	Peso (kN/Unidad) según material		
	Hormigón e= 200 mm	Cerámica e= 250 mm	Poliestireno Expandido e= 600 mm
13	0,13	0,08	0,004
17	0,15	0,09	0,006
18	0,16	0,11	0,006
20	0,17	0,12	0,007
22	0,18	0,14	0,008
25	0,19	0,16	0,009
30	0,22	0,20	0,010
35	0,25	0,23	0,012

3. MATERIALES

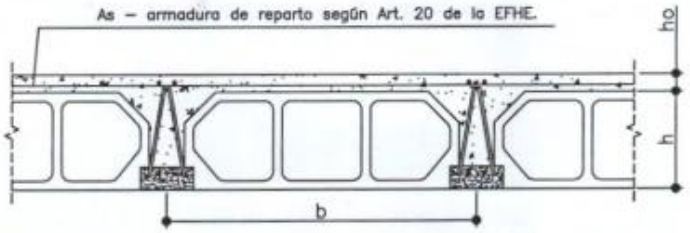
HORMIGÓN DE VIGUETAS	HA-25/B/12 IIa	Resistencia a compresión	f_{ck} = 25 N/mm²	Coeficiente de seguridad	$\gamma_c = 1.5$
HORMIGÓN VERTIDO EN OBRA	HA-25 (*)	Resistencia a compresión	f_{ck} = 25 N/mm²	Coeficiente de seguridad	$\gamma_c = 1.5$
ACERO ARMADURA BASE	B500T	Límite Elástico	f_{yk} = 500 N/mm²	Coeficiente de seguridad	$\gamma_s = 1.15$
ACERO DE CELOSÍA	B500T	Límite Elástico	f_{yk} = 500 N/mm²	Coeficiente de seguridad	$\gamma_s = 1.15$
ACERO DE REFUERZO A POSITIVOS	B500S	Límite Elástico	f_{yk} = 500 N/mm²	Coeficiente de seguridad	$\gamma_s = 1.15$
ACERO DE REFUERZO A NEGATIVOS	B500S	Límite Elástico	f_{yk} = 500 N/mm²	Coeficiente de seguridad	$\gamma_s = 1.15$
	B400S	Límite Elástico	f_{yk} = 400 N/mm²	Coeficiente de seguridad	$\gamma_s = 1.15$

(*) Resistencia característica mínima según EHE 39.2. El tamaño del árido y el ambiente corresponderán a lo señalado en el proyecto de ejecución correspondiente. El recubrimiento total será completado con el revestimiento adecuado para dicho ambiente.

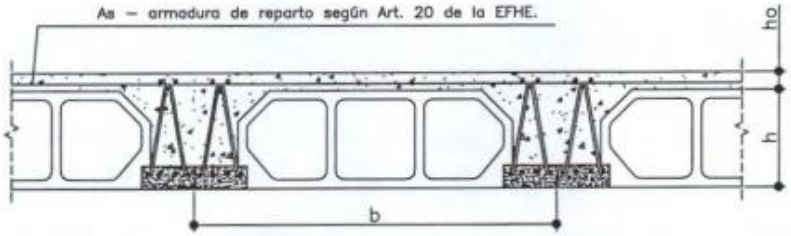
Figura 13. Bovedilla de hormigón.

4. FORJADO

FORJADO CON SIMPLE VIGUETA



FORJADO CON DOBLE VIGUETA

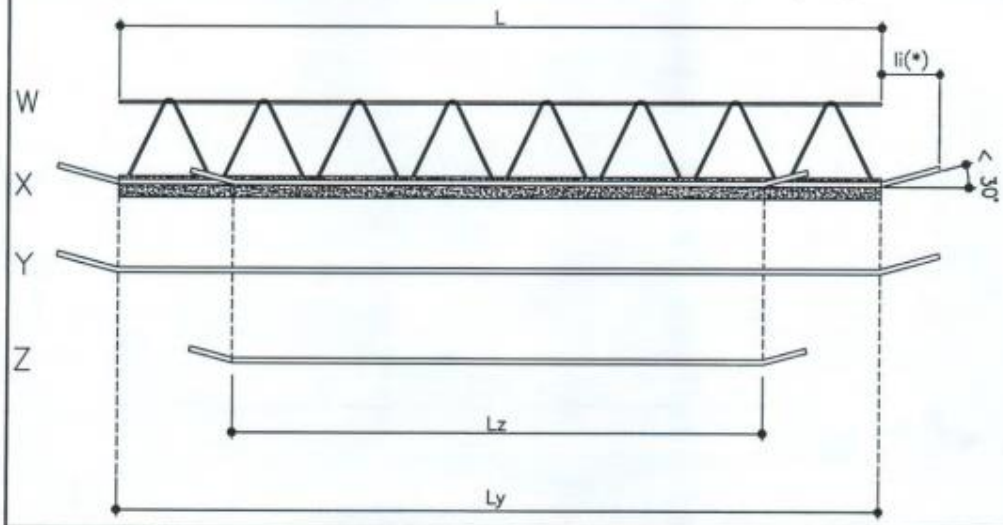


CANTO DE FORJADO (cm.) h + ho	PESO (kN/m²) DEL FORJADO CON SIMPLE VIGUETA (b= 70cm.) SEGÚN TIPO DE BOVEDILLA			PESO (kN/m²) DEL FORJADO CON DOBLE VIGUETA (b= 82cm.) SEGÚN TIPO DE BOVEDILLA		
	Hormigón	Cerámica	Poliestireno	Hormigón	Cerámica	Poliestireno
13 + 4	2,54	2,16	1,62	2,78	2,46	2,00
13 + 5	2,78	2,40	1,87	3,03	2,70	2,25
13 + 8	3,52	3,14	2,60	3,76	3,44	2,98
17 + 4	2,79	2,35	1,75	3,10	2,72	2,20
17 + 5	3,04	2,60	1,99	3,34	2,96	2,45
17 + 8	3,77	3,33	2,73	4,08	3,70	3,18
18 + 4	2,86	2,50	1,78	3,17	2,87	2,25
18 + 5	3,10	2,75	2,02	3,42	3,12	2,50
18 + 8	3,84	3,48	2,76	4,15	3,85	3,23
20 + 4	2,98	2,66	1,84	3,33	3,06	2,35
20 + 5	3,23	2,91	2,08	3,58	3,30	2,60
20 + 8	3,97	3,64	2,82	4,31	4,04	3,33
22 + 4	3,11	2,82	1,90	3,49	3,24	2,45
22 + 5	3,36	3,07	2,14	3,73	3,49	2,70
22 + 8	4,09	3,80	2,88	4,47	4,22	3,43
25 + 5	3,54	8,21	2,24	3,96	3,76	2,85
25 + 8	4,28	8,21	2,97	4,70	4,50	3,58
30 + 5	3,89	3,71	2,39	4,20	4,00	3,09
30 + 8	4,63	4,45	3,12	5,11	4,74	3,82
35 + 6	4,49	4,36	2,79	4,86	4,71	3,58
35 + 8	4,98	4,85	3,28	5,35	5,20	4,07

Figura 14. Descripción del montaje del forjado.

5. ARMADURAS

ESQUEMA DE ARMADO



Tipo de vigueta	Armaduras Longitudinales						Armaduras Transversales	
	X	Y	Z	W	Longitud %L		Celosía	
	nϕ	nϕ	nϕ	nϕ	Ly	Lz	nϕ	Paso
S 1		1Ø6						
S 2		1Ø8						
S 3		1Ø10						
S 4		2Ø8						
S 5		1Ø12						
S 6		1Ø8	1Ø10					
S 7		1Ø10	1Ø10					
S 8		1Ø8	1Ø12					
S 9		1Ø10	1Ø12				2Ø4	
S 10	2Ø6	1Ø16		1Ø6	100%	70%	ó	20 cm.
S 11		1Ø12	1Ø12				2Ø5	
S 12		1Ø12	2Ø10					
S 13		1Ø10	1Ø16					
S 14		1Ø12	1Ø16					
S 15		1Ø12	2Ø12					
S 16		2Ø10	1Ø16					
S 17		1Ø16	1Ø16					
S 18		2Ø12	1Ø16					
S 19		2Ø16	1Ø10					

(*) Longitud de armadura saliente según EFHE, nunca inferior a 150 mm.

Figura 15. Descripción del montaje de armaduras.

6.3. Vigas

Se ha determinado previamente que se van a utilizar vigas descolgadas, para no limitar su dimensionamiento por el canto del forjado, pudiendo producir anchos de viga excesivos.

Procediendo de esta forma, en el artículo 50.2.2.1. Cantos mínimos de la EHE-08, permite calcular un canto de viga eximiendo de esa forma la comprobación por flecha, siempre que, la relación luz/canto útil sea menor o igual al que aparece en la tabla 50.2.2.1.a. de la EHE-08.

Tabla 50.2.2.1.a Relaciones *L/d* en vigas y losas de hormigón armado sometidos a flexión simple

SISTEMA ESTRUCTURAL *L/d*	*K*	Elementos fuertemente Armados: ρ=1,5%	Elementos débilmente Armados ρ=0,5%
Viga simplemente apoyada. Losa uni o bidireccional simplemente apoyada	1,00	14	20
Viga continua[1] en un extremo. Losa unidireccional continua[1,2] en un solo lado	1,30	18	26
Viga continua[1] en ambos extremos. Losa unidireccional o bidireccional continua[1,2]	1,50	20	30
Recuadros exteriores y de esquina en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,15	16	23
Recuadros interiores en losas sin vigas sobre apoyos aislados	1,20	17	24
Voladizo	0,40	6	8

Figura 16. Tabla 50.2.2.1.a de la EHE-08.

Por lo tanto, para el caso de estudio se obtiene lo siguiente:

$$L/d \leq 20 \rightarrow \text{ con } L = 6 \text{ metros; } d \geq 0{,}3 \text{ metros}$$

En definitiva, una vez realizado el cálculo en Cypecad los valores definitivos en sección de las vigas son:

Tabla 11. Dimensión en sección de hormigón armado de los pilares.

	Forjado 1	**Forjado 2**	**Forjado 3**	**Forjado 4**	**Forjado 5**	**Forjado 6**
Anchura	55	55	50	50	45	40
Canto	45/50	45/50	45/50	45/50	45/50	45/50

Estas dimensiones se conservan en las 3 estructuras diferentes de esta tipología, diferenciándose de esta forma únicamente la cuantía y distribución de armado debido al distinto valor de la aceleración sísmica de cálculo.

7. ESTRUCTURA RETICULAR

En este capítulo, se va a analizar la estructura del edificio prototipo formada por forjados reticulares planos y pilares aislados. Para ello, se plantean tres posibles opciones de cálculo:

a) Estructura A-Reticular: cálculo y dimensionamiento bajo cargas gravitatorias sin acción sísmica
b) Estructura B-Reticular: cálculo y dimensionamiento bajo la acción sísmica propuesta por la norma NCSE-02 para la ciudad de Jaén.
c) Estructura C-Reticular: cálculo y dimensionamiento bajo la acción sísmica propuesta en el Anejo Nacional de España del Eurocódigo 8 para la ciudad de Jaén.

La estructura mantiene a nivel geométrico la inmensa mayoría de las dimensiones (figura 17), a nivel de distribución de pilares es idéntica, buscando una mayor correlación de los resultados, solo difiere en cuanto a altura de planta baja, que pasa de los 5 metros de la porticada a los 4 m de la reticular, la razón es porque se pretendía hacer un edificio con una gran altura libre en planta baja, la estructura porticada se iban a disponer vigas descolgadas y se calculó con una altura excesiva en planta baja, en este caso no se ha considerado necesario gracias al menor canto del forjado en comparación a las vigas descolgadas.

El otro cambio se refiere a la ductilidad, ya que las estructuras reticulares están limitadas como máximo a $\mu = 2$ en contraste a $\mu = 3$ de la porticada.

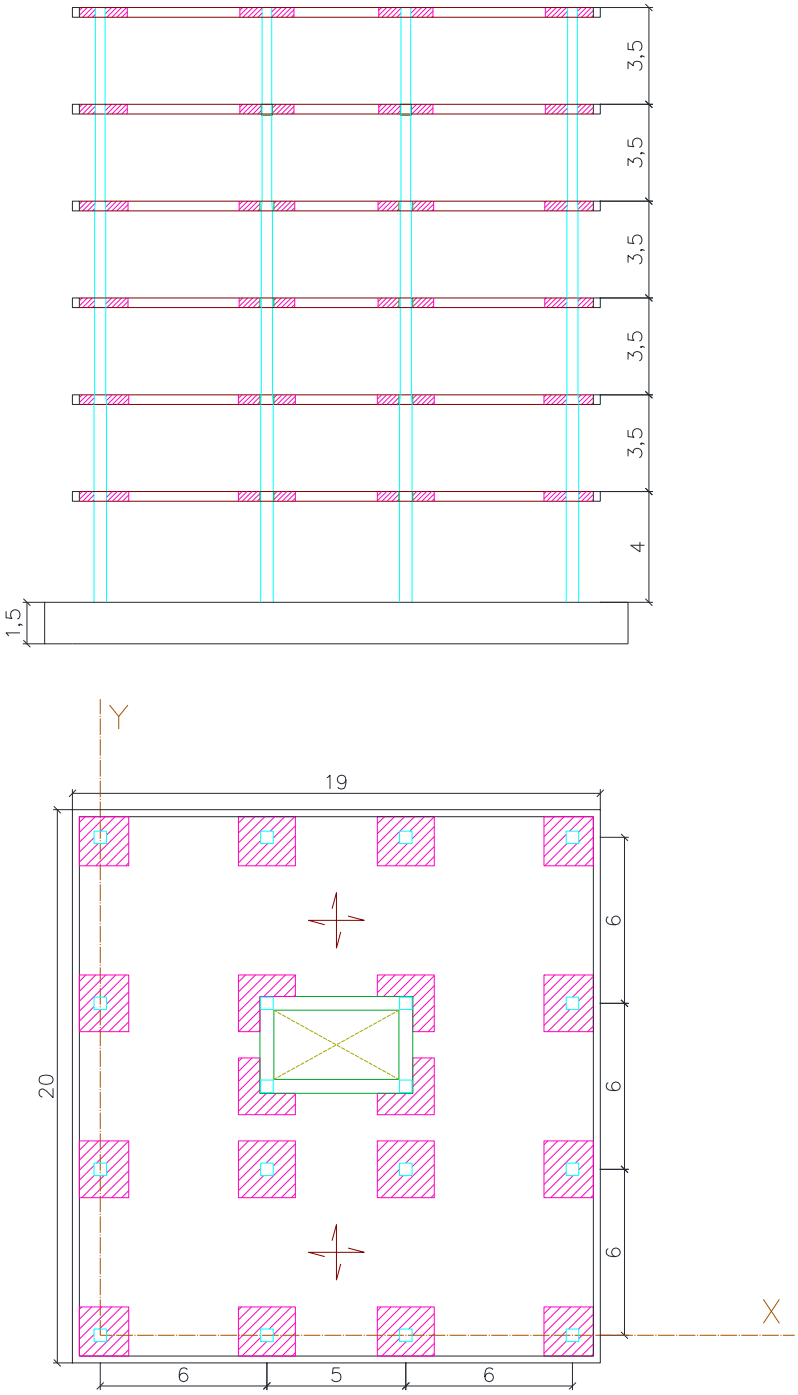
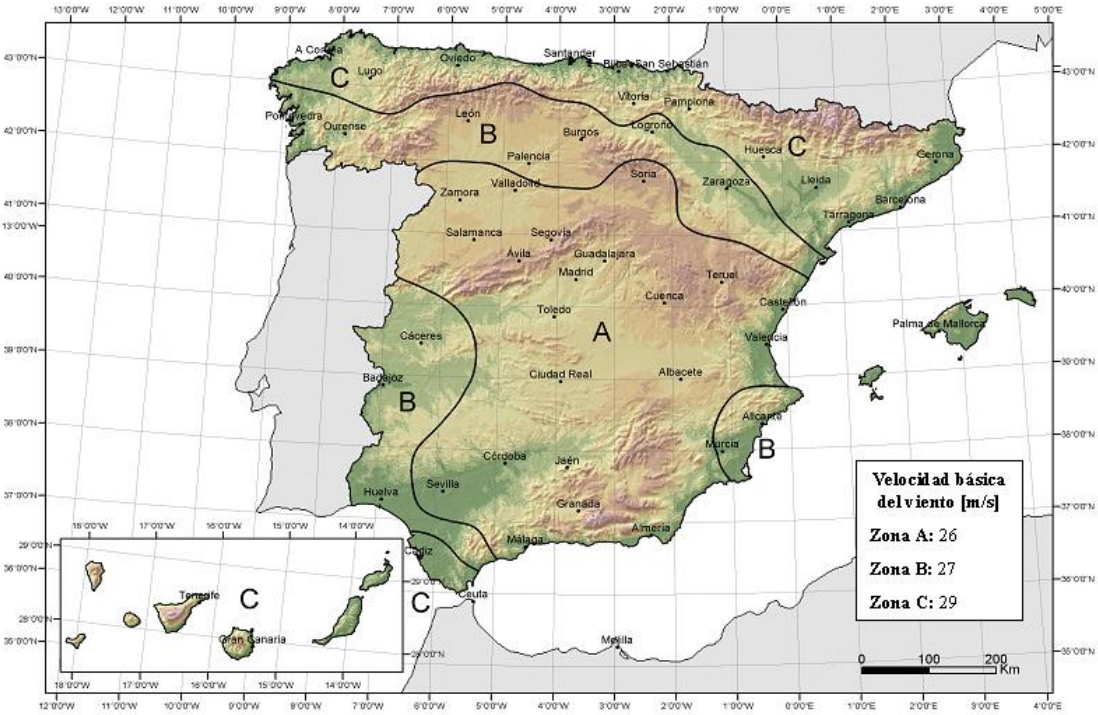


Figura 17. Plano base de la estructura reticular.

7.1. Acción del viento

En el CTE DB SE-AE, artículo 3.3.2 Acción del viento, se indica el cálculo de la fuerza perpendicular a la superficie del edificio producida por el viento, siempre que el edificio se encuentre a menos de 2000 m de altura, que es el caso.

Este artículo indica que la presión estática, q_e, se define como:



$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \qquad (6)$$

Siendo:

- qb: Presión dinámica del viento conforme al mapa eólico de la fig. 9.
- ce: Coeficiente de exposición, determinado conforme al grado de aspereza del entorno y la altura sobre el terreno, tabla 3.4.
- cp: Coeficiente eólico o de presión, calculado en función de la esbeltez del edificio en el plano paralelo al viento, tabla 3.5.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

	Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coeficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coeficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Mediante el cálculo de la estructura en Cypecad, se ha obtenido esta tabla de cargas de viento por planta:

Tabla 12. Cargas de viento según CTE DB SE-AE.

Cargas de viento		
Planta	Viento X (kN)	Viento Y (kN)
Cubierta	46.342	43.289
Forjado 5	87.430	81.668
Forjado4	81.198	75.848
Forjado 3	73.499	68.656
Forjado 2	63.311	59.139
Forjado 1	56.936	53.184

7.2. Forjados

De igual forma que en la estructura porticada, se va a describir el forjado del edificio, se mantiene el canto del predimensionamiento, en el apartado 5.4.2.

En la figura 18, se ve la disposición del forjado reticular de casetón perdido de hormigón, siendo:

H = 35 cm correspondiendo a h = 30 cm y a c = 5cm

El intereje (e) = 80 cm

Ancho del nervio (b) = 10 cm

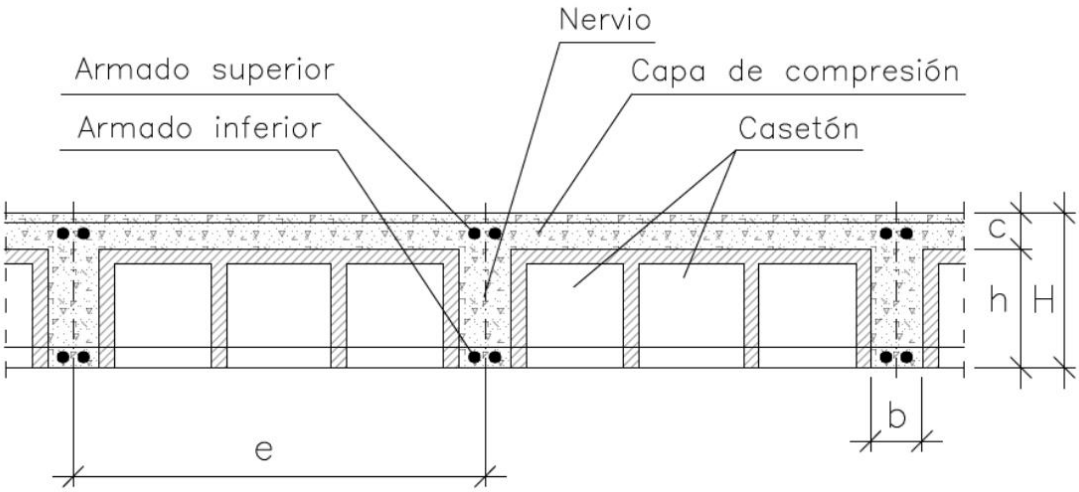
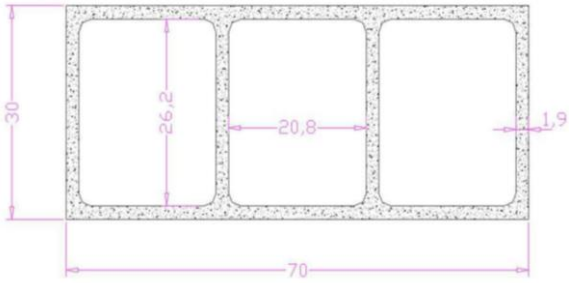


Figura 18. Distribución de elementos en forjado reticular.



Figuras 19 y 20. Descripción del casetón perdido de hormigón prefabricado.

7.3. Ábacos y crucetas de punzonamiento.

Se han dispuesto ábacos de dimensión variable, ya que estos se han generado automáticamente en CypeCAD, las dimensiones oscilan entre 1,35 a 1,55 aproximadamente, medido desde el eje del pilar al borde del ábaco.

Además, se ha contado con crucetas de punzonamiento, se han generado distintos tipos, atendiendo a las cuantías exigidas por el cálculo sísmico. En pro de una mayor estandarización e industrialización de la ejecución en obra, debiera considerarse un único tipo de cruceta, este es un caso de estudio y no requiere este tipo de consideraciones. Esto se puede observar en los planos 14, 15, 16 y 17.

8. CÁLCULO SÍSMICO

En este este apartado se va a exponer los resultados del cálculo sísmico, el análisis de solicitaciones realizado a partir de Cypecad y los resultados obtenidos de cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta, desplome local máximo por planta, desplazamiento por planta y las cuantías de armado obtenidas por planta. Se plantea:

a) Cálculo sísmico para estructuras porticadas.
b) Cálculo sísmico para estructuras reticulares.

8.1.1. Estructura Porticada-A: solo cargas gravitatorias.

En el capítulo 4 se definen los distintos niveles de sismo que se van a estudiar, en este caso es el más simple de todos, ya que se considera que no hay acción sísmica, solo cargas gravitatorias para el cálculo de esta estructura, con los parámetros geométricos definidos anteriormente.

8.1.1.1. Cálculos Cypecad

8.1.1.1.1. Análisis de solicitaciones

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas H.A., muros, vigas y forjados.

Se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y se crea la hipótesis de diafragma rígido. Por tanto, cada planta sólo podrá girar y desplazarse en su conjunto (3 grados de libertad).

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral) y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

De este cálculo extraemos las cuantías de armado de los distintos elementos:

Tabla 13. Cuantías de armado en kg/m^2.

	Forjado (kg/m^2)	**Vigas (kg/m^2)**	**Pilares (kg/m^2)**	**Total (kg/m^2)**	**Total (kg)**
Cubierta	0,9992	25,7856	8,9055	7,47	2768
Planta 5	1,6059	28,8425	10,1662	9,58	3529
Planta4	1,6856	30,8463	11,3889	11,45	4219
Planta3	1,7347	32,5254	11,8056	11,97	4411
Planta2	1,7679	31,9724	9,5887	12,3	4535
Planta1	1,8601	33,2802	11,3171	14,89	5490

8.1.2. Estructura Porticada-B: Acción del sismo dada por NCSE-02.

Este es el caso más habitual, como se ha comentado en el punto 7, teniendo en cuenta la sismicidad de Jaén, además, la NCSE-02 es de obligado cumplimiento para nuevas edificaciones desde la entrada en vigor de dicha norma. Se puede añadir a esto, que, la anterior norma, la NCSE-94 contempla para Jaén el mismo valor de aceleración sísmica básica de valor 0,07g que la actual NCSE-02, lo que implica que las construcciones realizadas en la ciudad durante los últimos casi 30 años se han regido por un mismo criterio sísmico, aunque este se aplique de distinta forma según las distintas normas, lo que implica que esta es la estructura de referencia y la más a tener en cuenta.

8.1.2.1. Cálculos en Cypecad

8.1.2.1.1. Análisis de solicitaciones y cálculo sísmico

De igual forma que con la anterior estructura se analizan las situaciones persistentes y transitorias de carga gravitatoria y de viento, a esto hay que añadirle en este caso el cálculo sísmico que Cypecad lo realiza mediante un análisis modal espectral completo que resuelve cada modo como una hipótesis y realiza la expansión modal y la combinación modal para la obtención de esfuerzos. De este modo se obtiene:

Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

a_b: Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) a_b = 0,07 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1,00

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Sistema estructural

μ: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) μ = 3,00

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7,00 %

Tipo de construcción (NCSE-02, 2.2): Construcciones de importancia normal

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso: 0,50

Fracción de sobrecarga de nieve: 0,50

Efectos de la componente sísmica vertical: No se consideran

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ductilidad alta

Direcciones de análisis

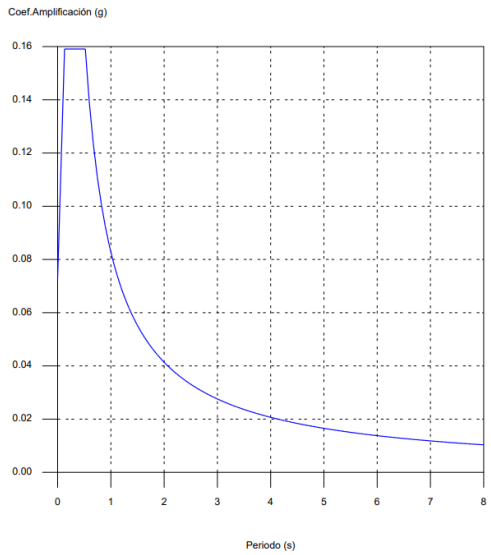
Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

Espectro de cálculo

Espectro elástico de aceleraciones

Coeficiente de amplificación NCSE-02 (2.2, 2.3 y 2.4)**:**



$$S_{ae} = a_c \cdot \alpha(T)$$

$$\alpha(T) = 1 + (2{,}5 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{T}{T_A} \qquad T < T_A$$

$$\alpha(T) = 2{,}5 \cdot \nu \qquad T_A \leq T \leq T_B$$

$$\alpha(T) = \frac{K \cdot C}{T} \cdot \nu \qquad T > T_B$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.159 g.

Espectro normalizado de respuesta elástica

Parámetros necesarios para la definición del espectro

a_c: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) $a_c = 0.073$ g

a_b: Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) $a_b = 0.070$ g

ρ: Coeficiente adimensional de riesgo ρ = 1.00

Tipo de construcción: Construcciones de importancia normal

S: Coeficiente de amplificación del terreno (NCSE-02, 2.2) S = 1.04

$$S = \frac{C}{1{,}25} \qquad \rho \cdot a_b \leq 0{,}1g$$

$$S = \frac{C}{1{,}25} + 3{,}33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0{,}1\right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1{,}25}\right) \qquad 0{,}1g < \rho \cdot a_b < 0{,}4g$$

$$S = 1 \qquad 0{,}4g \leq \rho \cdot a_b$$

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

v: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) v = 0.87

$$v = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0,4}$$

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7.00 %

T_A: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A = 0.13 s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{10}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

T_B: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A = 0.52 s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{2,5}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (μ) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = a_c \cdot \left(1 + \left(2,5 \cdot \frac{v}{\mu} - 1\right) \cdot \frac{T}{T_A}\right) \qquad T < T_A$$

$$S_a = a_c \cdot 2,5 \cdot \frac{v}{\mu} \qquad T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_a = a_c \cdot \frac{K \cdot C}{T} \cdot \frac{v}{\mu} \qquad T > T_B$$

β: Coeficiente de respuesta β = 0.29

$$\beta = \frac{v}{\mu}$$

v: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) v = 0.87

$$v = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0,4}$$

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7.00 %

μ: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) $\mu = 3{,}00$

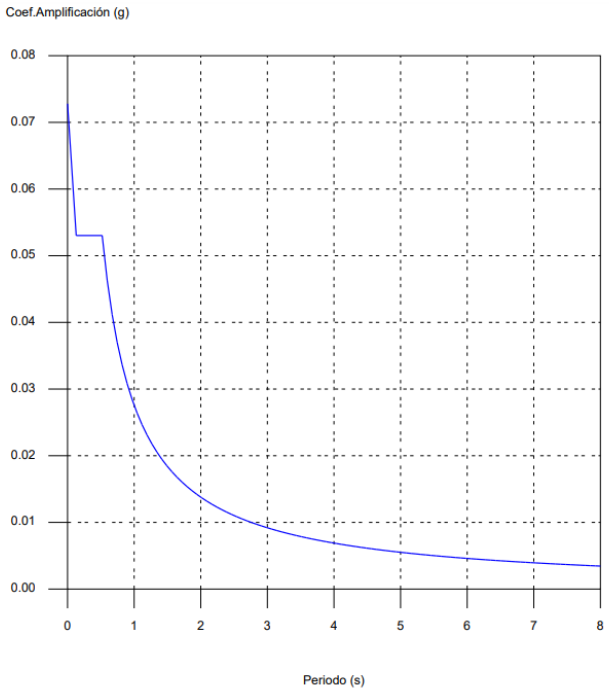
a_c: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) $a_c = 0.073$ g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

T_A: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) $T_A = 0.13$ s

T_B: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) $T_A = 0.52$ s



Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	1.295	0.9984	0	0.0559	87.52 %	0 %	R = 3 A = 0.209 m/s² D = 8.87751 mm	R = 3 A = 0.209 m/s² D = 8.87751 mm
Modo 2	1.213	0.0123	0.0133	1	0 %	0 %	R = 3 A = 0.223 m/s² D = 8.3195 mm	R = 3 A = 0.223 m/s² D = 8.3195 mm
Modo 3	1.169	0	0.9996	0.0292	0 %	88.37 %	R = 3 A = 0.232 m/s² D = 8.01743 mm	R = 3 A = 0.232 m/s² D = 8.01743 mm
Modo 4	0.480	0.9987	0	0.0505	8.75 %	0 %	R = 3 A = 0.52 m/s² D = 3.0416 mm	R = 3 A = 0.52 m/s² D = 3.0416 mm
Modo 5	0.449	0	0	1	0 %	0 %	R = 3 A = 0.52 m/s² D = 2.65664 mm	R = 3 A = 0.52 m/s² D = 2.65664 mm
Modo 6	0.443	0	1	0.001	0 %	8.49 %	R = 3 A = 0.52 m/s² D = 2.58732 mm	R = 3 A = 0.52 m/s² D = 2.58732 mm
Total					96.27 %	96.86 %		

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.

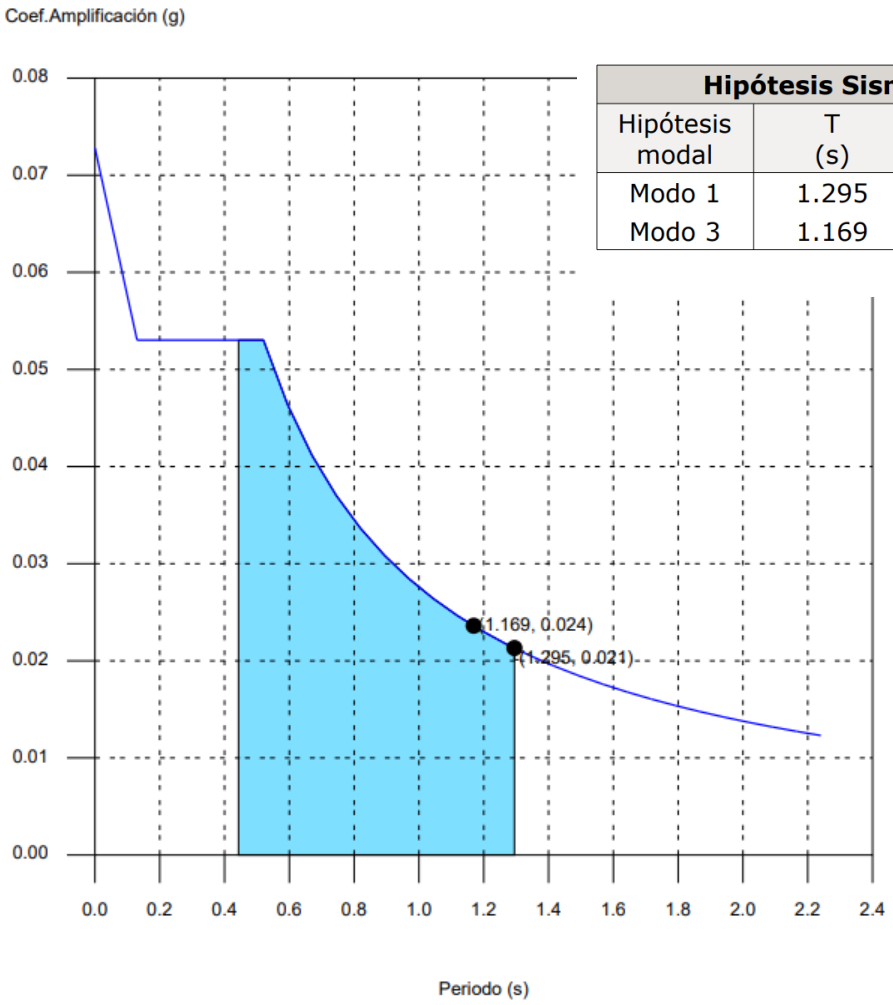
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

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

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	1.295	0.021
Modo 3	1.169	0.024

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 (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Cubierta	124.918	124.918	0.045	0.045
Forjado 5	229.184	110.169	0.088	0.042
Forjado 4	300.778	97.716	0.123	0.035
Forjado 3	362.595	100.611	0.146	0.023
Forjado 2	421.498	94.623	0.167	0.021
Forjado 1	466.927	67.062	0.181	0.014

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q_X (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Cubierta	0.038	0.038	132.043	132.043
Forjado 5	0.082	0.044	247.294	120.943
Forjado 4	0.102	0.181	330.689	106.465
Forjado 3	0.254	0.152	401.918	105.492
Forjado 2	0.338	0.084	467.212	97.830
Forjado 1	0.396	0.058	518.248	71.859

Igual que en la anterior estructura, pero añadiendo el cálculo sísmico, se extrae el resultado de las cuantías de armadura por planta de los resultados obtenidos en Cypecad:

Tabla 14. Cuantías de armado para estructura B.

	Forjado (kg/m^2)	**Vigas (kg/m^2)**	**Pilares (kg/m^2)**	**Total (kg/m^2)**	**Total (kg)**
Cubierta	0,9924	36,4073	9,0105	9,58	3547
Planta 5	1,6378	39,6854	28,8688	15,43	5682
Planta4	1,7364	39,7661	26,1343	17,12	6308
Planta3	1,7600	41,5280	25,9954	17,5	6450
Planta2	1,8195	42,6050	21,4247	18,57	6846
Planta1	1,8085	44,9973	25,8684	24,32	8967

8.1.2.1.2. Desplazamientos horizontales

Para la estimación de los desplazamientos máximos teniendo en cuenta la hipótesis de sismo, se tendrán en cuenta dos aspectos:

a) El desplome local máximo de los pilares de cada planta, siendo el desplome local máximo la diferencia de desplazamientos entre la coronación y el pie del pilar de cada planta, teniendo en cuenta la combinación de desplazamiento en X, desplazamiento en Y y giro de planta.

b) Desplazamiento entre plantas, teniendo en cuenta únicamente la carga sísmica de forma independiente para la dirección X y dirección Y, sin tener en cuenta el giro de planta. En este caso, el desplazamiento de planta es el mismo para todos los pilares de dicha planta, debido a la hipótesis de diafragma rígido.

Obtenido desde los cálculos de Cypecad como: desplome local máximo de los pilares por planta en mm.

Tabla 15. Desplome local máximo en mm.

	X	**Y**
Cubierta	5,49	4,86
Planta 5ª	5,79	5,30
Planta 4ª	5,79	5,19
Planta 3ª	6,80	5,99
Planta 2ª	6,59	5,69
Planta 1ª	11,88	11,68

El desplazamiento entre plantas se ha calculado mediante el método simplificado que propone la NCSE-02, a través de las cargas laterales se ha estimado el desplazamiento lateral por planta dando estos valores, para la hipótesis de sismo en X y de sismo en Y respectivamente, y tal como se indica más arriba en los resultados de: Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta.

Tabla 16. Desplazamiento lateral por planta en mm.

	$\delta_{Planta,x}$ (mm)	**$\delta_{Planta,y}$ (mm)**
Cubierta	2,97	3,14
Planta 5ª	5,45	5,89
Planta 4ª	4,20	4,62
Planta 3ª	5,07	5,62
Planta 2ª	3,67	4,07
Planta 1ª	4,07	4,52

8.1.3. Estructura Porticada-C: Acción del sismo dada por Mapa de Peligrosidad Sísmica del IGN-15 y Anejo Nacional del EC-08.

En este caso se calcula la estructura con un valor de aceleración sísmica básica superior a la expuesta por la norma NCSE-02, y podríamos estar frente a dos casos en los que esto sucede si no fuera porque coincide el valor de ab para Jaén tanto el obtenido geométricamente por el Mapa de Peligrosidad Sísmica del IGN-15 y el obtenido a partir de las tablas que aporta el Anejo Nacional del EC-08 como se ha visto en el punto 7, aquí se van a obtener los parámetros de la estructura enfrentándose a un sismo de mayor intensidad al previsto anteriormente.

8.1.3.1. Cálculos en Cypecad

8.1.3.1.1. Análisis de solicitaciones y cálculo sísmico

De igual forma que con la anterior estructura se analizan las situaciones persistentes y transitorias de carga gravitatoria y de viento, a esto hay que añadirle en este caso el cálculo sísmico que Cypecad lo realiza mediante un análisis modal espectral completo que resuelve cada modo como una hipótesis y realiza la expansión modal y la combinación modal para la obtención de esfuerzos.

De este modo se obtiene:

Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

a_b: Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) a_b = 0,120 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1,00

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Sistema estructural

μ: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) μ = 3,00

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7,00 %

Tipo de construcción (NCSE-02, 2.2): Construcciones de importancia normal

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso: 0,50

Fracción de sobrecarga de nieve: 0,50

Efectos de la componente sísmica vertical: No se consideran

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ductilidad alta

Direcciones de análisis

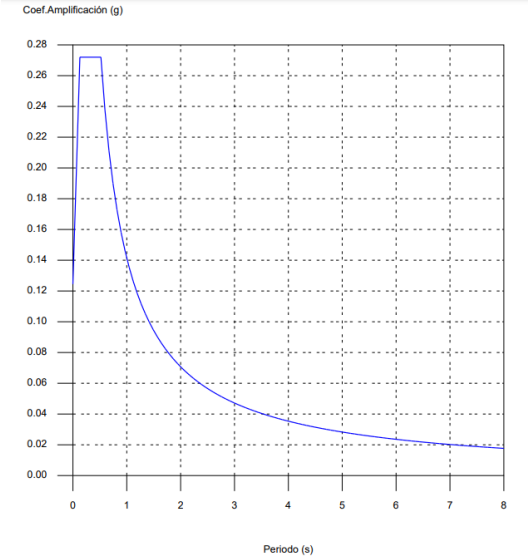
Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

Espectro de cálculo

Espectro elástico de aceleraciones

Coeficiente de amplificación NCSE-02 (2.2, 2.3 y 2.4)**:**



$$S_{ae} = a_c \cdot \alpha(T)$$

$$\alpha(T) = 1 + (2{,}5 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{T}{T_A} \qquad T < T_A$$

$$\alpha(T) = 2{,}5 \cdot \nu \qquad T_A \leq T \leq T_B$$

$$\alpha(T) = \frac{K \cdot C}{T} \cdot \nu \qquad T > T_B$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.272 g.

Espectro normalizado de respuesta elástica.

Parámetros necesarios para la definición del espectro

a_c: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) a_c = 0.124 g

a_b: Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) a_b = 0.120 g

ρ: Coeficiente adimensional de riesgo ρ = 1.00

Tipo de construcción: Construcciones de importancia normal

S: Coeficiente de amplificación del terreno (NCSE-02, 2.2) S = 1.04

$$S = \frac{C}{1{,}25} \qquad \rho \cdot a_b \leq 0{,}1g$$

$$S = \frac{C}{1{,}25} + 3{,}33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0{,}1\right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1{,}25}\right) \qquad 0{,}1g < \rho \cdot a_b < 0{,}4g$$

$$S = 1 \qquad 0{,}4g \leq \rho \cdot a_b$$

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

v: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) v = 0.87

$$\nu = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0{,}4}$$

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7.00 %

T_A: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) $T_A = 0.13$ s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{10}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

T_B: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) $T_A = 0.52$ s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{2{,}5}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (μ) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = a_c \cdot \left(1 + \left(2{,}5 \cdot \frac{\nu}{\mu} - 1\right) \cdot \frac{T}{T_A}\right) \qquad T < T_A$$

$$S_a = a_c \cdot 2{,}5 \cdot \frac{\nu}{\mu} \qquad T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_a = a_c \cdot \frac{K \cdot C}{T} \cdot \frac{\nu}{\mu} \qquad T > T_B$$

β: Coeficiente de respuesta β = 0.29

$$\beta = \frac{\nu}{\mu}$$

v: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) v = 0.87

$$\nu = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0{,}4}$$

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7.00 %

μ: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) μ = 3,00

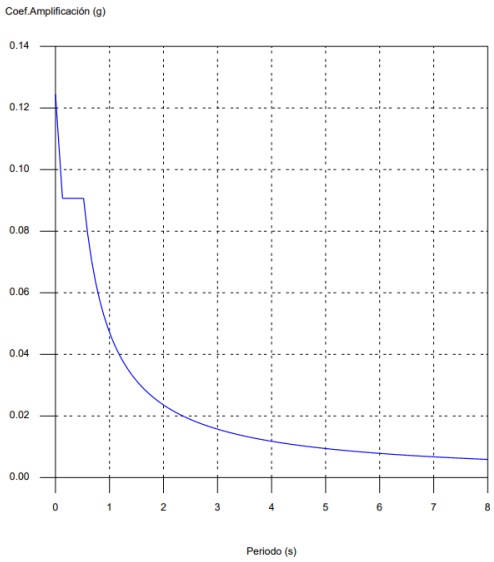
a_c: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) $a_c = 0.124$ g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

T_A: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) $T_A = 0.13$ s

T_B: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) $T_A = 0.52$ s



Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	1.281	0.9995	0	0.0304	87.09 %	0 %	R = 3 A = 0.361 m/s² D = 15.0111 mm	R = 3 A = 0.361 m/s² D = 15.0111 mm
Modo 2	1.200	0.0125	0.0127	1	0 %	0 %	R = 3 A = 0.386 m/s² D = 14.062 mm	R = 3 A = 0.386 m/s² D = 14.062 mm
Modo 3	1.169	0	0.9997	0.026	0 %	88.35 %	R = 3 A = 0.396 m/s² D = 13.7129 mm	R = 3 A = 0.396 m/s² D = 13.7129 mm
Modo 4	0.478	1	0	0.0098	9.09 %	0 %	R = 3 A = 0.889 m/s² D = 5.15449 mm	R = 3 A = 0.889 m/s² D = 5.15449 mm
Modo 5	0.447	0.0006	0.0022	1	0 %	0 %	R = 3 A = 0.889 m/s² D = 4.50712 mm	R = 3 A = 0.889 m/s² D = 4.50712 mm
Modo 6	0.443	0.0001	0.9862	0.1656	0 %	8.5 %	R = 3 A = 0.889 m/s² D = 4.42972 mm	R = 3 A = 0.889 m/s² D = 4.42972 mm
Total					96.18 %	96.85 %		

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.

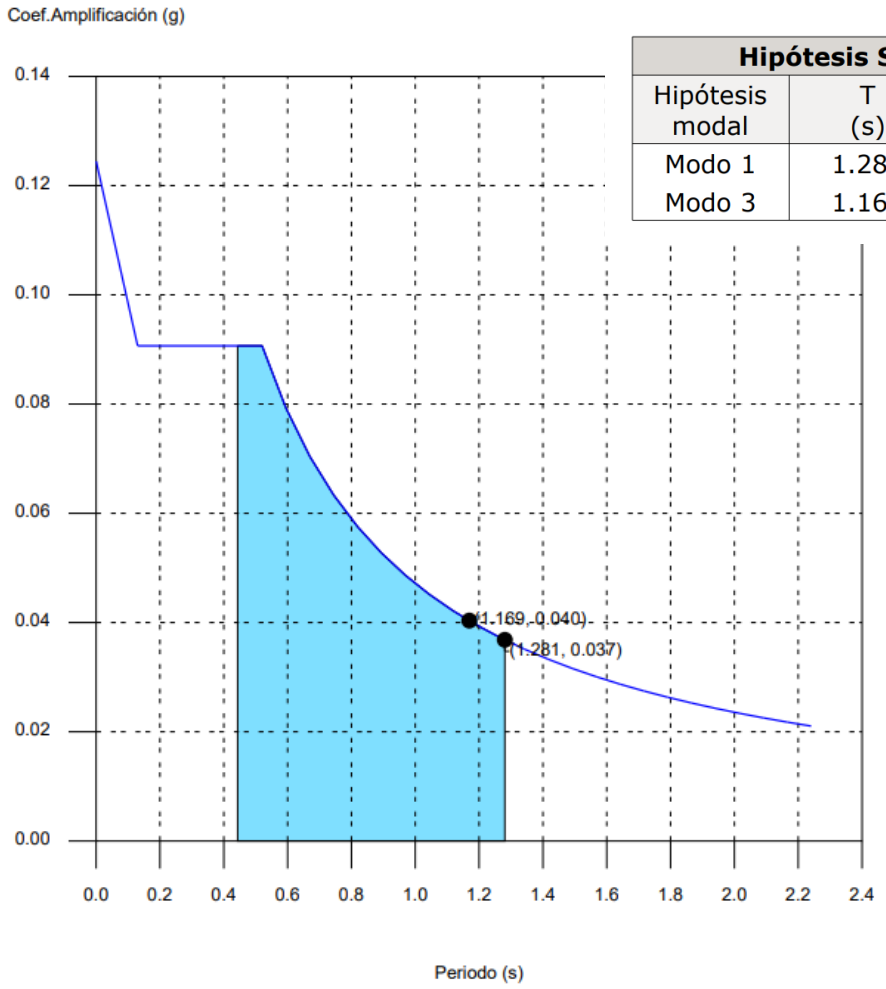
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

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

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	1.281	0.037
Modo 3	1.169	0.040

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 (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Cubierta	217.367	217.367	0.063	0.063
Forjado 5	397.247	190.385	0.123	0.061
Forjado 4	519.780	169.104	0.174	0.056
Forjado 3	625.728	174.242	0.226	0.058
Forjado 2	726.664	163.081	0.261	0.041
Forjado 1	805.273	116.599	0.285	0.029

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q_X (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Cubierta	0.095	0.095	226.177	226.177
Forjado 5	0.231	0.141	423.176	206.754
Forjado 4	0.025	0.240	565.659	182.014
Forjado 3	0.212	0.201	687.370	180.421
Forjado 2	0.312	0.101	798.971	167.382
Forjado 1	0.384	0.072	886.714	123.617

Igual que en la anterior estructura, se extrae el resultado de las cuantías de armadura por planta de los resultados obtenidos en Cypecad:

Tabla 17. Cuantías da armado para estructura C.

	Forjado (kg/m^2)	**Vigas (kg/m^2)**	**Pilares (kg/m^2)**	**Total (kg/m^2)**	**Total (kg)**
Cubierta	0,9958	36,8327	10,03	9,85	3647
Planta 5	1,6378	39,9616	28,5498	15,43	5681
Planta4	1,7400	41,0802	26,2963	17,48	6441
Planta3	1,7673	42,8125	26,3542	17,9	6598
Planta2	1,8269	44,2637	21,4521	19,01	7007
Planta1	1,8121	46,4115	25,9451	24,71	9111

8.1.3.1.2. Desplazamientos horizontales

Para la estimación de los desplazamientos máximos teniendo en cuenta la hipótesis de sismo, se tendrán en cuenta dos aspectos:

a) El desplome local máximo de los pilares de cada planta, siendo el desplome local máximo la diferencia de desplazamientos entre la coronación y el pie del pilar de cada planta, teniendo en cuenta la combinación de desplazamiento en X, desplazamiento en Y y giro de planta.

b) Desplazamiento entre plantas, teniendo en cuenta únicamente la carga sísmica de forma independiente para la dirección X y dirección Y, sin tener en cuenta el giro de planta. En este caso, el desplazamiento de planta es el mismo para todos los pilares de dicha planta, debido a la hipótesis de diafragma rígido.

Obtenido desde los cálculos de Cypecad como: desplome local máximo de los pilares por planta en mm.

Tabla 18. Desplome local máximo en mm.

	X	**Y**
Cubierta	9,49	8,43
Planta 5ª	10,09	9,09
Planta 4ª	10,00	8,79
Planta 3ª	11,67	10,17
Planta 2ª	10,97	9,70
Planta 1ª	19,61	20,00

El desplazamiento entre plantas se ha calculado mediante el método simplificado que propone la NCSE-02, a través de las cargas laterales se ha estimado el desplazamiento lateral por planta dando estos valores, para la hipótesis de sismo en X y de sismo en Y respectivamente, y tal como se indica más arriba en los resultados de: Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta.

Tabla 19. Desplazamiento lateral por planta en mm.

	$\delta_{Planta,x}$ (mm)	**$\delta_{Planta,y}$ (mm)**
Cubierta	5,17	5,38
Planta 5ª	9,45	10,07
Planta 4ª	7,27	7,91
Planta 3ª	8,75	9,61
Planta 2ª	6,33	6,96
Planta 1ª	7,02	7,73

8.2.1 Estructura Reticular-A: solo cargas gravitatorias.

De igual forma que en el caso de la estructura porticada se va proceder a exponer el caso de cálculo de la estructura A.

8.2.1.1. Cálculos en Cypecad

8.2.1.1.1. Análisis de solicitaciones

De forma homologa al caso de la estructura porticada, se extraen las cuantías de armado de los distintos elementos:

Tabla 20. Cuantías de armado en kg/m2.

	Forjado (kg/m^2)	Pilares (kg/m^2)	Total (kg/m^2)	Total (kg)
Cubierta	7,2298	8,5467	9,85	2646
Planta 5	9,6633	9,6965	12,64	4651
Planta4	10,0162	10,8489	13,91	5123
Planta3	11,0535	11,2458	14,97	5516
Planta2	11,8348	9,1376	15,79	5821
Planta1	12,2335	12,1203	17,69	6522

8.2.2. Estructura Reticular-B: Acción del sismo dada por NCSE-02.

8.2.2.1. Cálculos en Cypecad

8.2.2.1.1. Análisis de solicitaciones y cálculo sísmico

Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

a_b: Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) a_b = 0,07 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1,00

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Sistema estructural

μ: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) μ = 2,00

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7,00 %

Tipo de construcción (NCSE-02, 2.2): Construcciones de importancia normal

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso: 0,50

Fracción de sobrecarga de nieve: 0,50

Efectos de la componente sísmica vertical: No se consideran

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ductilidad alta

Direcciones de análisis

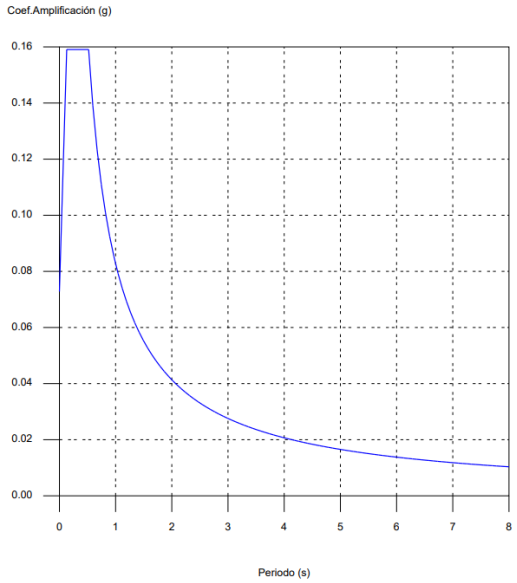
Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

Espectro de cálculo

Espectro elástico de aceleraciones

Coeficiente de amplificación NCSE-02 (2.2, 2.3 y 2.4)**:**



$$S_{ae} = a_c \cdot \alpha(T)$$

$$\alpha(T) = 1 + (2{,}5 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{T}{T_A} \qquad T < T_A$$

$$\alpha(T) = 2{,}5 \cdot \nu \qquad T_A \leq T \leq T_B$$

$$\alpha(T) = \frac{K \cdot C}{T} \cdot \nu \qquad T > T_B$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.159 g.

Espectro normalizado de respuesta elástica.

Parámetros necesarios para la definición del espectro

a_c: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) a_c = 0.073 g

a_b: Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) a_b = 0.070 g

ρ: Coeficiente adimensional de riesgo ρ = 1.00

Tipo de construcción: Construcciones de importancia normal

S: Coeficiente de amplificación del terreno (NCSE-02, 2.2) S = 1.04

$$S = \frac{C}{1{,}25} \qquad \rho \cdot a_b \leq 0{,}1g$$

$$S = \frac{C}{1{,}25} + 3{,}33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0{,}1\right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1{,}25}\right) \qquad 0{,}1g < \rho \cdot a_b < 0{,}4g$$

$$S = 1 \qquad 0{,}4g \leq \rho \cdot a_b$$

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

v: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) v = 0.87

$$\nu = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0,4}$$

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7.00 %

T_A: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A = 0.13 s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{10}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

T_B: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A = 0.52 s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{2,5}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (μ) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = a_c \cdot \left(1 + \left(2,5 \cdot \frac{\nu}{\mu} - 1\right) \cdot \frac{T}{T_A}\right) \qquad T < T_A$$

$$S_a = a_c \cdot 2,5 \cdot \frac{\nu}{\mu} \qquad T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_a = a_c \cdot \frac{K \cdot C}{T} \cdot \frac{\nu}{\mu} \qquad T > T_B$$

β: Coeficiente de respuesta β = 0.44

$$\beta = \frac{\nu}{\mu}$$

v: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) v = 0.87

$$\nu = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0,4}$$

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7.00 %

μ: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) μ = 2,00

a_c: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) a_c = 0.073 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

T_A: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A = 0.13 s

T_B: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A = 0.52 s

Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	1.303	0.4744	0.0003	0.8803	77.85 %	0 %	R = 2 A = 0.312 m/s² D = 13.4016 mm	R = 2 A = 0.312 m/s² D = 13.4016 mm
Modo 2	1.269	0.0268	0.008	0.9996	3.86 %	0.35 %	R = 2 A = 0.32 m/s² D = 13.0474 mm	R = 2 A = 0.32 m/s² D = 13.0474 mm
Modo 3	1.267	0.012	0.8826	0.47	0.02 %	81.73 %	R = 2 A = 0.32 m/s² D = 13.0263 mm	R = 2 A = 0.32 m/s² D = 13.0263 mm
Modo 4	0.478	0.7344	0.0005	0.6788	10.41 %	0 %	R = 2 A = 0.78 m/s² D = 4.51056 mm	R = 2 A = 0.78 m/s² D = 4.51056 mm
Modo 5	0.470	0.0014	0.9985	0.0552	0 %	10.26 %	R = 2 A = 0.78 m/s² D = 4.37288 mm	R = 2 A = 0.78 m/s² D = 4.37288 mm
Total					92.14 %	92.34 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

Lx, Ly: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

Lgz: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

Mx, My: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

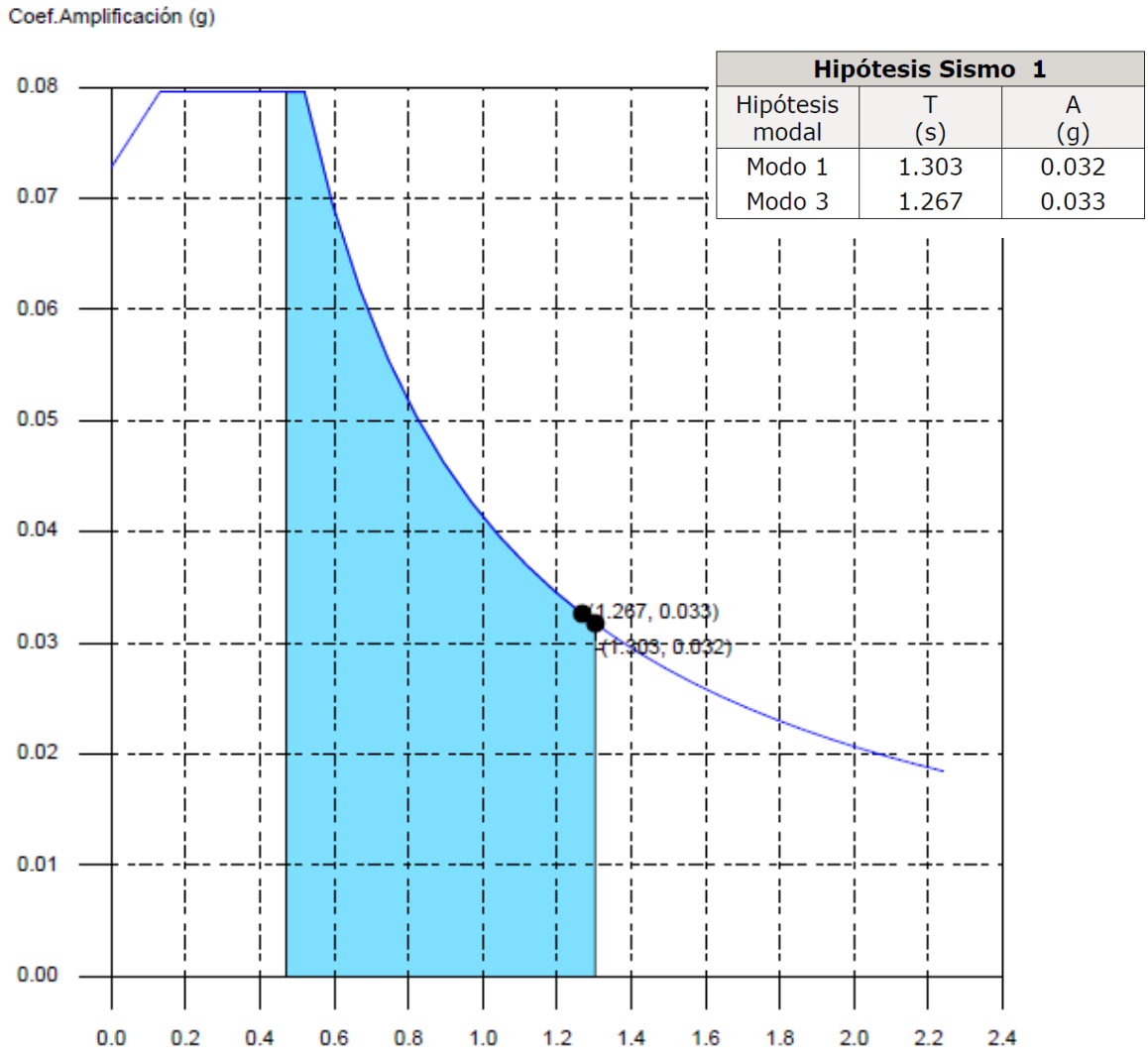
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

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

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	1.303	0.032
Modo 3	1.267	0.033

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 (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Cubierta	187.601	187.601	3.780	3.780
Forjado 5	344.270	167.864	8.402	4.624
Forjado4	440.368	151.505	12.278	3.891
Forjado 3	528.168	162.957	15.319	3.062
Forjado 2	611.297	138.343	17.302	1.997
Forjado 1	661.409	76.588	18.281	0.988

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q_X (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Cubierta	3.711	3.711	191.625	191.625
Forjado 5	8.382	4.674	351.495	171.559
Forjado4	12.288	3.921	451.388	155.138
Forjado 3	15.324	3.057	543.333	164.279
Forjado 2	17.301	1.992	628.673	138.389
Forjado 1	18.267	0.974	679.784	76.956

Igual que en la anterior estructura, pero añadiendo el cálculo sísmico, se extrae el resultado de las cuantías de armadura por planta de los resultados obtenidos en Cypecad:

Tabla 21. Cuantías da armado para estructura B.

	Forjado (kg/m²)	**Pilares (kg/m²)**	**Total (kg/m²)**	**Total (kg)**
Cubierta	7,2298	8,7769	9,89	3662
Planta 5	9,8042	10,0431	12,91	4751
Planta4	10,2678	11,2831	14,32	5275
Planta3	11,3453	11,8694	15,61	5752
Planta2	12,2305	9,5993	16,29	6007
Planta1	12,5996	12,6541	18,21	6716

8.2.2.1.2. Desplazamientos horizontales

Para la estimación de los desplazamientos máximos teniendo en cuenta la hipótesis de sismo, se tendrán en cuenta dos aspectos:

a) El desplome local máximo de los pilares de cada planta, siendo el desplome local máximo la diferencia de desplazamientos entre la coronación y el pie del pilar de cada planta, teniendo en cuenta la combinación de desplazamiento en X, desplazamiento en Y y giro de planta.

b) Desplazamiento entre plantas, teniendo en cuenta únicamente la carga sísmica de forma independiente para la dirección X y dirección Y, sin tener en cuenta el giro de planta. En este caso, el desplazamiento de planta es el mismo para todos los pilares de dicha planta, debido a la hipótesis de diafragma rígido.

Obtenido desde los cálculos de Cypecad como: desplome local máximo de los pilares por planta en mm.

Tabla 22. Desplome local máximo en mm.

	X	**Y**
Cubierta	7	6,10
Planta 5ª	8,29	6,89
Planta 4ª	8,60	6,80
Planta 3ª	10,17	8,08
Planta 2ª	9,70	7,88
Planta 1ª	9,20	7,63

El desplazamiento entre plantas se ha calculado mediante el método simplificado que propone la NCSE-02, a través de las cargas laterales se ha estimado el desplazamiento lateral por planta dando estos valores, para la hipótesis de sismo en X y de sismo en Y respectivamente, y tal como se indica más arriba en los resultados de: Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta.

Tabla 23. Desplazamiento lateral por planta en mm.

	$\delta_{Planta,x}$ (mm)	**$\delta_{Planta,y}$ (mm)**
Cubierta	2,98	3,04
Planta 5ª	5,46	5,58
Planta 4ª	4,10	4,21
Planta 3ª	4,92	5,06
Planta 2ª	3,55	3,65
Planta 1ª	3,84	3,95

8.2.3. Estructura Reticular-C: Acción del sismo dada por Mapa de Peligrosidad Sísmica del IGN-15 y Anejo Nacional del EC-08.

8.2.3.1. Cálculos en Cypecad

8.2.3.1.1. Análisis de solicitaciones y cálculo sísmico

Datos generales de sismo

Caracterización del emplazamiento

a_b: Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) a_b = 0,120 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1,00

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Sistema estructural

μ: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) μ = 2,00

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7,00 %

Tipo de construcción (NCSE-02, 2.2): Construcciones de importancia normal

Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso: 0,50

Fracción de sobrecarga de nieve: 0,50

Efectos de la componente sísmica vertical: No se consideran

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Criterio de armado a aplicar por ductilidad: Ductilidad alta

Direcciones de análisis

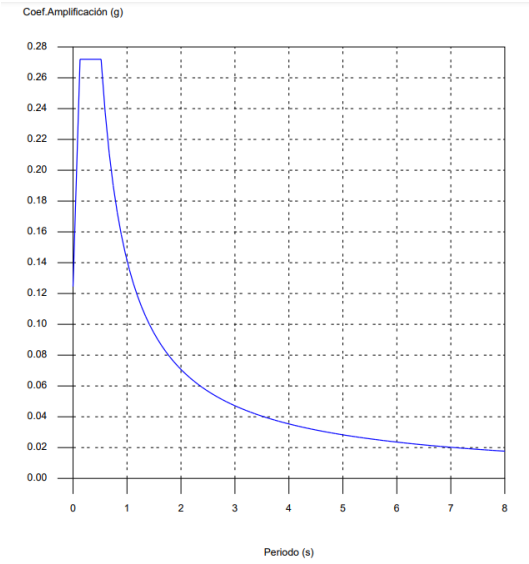
Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

Espectro de cálculo

Espectro elástico de aceleraciones

Coeficiente de amplificación NCSE-02 (2.2, 2.3 y 2.4)**:**



$$S_{ae} = a_c \cdot \alpha(T)$$

$$\alpha(T) = 1 + (2{,}5 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{T}{T_A} \qquad T < T_A$$

$$\alpha(T) = 2{,}5 \cdot \nu \qquad T_A \leq T \leq T_B$$

$$\alpha(T) = \frac{K \cdot C}{T} \cdot \nu \qquad T > T_B$$

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.272 g.

Espectro normalizado de respuesta elástica.

Parámetros necesarios para la definición del espectro

a_c: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) $a_c = 0.124$ g

a_b: Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) $a_b = 0.120$ g

ρ: Coeficiente adimensional de riesgo ρ = 1.00

Tipo de construcción: Construcciones de importancia normal

S: Coeficiente de amplificación del terreno (NCSE-02, 2.2) S = 1.04

$$S = \frac{C}{1{,}25} \qquad \rho \cdot a_b \leq 0{,}1g$$

$$S = \frac{C}{1{,}25} + 3{,}33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0{,}1\right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1{,}25}\right) \qquad 0{,}1g < \rho \cdot a_b < 0{,}4g$$

$$S = 1 \qquad 0{,}4g \leq \rho \cdot a_b$$

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

v: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) v = 0.87

$$v = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0{,}4}$$

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7.00 %

T_A: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) $T_A = 0.13$ s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{10}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

T_B: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) $T_A = 0.52$ s

$$T_A = \frac{K \cdot C}{2{,}5}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

Espectro de diseño de aceleraciones

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente (μ) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = a_c \cdot \left(1 + \left(2{,}5 \cdot \frac{\nu}{\mu} - 1\right) \cdot \frac{T}{T_A}\right) \qquad T < T_A$$

$$S_a = a_c \cdot 2{,}5 \cdot \frac{\nu}{\mu} \qquad T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_a = a_c \cdot \frac{K \cdot C}{T} \cdot \frac{\nu}{\mu} \qquad T > T_B$$

β: Coeficiente de respuesta β = 0.44

$$\beta = \frac{\nu}{\mu}$$

v: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) v = 0.87

$$\nu = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0{,}4}$$

Ω: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) Ω = 7.00 %

μ: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) μ = 2,00

a_c: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) a_c = 0.124 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) K = 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) C = 1.30

T_A: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A = 0.13 s

T_B: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) T_A = 0.52 s

Coeficientes de participación

Modo	T	L_x	L_y	L_{gz}	M_x	M_y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	1.303	0.4744	0.0003	0.8803	77.85 %	0 %	R = 2 A = 0.533 m/s² D = 22.9154 mm	R = 2 A = 0.533 m/s² D = 22.9154 mm
Modo 2	1.269	0.0268	0.008	0.9996	3.86 %	0.35 %	R = 2 A = 0.547 m/s² D = 22.3097 mm	R = 2 A = 0.547 m/s² D = 22.3097 mm
Modo 3	1.267	0.012	0.8826	0.47	0.02 %	81.73 %	R = 2 A = 0.547 m/s² D = 22.2736 mm	R = 2 A = 0.547 m/s² D = 22.2736 mm
Modo 4	0.478	0.7344	0.0005	0.6788	10.41 %	0 %	R = 2 A = 1.334 m/s² D = 7.71258 mm	R = 2 A = 1.334 m/s² D = 7.71258 mm
Modo 5	0.470	0.0014	0.9985	0.0552	0 %	10.26 %	R = 2 A = 1.334 m/s² D = 7.47716 mm	R = 2 A = 1.334 m/s² D = 7.47716 mm
Total					92.14 %	92.34 %		

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.

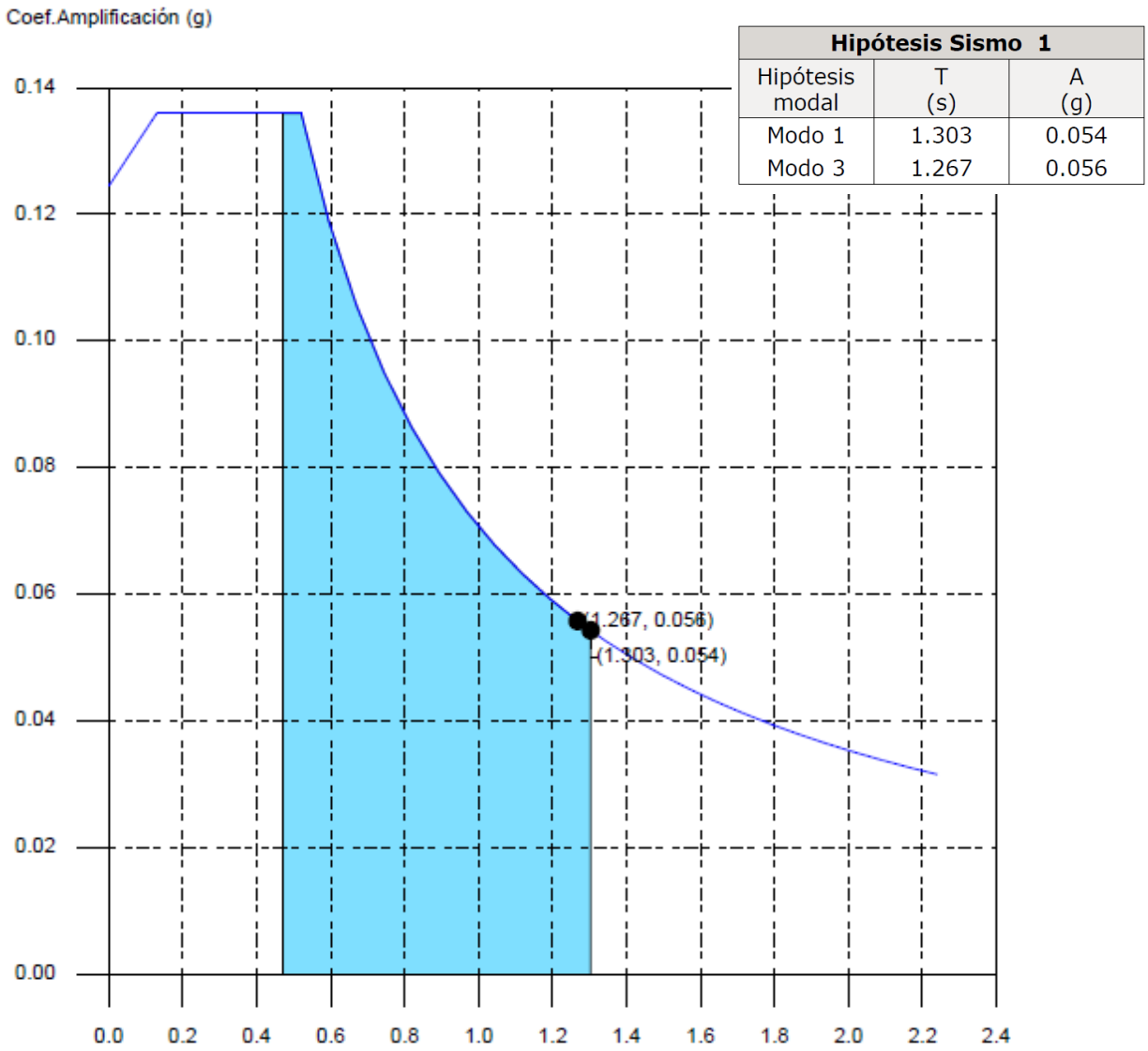
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

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

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	1.303	0.054
Modo 3	1.267	0.056

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 (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Cubierta	320.778	320.778	6.464	6.464
Forjado 5	588.667	287.030	14.366	7.907
Forjado4	752.984	259.059	20.995	6.653
Forjado 3	903.114	278.640	26.193	5.236
Forjado 2	1045.256	236.552	29.584	3.414
Forjado 1	1130.943	130.957	31.259	1.690

Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q_X (kN)	$F_{eq,X}$ (kN)	Q_Y (kN)	$F_{eq,Y}$ (kN)
Cubierta	6.345	6.345	327.659	327.659
Forjado 5	14.332	7.992	601.020	293.347
Forjado4	21.011	6.704	771.826	265.270
Forjado 3	26.202	5.228	929.042	280.899
Forjado 2	29.583	3.406	1074.964	236.630
Forjado 1	31.234	1.666	1162.359	131.587

Igual que en la anterior estructura, se extrae el resultado de las cuantías de armadura por planta de los resultados obtenidos en Cypecad:

Tabla 24. Cuantías da armado para estructura C.

	Forjado (kg/m^2)	Pilares (kg/m^2)	Total (kg/m^2)	Total (kg)
Cubierta	7,2298	9,6258	10,08	3732
Planta 5	9,6633	10,9064	13,66	5026
Planta4	10,0162	8,8384	14,44	5319
Planta3	11,0534	8,8384	16,08	5925
Planta2	11,8348	7,3083	17,57	6478
Planta1	12,2335	9,6766	19,07	7031

8.2.3.1.2. Desplazamientos horizontales

Obtenido desde los cálculos de Cypecad como: desplome local máximo de los pilares por planta en mm.

Tabla 25. Desplome local máximo en mm.

	X	Y
Cubierta	11,90	10,29
Planta 5ª	14,17	11,67
Planta 4ª	14,64	11,48
Planta 3ª	17,33	13,78
Planta 2ª	16,59	13,36
Planta 1ª	15,75	13,07

El desplazamiento entre plantas se ha calculado mediante el método simplificado que propone la NCSE-02, a través de las cargas laterales se ha estimado el desplazamiento lateral por planta dando estos valores, para la hipótesis de sismo en X y de sismo en Y respectivamente, y tal como se indica más arriba en los resultados de: Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta.

Tabla 26. Desplazamiento lateral por planta en mm.

	$\delta_{Planta,x}$ (mm)	$\delta_{Planta,y}$ (mm)
Cubierta	5,09	5,20
Planta 5ª	9,34	9,54
Planta 4ª	7,02	7,19
Planta 3ª	8,42	8,66
Planta 2ª	6,07	6,24
Planta 1ª	6,57	6,75

8.4. Introducción al análisis del comportamiento de las estructuras A y B sometidas a las solicitaciones de la estructura C.

Se pretende comprobar, una vez obtenidas las cuantías por cálculo sísmico en las estructuras A y B tanto reticulares como porticadas, que tipo de daños puede sufrir la estructura si es sometida al cálculo sísmico propuesto por el EC-8, dado que la mayoría de las estructuras de los edificios construidos de Jaén se asemejan principalmente al criterio A, solo a cargas gravitatorias, o ,si en su caso, se hubiese provisto de cálculo sísmico se habría realizado a partir del criterio de la NCSE-02, es decir, la estructura B.

Para ello se ha seguido este proceso:

1. Se han bloqueado las armaduras de vigas y pilares, lo que Cypecad permite, en las estructura A y B.
2. Se ha cambiado el valor de la aceleración sísmica básica según el propuesto por el EC-8 para la ciudad de Jaén.
3. Se ha calculado de nuevo la estructura en Cypecad.
4. Se han extraído algunos de los artículos, ya sea de la EHE-08 o de la NCSE-02 que no se verifican en este nuevo cálculo.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.1. Desplazamientos

En el apartado anterior se adelantó el valor del desplome local máximo obtenido mediante el cálculo de las estructuras en Cypecad, además del desplazamiento obtenido mediante el método simplificado propuesto por la NCSE-02.

En este caso se va a comparar, en ambas tipologías de estructura, el desplazamiento por planta y como varia el valor conforme aumenta el valor sísmico asociado a la estructura.

9.1.1. Estructura porticada

A los valores de desplome local máximo ya vistos en el apartado anterior, como extra, se ha añadido a la tabla 27 el valor del desplome total máximo de los pilares en todo el edificio, obtenido de los listados de Cype, comparándolo con el valor total de los desplomes, observándose que normalmente la suma es mayor al valor total, lo que puede inducir a pensar que los valores por planta pueden estar mayorados.

Se añade una comparativa de los datos de la tabla 28 donde se observa el gran escalón de desplomes desde la estructura A y la estructura B, y el nada desdeñable incremento de desplome de la estructura C respecto la estructura B. Los valores máximos y las diferencias máximas se observan en los pilares de planta baja, lo esperable siempre que se habla de cargas laterales.

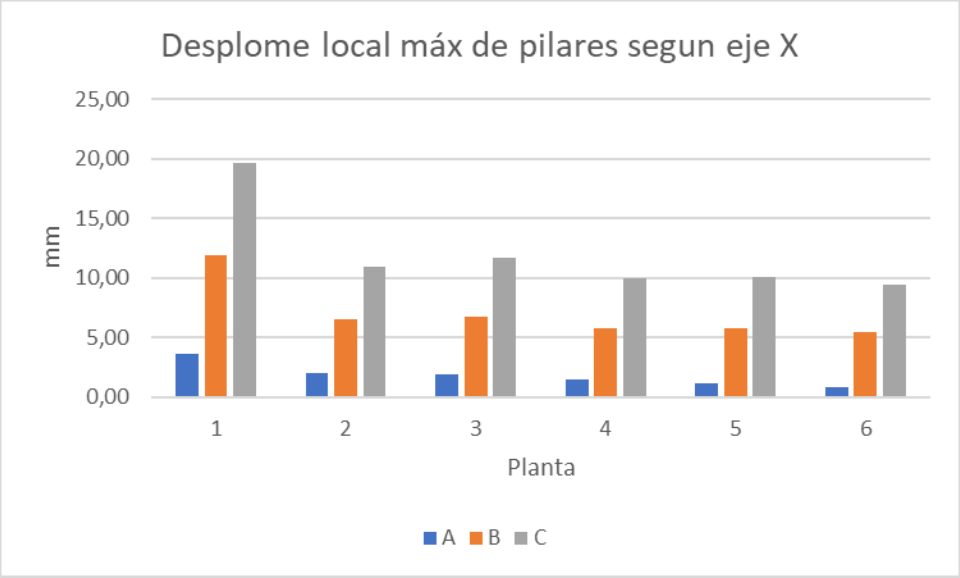
Tabla 27. Desplome local máximo por planta y tipo de cálculo en mm.

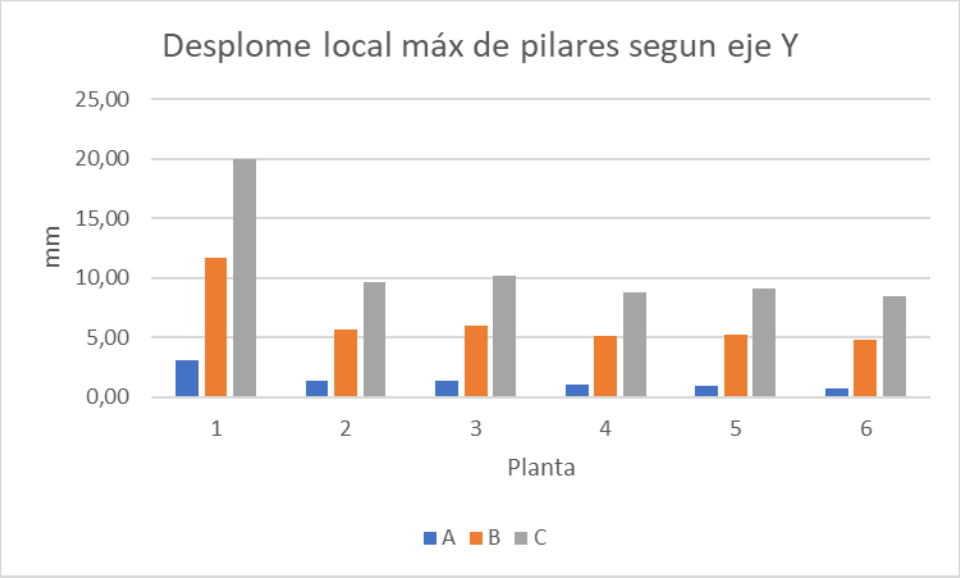
	A		B		C	
	X	Y	X	Y	X	Y
Planta 1ª	3,68	3,05	11,88	11,68	19,61	20,00
Planta 2ª	2,00	1,40	6,59	5,69	10,97	9,70
Planta 3ª	1,90	1,40	6,80	5,99	11,67	10,17
Planta 4ª	1,50	1,10	5,79	5,19	10,00	8,79
Planta 5ª	1,20	1,00	5,79	5,30	10,09	9,09
Cubierta	0,80	0,69	5,49	4,86	9,49	8,43

Tabla 28. Comparativa entre suma total de desplome por planta y el valor total calculado por Cype.

Suma	11,08	8,65	42,35	38,72	71,82	66,19
Total máx.	11,12	8,58	40,11	36,95	67,98	63,03
Variación	-0,04	0,06	2,24	1,77	3,84	3,16

Representación de la evolución del desplome de pilares según tipo de cálculo:





Aparte, se ha obtenido a partir de la hipótesis de sismo extraída de Cype, los valores de desplazamiento por planta tal y como se expresa en el método simplificado de la NCSE-02.

Una razón de peso para realizar dicho cálculo es la obtención del parámetro θ, este sirve de apoyo, al resolver la duda, de si es necesario un cálculo de segundo orden de la estructura por las deformaciones causadas por el sismo o no, imponiendo un criterio de que si $\theta \leq 0{,}1$ no es necesario un cálculo de segundo orden, si $\theta > 0{,}2$ si hay que realizar un cálculo de segundo orden o si el valor de θ se encuentra en la horquilla entre ambos valores, hay que iterar obteniendo un nuevo valor de cortante de planta hasta quedar en uno de los lados.

A la vista de los valores de θ (tablas 29 a 32), en todos los casos se puede asegurar que no hace falta el cálculo en segundo orden, en cuanto a los valores de desplazamiento por planta (tablas 29 a 32) se observa un crecimiento tanto en el sismo X1 como el sismo Y1 prácticamente idénticos entre ambas estructuras, en este caso no se puede obtener un valor de la estructura A ya que esta solo es afectada por cargas de viento, y en este caso solo se calcula el desplazamiento producido por sismo. A diferencia de lo que ocurría con los desplomes, en este caso los valores pico se obtienen en la planta 5 y 3, puede que esto se deba a que estas plantas corresponden con la disminución de la sección de los pilares respecto a su planta respectivamente anterior.

Estructura B:

Sismo X1:

Tabla 29. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en B.

	$\delta Planta_{,x}$ (mm)	θi
Cubierta	2,97	0,0139
Planta 5ª	5,45	0,0315
Planta 4ª	4,20	0,0292
Planta 3ª	5,07	0,0399
Planta 2ª	3,67	0,0317
Planta 1ª	4,07	0,0271

Sismo Y1:

Tabla 30. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo Y1 en B.

	$\delta Planta_{,y}$ (mm)	θi
Cubierta	3,14	0,0139
Planta 5ª	5,89	0,0315
Planta 4ª	4,62	0,0292
Planta 3ª	5,62	0,0399
Planta 2ª	4,07	0,0317
Planta 1ª	4,52	0,0271

Estructura C:

Sismo X1:

Tabla 31. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en C.

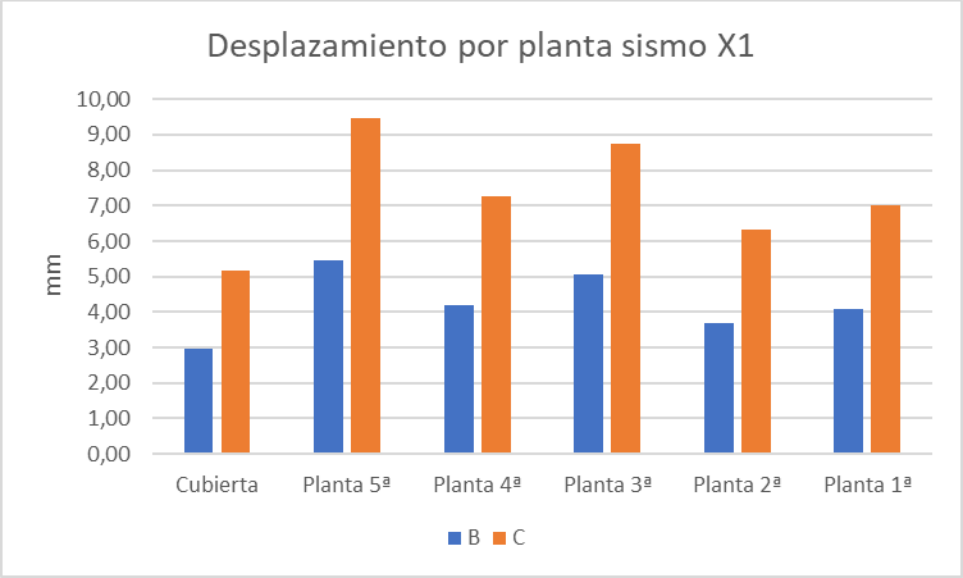
	$\delta_{Planta,x}$ (mm)	θ_i
Cubierta	5,17	0,0139
Planta 5ª	9,45	0,0315
Planta 4ª	7,27	0,0292
Planta 3ª	8,75	0,0399
Planta 2ª	6,33	0,0317
Planta 1ª	7,02	0,0271

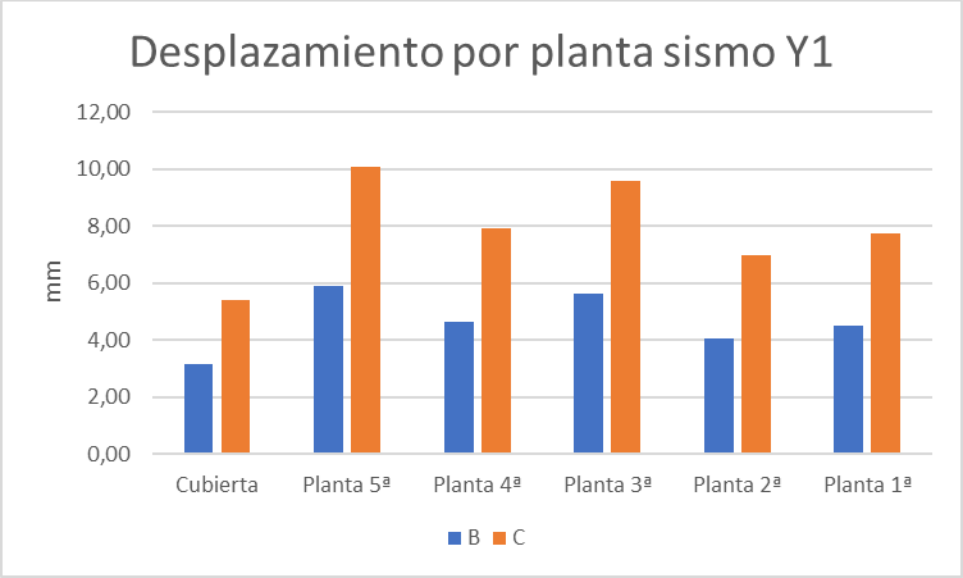
Sismo Y1:

Tabla 32. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo Y1 en C.

	$\delta_{Planta,y}$ (mm)	θ_i
Cubierta	5,38	0,0139
Planta 5ª	10,07	0,0315
Planta 4ª	7,91	0,0292
Planta 3ª	9,61	0,0399
Planta 2ª	6,96	0,0317
Planta 1ª	7,73	0,0271

Representación del desplazamiento por planta según criterio de cálculo:





Comparativa de desplazamiento entre plantas y coeficiente θ entre B y C:

Tabla 33. Relación entre el desplazamiento por planta entre B y C.

	$\delta Planta_{,x}$	$\theta i_{,x}$	$\delta Planta_{,y}$	$\theta i_{,y}$
Cubierta	74%	0,15%	71%	0,15%
Planta 5ª	73%	0,07%	71%	0,07%
Planta 4ª	73%	0,04%	71%	0,04%
Planta 3ª	73%	0,03%	71%	0,03%
Planta 2ª	72%	0,02%	71%	0,02%
Planta 1ª	72%	0,11%	71%	0,11%

9.1.2. Estructura reticular

A la vista de los resultados reflejados tanto en tablas 34 y 35, como gráficos, que se observan a continuación, se extraen las mismas conclusiones que en el caso de la estructura porticada, se puede apreciar perfectamente que se comportan de forma muy similar, solo cabría destacar el efecto de la ductilidad, observándose que la estructura porticada puede llegar a mayores desplazamientos, aunque no altamente significativas dichas diferencias.

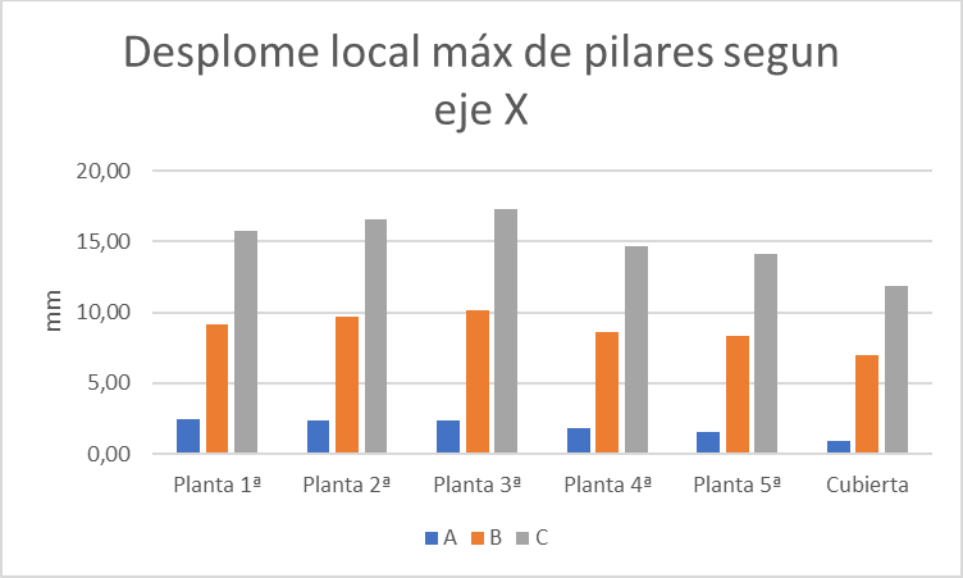
Tabla 34. Desplome local máximo por planta y tipo de cálculo en mm.

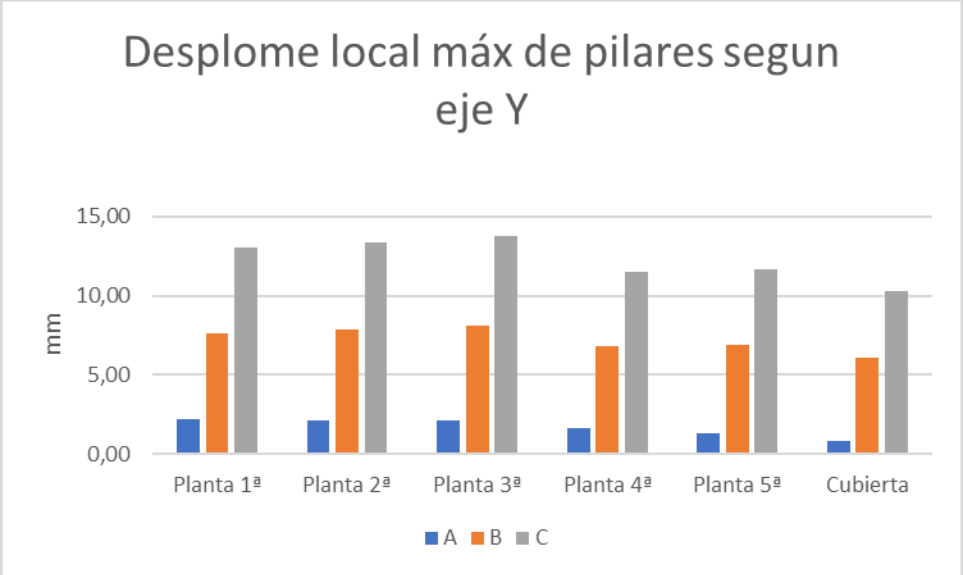
	A		B		C	
	X	Y	X	Y	X	Y
Planta 1ª	2,40	2,20	9,20	7,63	15,75	13,07
Planta 2ª	2,40	2,10	9,70	7,88	16,59	13,36
Planta 3ª	2,40	2,10	10,17	8,08	17,33	13,78
Planta 4ª	1,80	1,60	8,60	6,80	14,64	11,48
Planta 5ª	1,50	1,30	8,29	6,89	14,17	11,67
Cubierta	0,90	0,82	7,00	6,10	11,90	10,29

Tabla 35. Comparativa entre suma total de desplome por planta y el valor total calculado por Cype.

Suma	11,40	10,11	52,96	43,38	90,38	73,65
Total máx.	11,68	10,64	50,23	41,11	86,00	70,03
Variación	-0,28	-0,53	2,72	2,27	4,38	3,61

Representación de la evolución del desplome de pilares según tipo de cálculo:





Estructura B:

Sismo X1:

Tabla 36. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en B.

	$\delta Planta_{,x}$ (mm)	θi
Cubierta	2,98	0,0089
Planta 5ª	5,46	0,0208
Planta 4ª	4,10	0,0194
Planta 3ª	4,92	0,0265
Planta 2ª	3,55	0,0210
Planta 1ª	3,84	0,0224

Sismo Y1:

Tabla 37. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en C.

	$\delta Planta_{,y}$ (mm)	θi
Cubierta	3,04	0,0089
Planta 5ª	5,58	0,0208
Planta 4ª	4,21	0,0194
Planta 3ª	5,06	0,0265
Planta 2ª	3,65	0,0210
Planta 1ª	3,95	0,0224

Estructura C:

Sismo X1:

Tabla 36. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en C.

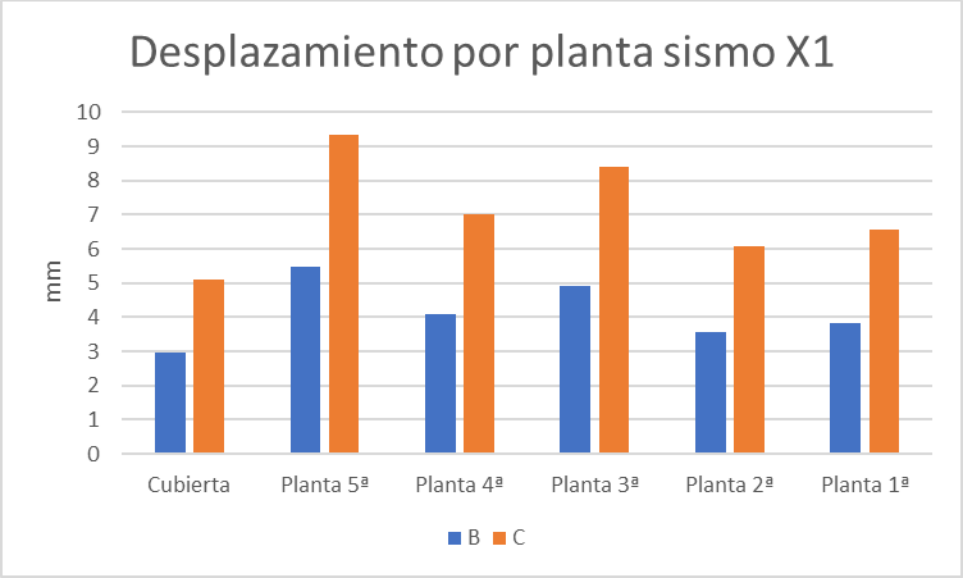
	$\delta_{Planta,x}$ (mm)	θ_i
Cubierta	5,09	0,0089
Planta 5ª	9,34	0,0208
Planta 4ª	7,02	0,0194
Planta 3ª	8,42	0,0265
Planta 2ª	6,07	0,0210
Planta 1ª	6,57	0,0224

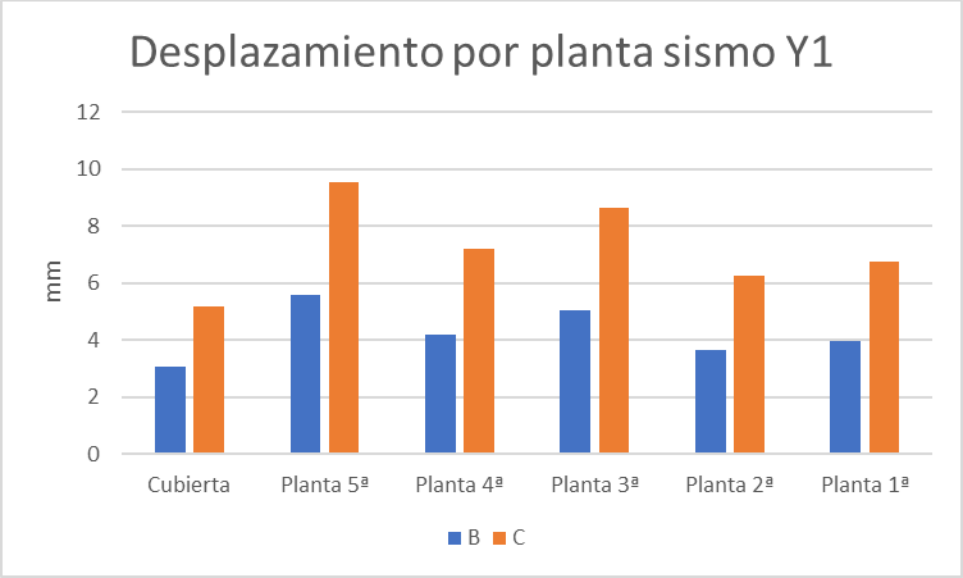
Sismo Y1:

Tabla 38. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo Y1 en C.

	$\delta_{Planta,y}$ (mm)	θ_i
Cubierta	5,20	0,0089
Planta 5ª	9,54	0,0208
Planta 4ª	7,19	0,0194
Planta 3ª	8,66	0,0265
Planta 2ª	6,24	0,0210
Planta 1ª	6,75	0,0224

Representación del desplazamiento por planta según criterio de cálculo:





Comparativa de desplazamiento entre plantas y coeficiente θ entre B y C:

Tabla 39. Relación entre el desplazamiento por planta entre B y C.

	$\delta_{Planta,x}$	$\theta_{i,x}$	$\delta_{Planta,y}$	$\theta_{i,y}$
Cubierta	71%	0,00%	71%	0,00%
Planta 5ª	71%	0,00%	71%	0,00%
Planta 4ª	71%	0,00%	71%	0,00%
Planta 3ª	71%	0,00%	71%	0,00%
Planta 2ª	71%	0,00%	71%	0,00%
Planta 1ª	71%	0,00%	71%	0,00%

9.2. Cuantías de armado

Ya se ha visto las cuantías de armado obtenidas por el cálculo en Cype en el capítulo 8 en los distintos análisis de solicitaciones según la estructura estudiada en cada caso, en este apartado se compararán las distintas cuantías y se abordará un caso curioso obtenido que no arroja un resultado lógico.

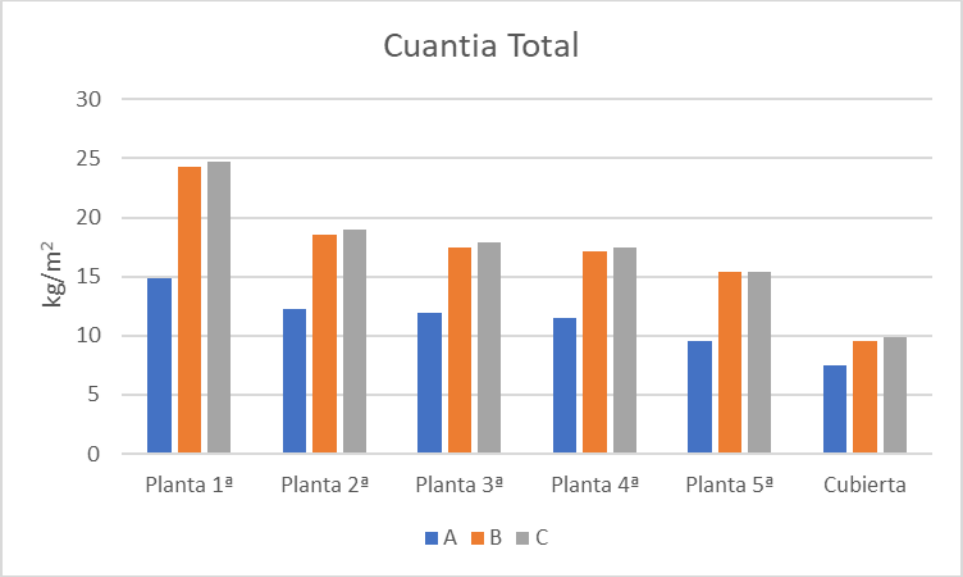
9.2.1. Estructura porticada.

El incremento de cuantía de acero por planta en el total de la obra, aclara el efecto de que la plana baja sea tan alta, ya que se observa un crecimiento claramente superior al resto de plantas, debido al adverso efecto sísmico que afecta más que al resto de plantas.

Tabla 40. Cuantías por planta y total en índice/m^2 e incrementos porcentuales respecto a A.

	A	B		C	
Planta 1ª	14,89	24,32	63%	24,71	66%
Planta 2ª	12,3	18,57	51%	19,01	55%
Planta 3ª	11,97	17,5	46%	17,9	50%
Planta 4ª	11,45	17,12	50%	17,48	53%
Planta 5ª	9,58	15,43	61%	15,43	61%
Cubierta	7,47	9,58	28,2%	9,85	31,9%
Total obra	18,85	23,66	26%	23,91	27%

Representación de las cuantías por planta y criterio de cálculo:

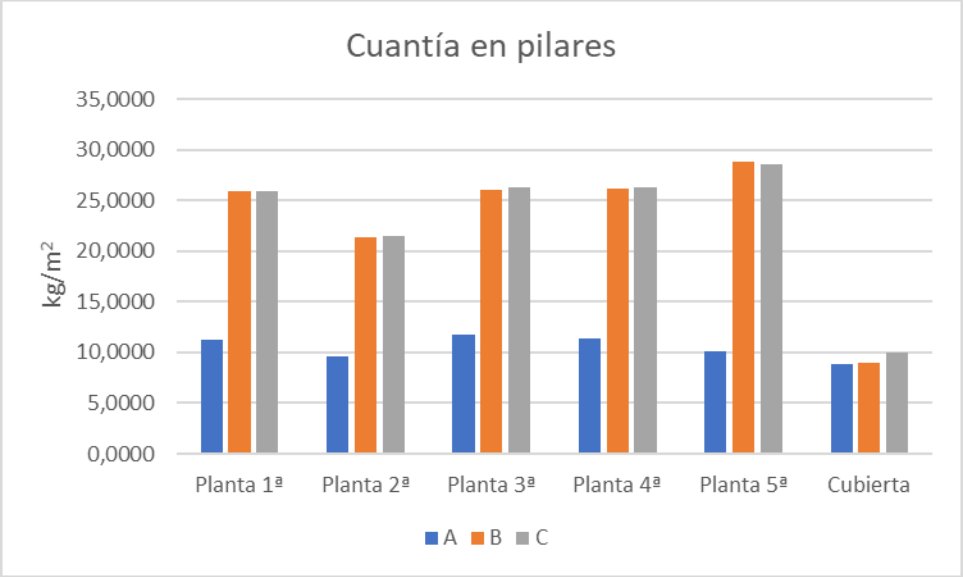


A destacar el gran incremento de la cuantía de acero en los pilares, aunque la cuantía es casi idéntica entre las estructuras B y C el salto entre A y B es de más del 100% en todas las plantas.

Tabla 41. Cuantías por planta de pilares en índice/m2 e incrementos porcentuales respecto a A.

	A	B		C	
Planta 1ª	11,3171	25,8684	129%	25,9451	129%
Planta 2ª	9,5887	21,4247	123%	21,4521	124%
Planta 3ª	11,8056	25,9954	120%	26,3542	123%
Planta 4ª	11,3889	26,1343	129%	26,2963	131%
Planta 5ª	10,1662	28,8688	184%	28,5498	181%
Cubierta	8,9055	9,0105	1%	10,0300	13%

Representación de las cuantías por planta de pilares según criterio de cálculo:



Por otro lado, los forjados apenas se ven afectados, esto da a entender que la responsabilidad estructural recae principalmente sobre las vigas, las anomalías en forma de incrementos negativos pueden responder a ciertos problemas que existen con el cálculo en Cype y la distribución de las viguetas, se podría adoptar que en esta faceta no hay cambios.

Tabla 42. Cuantías por planta de forjados en índice/m2 e incrementos porcentuales respecto a A.

	A	B		C	
Planta 1ª	1,8601	1,8085	-3%	1,8121	-3%
Planta 2ª	1,7679	1,8195	3%	1,8269	3%
Planta 3ª	1,7347	1,7600	1%	1,7673	2%
Planta 4ª	1,6856	1,7364	3%	1,7400	3%
Planta 5ª	1,6059	1,6378	2%	1,6378	2%
Cubierta	0,9992	0,9924	-1%	0,9958	0%

En el caso de las vigas se obtienen incrementos razonables de cuantía, sobre todo teniendo en cuanta que la armadura base de las vigas es mayor que la del resto de elementos.

Tabla 43. Cuantías por planta de vigas en índice/m2 e incrementos porcentuales respecto a A.

	A	B		C	
Planta 1ª	33,2802	44,9973	35%	46,4115	39%
Planta 2ª	31,9724	42,6050	33%	44,2637	38%
Planta 3ª	32,5254	41,5280	28%	42,8125	32%
Planta 4ª	30,8463	39,7661	29%	41,0802	33%
Planta 5ª	28,8425	39,6854	38%	39,9616	39%
Cubierta	25,7856	36,4073	41%	36,8327	43%

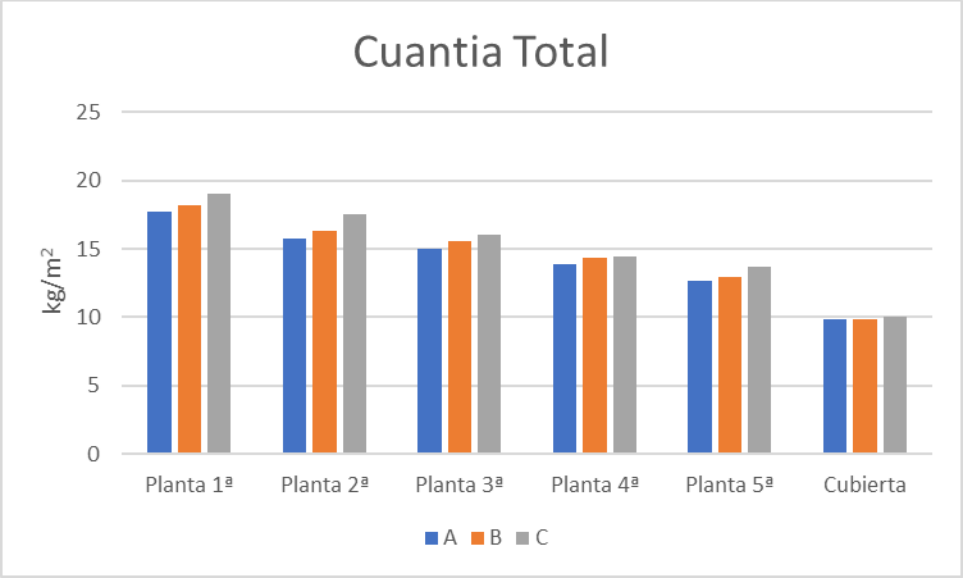
6.2.2. Estructura reticular

Se aprecia un incremento muy inferior a la estructura porticada, se puede deber a que la armadura de la estructura A en este caso tiene una mayor cuantía de armado, otro factor podría ser la menor ductilidad de esta estructura implicando por ello una inferior necesidad de reforzar las uniones y otro factor podría ser simplemente la tipología de estructura, al prescindir esta de vigas.

Tabla 44. Cuantías por planta y total en índice/m2 e incrementos porcentuales respecto a A.

	A	B		C	
Planta 1ª	17,69	18,21	3%	19,07	8%
Planta 2ª	15,79	16,29	3%	17,57	11%
Planta 3ª	14,97	15,61	4%	16,08	7%
Planta 4ª	13,91	14,32	3%	14,44	4%
Planta 5ª	12,64	12,91	2%	13,66	8%
Cubierta	9,85	9,89	0,4%	10,08	2,3%
Total obra	21,22	21,55	2%	22,05	4%

Representación de las cuantías por planta según criterio de cálculo:

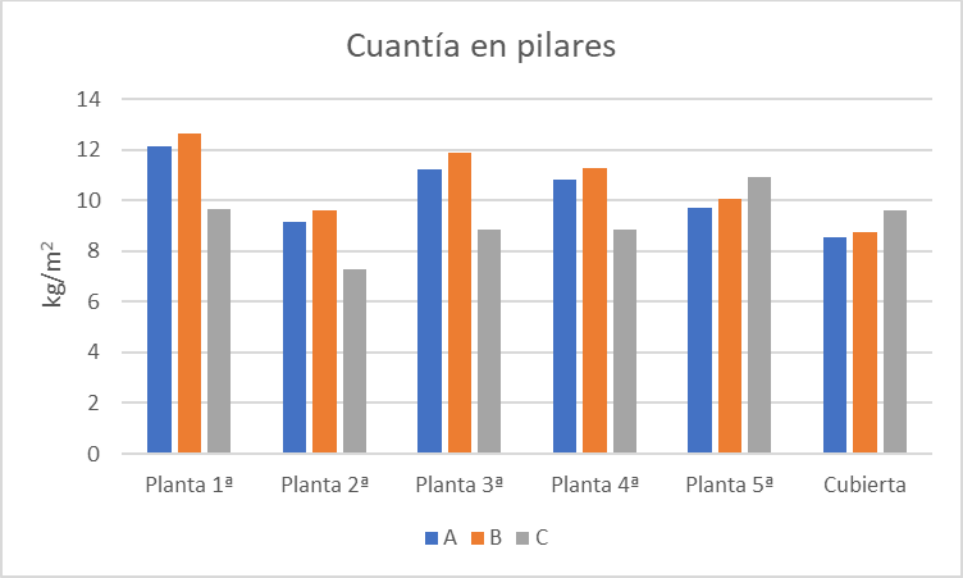


Observando y comparando los resultados de las cuantías de armaduras en los pilares de la estructura reticular de los diferentes casos de cálculo, se comprueba un gran contraste con lo que encontrábamos en la estructura porticada, se observa una pequeña variación de la estructura reticular-A a la estructura reticular-B, y respecto a la reticular-C se obtienen unos resultados de disminución de cuantía de armadura, un resultado que es producto de Cypecad y que no concuerda con lo esperado, al someterse la estructura a un criterio sísmico más restrictivo. Se ha observado que se les atribuyen a los pilares de la estructura reticular-C redondos de 12 mm mientras que al resto (A y B) se les atribuyen redondos de 16 mm.

Tabla 45. Cuantías por planta de pilares en índice/m2 e incrementos porcentuales respecto a A.

	A	B		C	
Planta 1ª	12,1203008	12,6541353	4%	9,67669173	-20%
Planta 2ª	9,13763066	9,59930314	5%	7,30836237	-20%
Planta 3ª	11,2458655	11,869469	6%	8,83849558	-21%
Planta 4ª	10,8489526	11,2831858	4%	8,83849558	-19%
Planta 5ª	9,69653179	10,0431655	4%	10,9064748	12%
Cubierta	8,54676259	8,77697842	3%	9,62589928	13%

Representación de las cuantías en pilares según criterio de cálculo:



Los forjados mantienen el mismo nivel de variación que en la estructura porticada, aumenta de una forma notable en las zonas donde los pilares perdían armadura, según se ha visto, en la tabla 46.

Tabla 46. Cuantías por planta de forjados en índice/m2 e incrementos porcentuales respecto a A.

	A	B		C	
Planta 1ª	12,2335085	12,5996575	3%	14,59871257	19%
Planta 2ª	11,8348786	12,2305557	3%	14,25028052	20%
Planta 3ª	11,0534846	11,3453047	3%	12,63762143	14%
Planta 4ª	10,0162075	10,2678834	3%	10,96555785	9%
Planta 5ª	9,66331054	9,80420935	1%	10,2650659	6%
Cubierta	7,22981295	7,22981295	0%	7,261321646	0%

9.3. Análisis del comportamiento de las estructuras A y B sometidas a las solicitaciones de la estructura C.

Para intentar llegar más allá en la comprobación de los efectos provocados por el sismo en las estructuras A y B de ambas tipologías, se ha pretendido, fijando las armaduras de vigas y pilares, porque de forjados no lo permite Cype, simular el caso de que sobre estas estructuras actuase un sismo con aceleración sísmica básica de 0,12g atendiendo a los documentos más recientes.

Los efectos en la estructura vistos a continuación no deben de componer un reflejo fiel de la situación, ya que CypeCAD no es un programa destinado a comprobar o simular efectos físicos sobre estructuras, pero sí que puede arrojar un hilo más de luz al caso de estudio.

9.3.1. Análisis de desplazamientos.

Se ha procedido en este caso, atendiendo al mismo criterio de estudio con el que se ha comprobado los distintos grados de desplazamientos vistos para las distintas estructuras del estudio.

9.3.1.1. Estructura porticada

Se comprueba que, según estos datos ofrecidos por el propio programa de cálculo, del valor de desplome local máximo de pilares, que no existen apenas variaciones entre las estructuras A y B, a pesar, de las diferencias de cuantía de armado, sobre todo en pilares.

Si comparamos estos valores con los de la estructura C, que es con la que comparten valor sísmico, se constatan valores muy similares y, por lo tanto, se puede asumir que el desplazamiento lateral depende de la geometría de la estructura, peso y los valores sísmicos asociados a esta, independientemente de la cuantía de armado asumida, del armado dependerá si la estructura soporta o no dichos desplazamientos.

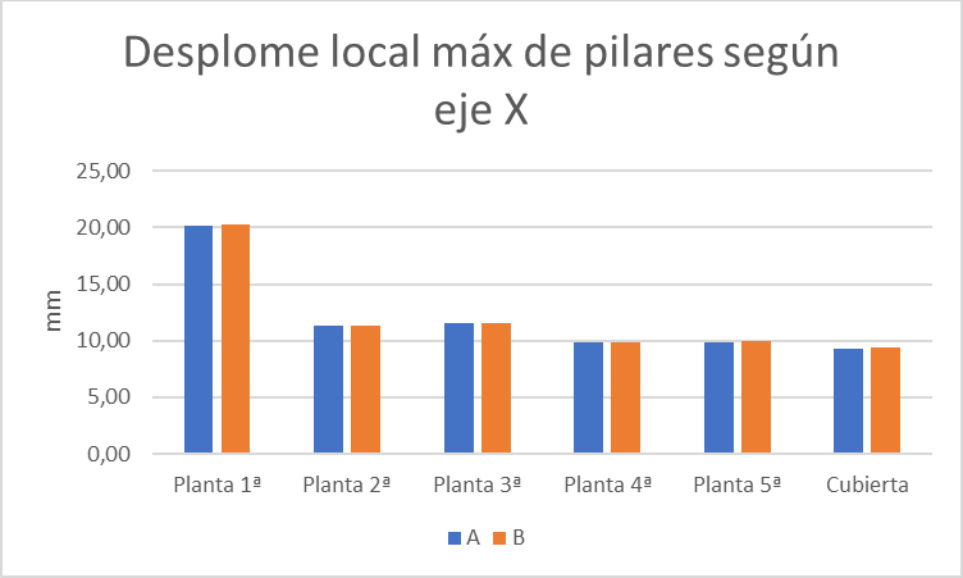
Tabla 47. Desplome local máximo por planta y tipo de cálculo en mm.

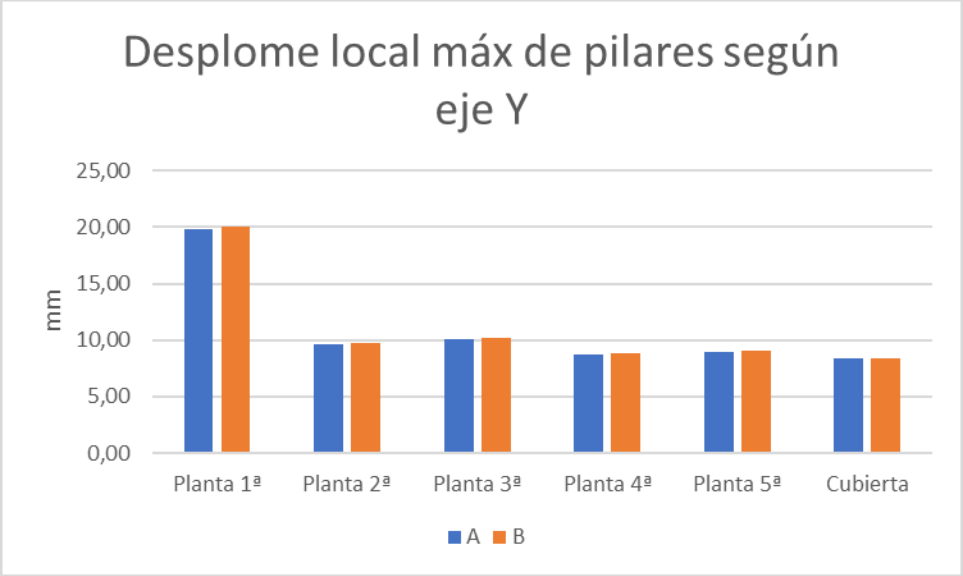
	A				B			
	X_0	X_C	Y_0	Y_C	X_0	X_C	Y_0	Y_C
Planta 1ª	3,68	20,16	3,05	19,84	11,88	20,24	11,68	20,00
Planta 2ª	2,00	11,29	1,40	9,59	6,59	11,29	5,69	9,70
Planta 3ª	1,90	11,59	1,40	10,09	6,80	11,59	5,99	10,17
Planta 4ª	1,50	9,89	1,10	8,68	5,79	9,89	5,19	8,79
Planta 5ª	1,20	9,89	1,00	9,00	5,79	10,00	5,30	9,09
Cubierta	0,80	9,28	0,69	8,43	5,49	9,38	4,86	8,33

Tabla 48. Comparativa entre suma total de desplome por planta y el valor total calculado por Cype.

	A		B	
	X	Y	X	Y
Suma	72,10	65,63	72,39	66,09
Total máx.	68,39	62,67	40,11	36,95
Variación	3,71	2,96	32,29	29,14

Representación de la evolución del desplome de pilares según tipo de cálculo:





Análogamente al apartado de cálculo de desplazamientos, se ha realizado el cálculo del método simplificado de le NCSE-02, obteniendo unos resultados similares a los anteriores, donde apenas hay diferencia entre A y B y se obtienen valores similares a C, se puede observar en este caso, como el cálculo depende de la masa, como en la estructura A, que es la más ligera, se obtienen valores de desplazamiento por planta algo inferiores a B y C, de igual forma se observa entre B y C. Este efecto también se observa en el desplome local máximo.

En cuanto al coeficiente θ, como los desplazamientos son como los de C, se comprueba que no requiere cálculo de segundo orden.

Estructura A:

Sismo X1:

Tabla 49. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en A.

	$\delta Planta_{,x}$ (mm)	θi
Cubierta	5,12	0,0139
Planta 5ª	9,28	0,0311
Planta 4ª	7,13	0,0287
Planta 3ª	8,58	0,0392
Planta 2ª	6,21	0,0312
Planta 1ª	6,90	0,0267

Sismo Y1:

Tabla 50. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo Y1 en A.

	$\delta Planta_{,y}$ (mm)	θi
Cubierta	5,42	0,0139
Planta 5ª	10,02	0,0311
Planta 4ª	7,84	0,0287
Planta 3ª	9,52	0,0392
Planta 2ª	6,89	0,0312
Planta 1ª	7,67	0,0267

Estructura B:

Sismo X1:

Tabla 51. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en B.

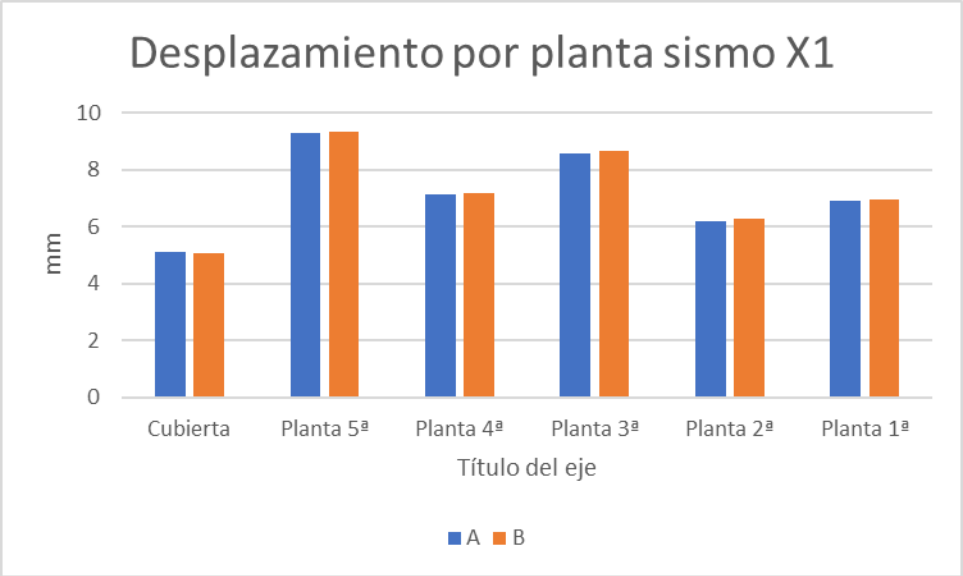
	$\delta_{Planta,x}$ (mm)	θ_i
Cubierta	5,08	0,0139
Planta 5ª	9,33	0,0315
Planta 4ª	7,19	0,0292
Planta 3ª	8,67	0,0399
Planta 2ª	6,28	0,0317
Planta 1ª	6,96	0,0271

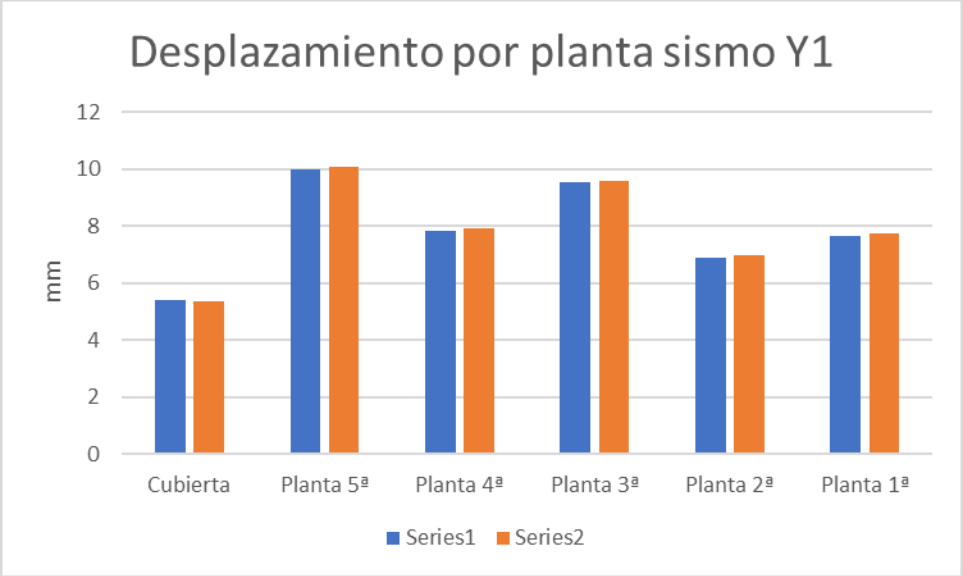
Sismo Y1:

Tabla 52. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo Y1 en B.

	$\delta_{Planta,y}$ (mm)	θ_i
Cubierta	5,37	0,0139
Planta 5ª	10,06	0,0315
Planta 4ª	7,90	0,0292
Planta 3ª	9,61	0,0399
Planta 2ª	6,96	0,0317
Planta 1ª	7,72	0,0271

Representación del desplazamiento por planta según criterio de cálculo:





9.3.1.2. Estructura reticular

Se vuelve a apreciar la ínfima diferencia entre A y B, se detecta solo en planta baja una diferencia notable respecto a la estructura C, el resto es igual.

Hasta este punto no se percibe diferencia de comportamiento respecto a la estructura porticada.

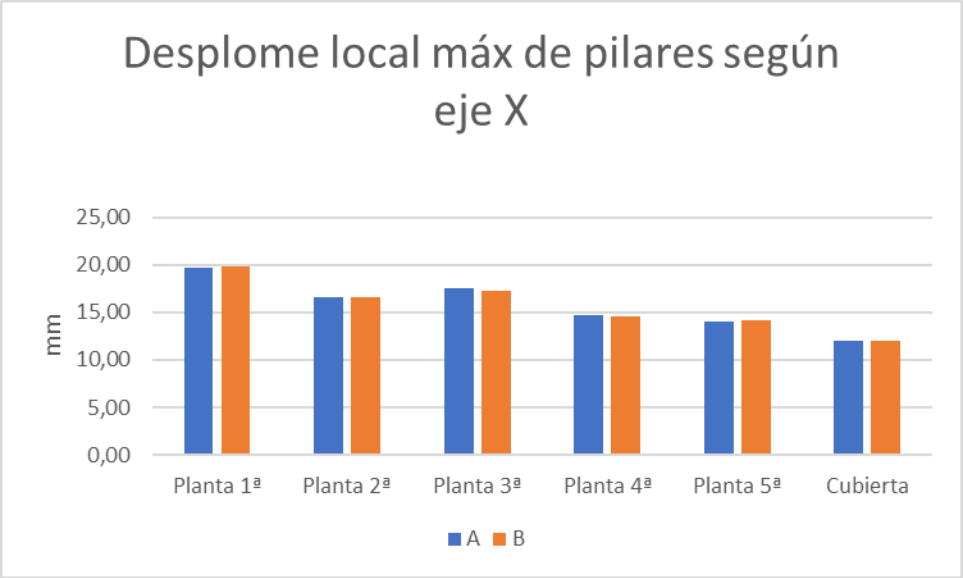
Tabla 53. Desplome local máximo por planta y tipo de cálculo en mm.

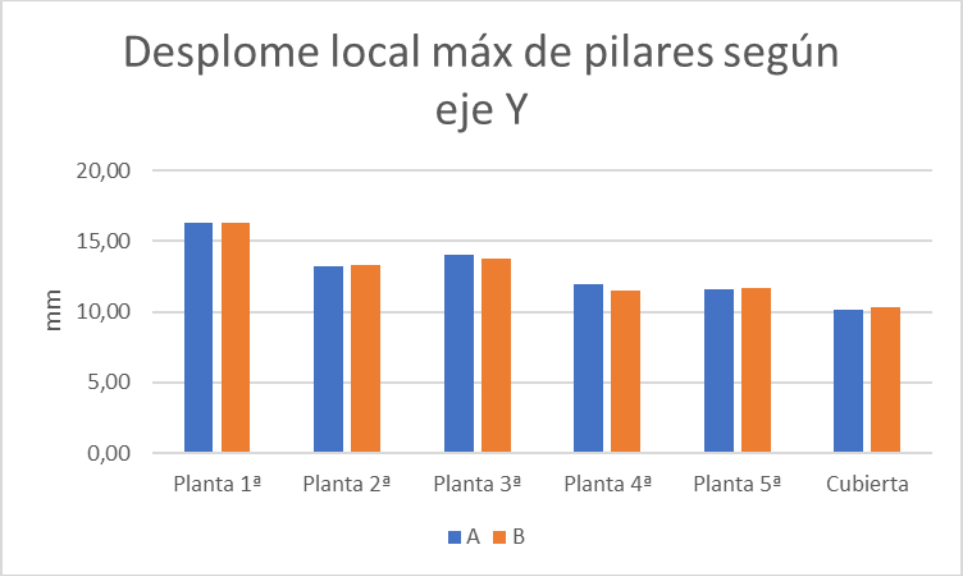
	A				B			
	X_0	X_C	Y_0	Y_C	X_0	X_C	Y_0	Y_C
Planta 1ª	2,40	19,69	2,20	16,34	9,20	19,84	7,63	16,34
Planta 2ª	2,40	16,67	2,10	13,26	970	16,59	7,88	13,36
Planta 3ª	2,40	17,50	2,10	14,06	10,17	17,33	8,08	13,78
Planta 4ª	1,80	14,77	1,60	11,99	8,60	14,64	6,80	11,48
Planta 5ª	1,50	14,06	1,30	11,59	8,29	14,17	6,89	11,67
Cubierta	0,90	11,99	0,82	10,17	7,00	11,99	6,10	10,29

Tabla 54. Comparativa entre suma total de desplome por planta con el valor total calculado por Cype.

	A		B	
	X	Y	X	Y
Suma	94,66	77,40	94,56	76,91
Total máx.	90,73	73,53	90,00	73,29
Variación	3,94	3,87	4,56	3,62

Representación de la evolución del desplome de pilares según tipo de cálculo:





Una vez más no se comprueban diferencias notables entre A y B, pero en este caso, sí que se observa, a pesar de lo que se ha comentado antes de la disminución de la masa, un mayor valor general de desplazamiento por planta, esto puede deberse a que el forjado al no verse limitado por el programa, al recalcular la estructura aumentando la aceleración sísmica básica, se recalcule todo el forjado, haciendo que la masa por planta sea mayor, y por lo tanto arrojando mayores desplazamientos por cálculo.

Estructura A:

Sismo X1:

Tabla 55. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en A.

	$\delta Planta_{,x}$ (mm)	θi
Cubierta	7,63	0,0133
Planta 5ª	14,01	0,0312
Planta 4ª	10,53	0,0290
Planta 3ª	12,62	0,0397
Planta 2ª	9,11	0,0315
Planta 1ª	9,85	0,0269

Sismo Y1:

Tabla 56. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en A.

	$\delta Planta_{,y}$ (mm)	θi
Cubierta	7,76	0,0133
Planta 5ª	14,26	0,0312
Planta 4ª	10,75	0,0290
Planta 3ª	12,90	0,0397
Planta 2ª	9,30	0,0315
Planta 1ª	10,06	0,0269

Estructura B:

Sismo X1:

Tabla 57. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo X1 en B.

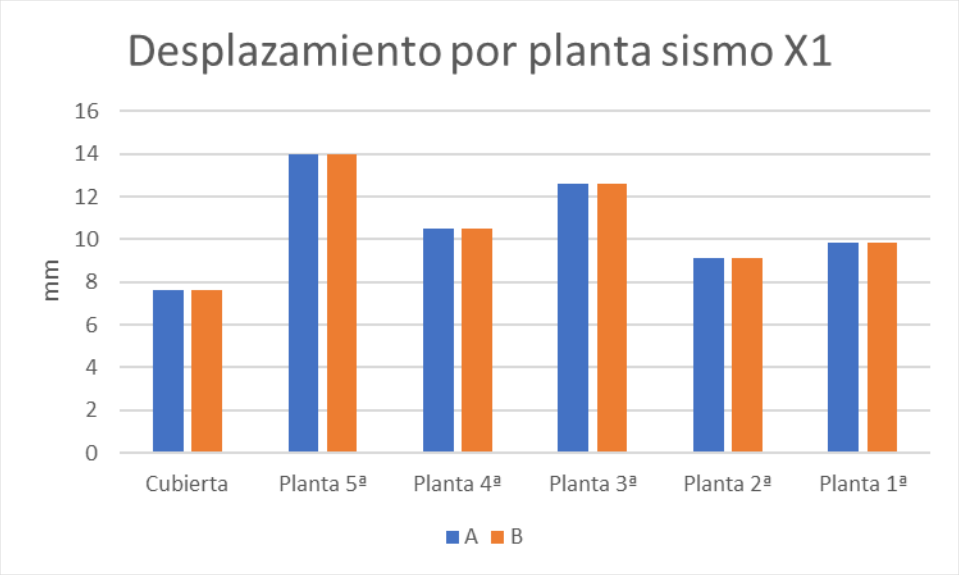
	$\delta_{Planta,x}$ (mm)	θ_i
Cubierta	7,63	0,0133
Planta 5ª	14,01	0,0312
Planta 4ª	10,53	0,0290
Planta 3ª	12,62	0,0398
Planta 2ª	9,11	0,0316
Planta 1ª	9,85	0,0269

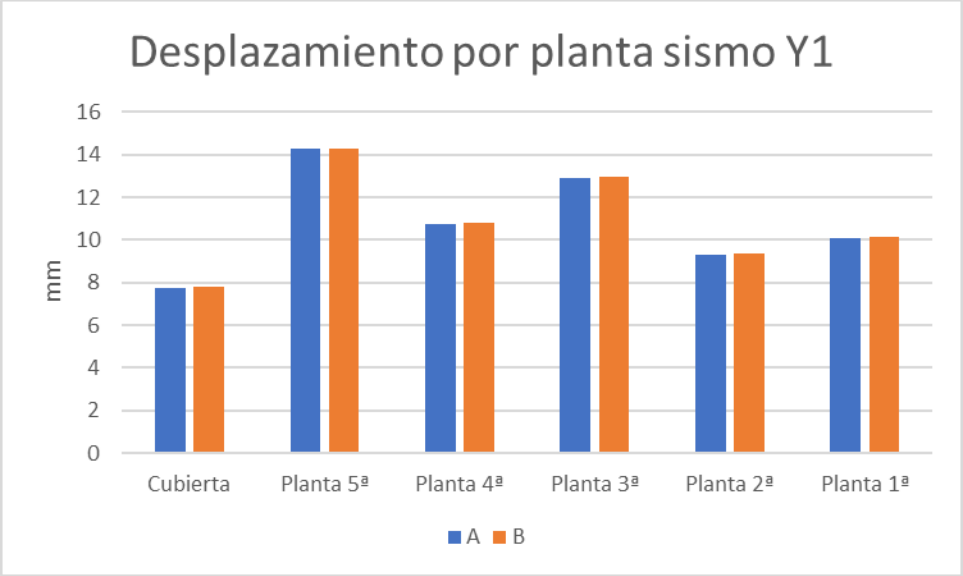
Sismo Y1:

Tabla 58. Desplazamiento por planta y valor de theta para sismo Y1 en B.

	$\delta_{Planta,y}$ (mm)	θ_i
Cubierta	7,80	0,0133
Planta 5ª	14,30	0,0312
Planta 4ª	10,79	0,0290
Planta 3ª	12,99	0,0398
Planta 2ª	9,37	0,0316
Planta 1ª	10,13	0,0269

Representación del desplazamiento por planta según criterio de cálculo:




Desplazamiento por planta sismo Y1
mm
16
14
12
10
8
6
4
2
0
Cubierta
Planta 5ª
Planta 4ª
Planta 3ª
Planta 2ª
Planta 1ª
A
B

9.3.2. Artículos que no se verifican por exceso de solicitaciones

En añadido a la comprobación de desplazamientos, que al haberse realizado en Cypecad se han obtenido unos resultados que no han arrojado demasiada luz en cuanto a ese efecto sobre las estructuras, en cambio, sí que ha servido para ver algunos casos en los que el aumento del valor sísmico evita que se cumplan todas las solicitaciones.

9.3.2.1. Estructura porticada

9.3.2.1.1 Estructura A

9.3.2.1.1.1. Pilares

Para este caso se han seleccionado el pilar 1 y el pilar 7, P1 es exterior y P7 interior.

Como resultado general se han apreciado en este caso problemas en todos los pilares, pero nos centraremos en los problemas asociados a P1 y P7.

Tanto en P1 como en P7 se encuentra el mismo patrón de artículos de la normativa que no se validan.

El artículo que no cumple en ningún tramo del pilar es:

Resistencia a temperatura ambiente, criterio de diseño por sismo (NCSE-02, Artículo 4.5)

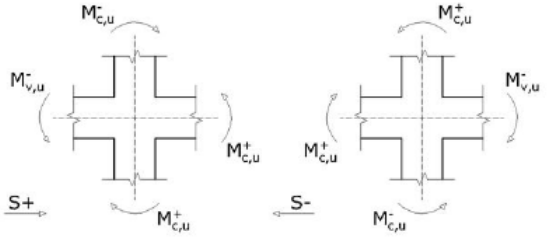
-Armadura transversal, separación de estribos en zonas extremas (Articulo 4.5.3.1)

Y P1 y P7 fallan en el tramo del forjado 4 con:

Diseño por capacidad. Momentos flectores en soportes. (NCSE-02)

Debe procurarse que la seguridad sismorresistente de los soportes sea superior a la de las vigas (Artículo 4.2.3).

Para el caso de P1, resulta más desfavorable el esfuerzo axil mínimo: Nd = 57.32 t.



Se debe satisfacer:

$$\sum_{\text{Columnas}} M_u \geq \sum_{\text{Vigas}} M_u$$

33.07 t·m ≥ 39.65 t·m ✗

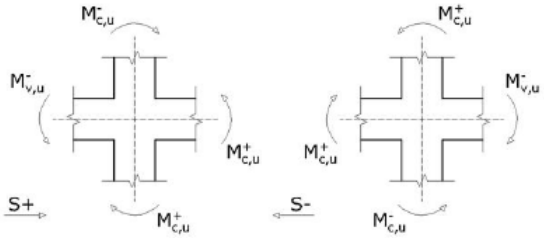
Donde:

$\Sigma M_{c,u}$: Suma de los momentos últimos de las columnas.
$\Sigma M_{v,u}$: Suma de los momentos últimos de las vigas.

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\Sigma M_{c,u}$ (t·m)	33.07	33.07	33.07	33.07
$\Sigma M_{v,u}$ (t·m)	26.10	29.63	34.32	39.65
(*): pésimo	✓	✓	✗	✗ *

Nota: No se han considerado anchos efectivos de losa en el cálculo de los momentos de agotamiento.

Para el caso de P7, resulta más desfavorable el esfuerzo axil mínimo: N_d = 56.92 t.



Se debe satisfacer:

$$\sum_{\text{Columnas}} M_u \geq \sum_{\text{Vigas}} M_u$$

33.03 t·m ≥ 39.65 t·m ✗

Donde:

$\Sigma M_{c,u}$: Suma de los momentos últimos de las columnas.
$\Sigma M_{v,u}$: Suma de los momentos últimos de las vigas.

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\Sigma M_{c,u}$ (t·m)	33.03	33.03	33.03	33.03
$\Sigma M_{v,u}$ (t·m)	29.63	26.10	34.32	39.65
(*): pésimo	✓	✓	✗	✗ *

Nota: No se han considerado anchos efectivos de losa en el cálculo de los momentos de agotamiento.

9.3.2.1.1.2. Vigas

Como en los pilares, se detectan fallos en todas las vigas.

En este caso se ha seleccionado dos tramos de viga, la viga de P6-P7 y de P18-P14, evaluadas en tres forjados distintos, los forjados 1,3 y 5.

Se han encontrado problemas muy similares entre ambos tramos de viga y el efecto del distinto nivel del forjado ha sido muy leve.

Los artículos que no se han cumplido son:

Artículo 4.5 NCSE-02 Criterio de diseño por sismo afectando a la armadura de negativos y positivos tanto longitudinal como transversal.

Este artículo no se ha cumplido en ninguno de los casos de estudio.

Para no exponer todos los casos prácticos, se va a desarrollar solo un caso, teniendo en cuenta que en el resto de casos de estudio no se cumplen ninguno de los criterios impuestos por este artículo de la NCSE-02.

Para el vano P6-P7 en forjado 1:

Negativos:

Armadura longitudinal:

En la cara inferior y en todo su desarrollo se disponen al menos 2Ø14 y del 0.4% (Artículo 4.5.2.1): Se dispondrá, en todo su desarrollo, una armadura mínima A/4, siendo A la cuantía máxima de armadura negativa entre los dos extremos (Artículo 4.5.2.1):

8.04 cm² ≥ 9.90 cm² NO CUMPLE

As,inf: Área de la armadura longitudinal inferior.	As,inf:	8.04	cm²
As,min: Valor máximo de A1, A2 y A3.	As,min:	9.90	cm²

Siendo:

A1: Área de armadura equivalente a 2Ø14.	A1:	3.08	cm²
A2: 25% A.máx. negativos en cualquier sección entre apoyos.	A2:	3.36	cm²
A3: Área de armadura equivalente a una cuantía del 0.4%.	A3:	9.90	cm²

Armadura transversal:

En las zonas extremas de la viga, en una amplitud de dos cantos a partir de la cara del soporte, se dispondrán cercos con una separación no mayor que smax (Artículo 4.5.2.1):

260 mm ≤ 80 mm NO CUMPLE

Donde:

smax: Valor máximo de s1, s2 y s3.	smax :	80	mm

s1: 113 mm, s2: 80 mm, s3: 150 mm (se detecta un error ya que smax=150, aun así no cumple)

Siendo:

h: Canto de la sección.	h:	450.00	mm
Ømin: Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.	Ømin:	10.0	mm

Positivos:

Armadura longitudinal:

En la cara inferior y en todo su desarrollo se disponen al menos 2Ø14 y del 0.4% (Artículo 4.5.2.1): Se dispondrá, en todo su desarrollo, una armadura mínima A/4, siendo A la cuantía máxima de armadura negativa entre los dos extremos (Artículo 4.5.2.1):

8.04 cm² ≥ 9.90 cm² NO CUMPLE

As,inf: Área de la armadura longitudinal inferior.	As,inf:	8.04	cm²
As,min: Valor máximo de A1, A2 y A3.	As,min:	9.90	cm²

Siendo:

A1: Área de armadura equivalente a 2Ø14.	A1:	3.08	cm²
A2: 25% A.máx. negativos en cualquier sección entre apoyos.	A2:	3.36	cm²
A3: Área de armadura equivalente a una cuantía del 0.4%.	A3:	9.90	cm²

Armadura transversal:

En las zonas extremas de la viga, en una amplitud de dos cantos a partir de la cara del soporte, se dispondrán cercos con una separación no mayor que smax (Artículo 4.5.2.1):

260 mm ≤ 80 mm NO CUMPLE

Donde:

smax: Valor máximo de s1, s2 y s3. smax : 80 mm

s1: 113 mm, s2: 80 mm, s3: 150 mm (se detecta un error ya que smax=150, aun así no cumple)

Siendo:

h: Canto de la sección.	h:	450.00	mm
Ømin: Diámetro mínimo de la armadura longitudinal.	Ømin:	10.0	mm

Artículo 49.3 EHE-08 Fisuración por cortante. Con mensaje de error: No se puede asegurar el control de la fisuración al no cumplir el Articulo 44 ELU frente a cortante.

Este artículo no se ha cumplido en ninguno de los casos de estudio.

Hace mención al no cumplimento de un artículo que no aparece en la lista de errores.

Artículo 42 EHE-08 Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales (combinaciones sísmicas). Para armadura de positivos y negativos.

Este artículo no cumple solo en el vano P6-P7 en Forjado 1, de los casos estudiados.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en 'P7', para la combinación de hipótesis "Envolvente de momentos máximos en situaciones sísmicas".

Se debe satisfacer:

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{N_{ed}^2 + M_{ed,x}^2 + M_{ed,y}^2}{N_{Rd}^2 + M_{Rd,x}^2 + M_{Rd,y}^2}} \leq 1$$

η=1.101

Comprobación de resistencia de la sección (η_1)

N_{ed},M_{ed} son los esfuerzos de cálculo de primer orden, incluyendo, en su caso, la excentricidad mínima según 42.2.1:

N_{ed}: Esfuerzo normal de cálculo. **N_{ed}** : 0.00 kN

M_{ed}: Momento de cálculo de primer orden. **$M_{ed,x}$** : 85.41 kN·m

$M_{ed,y}$: 0.00 kN·m

N_{Rd},M_{Rd} son los esfuerzos que producen el agotamiento de la sección con las mismas excentricidades que los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos.

N_{Rd}: Axil de agotamiento. **N_{Rd}** : 0.00 kN

M_{Rd}: Momentos de agotamiento. **$M_{Rd,x}$** : 77.61 kN·m

$M_{Rd,y}$: 0.00 kN·m

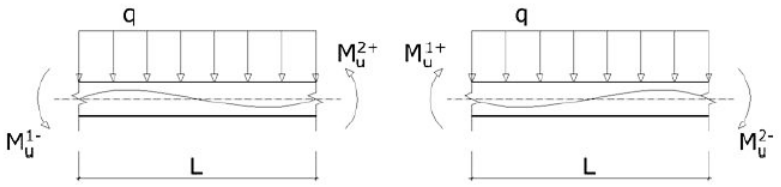
Los valores usados están justificados en el informe de error.

Nota: Es idéntico el cálculo para positivos y negativos.

Artículo 4.2.3 NCSE-02 Diseño por capacidad. Esfuerzo cortante en vigas. Para armadura de positivos y negativos.

Este artículo no cumple solo en el vano P14-P18 en Forjado 1, de los casos estudiados.

Debe procurarse en las vigas que la seguridad al esfuerzo cortante sea superior a la del momento (Artículo 4.2.3).



Se debe satisfacer:

$V_u \geq V_{Sd}$ **19.64 t ≥ 20.64 t** ✗

Donde:

V_u: Esfuerzo cortante de agotamiento. **V_u** : *19.64* t

V_{Sd}: Esfuerzo cortante de cálculo, obtenido como el máximo de entre los siguientes valores: **V_{Sd}** : *20.64* t

$$V_{S1} = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{M_u^{1-} + M_u^{2+}}{L}$$ **V_{S1}** : *19.13* t

$$V_{S2} = \frac{q \cdot L}{2} + \frac{M_u^{1+} + M_u^{2-}}{L}$$ **V_{S2}** : *20.64* t

Siendo:

q: Carga distribuida. * **q** : *4.36* t/m

L: Luz libre del elemento. **L** : *5.55* m

M_u^i: Momento resistente en la sección extrema del elemento.

Extremo inicial: **M_u^{1+}** : *17.68* t·m

M_u^{1-} : *26.87* t·m

Extremo final: **M_u^{2+}** : *12.13* t·m

M_u^{2-} : *29.72* t·m

Nota: El valor de la carga distribuida q, se ha estimado a partir de los esfuerzos cortantes en los extremos, debidos a las masas que actúan durante la acción sísmica.

Nota: No se han considerado anchos efectivos de losa en el cálculo de los momentos de agotamiento.

Nota: Es idéntico el cálculo para positivos y negativos.

9.3.2.1.2 Estructura B

9.3.2.1.2.1. Pilares

Como resultado general se han apreciado problemas en todos los pilares, pero nos centraremos en los problemas asociados a P1 y P7.

En este caso, tanto en P1 como P7 se detecta que no cumple:

Resistencia a temperatura ambiente, criterio de diseño por sismo (NCSE-02, Artículo 4.5)

En el tramo del forjado 6:

Armadura longitudinal, el armado longitudinal estará compuesto por, al menos, 3 barras en cada cara (Articulo 4.5.3.1)

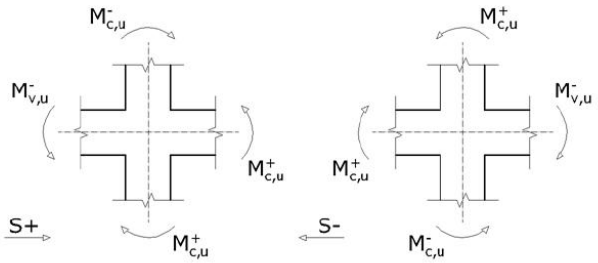
Separación máxima de barras longitudinales (Articulo 4.5.3.1)

Y solo en P7 y de nuevo en el forjado 4:

Diseño por capacidad. Momentos flectores en soportes. (NCSE-02)

Debe procurarse que la seguridad sismorresistente de los soportes sea superior a la de las vigas (Artículo 4.2.3)

Para este caso, resulta más desfavorable el esfuerzo axil mínimo: Nd = 58.21 t.



Se debe satisfacer:

$$\sum_{\text{Columnas}} M_u \geq \sum_{\text{Vigas}} M_u$$

44.30 t·m ≥ 44.32 t·m ✗

Donde:

$\Sigma M_{c,u}$: Suma de los momentos últimos de las columnas.
$\Sigma M_{v,u}$: Suma de los momentos últimos de las vigas.

Dirección y sentido de la acción sísmica	Sismo X		Sismo Y	
	S+	S-	S+	S-
$\Sigma M_{c,u}$ (t·m)	44.30	44.30	44.30	44.30
$\Sigma M_{v,u}$ (t·m)	32.16	26.91	40.36	44.32
(*): pésimo	✓	✓	✓	✗ *

ucativa de CYPE

Nota: No se han considerado anchos efectivos de losa en el cálculo de los momentos de agotamiento.

9.3.2.1.2.2. Vigas

No se detectan problemas en las vigas de estudio

9.3.2.2. Estructura reticular

Solo se puede estudiar los pilares, ya que no existen vigas en esta tipología de estructura y CYPEcad no permite bloquear la armadura de los forjados, recalculando para las nuevas solicitaciones por sismo impuestas.

9.3.2.2.1 Estructura A

9.3.2.2.1.1. Pilares

Se registran problemas en todos los pilares de la estructura.

En P1 y P7:

Resistencia a temperatura ambiente, criterio de diseño por sismo (NCSE-02, Artículo 4.5)

Del forjado 1 al forjado 4:

Armadura transversal, separación de estribos en zonas extremas (Articulo 4.5.3.1)

Forjado 5 y 6:

Armadura longitudinal, el armado longitudinal estará compuesto por, al menos, 3 barras en cada cara (Articulo 4.5.3.1)

Separación máxima de barras longitudinales (Articulo 4.5.3.1)

9.3.2.2.2 Estructura B

9.3.2.2.2.1. Pilares

Se registran problemas en todos los pilares de la estructura.

En P1 y P7:

Resistencia a temperatura ambiente, criterio de diseño por sismo (NCSE-02, Artículo 4.5)

Del forjado 1 al forjado 4:

Armadura transversal, separación de estribos en zonas extremas (Articulo 4.5.3.1)

Forjado 5 y 6:

Armadura longitudinal, el armado longitudinal estará compuesto por, al menos, 3 barras en cada cara (Articulo 4.5.3.1)

Separación máxima de barras longitudinales (Articulo 4.5.3.1)

10. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados expuestos se van a comentar, desde los diferentes aspectos estudiados, las ideas deducidas y que elementos han resultado determinantes a la hora de realizar este estudio, como los programas de cálculo que se han utilizado y qué criterios se han utilizado han afectado al resultado obtenido.

10.1. Desplazamientos

Se ha comprobado que, en ambas estructuras, por tipología, conforme el criterio sísmico es más restrictivo, los desplazamientos por planta, los desplomes locales y totales aumentan.

Se demuestra que no se comporta igual la estructura porticada que la reticular en cuanto al incremento de desplazamientos en cada caso de estudio, esto se debe en cierta medida a la limitación de la estructura reticular al considerar el coeficiente de ductilidad μ=2, mientras que en la estructura porticada se ha considerado μ=3.

El desplazamiento por planta que sufre la estructura al someterse a cargas laterales de viento y sismo se ha calculado y expresado de dos formas distintas, desplazamientos por planta calculados mediante el método simplificado de la NCSE-02 y los desplomes locales máximos calculados por Cypecad, teniendo en cuenta el giro del pilar y una componente de desplazamiento en X e Y.

Si se comparan los valores de desplazamientos por planta calculados mediante el método simplificado de la NCSE-02 y los desplomes locales máximos calculados por Cypecad, teniendo en cuenta el giro del pilar y una componente de desplazamiento en X e Y, se comprueba que la diferencia de criterio a la hora de obtener el valor los hace incomparables entre sí.

10.2. Cuantía de armado

Se comprueba cómo aumentan las cuantías totales de las estructuras conforme aumenta el valor de aceleración sísmica.

Se observa que el aumento de cuantías no se genera de igual forma en la estructura porticada que en la reticular.

En la estructura porticada destaca la variación de cuantías en los pilares y se mantienen las cuantías de los forjados con variaciones entorno a un 2%.

En la estructura reticular las cuantías aumentan en forjados y pilares de forma similar.

En comparativa las cuantías aumentan notablemente más en la estructura porticada que en la estructura reticular.

10.3. Caso extraordinario detectado en los resultados finales

Los resultados de cuantías en los pilares de planta 1ª, 2ª, 3ª y 4ª de la estructura reticular calculada bajo la aceleración sísmica básica del Anejo Nacional del Eurocodigo 8 resultaron inferiores a la cuantía obtenida solo a cargas gravitatorias, resultado que no es comparable con el resto de casos del estudio y que, por lo tanto, se podría considerar como error de cálculo. La estructura fue revisada y recalculada en varias ocasiones, dando siempre el mismo resultado. El origen de este resultado que no se compara con el resto no ha sido identificado y podría considerarse como un fallo en el programa de cálculo o cualquier otro fallo informático.

10.4. Análisis de las estructuras proyectadas según NCSE-02 sometidas a la aceleración básica propuesta en el Anejo Nacional del Eurocódigo 8

A la hora de realizar esta comprobación se utilizó CypeCad, y se obtuvieron conclusiones que se describen a continuación:

Se localizaron problemas en vigas de la estructura A, solo estructura porticada, que pueden causar el colapso de la estructura, al no poder bloquear armadura de forjados, no se ha podido ver como afecta a la estructura reticular a este nivel.

Todas las estructuras han registrado algún articulo de la EHE-08 o de la NCSE-02 que no se verifican, especialmente en los pilares.

Los problemas que han surgido en la estructura A, que se calculó sin criterio sísmico, acumuló más problemas que la estructura B, en ambas tipologías estructurales.

A la vista del estudio y los criterios aplicados en este apartado, no se pueden sacar conclusiones definitivas, lo cual da paso a una futura investigación en cuanto al nivel de daños que podrían sufrir estructuras como la A o B de este estudio frente al mayor sismo esperable.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ministerio de Fomento. Código Técnico de la Edificación Partes I y II. *CTE* 2006.

[2] NCSE-02. Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02). *J. Chem. Inf. Model.* Vol 53 no 9, 2013.

[3] Actualización de Mapas de Peligrosidad Sísmica de España 2012 (CNIG 2013) Versión revisada: Octubre 2015.

[4] Anejo Nacional AN/UNE-EN 1998-1. Eurocódigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación

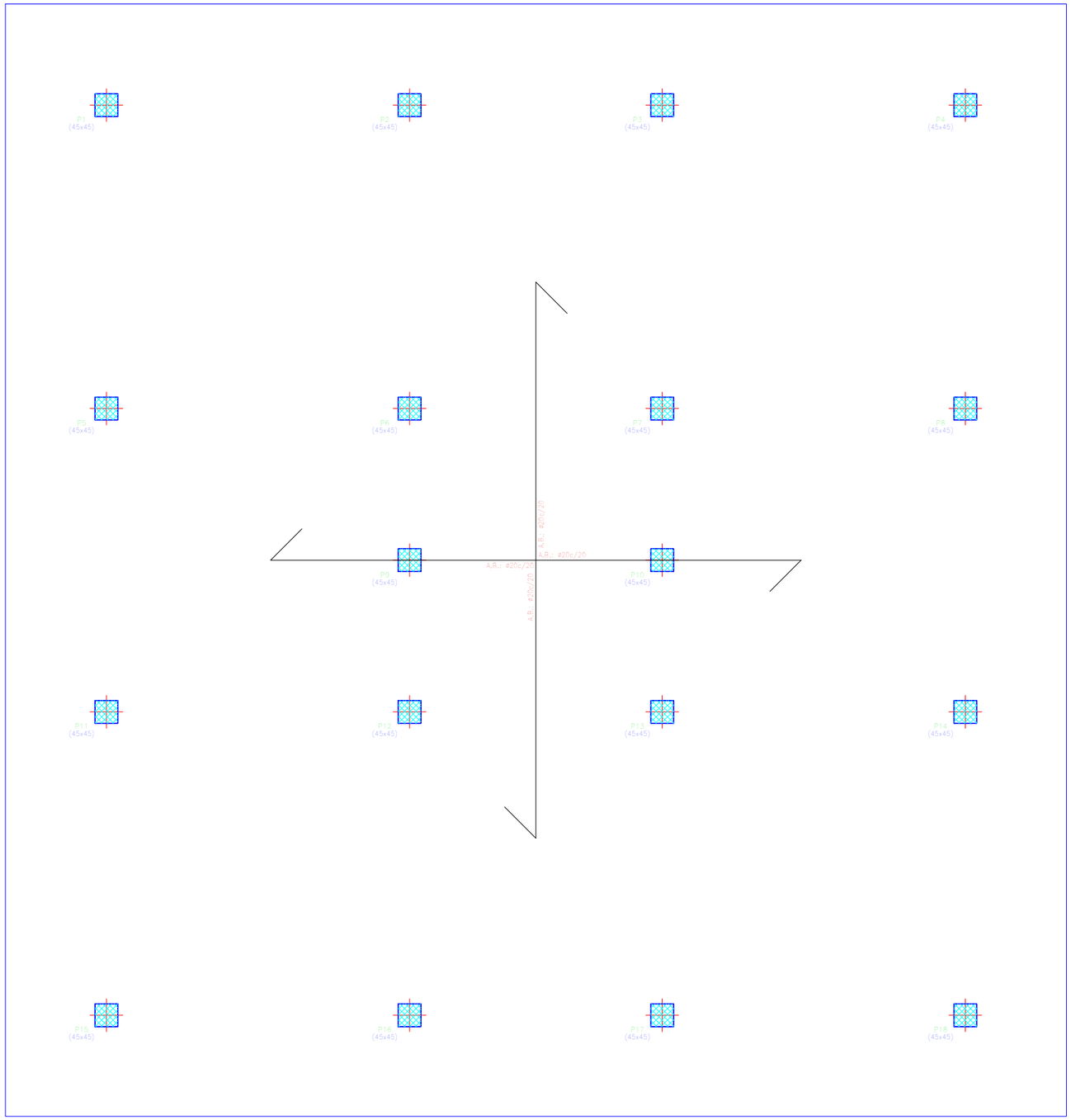
[5] Rodriguez Ortiz, Jose María; Serra Gesta; Oteo Mazo. *Curso Aplicado de Cimentaciones*, Madrid, 1989.

[6] F. Muzas Labad. Consideraciones sobre la elección del coeficiente de balasto, Revista Obras Públicas, vol 149, no 3419, 2002.

[7] Ministerio de Fomento. *Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)*, 2008.

[8] Cype Ingenieros. CypeCad, 2021.

[9] M. Office, EXCEL 2013. *Strateg. Financ,* 2013.



Cimentación				
Elemento	Encofrado (m2)	Superficie (m2)	Volumen (m3)	Barras (kg)
Losas de cimentación	-	458.35	687.530	-
Armado base	-	-	-	25476
Vigas	129.01	0.04	-	-
Total	-	458.39	687.530	25476
Indices (por m2)	-	-	1.488	55.14
Superficie total: 462.04 m2				

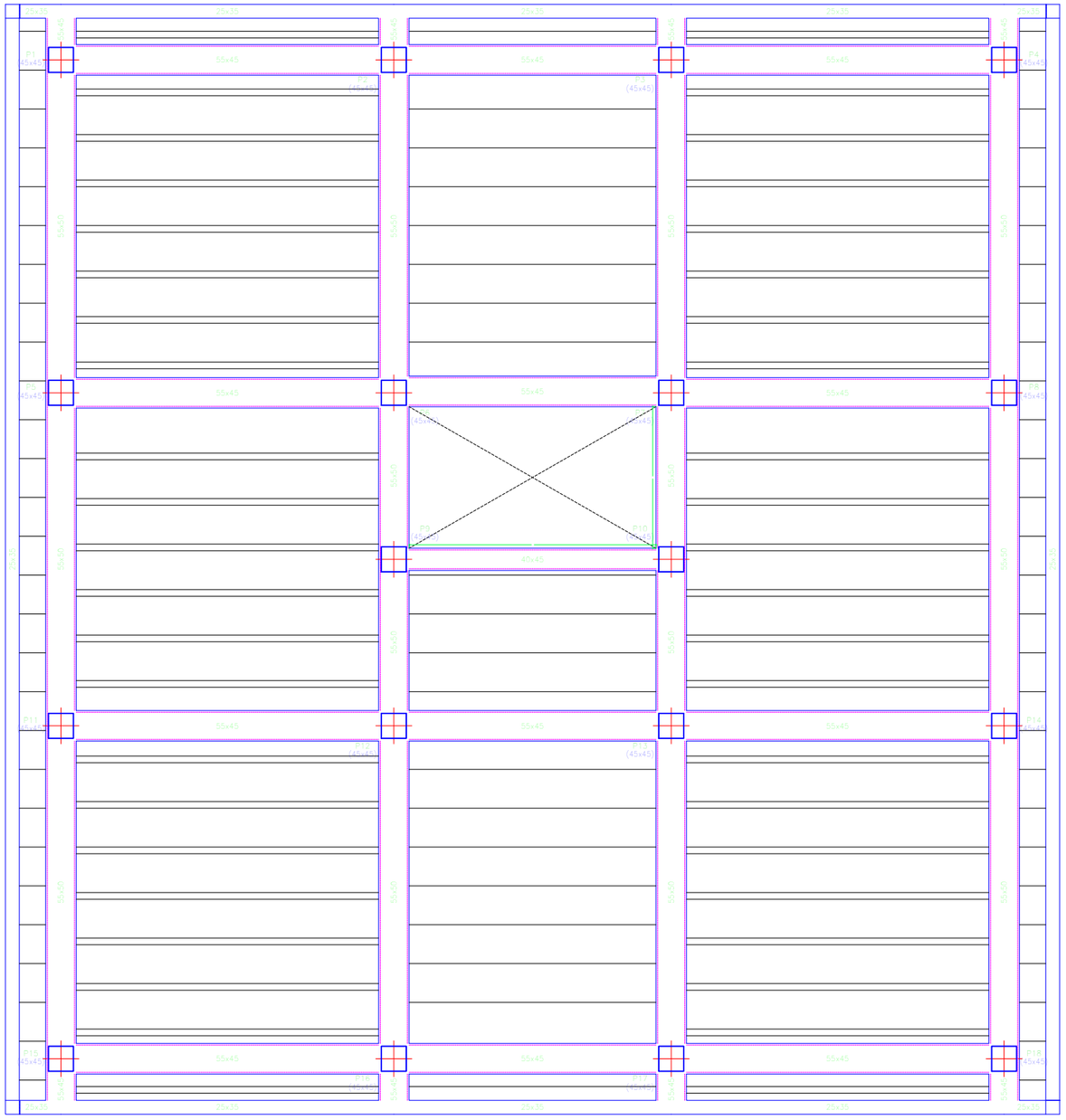
Cimentación
Replanteo

Armadura base en losas de cimentación
Paños: L1
Superior: ø20 cada 20 cm Inferior: ø20 cada 20 cm
No detallada en plano

.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Plano de replanteo. Cimentación	Nº PLANO 1
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:



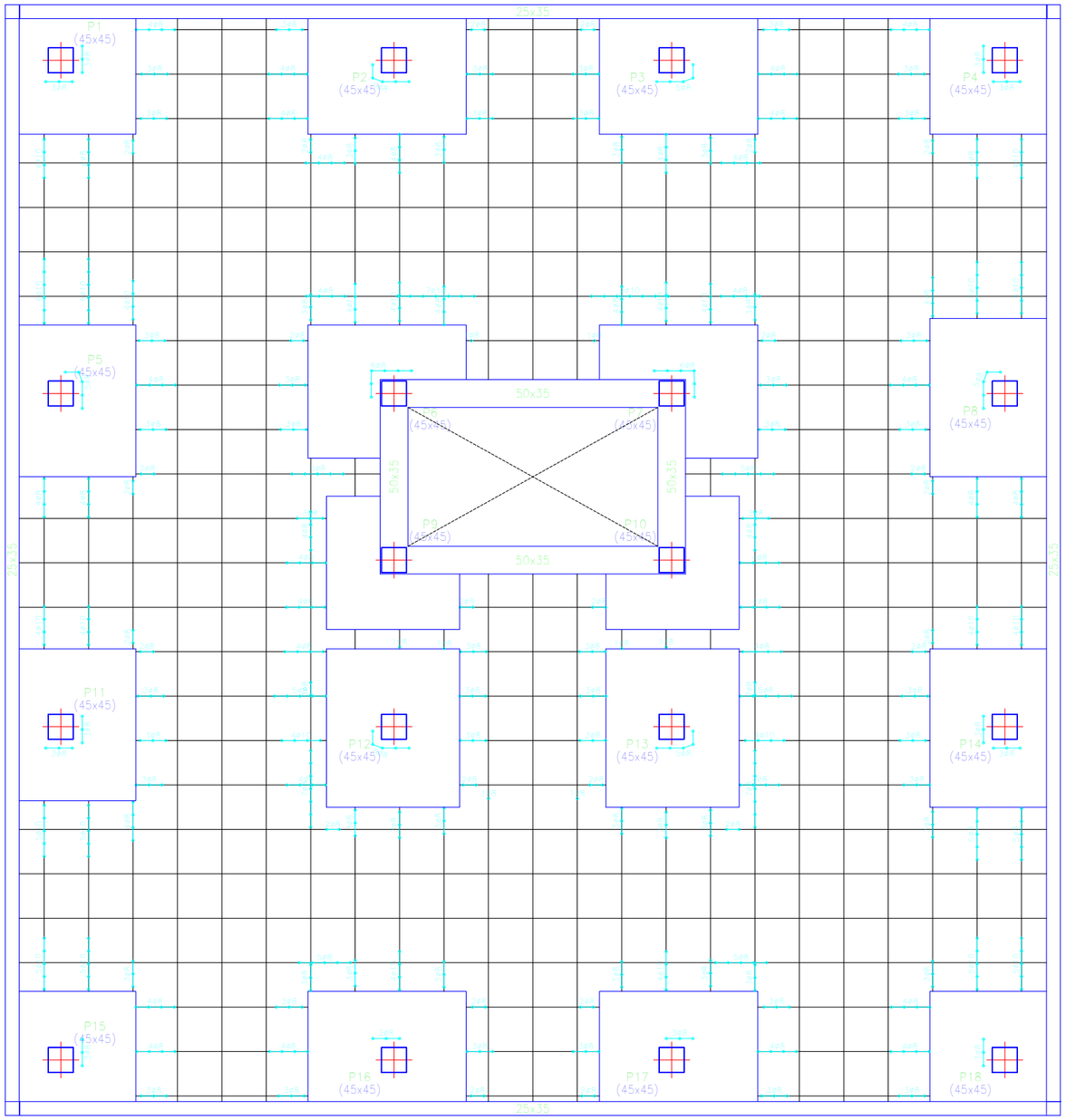
Forjado 1				
Elemento	Encofrado (m2)	Superficie (m2)	Volumen (m3)	Barras (kg)
Forjados de viguetas	-	270.95	28.700	504
Vigas	66.23	94.05	45.810	3130
Pilares	145.80	-	16.400	1856
Total	-	365.00	90.910	5490
Indices (por m2)	-	-	0.247	14.89
Superficie total: 368.65 m2				

Tabla de características de forjados de viguetas (Grupo 1)

FORJADO DE VIGUETAS ARMADAS
Fabricante: FICHAS TÉCNICAS FORJADOS SAVAL
EHE-08 + MARCADO CE
Tipo de bovedilla: De hormigón
Canto del forjado: 35 = 30 + 5 (cm)
Intereje: 70 cm (simple) y 82 cm (doble)
Hormigón vigueta: HA-25, Yc=1.5
Hormigón obra: HA-25, Yc=1.5
Acero celosía: B 500 T/S, Ys=1.15
Acero montaje: B 500 S, Ys=1.15
Acero positivos: B 500 S, Ys=1.15
Aceros negativos: B 400 S, Ys=1.15-B 500 S, Ys=1.15
Peso propio: 3.89 kN/m2 (simple) y 4.20 kN/m2 (doble)
Nota 1: El fabricante indicará los apuntalados necesarios y la separación entre sopandas.
Nota 2: Consulte los detalles referentes a enlaces con forjados de la estructura principal y de las zonas macizadas.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA:		Nº PLANO 2
1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Plano de replanteo. Forjado1	SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:



Forjado 1				
Elemento	Encofrado (m2)	Superficie (m2)	Volumen (m3)	Barras (kg)
Forjados reticulares	-	338.66	61.650	4143
Armadura base de ábacos	-	-	-	538
Vigas	32.20	26.45	9.770	229
Pilares	118.26	-	13.300	1612
Total	-	365.11	84.720	6522
Indices (por m2)	-	-	0.230	17.69
Superficie total: 368.75 m2				
Nº de bloques de reticular = 2300 Uds.				

Forjado 1
Replanteo

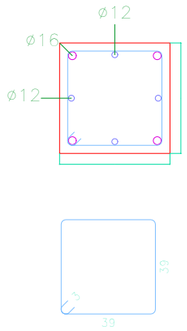
Armadura base en ábacos (por cuadrícula)
Superior: 2Ø10 Inferior: 2Ø8
No detallada en plano

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Plano de replanteo. Forjado1	Nº PLANO 3
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:

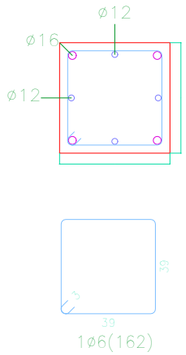
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Forjado 2



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (430)+(395)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
250 a 350	10	10
60 a 250	13	15
0 a 60	10	6

Forjado 1

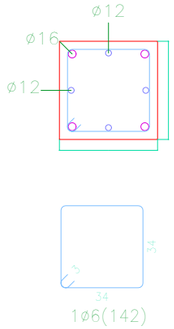


Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (560)+(545) Arranque: 4ø16+4ø12 Longitudes: (235)+(220)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
400 a 500	10	10
60 a 400	23	15
0 a 60	10	6
Arranque	3	-

Cimentación

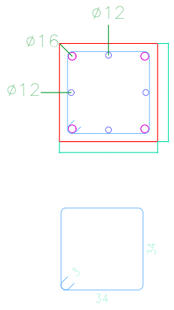
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Forjado 4



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (410)+(380)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
250 a 350	10	10
60 a 250	13	15
0 a 60	10	6

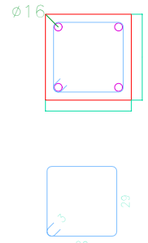
Forjado 3



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (430)+(395)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
250 a 350	10	10
60 a 250	13	15
0 a 60	10	6

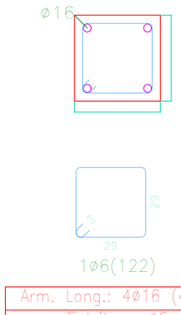
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Cubierta



Arm. Long.: 4ø16 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
255 a 350	10	10
60 a 250	10	20
0 a 60	10	6

Forjado 5



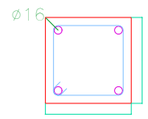
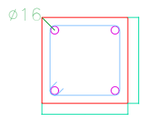
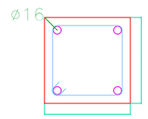
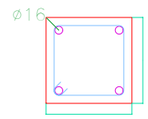
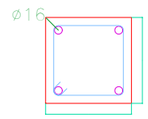
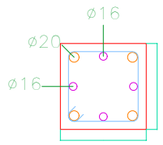
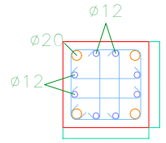
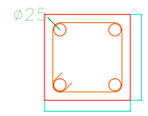
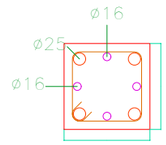
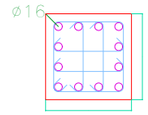
Arm. Long.: 4ø16 (410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
250 a 350	10	10
60 a 250	10	20
0 a 60	10	6

Cuadro de pilares
Escala 1:25
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	5265.9	1285	
	ø12	1393.2	1361	
	ø16	2031.8	3528	6174

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Cuadro de pilares, Porticada A	Nº PLANO 4
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:

	P1=P4=P15=P18	P2=P5=P8=P11=P14	P3	P6=P9=P10=P12=P13=P16	P7=P17
Cubierta					
	1ø6(122)	1ø6(122)	1ø6(122)	1ø6(122)	1ø6(122)
	Arm. Long.: 4ø16 (350) Estribos: ø6	Arm. Long.: 4ø16 (350) Estribos: ø6	Arm. Long.: 4ø16 (350) Estribos: ø6	Arm. Long.: 4ø16 (350) Estribos: ø6	Arm. Long.: 4ø16 (350) Estribos: ø6
	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)
	235 a 350 / 12 / 10	235 a 350 / 12 / 10	230 a 350 / 12 / 10	230 a 350 / 12 / 10	230 a 350 / 12 / 10
	70 a 235 / 9 / 20	70 a 230 / 8 / 20	70 a 230 / 8 / 20	70 a 230 / 8 / 20	70 a 230 / 8 / 20
	0 a 70 / 11 / 6	0 a 70 / 11 / 6	0 a 70 / 11 / 6	0 a 70 / 11 / 6	0 a 70 / 11 / 6
Forjado 5					
	1ø6(123)	4ø6(38) 1ø6(123)	1ø8(125)	1ø8(125)	4ø6(40) 1ø6(122)
	Arm. Long.: 4ø20+4ø16 Longitudes: (430)+(430) Estribos: ø6	Arm. Long.: 4ø20+8ø12 Longitudes: (430)+(395) Estribos: ø6	Arm. Long.: 4ø25 (470) Estribos: ø8	Arm. Long.: 4ø25+4ø16 Longitudes: (470)+(430) Estribos: ø8	Arm. Long.: 12ø16 (430) Estribos: ø6
	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)	Intervalo (cm) / Nº / Separación (cm)
	230 a 350 / 12 / 10	230 a 350 / 12 / 10	230 a 350 / 12 / 10	230 a 350 / 12 / 10	230 a 350 / 12 / 10
	70 a 230 / 8 / 20	70 a 230 / 11 / 15	70 a 230 / 6 / 30	70 a 230 / 8 / 20	70 a 230 / 8 / 20
	0 a 70 / 11 / 6	0 a 70 / 11 / 6	0 a 70 / 11 / 6	0 a 70 / 11 / 6	0 a 70 / 11 / 6

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	5950.3	1453	
	ø8	1840.7	799	
	ø12	1008.0	984	
	ø16	2018.8	3505	
	ø20	1055.8	2864	
	ø25	945.0	4006	13611

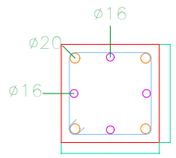
Cuadro de pilares
Escala 1:25
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Cuadro de pilares, Porticada B	Nº PLANO 5 SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:

P1=P4=P15=P18	P2=P5=P8=P11=P14	P3	P6=P9=P10=P12=P13=P16	P7=P17	

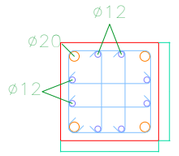
Forjado 4

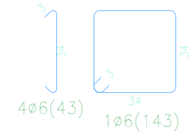


Arm. Long.: 4ø20+4ø16
Longitudes: (510)+(465)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

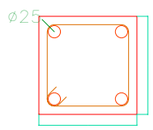




Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(435)

Estribos: ø6

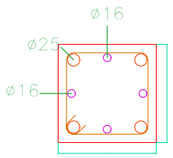
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	10	15
0 a 80	13	6



Arm. Long.: 4ø25 (590)

Estribos: ø8

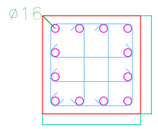
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	5	30
0 a 80	13	6

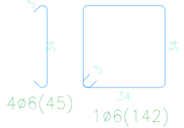


Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (590)+(465)

Estribos: ø8

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6



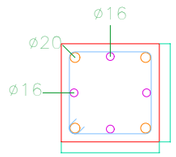


Arm. Long.: 12ø16 (465)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

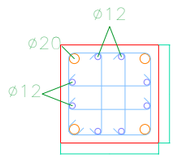
Forjado 3

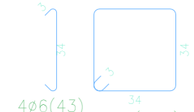


Arm. Long.: 4ø20+4ø16
Longitudes: (510)+(465)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

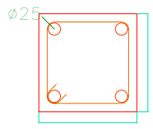




Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(435)

Estribos: ø6

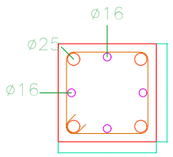
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	10	15
0 a 80	13	6



Arm. Long.: 4ø25 (520)

Estribos: ø8

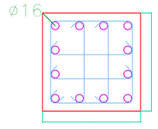
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	5	30
0 a 80	13	6

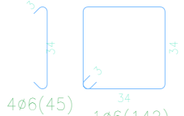


Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (590)+(465)

Estribos: ø8

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6





Arm. Long.: 12ø16 (465)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	5950.3	1453	
	ø8	1840.7	799	
	ø12	1008.0	984	
	ø16	2018.8	3505	
	ø20	1055.8	2864	
	ø25	945.0	4006	13611

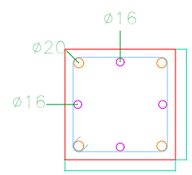
Cuadro de pilares

Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Cuadro de pilares, Porticada B	Nº PLANO 6
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:

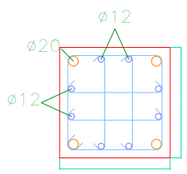
P1=P4=P15=P18	P2=P5=P8=P11=P14	P3	P6=P9=P10=P12=P13=P16	P7=P17	

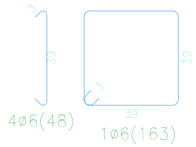


Arm. Long.: 4ø20+4ø16
Longitudes: (510)+(465)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	6	20
0 a 90	15	6

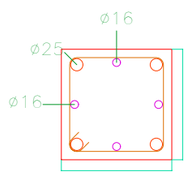


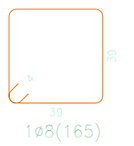


Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(435)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	8	15
0 a 90	15	6

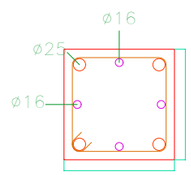


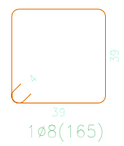


Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (520)+(410)

Estribos: ø8

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	6	20
0 a 90	15	6

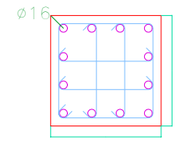


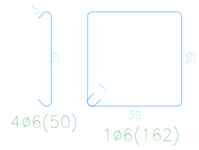


Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (590)+(465)

Estribos: ø8

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	6	20
0 a 90	15	6



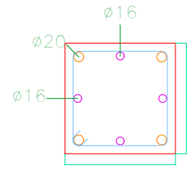


Arm. Long.: 12ø16 (465)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	6	20
0 a 90	15	6

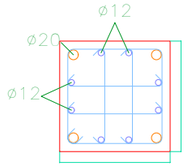
Forjado 2

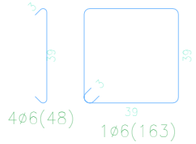


Arm. Long.: 4ø20+4ø16
Longitudes: (660)+(580)
Arranque: 4ø20+4ø16
Longitudes: (335)+(255)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	14	20
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

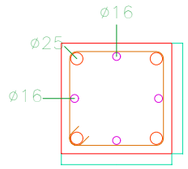


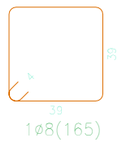


Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (660)+(585)
Arranque: 4ø20+8ø12
Longitudes: (295)+(235)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	18	15
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

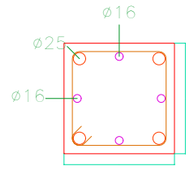




Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (740)+(580)
Arranque: 4ø25+4ø16
Longitudes: (415)+(255)

Estribos: ø8

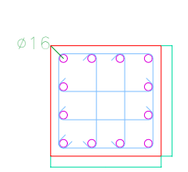
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	14	20
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

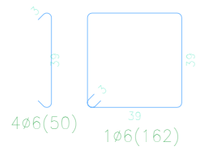


Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (740)+(580)
Arranque: 4ø25+4ø16
Longitudes: (415)+(255)

Estribos: ø8

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	14	20
0 a 90	15	6
Arranque	3	-





Arm. Long.: 12ø16 (615)
Arranque: 12ø16 (290)

Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	14	20
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

Forjado 1

Cimentación

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	5950.3	1453	
	ø8	1840.7	799	
	ø12	1008.0	984	
	ø16	2018.8	3505	
	ø20	1055.8	2864	
	ø25	945.0	4006	13611

Cuadro de pilares

Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25

Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén

Cuadro de pilares, Porticada B

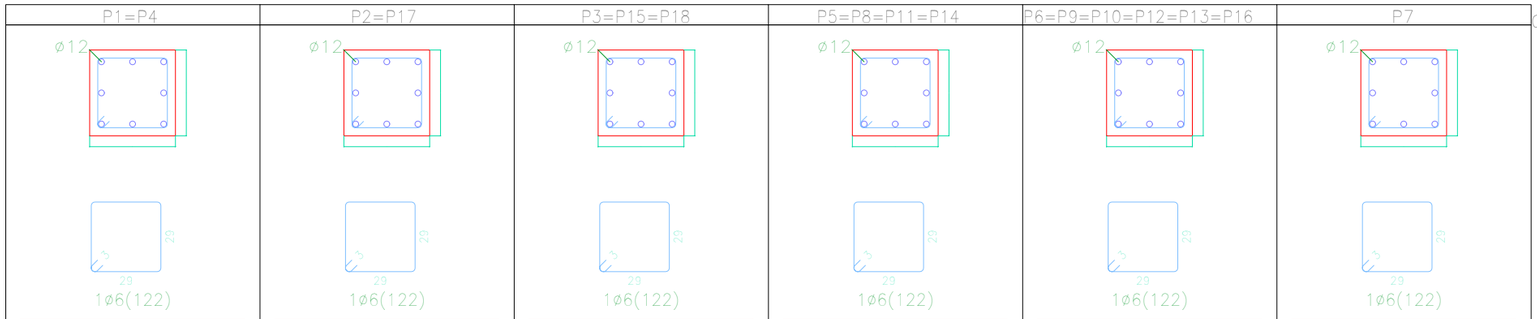
Nº PLANO 7

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

Cubierta

P1=P4	P2=P17	P3=P15=P18	P5=P8=P11=P14	P6=P9=P10=P12=P13=P16	P7



Arm. Long.: 8ø12 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
235 a 350	12	10
70 a 235	11	15
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 8ø12 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	11	15
0 a 70	11	6

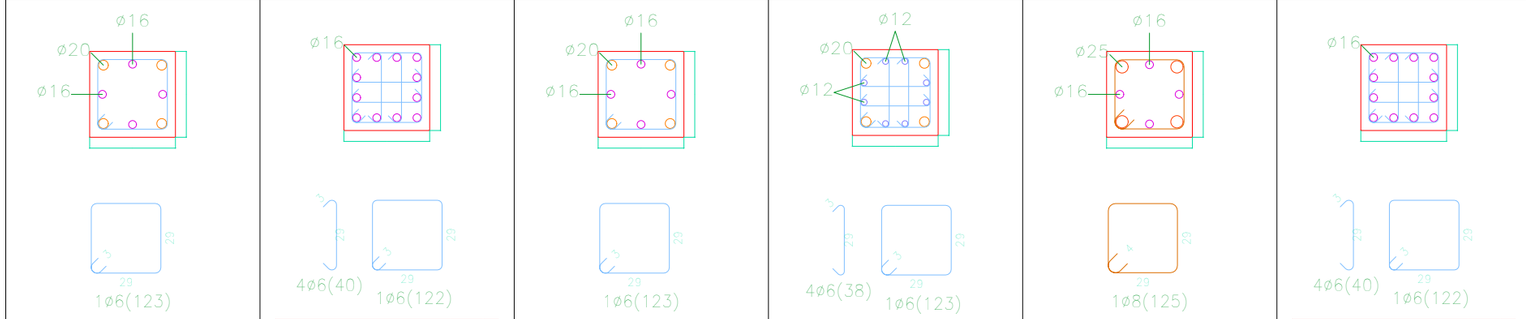
Arm. Long.: 8ø12 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
235 a 350	12	10
70 a 230	11	15
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 8ø12 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
235 a 350	12	10
70 a 235	11	15
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 8ø12 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	11	15
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 8ø12 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	11	15
0 a 70	11	6

Forjado 5



Arm. Long.: 4ø20+4ø16 Longitudes: (430)+(410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	8	20
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 12ø16 (410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	8	20
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 4ø20+4ø16 Longitudes: (430)+(410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	8	20
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 4ø20+8ø12 Longitudes: (430)+(410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	11	15
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 4ø25+4ø16 Longitudes: (470)+(410)		
Estribos: ø8		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	8	20
0 a 70	11	6

Arm. Long.: 12ø16 (410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
230 a 350	12	10
70 a 230	8	20
0 a 70	11	6

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	6543.8	1597	
	ø8	1584.7	688	
	ø12	1667.7	1629	
	ø16	1682.8	2922	
	ø20	1262.2	3424	
	ø25	814.8	3454	13714

Cuadro de pilares

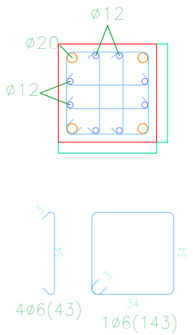
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Cuadro de pilares, Porticada C	Nº PLANO 8
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:

Forjado 4

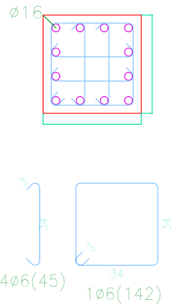
P1=P4



Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(465)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	10	15
0 a 80	13	6

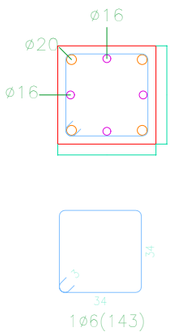
P2=P17



Arm. Long.: 12ø16 (465)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

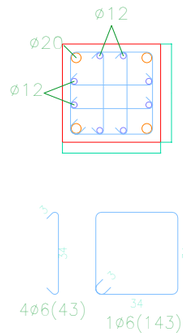
P3=P15=P18



Arm. Long.: 4ø20+4ø16
Longitudes: (510)+(465)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

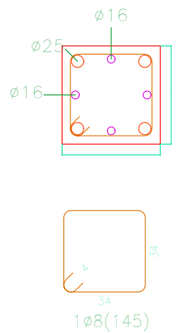
P5=P8=P11=P14



Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(435)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	10	15
0 a 80	13	6

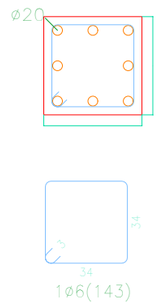
P6=P9=P10=P12=P13=P16



Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (590)+(465)
Estribos: ø8

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

P7

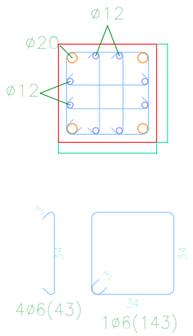


Arm. Long.: 8ø20 (465)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	5	30
0 a 80	13	6

Forjado 3

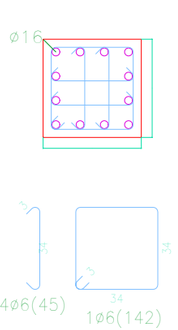
P1=P4



Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(435)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	10	15
0 a 80	13	6

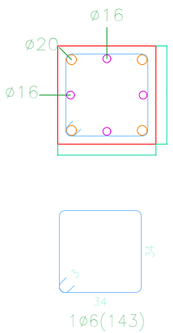
P2=P17



Arm. Long.: 12ø16 (465)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

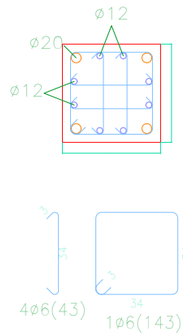
P3=P15=P18



Arm. Long.: 4ø20+4ø16
Longitudes: (510)+(465)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

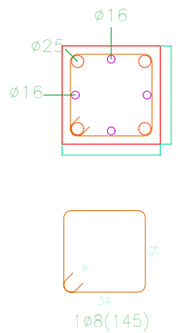
P5=P8=P11=P14



Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(435)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	10	15
0 a 80	13	6

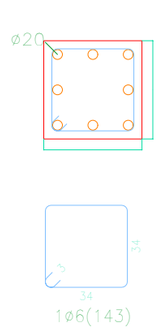
P6=P9=P10=P12=P13=P16



Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (590)+(465)
Estribos: ø8

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	7	20
0 a 80	13	6

P7



Arm. Long.: 8ø20 (510)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
220 a 350	13	10
80 a 220	5	30
0 a 80	13	6

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	6543.8	1597	
	ø8	1584.7	688	
	ø12	1667.7	1629	
	ø16	1682.8	2922	
	ø20	1262.2	3424	
	ø25	814.8	3454	13714

Cuadro de pilares
Escala 1:25
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25

Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén

Cuadro de pilares, Porticada C

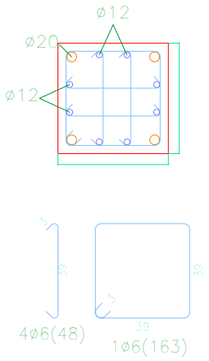
Nº PLANO 9

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

Forjado 2

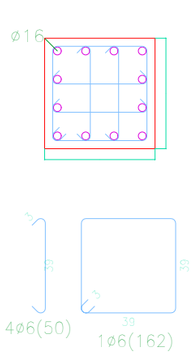
P1=P4



Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(435)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	8	15
0 a 90	15	6

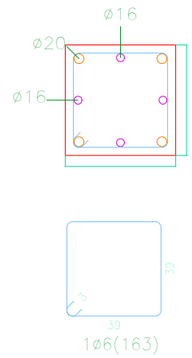
P2=P17



Arm. Long.: 12ø16 (465)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	6	20
0 a 90	15	6

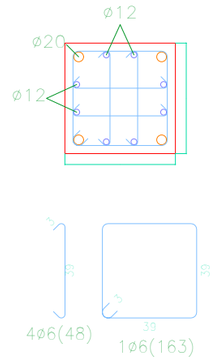
P3=P15=P18



Arm. Long.: 4ø20+4ø16
Longitudes: (510)+(465)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	6	20
0 a 90	15	6

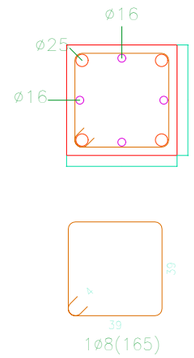
P5=P8=P11=P14



Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (510)+(435)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	8	15
0 a 90	15	6

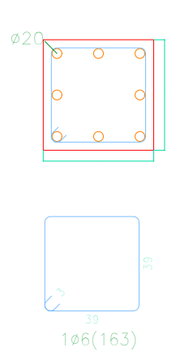
P6=P9=P10=P12=P13=P16



Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (590)+(465)
Estribos: ø8

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	6	20
0 a 90	15	6

P7

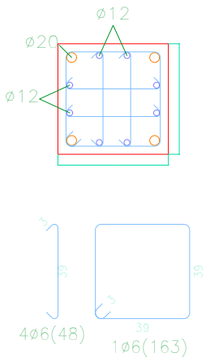


Arm. Long.: 8ø20 (510)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
210 a 350	14	10
90 a 210	4	30
0 a 90	15	6

Forjado 1

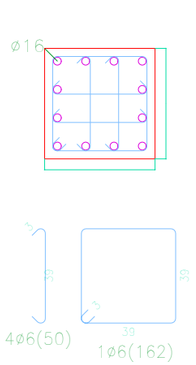
P1=P4



Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (660)+(585)
Arranque: 4ø20+8ø12
Longitudes: (335)+(260)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	18	15
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

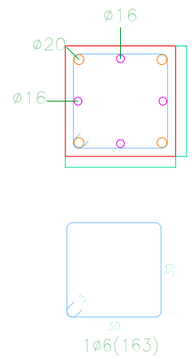
P2=P17



Arm. Long.: 12ø16 (615)
Arranque: 12ø16 (290)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	14	20
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

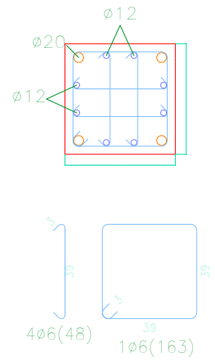
P3=P15=P18



Arm. Long.: 4ø20+4ø16
Longitudes: (660)+(580)
Arranque: 4ø20+4ø16
Longitudes: (335)+(255)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	14	20
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

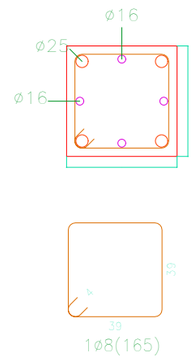
P5=P8=P11=P14



Arm. Long.: 4ø20+8ø12
Longitudes: (660)+(585)
Arranque: 4ø20+8ø12
Longitudes: (335)+(260)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	18	15
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

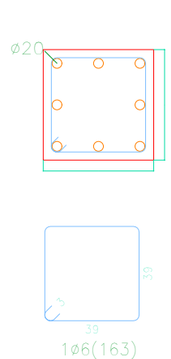
P6=P9=P10=P12=P13=P16



Arm. Long.: 4ø25+4ø16
Longitudes: (740)+(580)
Arranque: 4ø25+4ø16
Longitudes: (415)+(255)
Estribos: ø8

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	14	20
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

P7



Arm. Long.: 8ø20 (660)
Arranque: 8ø20 (335)
Estribos: ø6

Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
360 a 500	14	10
90 a 360	9	30
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

Cimentación

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	6543.8	1597	
	ø8	1584.7	688	
	ø12	1667.7	1629	
	ø16	1682.8	2922	
	ø20	1262.2	3424	
	ø25	814.8	3454	13714

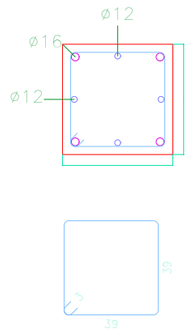
Cuadro de pilares

Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
COMPROBADO				
ESCALA: 1:25	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Cuadro de pilares, Porticada C			Nº PLANO 10
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

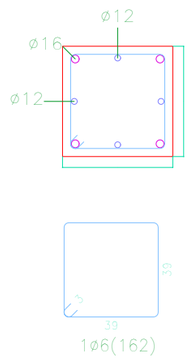
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Forjado 2



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (430)+(395)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 265	14	15
0 a 60	10	6

Forjado 1

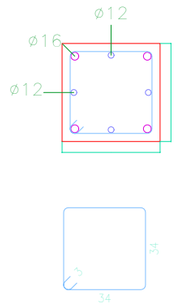


Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (460)+(445) Arranque: 4ø16+4ø12 Longitudes: (235)+(220)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
315 a 400	9	10
60 a 315	17	15
0 a 60	10	6
Arranque	3	-

Cimentación

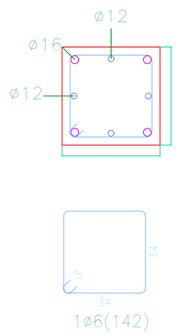
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Forjado4



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (410)+(380)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 265	14	15
0 a 60	10	6

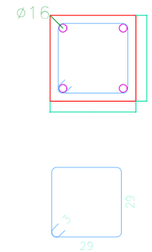
Forjado 3



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (430)+(395)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 265	14	15
0 a 60	10	6

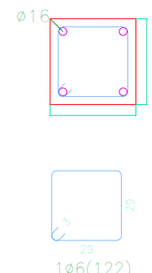
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Cubierta



Arm. Long.: 4ø16 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 265	11	20
0 a 60	10	6

Forjado 5



Arm. Long.: 4ø16 (410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 260	10	20
0 a 60	10	6

Cuadro de pilares

Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

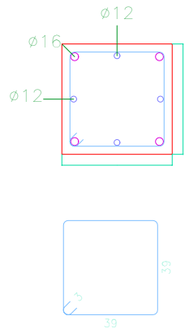
Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	5058.2	1235	
	ø12	1321.2	1290	
	ø16	1959.8	3403	5928

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Cuadro de pilares, Reticular A	Nº PLANO 11
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:

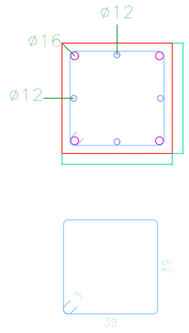
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Forjado 2



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (465)+(410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 265	14	15
0 a 60	10	6

Forjado 1

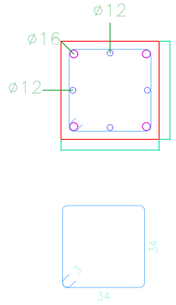


Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (480)+(460) Arranque: 4ø16+4ø12 Longitudes: (255)+(235)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
315 a 400	9	10
60 a 315	17	15
0 a 60	10	6
Arranque	3	-

Cimentación

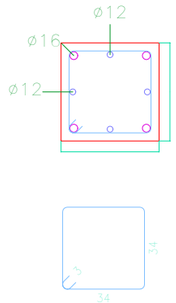
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Forjado4



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (430)+(395)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 260	14	15
0 a 60	10	6

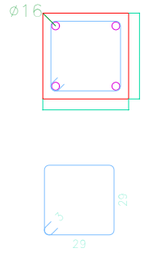
Forjado 3



Arm. Long.: 4ø16+4ø12 Longitudes: (465)+(410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 260	14	15
0 a 60	10	6

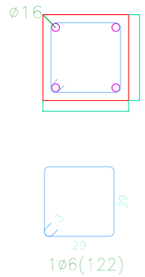
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Cubierta



Arm. Long.: 4ø16 (355)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 265	11	20
0 a 60	10	6

Forjado 5



Arm. Long.: 4ø16 (430)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	N°	Separación (cm)
265 a 350	9	10
60 a 265	11	20
0 a 60	10	6

Cuadro de pilares

Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	5063.0	1236	
	ø12	1375.2	1343	
	ø16	2077.2	3606	6185

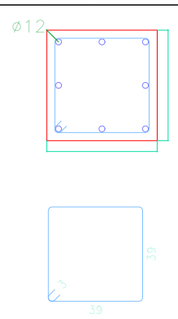
.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Cuadro de pilares, Reticular B	Nº PLANO 12
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:

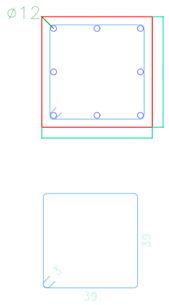
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Forjado 2



Arm. Long.: 8ø12 (410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
225 a 350	13	10
90 a 225	9	15
0 a 90	15	6

Forjado 1

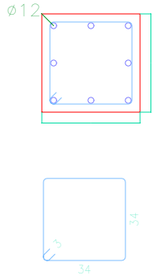


Arm. Long.: 8ø12 (460) Arranque: 8ø12 (235)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
275 a 400	13	10
90 a 275	13	15
0 a 90	15	6
Arranque	3	-

Cimentación

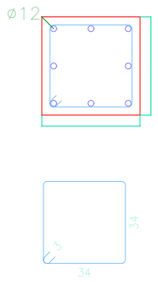
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Forjado4



Arm. Long.: 8ø12 (410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
235 a 350	12	10
80 a 230	10	15
0 a 80	13	6

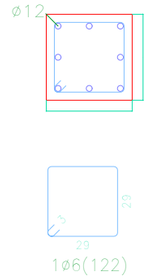
Forjado 3



Arm. Long.: 8ø12 (410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
235 a 350	12	10
80 a 230	10	15
0 a 80	13	6

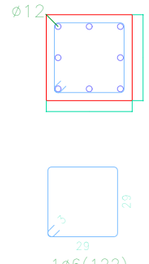
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7
P8=P9=P10=P11=P12=P13
P14=P15=P16=P17=P18

Cubierta



Arm. Long.: 8ø12 (350)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
245 a 350	11	10
70 a 245	12	15
0 a 70	11	6

Forjado 5



Arm. Long.: 8ø12 (410)		
Estribos: ø6		
Intervalo (cm)	Nº	Separación (cm)
245 a 350	11	10
70 a 245	12	15
0 a 70	11	6

Cuadro de pilares

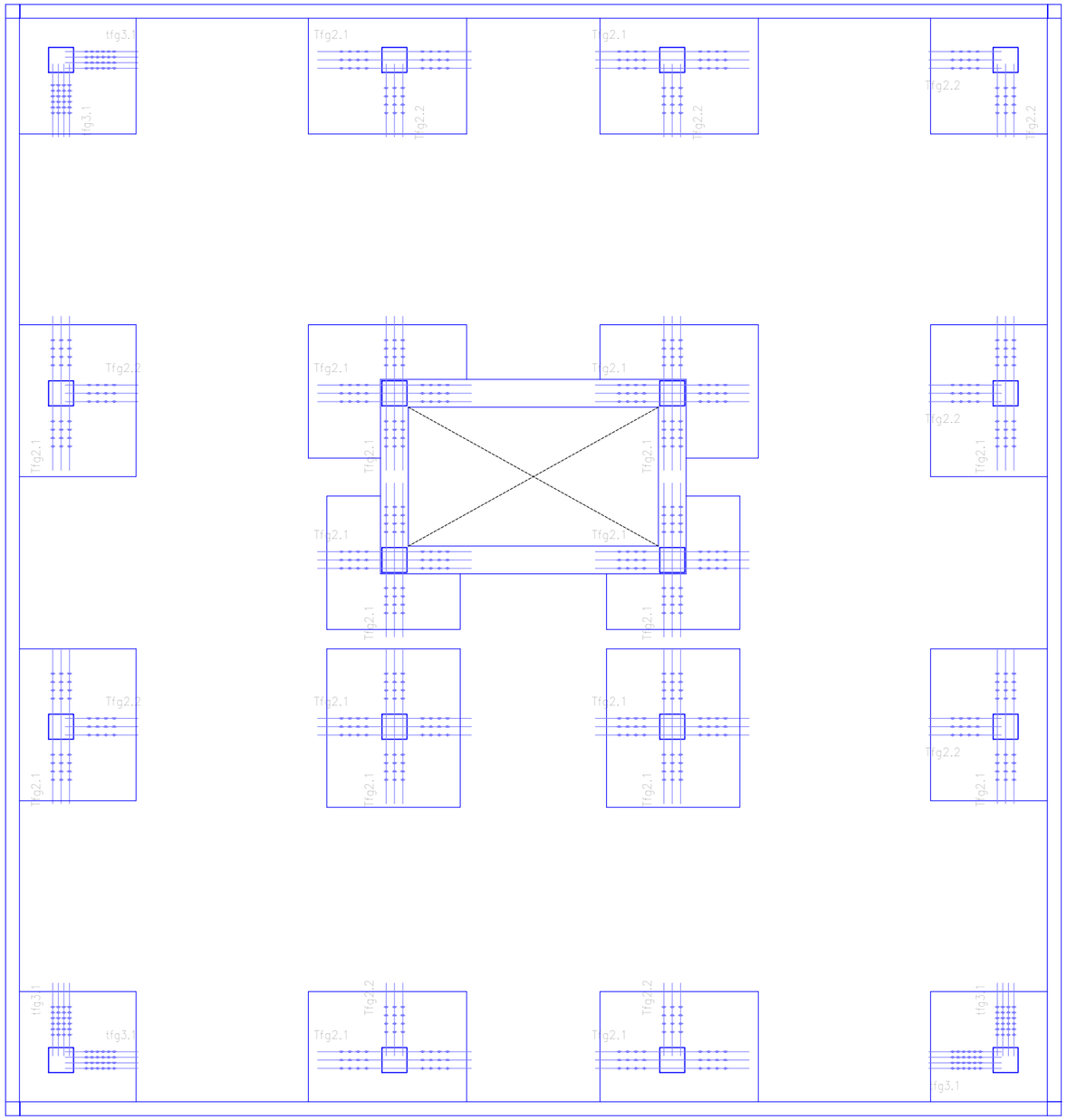
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15

Resumen Acero Cuadro de pilares		Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Ys=1.15	ø6	5639.1	1377	
	ø12	3862.1	3772	5149

.

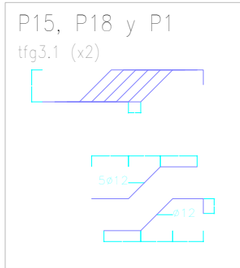
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:25	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Cuadro de pilares, Reticular C	Nº PLANO 13
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:

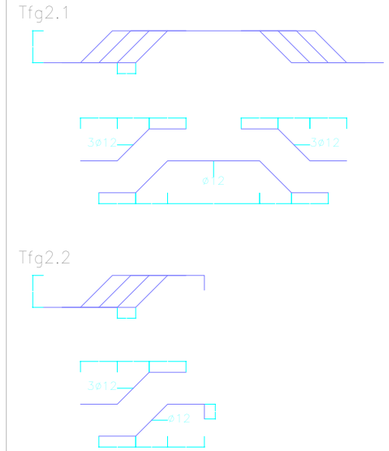


Refuerzos de punzonamiento
Forjado 2
Escala de la planta: 1:100
Escala para los despieces: 1:50

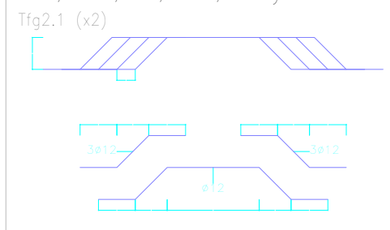
P15, P18 y P1



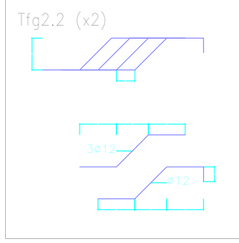
P16, P17, P11, P14, P5, P8, P2 y P3



P12, P13, P9, P10, P6 y P7

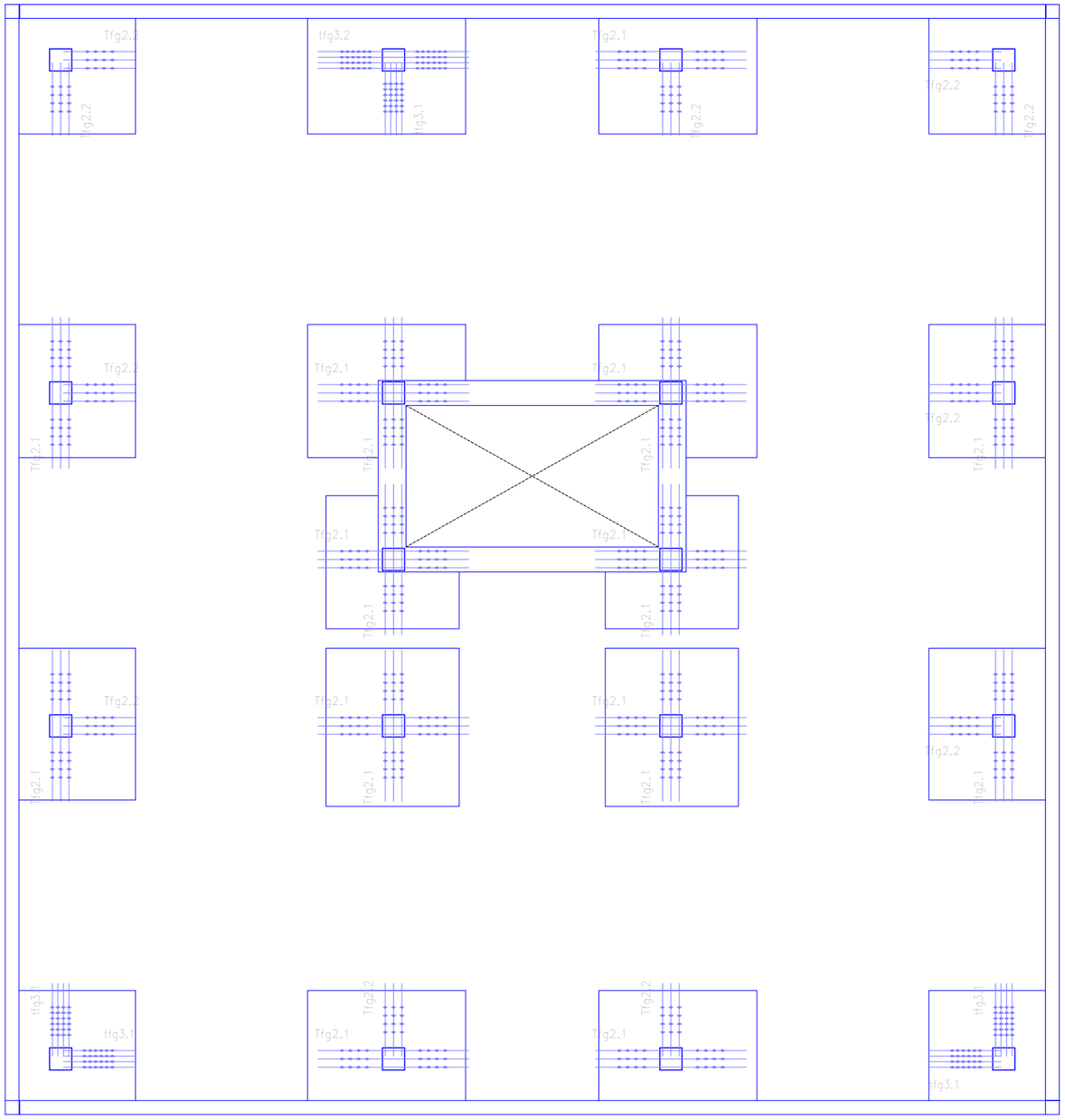


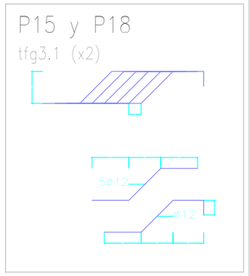
P4

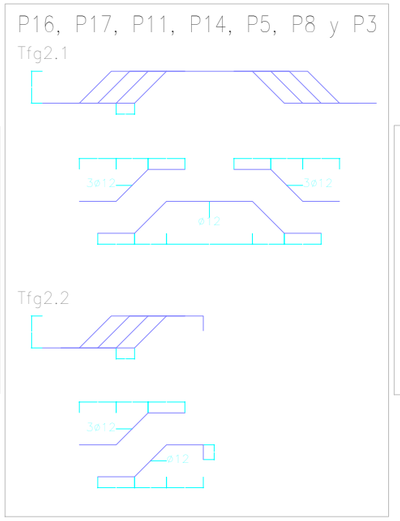


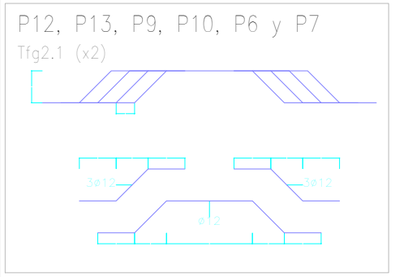
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Crucetas de punzonamiento, reticular A, B y C	Nº PLANO 14 SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:

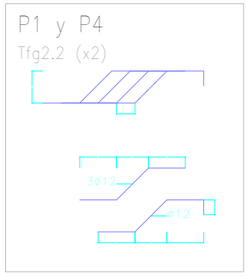


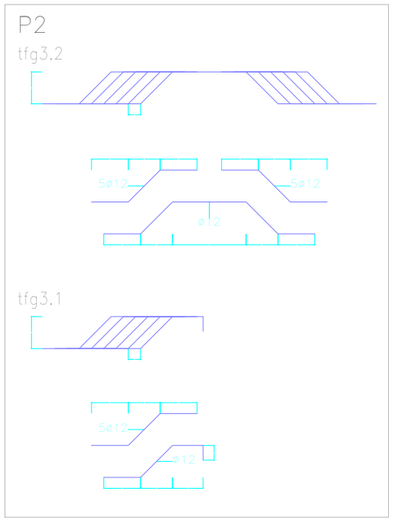






Refuerzos de punzonamiento
Forjado 3
Escala de la planta: 1:100
Escala para los despieces: 1:50

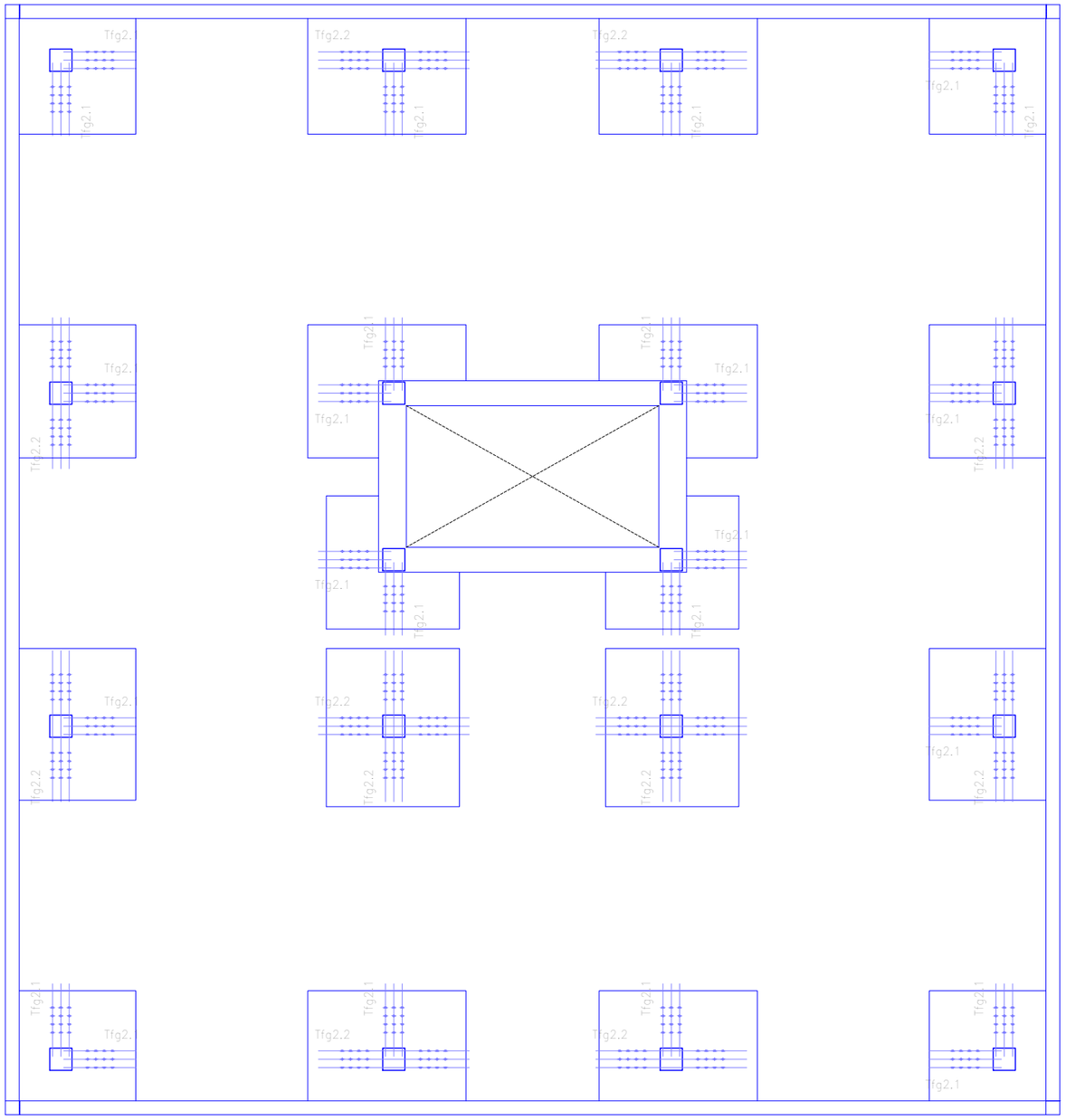


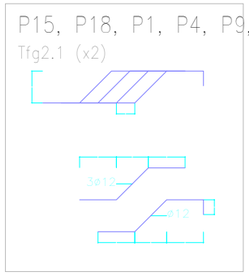


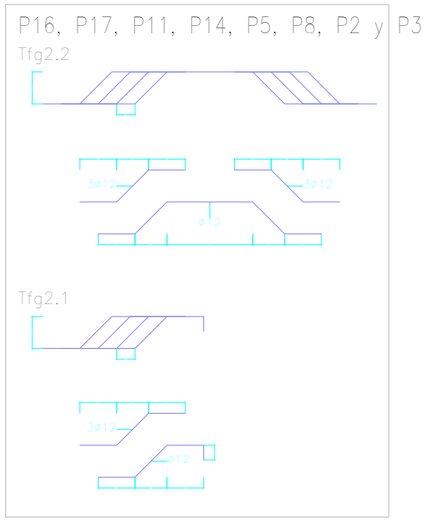
.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

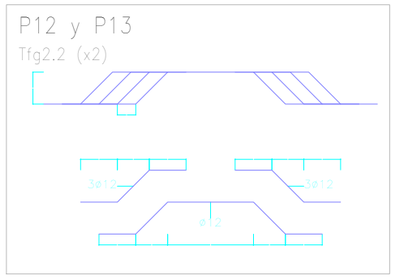
ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Crucetas de punzonamiento, reticular A, B y C	Nº PLANO 15 SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:





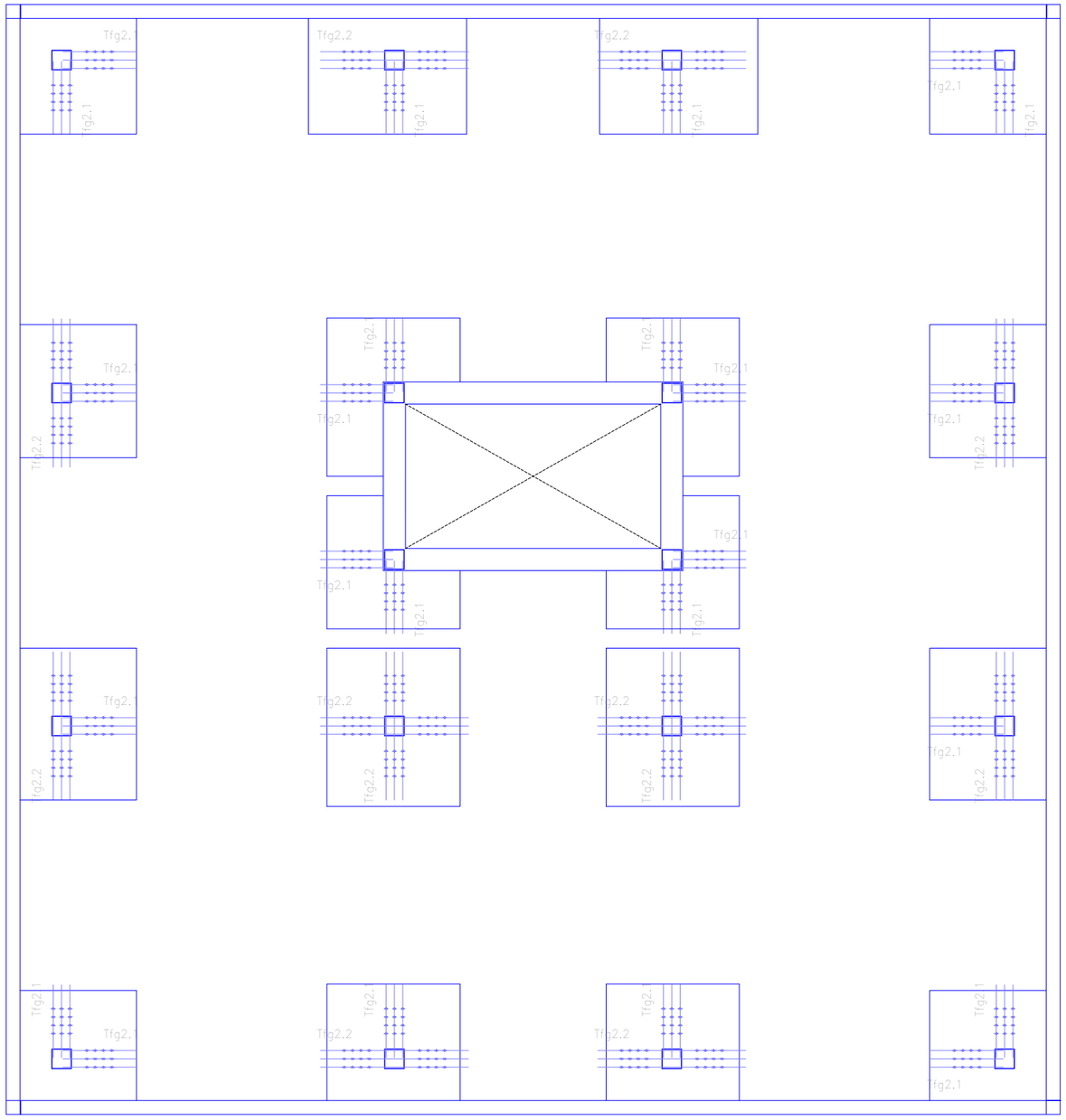


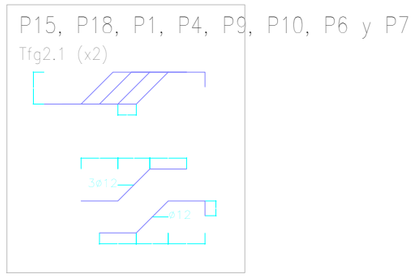
Refuerzos de punzonamiento
Forjado4
Escala de la planta: 1:100
Escala para los despieces: 1:50

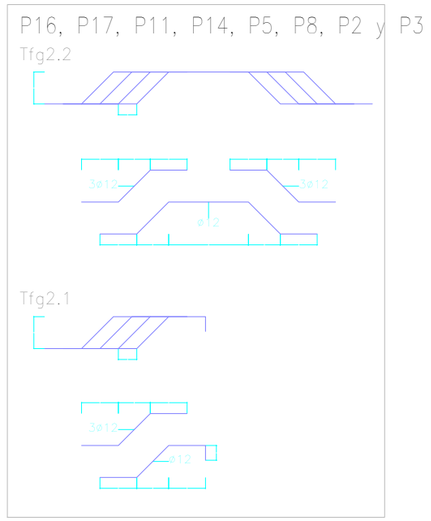


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

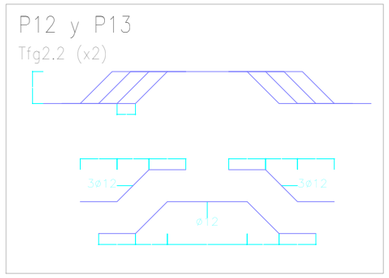
ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Crucetas de punzonamiento, reticular A, B y C	Nº PLANO 16 SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:





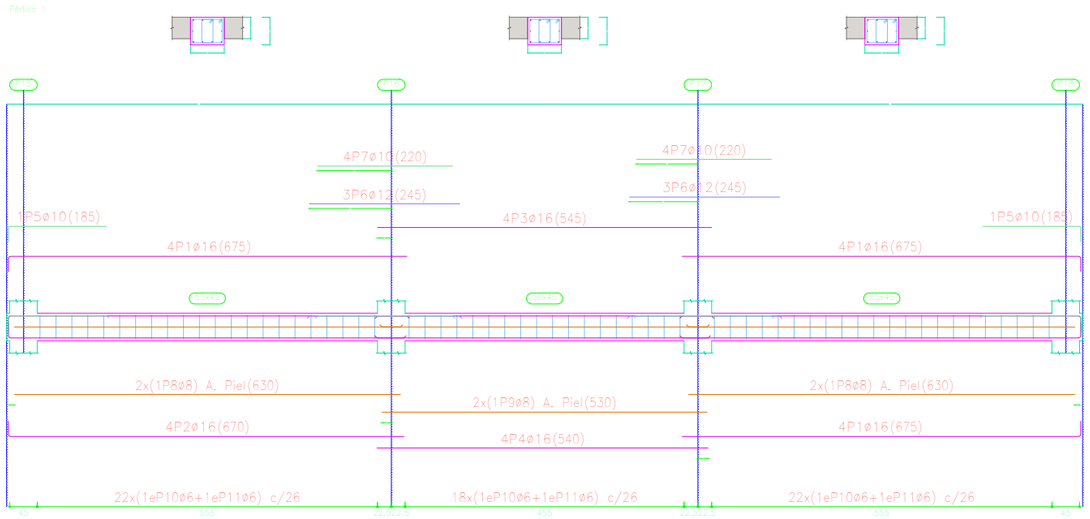


Refuerzos de punzonamiento
Forjado 5
Escala de la planta: 1:100
Escala para los despieces: 1:50



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Crucetas de punzonamiento, reticular A, B y C	Nº PLANO 17 SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
Pórtico 1	1	ø16	12	25 650	675	8100	127.8
	2	ø16	4	25 645	670	2680	42.3
	3	ø16	4	545	545	2180	34.4
	4	ø16	4	540	540	2160	34.1
	5	ø10	2	25 160	185	370	2.3
	6	ø12	6	245	245	1470	13.1
	7	ø10	8	220	220	1760	10.9
	8	ø8	4	630	630	2520	9.9
	9	ø8	2	530	530	1060	4.2
	10	ø6	62	36 6 48	186	11532	25.6
	11	ø6	62	36 6 16	121	7502	16.6
					Total+10%:		353.3
					ø6:		46.4
					ø8:		15.5
					ø10:		14.5
					ø12:		14.4
					ø16:		262.5
					Total:		353.3

Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:100
Escala secciones 1:100
Escala huecos 1:100

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
COMPROBADO				

ESCALA: 1:100

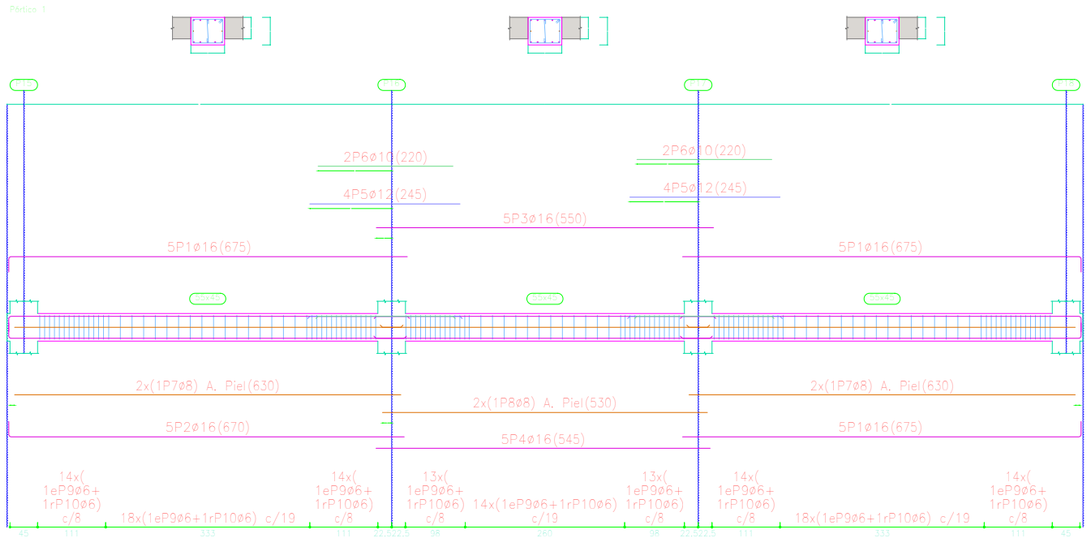
Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén

Detalle de viga 1, Porticada A, Planta1ª

Nº PLANO 18

SUSTITUYE A:

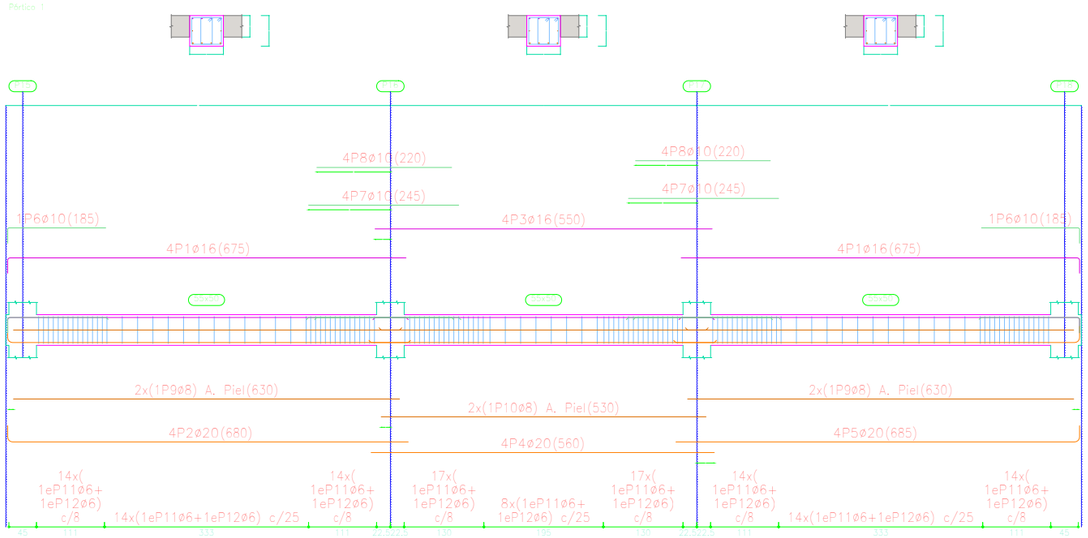
SUSTITUIDO POR:



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
Pórtico 1	1	ø16	15	20 650	675	10125	159.8
	2	ø16	5	20 645	670	3350	52.9
	3	ø16	5	550	550	2750	43.4
	4	ø16	5	545	545	2725	43.0
	5	ø12	8	245	245	1960	17.4
	6	ø10	4	220	220	880	5.4
	7	ø8	4	630	630	2520	9.9
	8	ø8	2	530	530	1060	4.2
	9	ø6	132	38 6 48	186	24552	54.5
	10	ø6	132	6 38	50	6600	14.6
						Total+10%:	445.6
						ø6:	76.0
						ø8:	15.5
						ø10:	5.9
						ø12:	19.2
						ø16:	329.0
						Total:	445.6

Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:100
Escala secciones 1:100
Escala huecos 1:100

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
COMPROBADO				
ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Detalle de viga 1, Porticada B, Planta1ª			Nº PLANO 19
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

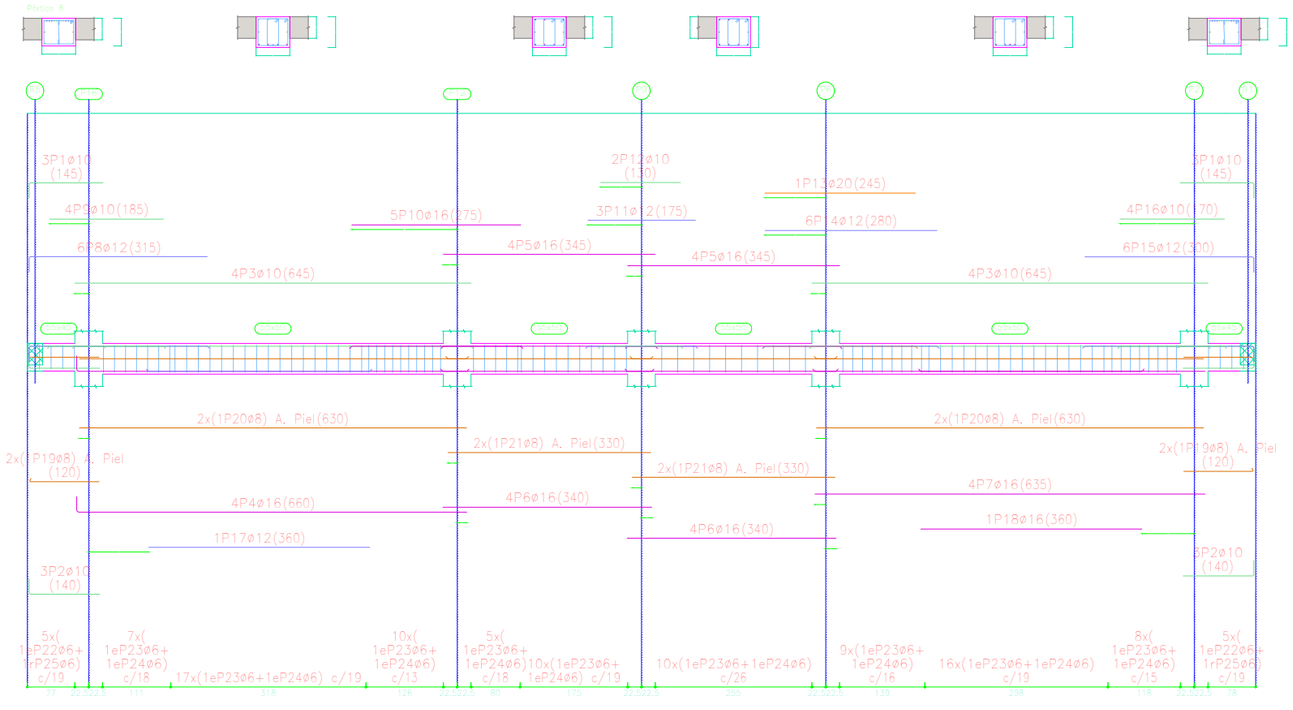


Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
Pórtico 1	1	ø16	8	25 650	675	5400	85.2
	2	ø20	4	26 654	680	2720	67.1
	3	ø16	4	550	550	2200	34.7
	4	ø20	4	560	560	2240	55.2
	5	ø20	4	659 26	685	2740	67.6
	6	ø10	2	25 160	185	370	2.3
	7	ø10	8	245	245	1960	12.1
	8	ø10	8	220	220	1760	10.9
	9	ø8	4	630	630	2520	9.9
	10	ø8	2	530	530	1060	4.2
	11	ø6	126	43 6 48	196	24696	54.8
	12	ø6	126	45 6 16	131	16506	36.6
						Total+10%:	484.7
						ø6:	100.6
						ø8:	15.5
						ø10:	27.8
						ø16:	131.9
						ø20:	208.9
						Total:	484.7

Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:100
Escala secciones 1:100
Escala huecos 1:100

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA:		Nº PLANO 20
1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Detalle de viga 1, Porticada C, Planta1ª	SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
Pórtico 8	1	ø10	6	25 120	145	870	5.4
	2	ø10	6	25 115	140	840	5.2
	3	ø10	8	645	645	5160	31.8
	4	ø16	4	25 635	660	2640	41.7
	5	ø16	8	345	345	2760	43.6
	6	ø16	8	340	340	2720	42.9
	7	ø16	4	635	635	2540	40.1
	8	ø12	6	25 290	315	1890	16.8
	9	ø10	4	185	185	740	4.6
	10	ø16	5	275	275	1375	21.7
	11	ø12	3	175	175	525	4.7
	12	ø10	2	130	130	260	1.6
	13	ø20	1	245	245	245	6.0
	14	ø12	6	280	280	1680	14.9
	15	ø12	6	275 25	300	1800	16.0
	16	ø10	4	170	170	680	4.2
	17	ø12	1	360	360	360	3.2
	18	ø16	1	360	360	360	5.7
	19	ø8	4	6 114	120	480	1.9
	20	ø8	4	630	630	2520	9.9
	21	ø8	4	330	330	1320	5.2
	22	ø6	10	38 6 48	186	1860	4.1
	23	ø6	92	43 6 48	196	18032	40.0
	24	ø6	92	43 6 16	131	12052	26.7
	25	ø6	10	6 38	50	500	1.1
						Total+10%:	438.9
						ø6:	79.1
						ø8:	18.7
						ø10:	58.1
						ø12:	61.1
						ø16:	215.3
						ø20:	6.6
						Total:	438.9

Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:100
Escala secciones 1:100
Escala huecos 1:100

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
COMPROBADO				

ESCALA: 1:100

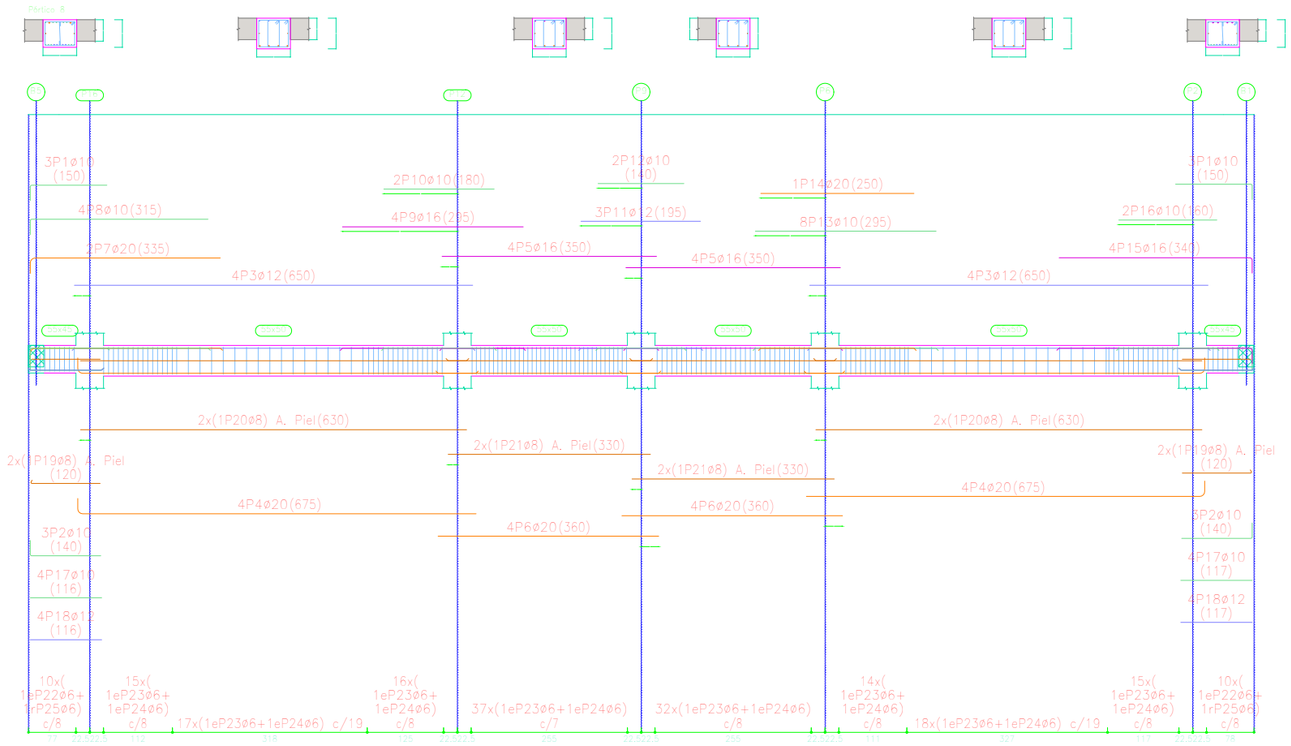
Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén

Detalle de viga 8, Porticada A, Planta1ª

Nº PLANO 21

SUSTITUYE A:

SUSTITUIDO POR:

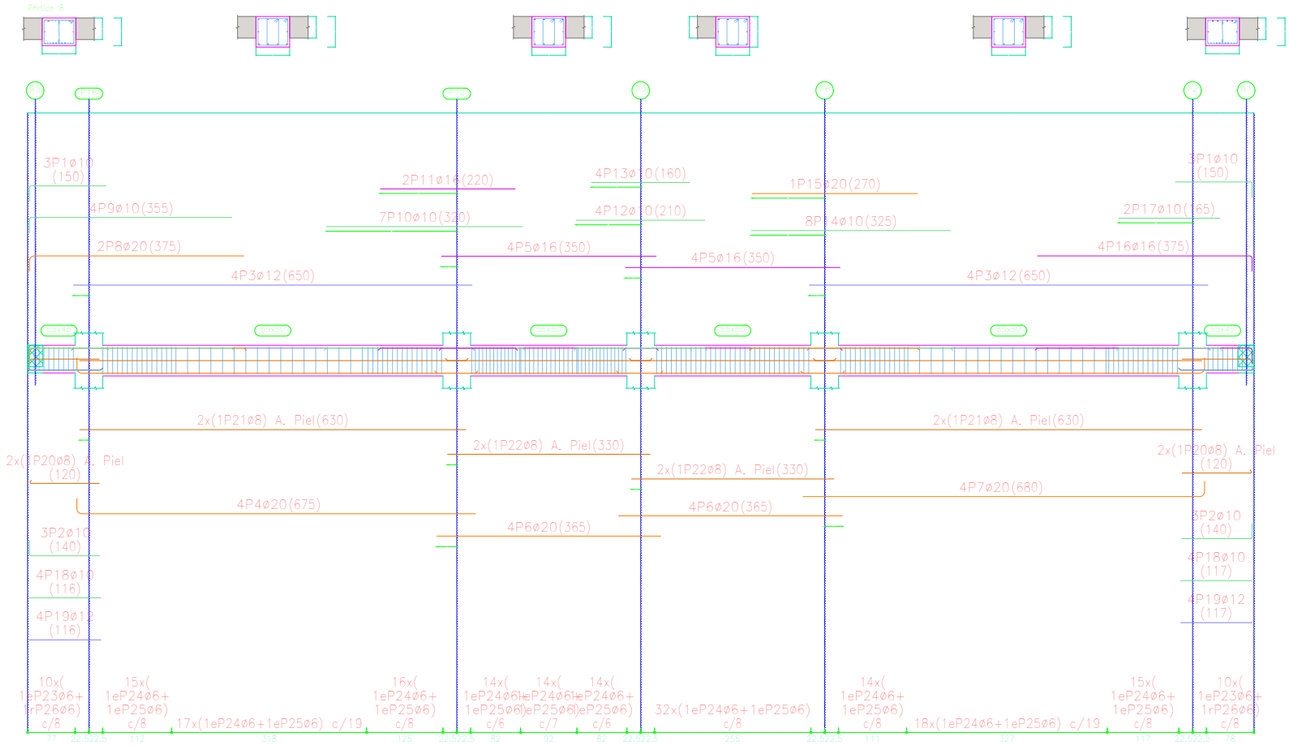


Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
Pórtico 8	1	ø10	6	25 125	150	900	5.5
	2	ø10	6	25 115	140	840	5.2
	3	ø12	8	650	650	5200	46.2
	4	ø20	8	25 650	675	5400	133.2
	5	ø16	8	350	350	2800	44.2
	6	ø20	8	360	360	2880	71.0
	7	ø20	2	25 310	335	670	16.5
	8	ø10	4	25 290	315	1260	7.8
	9	ø16	4	295	295	1180	18.6
	10	ø10	2	180	180	360	2.2
	11	ø12	3	195	195	585	5.2
	12	ø10	2	140	140	280	1.7
	13	ø10	8	295	295	2360	14.6
	14	ø20	1	250	250	250	6.2
	15	ø16	4	315 25	340	1360	21.5
	16	ø10	2	160	160	320	2.0
	17	ø10	8	116	116	928	5.7
	18	ø12	8	116	116	928	8.2
	19	ø8	4	6 114	120	480	1.9
	20	ø8	4	630	630	2520	9.9
	21	ø8	4	330	330	1320	5.2
	22	ø6	20	36 6 48	186	3720	8.3
	23	ø6	164	43 6 48	196	32144	71.3
	24	ø6	164	12 6 18	131	21484	47.7
	25	ø6	20	6 38	50	1000	2.2
						Total+10%:	618.2
						ø6:	142.4
						ø8:	18.7
						ø10:	49.2
						ø12:	65.5
						ø16:	92.8
						ø20:	249.6
						Total:	618.2

Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:100
Escala secciones 1:100
Escala huecos 1:100

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Detalle de viga 8, Porticada B, Planta1ª	Nº PLANO 22
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR:



Elemento	Pos.	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	B 500 S, Ys=1.15 (kg)
Pórtico 8	1	ø10	6	25 / 125	150	900	5.5
	2	ø10	6	25 / 115	140	840	5.2
	3	ø12	8	650	650	5200	46.2
	4	ø20	4	25 / 650	675	2700	66.6
	5	ø16	8	350	350	2800	44.2
	6	ø20	8	365	365	2920	72.0
	7	ø20	4	655 / 25	680	2720	67.1
	8	ø20	2	25 / 350	375	750	18.5
	9	ø10	4	25 / 330	355	1420	8.8
	10	ø10	7	320	320	2240	13.8
	11	ø16	2	220	220	440	6.9
	12	ø10	4	210	210	840	5.2
	13	ø10	4	160	160	640	3.9
	14	ø10	8	325	325	2600	16.0
	15	ø20	1	270	270	270	6.7
	16	ø16	4	350 / 25	375	1500	23.7
	17	ø10	2	165	165	330	2.0
	18	ø10	8	116	116	928	5.7
	19	ø12	8	116	116	928	8.2
	20	ø8	4	6 / 114	120	480	1.9
	21	ø8	4	630	630	2520	9.9
	22	ø8	4	330	330	1320	5.2
	23	ø6	20	38 / 6 / 48	186	3720	8.3
	24	ø6	169	43 / 6 / 48	196	33124	73.5
	25	ø6	169	43 / 6 / 16	131	22139	49.1
	26	ø6	20	6 / 38	50	1000	2.2
					Total+10%:		633.9
					ø6:		146.4
					ø8:		18.7
					ø10:		72.7
					ø12:		59.9
					ø16:		82.3
					ø20:		253.9
					Total:		633.9

Forjado 1
Despiece de vigas
Hormigón: HA-25, Yc=1.5
Acero en barras: B 500 S, Ys=1.15
Acero en estribos: B 500 S, Ys=1.15
Escala pórticos 1:100
Escala secciones 1:100
Escala huecos 1:100

.

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	10/8/21	Jurado Escudero,Daniel		
COMPROBADO				

ESCALA: 1:100	**Estudio sobre la influencia de la variación sísmica en el comportamiento sismorresistente de edificios proyectados en la ciudad de Jaén** Detalle de viga 8, Porticada C, Planta1ª	Nº PLANO 23
		SUSTITUYE A:
		SUSTITUIDO POR: