

ÍNDICE

<u>ANEXO 1: MODELIZACIÓN FORJADO EN NX-IDEAS</u>	<u>2</u>
<u>ANEXO 2: MODELIZACIÓN HUECO ESCALERA EN NX-IDEAS</u>	<u>6</u>
<u>ANEXO 3: ESTÁTICA – HIPÓTESIS DE CARGAS (DBSE-AE)</u>	<u>12</u>
<u>ANEXO 4: ESTÁTICA – COMBINACIÓN DE ACCIONES (DBSE)</u>	<u>16</u>
<u>ANEXO 5: DINÁMICA – DETERMINACIÓN ESPECTRO DE RESPUESTA (NCSE-02)</u>	<u>19</u>
<u>ANEXO 6: DINÁMICA – COMBINACIÓN DE ACCIONES (DBSE)</u>	<u>21</u>
<u>ANEXO 7: DETERMINACIÓN DE MASAS PARA EL MODELO DINÁMICO</u>	<u>22</u>
<u>ANEXO 8: MODOS DE VIBRACIÓN</u>	<u>23</u>
<u>ANEXO 9: PRONTUARIO PERFILERIA UTILIZADA</u>	<u>49</u>
<u>ANEXO 10: CÁLCULO CIMENTACIÓN</u>	<u>51</u>
<u>ANEXO 11: CÁLCULO UNIONES ATORNILLADAS</u>	<u>54</u>
<u>ANEXO 12: CÁLCULO UNIÓN PLACA BASE</u>	<u>55</u>
<u>ANEXO 13: CARTELAS – MÓDULO RESISTENTE</u>	<u>57</u>
<u>ANEXO 14: ESTÁTICA – DIAGRAMAS DE DESPLAZAMIENTOS EN VIGAS Y VIGUETAS</u>	<u>59</u>
<u>ANEXO 15: DINÁMICA - DIAGRAMAS DE DESPLAZAMIENTOS EN VIGAS Y VIGUETAS</u>	<u>66</u>
<u>ANEXO 16: RESULTADOS CIMENTACIÓN</u>	<u>72</u>
<u>ANEXO 17: CÁLCULOS UNIONES VIGA-PILAR Y VIGA-VIGUETA</u>	<u>85</u>
<u>ANEXO 18: CÁLCULOS UNIÓN PLACA BASE</u>	<u>92</u>

Anexo 1: Modelización forjado en NX-Ideas

Subdividir cada paño de 6m en 12 partes de 0.5m para poder crear una malla de forjado de 0.5x0.5m

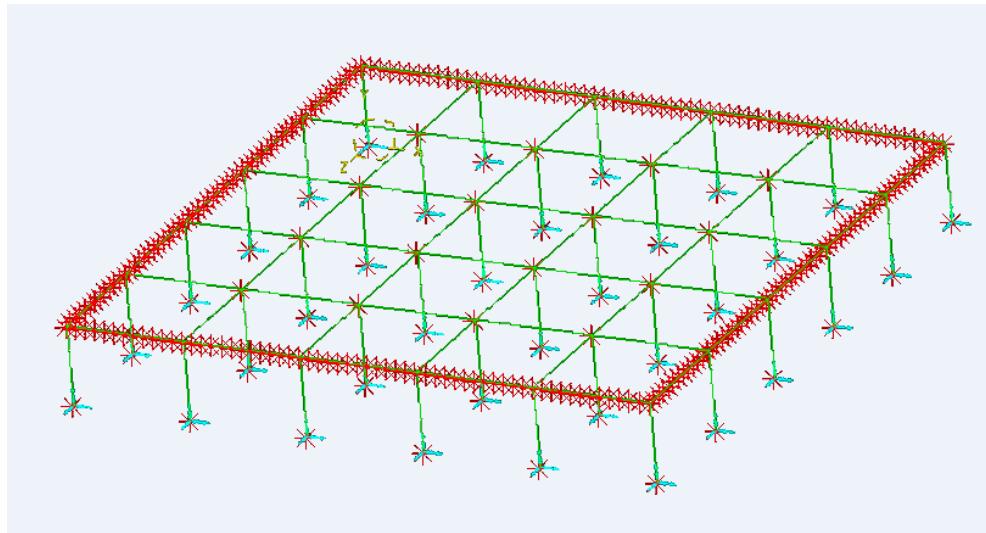


Fig 1 Vista isométrica subdivisión de los nodos

Para introducir la sección del forjado utilizaremos una aproximación, a partir de un elemento lámina de sección rectangular. Este elemento va a tener un espesor equivalente (e_{eq}), que se calculará a partir de unas ecuaciones que mantengan la semejanza completa de la sección del forjado.

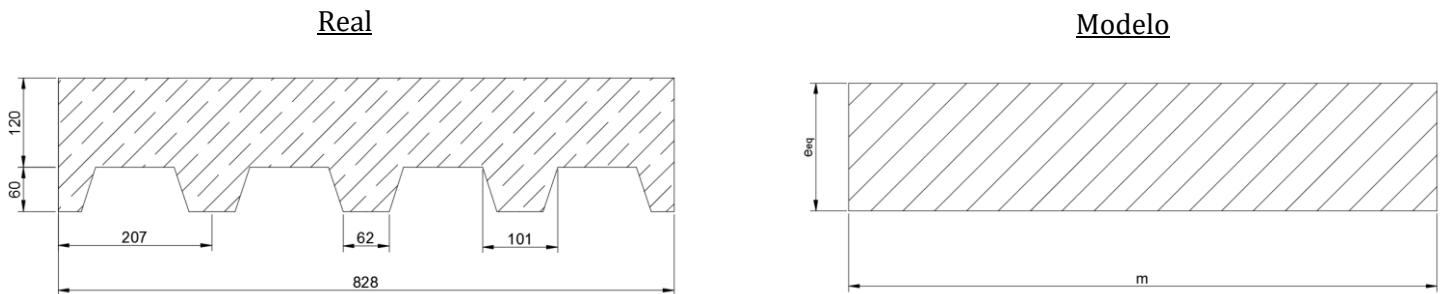
El parámetro “m” es el módulo dado por el fabricante, en nuestro caso Catálogo Arval m=858mm. Este módulo será el mismo tanto para el forjado real como para el modelo, de esta manera se podrá realizar la equivalente del área del forjado real en el rectángulo del modelo.

$$I_{eq} = \frac{m \cdot e_{eq}^3}{12} \quad A_{eq} = m \cdot e_{eq}$$

No se pueden igualar $I_{eq}=I$ $A_{eq}=A$ del real al modelo, ya que al hacer esto obtendríamos dos valores distintos para e_{eq} . Para que esto no pase, es necesario añadir otra componente, el módulo elástico (E_c) del hormigón.

$$E_c = 8500 \cdot \sqrt[3]{f_{cm}} = 8500 \cdot \sqrt[3]{30(MPa) + 8} = 28576,791MPa$$

f_{cm} Resistencia media a compresión siendo $f_{cm} = f_{ck} + 8$

Axil $E_c \cdot A$ Flexión $E_c \cdot I$ Axil $E_{eq} \cdot A_{eq} \rightarrow E_{eq} \cdot m \cdot e_{eq}$ Flexión $E_{eq} \cdot I_{eq} \rightarrow E_{eq} \cdot \frac{m \cdot e_{eq}^3}{12}$

$$\begin{cases} E_{eq} \cdot m \cdot e_{eq} = E_c \cdot A \\ E_{eq} \cdot \frac{m \cdot e_{eq}^3}{12} = E_c \cdot I \end{cases}$$

$$E_{eq} = \frac{E_c \cdot A}{m \cdot e_{eq}}$$

$$\frac{e_{eq}^2}{12} = \frac{I}{A} \rightarrow e_{eq} = \sqrt{\frac{12 \cdot I}{A}} \rightarrow \begin{cases} A_{eq} = e_{eq} \cdot m \\ I_{eq} = \frac{m \cdot e_{eq}^3}{12} \end{cases}$$

Parámetros equivalentes

Unidades

E_{eq}	25819 MPa
e_{eq}	15,89 cm
A_{eq}	1316.21 cm ²
I_{eq}	27716.665 cm ⁴
ρ_{eq}	2258.74 kg/m ³

Tabla 1 Parámetros resultantes forjado

La densidad equivalente se obtendrá haciendo el ratio de áreas

$$\rho_{eq} = \rho \cdot \frac{A}{A_{eq}} = 2500 \cdot \frac{1189.2}{1316.21}$$

Anexo 1

En "Physical properties" creamos un nuevo elemento de tipo "Thin Shell" con el e_{eq} que hemos calculado anteriormente (160 mm)

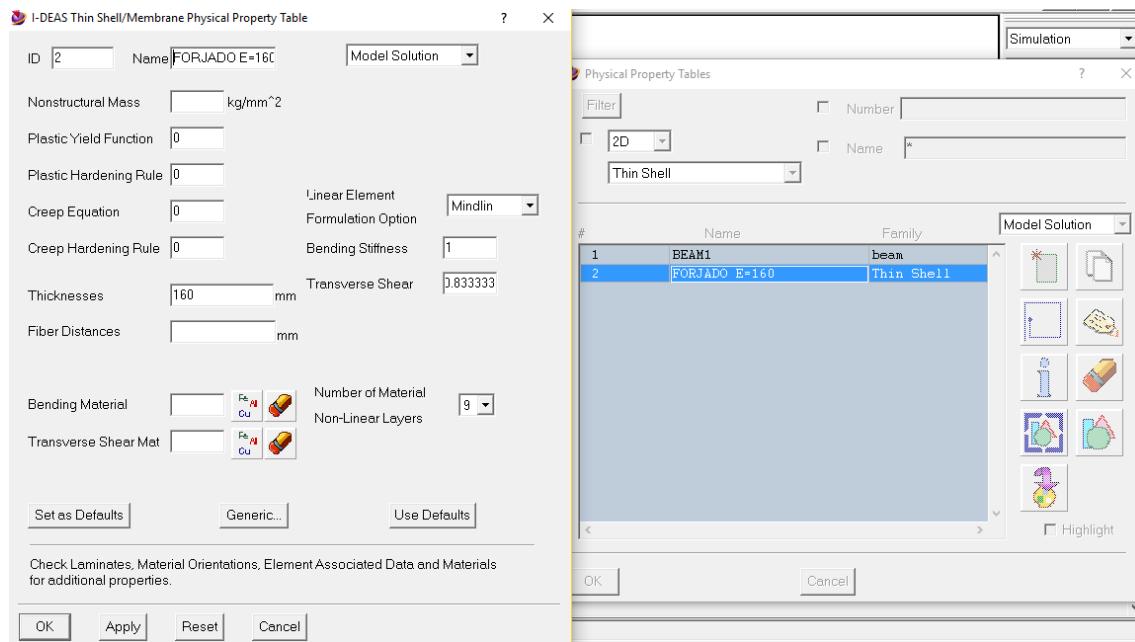


Fig 2 Detalle apartado "physical property table"

Creamos un nuevo elemento con el nuevo tipo que hemos añadido, seleccionando los 4 nodos de tamaño 0.5x0.5m, repetimos esta operación tantas veces como el tamaño del forjado que queremos crear. Dejamos en el centro un espacio para el hueco de la escalera y ascensores. Haciendo esto obtenemos lo siguiente:

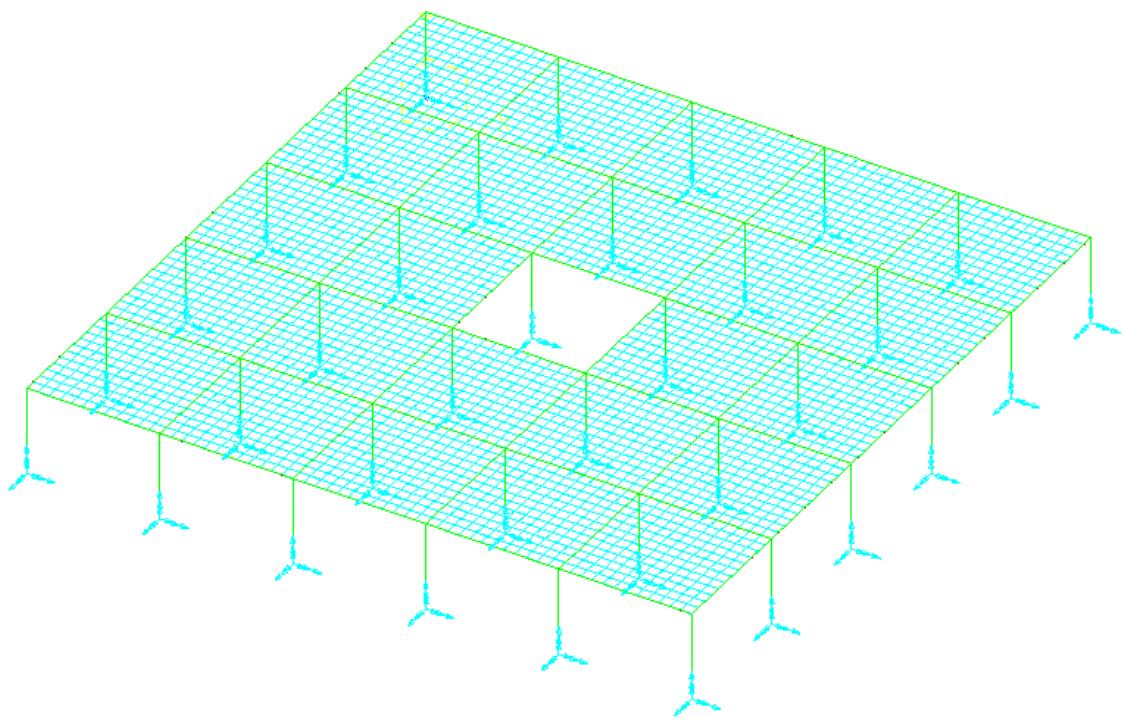


Fig 3 Vista isométrica forjado inicial

Anexo 2: Modelización hueco escalera en NX-Ideas

El edificio estará constituido por dos escaleras simétricas a los lados de las entradas de los ascensores, donde el primer tramo de las escaleras hasta el primer rellano es más corto, para que a la altura del rellano haya espacio suficiente de unos 2m, entre el rellano y el forjado, para una persona. La anchura de las escaleras será de 1m suficiente para el paso de varias personas a la vez. El hueco de los ascensores albergará 4 ascensores, dos en una dirección y los otros restantes en la otra.

Una vez comentadas las características generales del hueco de ascensores y escaleras, queda detallar que existen dos configuraciones de escaleras que son las siguientes:

	Distancia entre forjados (m)	Alturas (m) Primer tramo - Segundo tramo	Nº peldaños Primer tramo - Segundo tramo	Huella - Contrahuella (cm)
Planta Baja	4	1,6 - 2,4	8 - 12	30 - 20
Resto de plantas	3.5	1,26 - 2,24	9 - 16	22 - 14

Tabla 2 Configuración de escaleras

Inicialmente se distribuyen los nodos que van a definir el mallado del hueco de ascensores. Se utilizará una malla de 250 x 250 mm tanto para el hueco de ascensores como para la escalera.

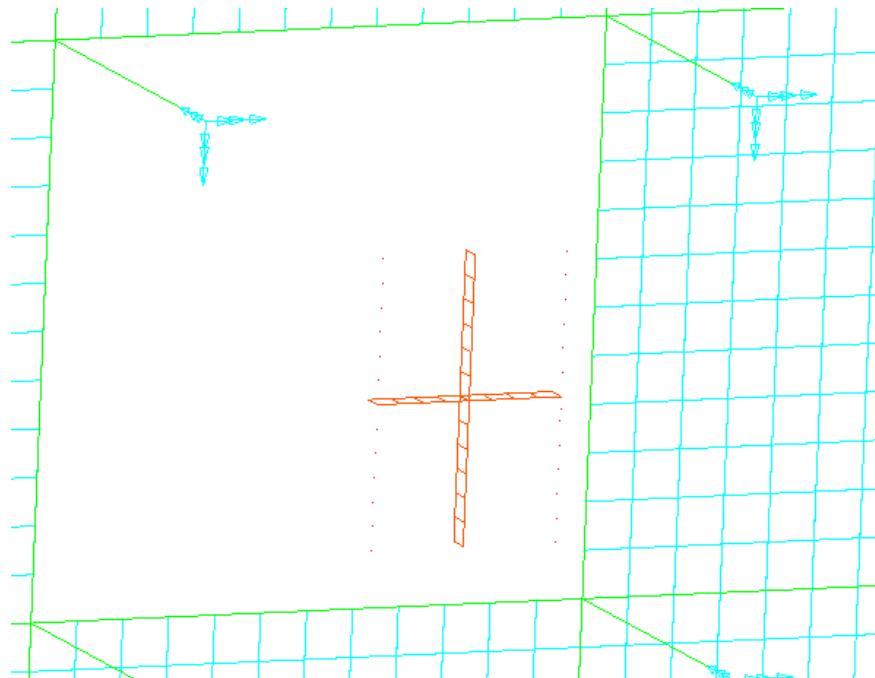


Fig 4 Vista hueco de ascensores

Para el mallado de las zonas laterales donde se encontrarán las escaleras, es necesario definir unos nodos intermedios correspondientes a la localización de la escalera. En las zonas donde tengamos más de 4 nodos como es el caso de la figura ... , dividiremos la malla cuadrada habitual en 2 triángulos y un trapecio. Ya que no podemos ignorar el paso de la escalera y es necesario mostrar que hay puntos en común entre el hueco del ascensor y la escalera, para mostrar que existe una unión entre ambos elementos. Para definir la escalera se empleará la línea media.

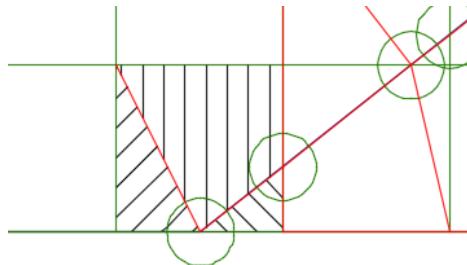


Fig 5 Detalle unión malla ascensor con malla escalera

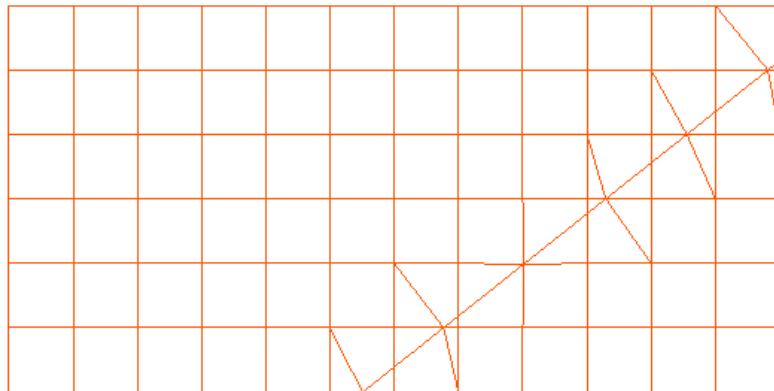


Fig 6 Plano YZ - 1º tramo escalera malla a 0.25x0.25m

Anexo 2

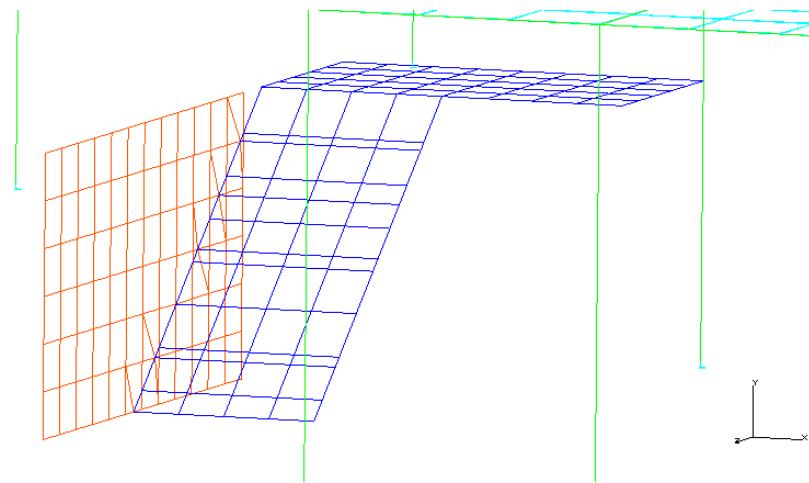


Fig 7 Vista Isométrica terminación 1º tramo y rellano

Para la unión del fin de escalera con malla 250 mm con forjado de malla 500 mm, dividimos las mallas que se unen con la escalera en 3 triángulos.

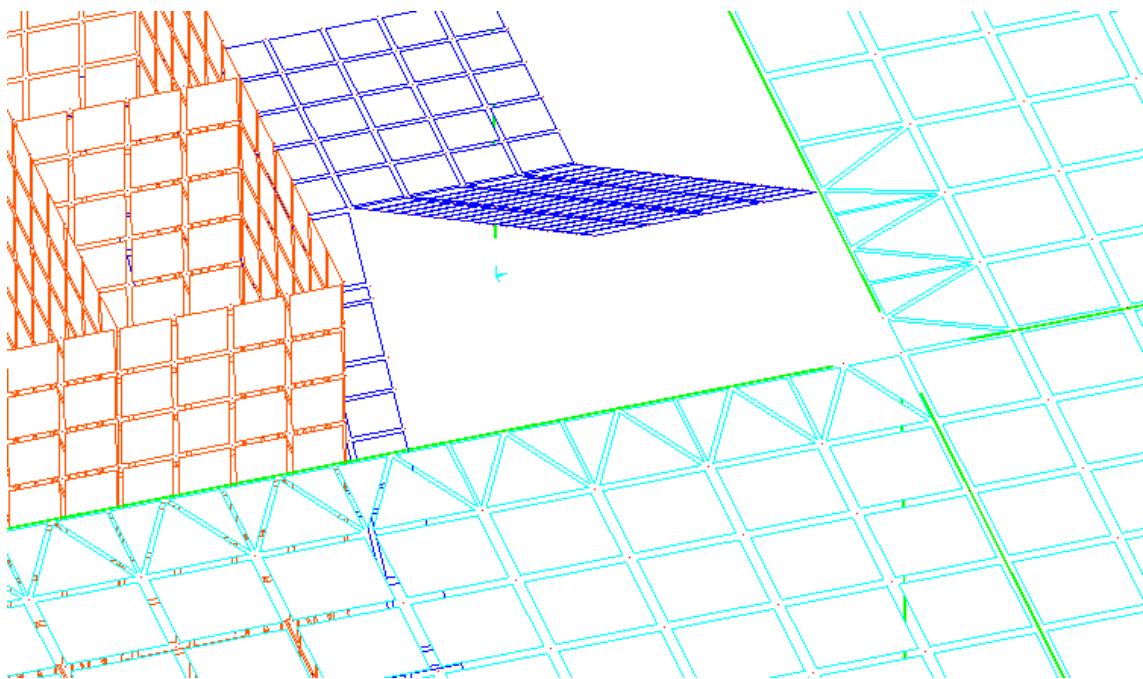


Fig 8 Vista isométrica terminación 2ºtramo

Anexo 2

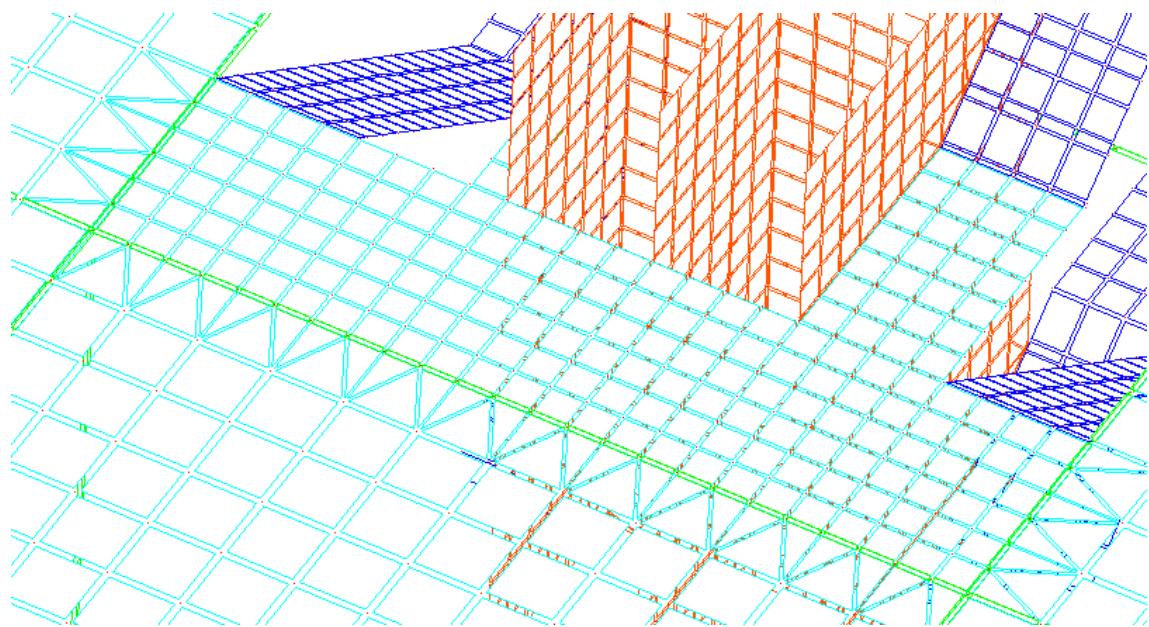


Fig 9 Vista malla de rellano y escalera primera planta

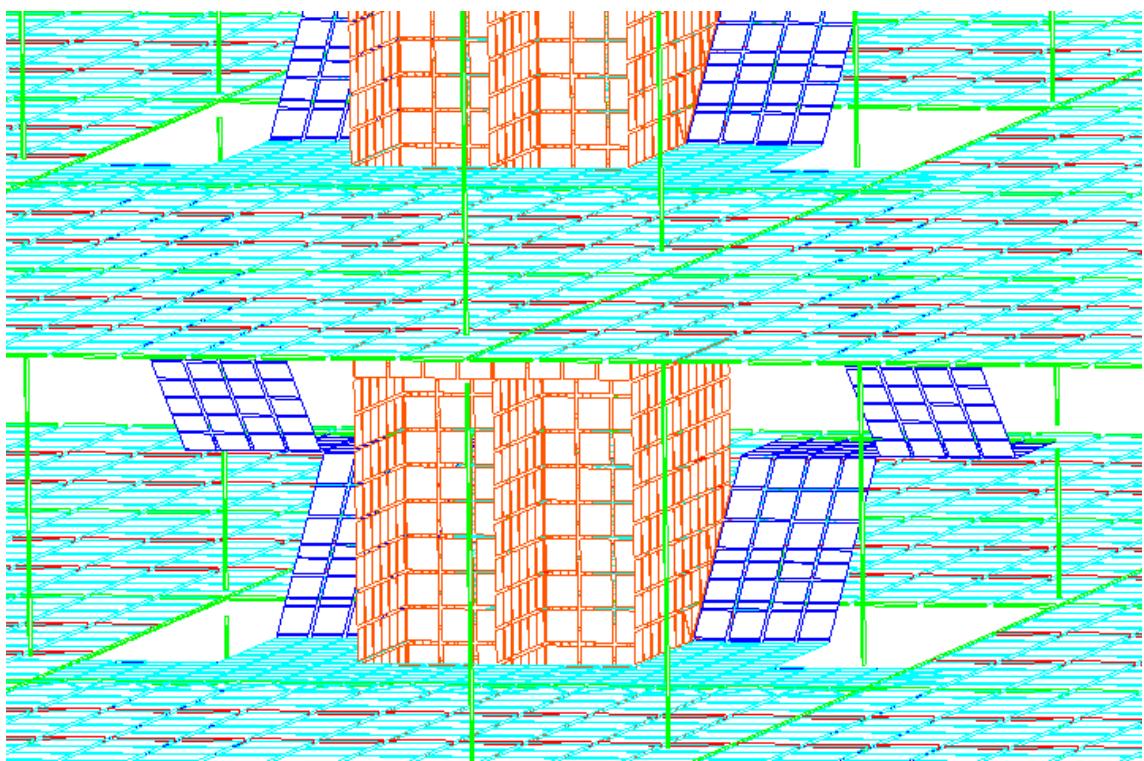


Fig 10 Vista entre plantas

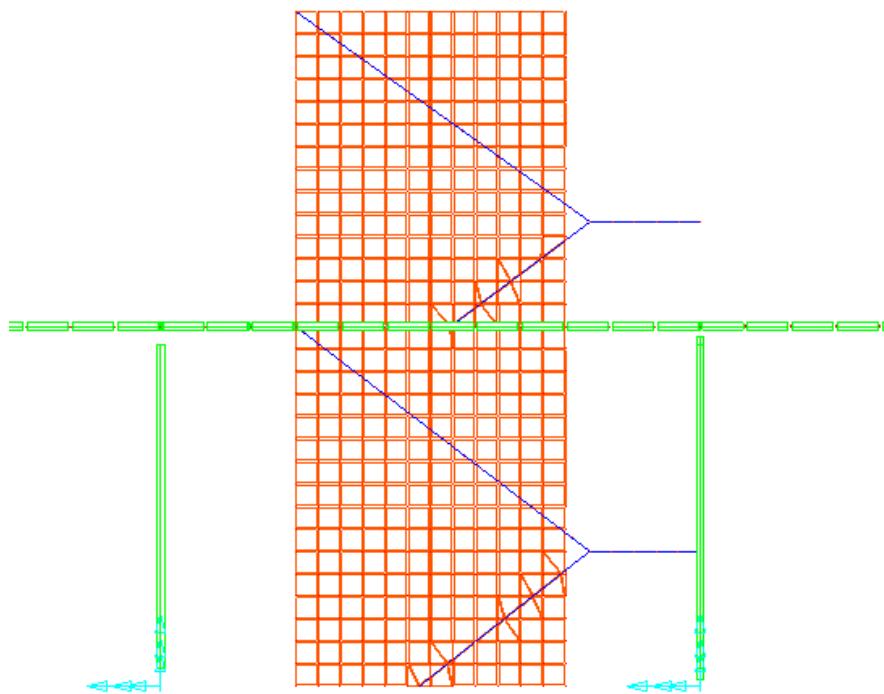


Fig 11 Plano YZ detalle mallado escalera

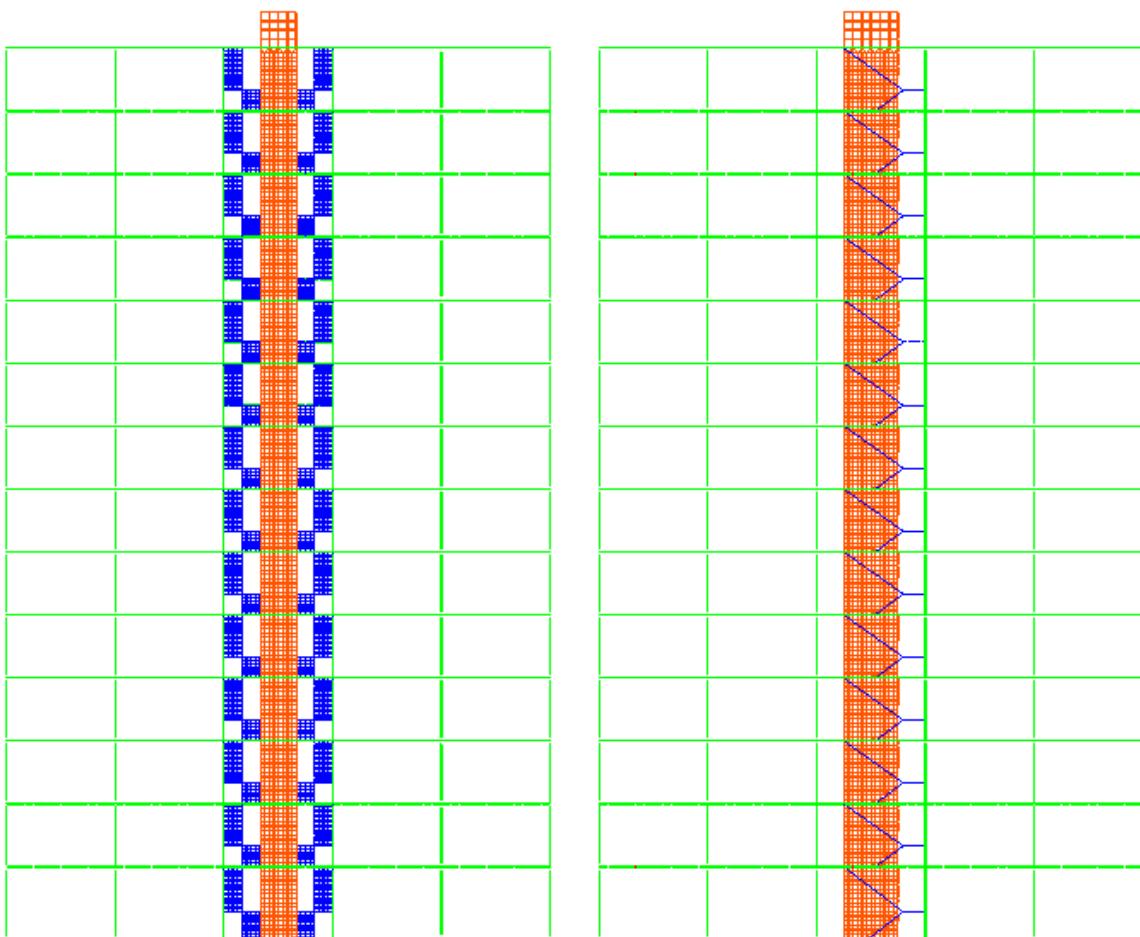


Fig 12 Vista XY (izq), YZ (der) edificio resultante

Anexo 3: Estática – Hipótesis de cargas (DBSE-AE)

Utilizaremos el Documento Básico de Seguridad Estructural-Acciones en la Edificación (DBSE-AE) para determinar las acciones a las que va estar sometido el edificio, y verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio.

Acciones permanentes

1. Peso propio

Variará dependiendo de las vigas que se utilicen, este cálculo lo realizará automáticamente el programa. El forjado también será introducido por el propio programa.

Se añadirá el peso de la tabiquería exterior en el perímetro del edificio en todas las plantas.

Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7

Fig 13 Peso propio de elementos constructivos cerramientos, DBSE-AE

También habrá que añadir el peso del suelo, del falso techo e instalaciones

Materiales y elementos	Peso kN/m ²	Materiales y elementos	Peso kN/m ²
Baldosa hidráulica o cerámica (incluyendo material de agarre)		Linóleo o loseta de goma y mortero	
0,03 m de espesor total	0,50	20 mm de espesor total	0,50
0,05 m de espesor total	0,80	Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles	0,40
0,07 m de espesor total	1,10	Tarima de 20 mm de espesor rastreles recibidos con peso	0,30
Corcho aglomerado tarima de 20 mm y rastrel	0,40	Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80

Fig 14 Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación, DBSE-AE

Falso techo de escayola → 0,2kN/m²

Instalaciones colgadas → 0,2kN/m²

Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recocido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5

Fig 15 Peso propio de elementos constructivos cubierta, DBSE-AE

Acciones variables1. Sobrecarga de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privatamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾ ⁽⁶⁾	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
			Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Fig 16 Valores característicos de las sobrecargas de uso, DBSE-AE

2. Viento

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

q_b : presión dinámica del viento \rightarrow 0.5kN/m²

c_e : coeficiente de exposición \rightarrow 2.4

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	
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0	

Fig 17 Valores del coeficiente de exposición C_e , DBSE-AE

c_p : coeficiente de presión

Esbeltez : relación entre la máxima altura sobre rasante y el fondo en la dirección del viento.

$$\text{Esbeltez del edificio: } \lambda = \frac{\text{Altura}}{\text{longitud}} = \frac{4+3.5 \cdot 12}{30} = 1,53$$

	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

Fig 18 Coeficiente eólico en edificios de pisos, DBSE-AE

En esta misma sección del documento básico, hay un punto que tenemos que aplicar al tener cubierta plana, que dice lo siguiente:

“En edificios con cubierta plana la acción del viento sobre la misma, generalmente de succión, opera habitualmente del lado de la seguridad, y se puede despreciar”.

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Pilares centrales

$V1(\text{presión}) = (0.5 \cdot 2.4 \cdot 0.8) \cdot \text{Modularidad} = 0.96 \text{ kN/m}^2 \cdot 6 \text{ m} = 5.76 \text{ kN/m}$

$V2(\text{succión}) = (0.5 \cdot 2.4 \cdot (-0.6)) \cdot \text{Modularidad} = -0.72 \text{ kN/m}^2 \cdot 6 \text{ m} = -4.32 \text{ kN/m}$

Pilares extremos

$V1(\text{presión}) = (0.5 \cdot 2.4 \cdot (-0.6)) \cdot \text{Modularidad} = 0.96 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m} = 2.88 \text{ kN/m}$

$V2(\text{succión}) = (0.5 \cdot 2.4 \cdot (-0.6)) \cdot \text{Modularidad} = -0.72 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m} = -2.16 \text{ kN/m}$

La carga de viento iría al cerramiento, pero como no lo tenemos introducido, la carga la introducimos directamente en los pilares. Teóricamente habría que incluir la carga de

viento en dos direcciones, pero como el edificio es cuadrado y se va a comportar parecido, le introducimos la carga de viento de presión en una dirección y la de succión en la cara opuesta.

3. Carga de nieve

Según el DBSE-AE punto 3.5.1

“En cubiertas planas de edificios de pisos situados en localidades de altitud inferior a 1.000 m, es suficiente considerar una carga de nieve de 1,0 kN/m². En otros casos o en estructuras ligeras, sensibles a carga vertical, los valores pueden obtenerse como se indica a continuación.”

Cumple los dos requisitos:

- Cubierta plana
- Altitud de Granada 690m < 1000m

De tal forma que la carga de nieve será: $q_n = 1 \text{ kN/m}^2$

Anexo 4: Estática – Combinación de acciones (DBSE)

Para realizar la combinación de acciones en el caso del estudio estático, habrá que tener en cuenta el primer punto de la norma DB-SE. Debe adoptarse el caso más desfavorable, es decir, aquella combinación de cargas, condiciones de rigidez y de resistencia que actúan sobre la estructura que originen mayores secciones.

Se establecerá un estado límite último (deformaciones) y un estado límite de servicio (desplazamientos). Esto se realizará con un conjunto de acciones compatibles entre sí actuando en una determinada situación para prever las posibles situaciones de carga a las que la estructura va a verse sometida durante su vida útil. Para esto combinaremos las distintas acciones que actúan sobre la estructura, teniendo en cuenta su importancia y efecto, a partir de unos parámetros que ponderarán a cada acción.

- 1) Valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondientes a una situación persistente o transitoria.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

La resistencia y la estabilidad frente a las acciones a las que se verá sometida y la aptitud al servicio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles. Para ello se establecerá un estado límite último (deformaciones) y un estado límite de servicio (desplazamientos). Esto se realizará con un conjunto de acciones compatibles entre sí actuando en una determinada situación para prever las posibles situaciones de carga a las que la estructura va a verse sometida durante su vida útil. Para esto combinaremos las distintas acciones que actúan sobre la estructura, teniendo en cuenta su importancia y efecto, a partir de unos parámetros que ponderarán a cada acción.

Estados límites de servicio

Los estados límite de servicio son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento de del edificio o a la apariencia de la construcción.

A partir de la tabla de la **figura** obtenemos los coeficientes de simultaneidad para realizar la combinación de acciones. En este primer caso de límite de servicio emplearemos los valores para ψ_0

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

Fig 19 Coeficientes de simultaneidad caso estático, DBSE

Coeficientes parciales para las acciones: $\gamma_G = \gamma_{G*} = \gamma_a = 1$

Persistente o transitoria:

- 1) $1 \cdot Q_{pp} + 1 \cdot Q_{su} + 1 \cdot 0.5 \cdot Q_n + 1 \cdot 0.6 \cdot Q_v$
- 2) $1 \cdot Q_{pp} + 1 \cdot Q_n + 1 \cdot 0.7 \cdot Q_{su} + 1 \cdot 0.6 \cdot Q_v$
- 3) $1 \cdot Q_{pp} + 1 \cdot Q_v + 1 \cdot 0.7 \cdot Q_{su} + 1 \cdot 0.5 \cdot Q_n$

Según DBSE-AE "Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables."

Teniendo en cuenta que el desplazamiento máximo permitido es:

- Desplazamiento vertical de una planta $u_{max}^{vertical} = \frac{L}{400} = \frac{6000mm}{400} = 15mm$
- Desplazamiento horizontal:
 - a) Desplome total: $\frac{1}{500} \cdot H_{edificio} = \frac{1}{500} \cdot 46000mm = 92mm$
 - b) Desplome local: $\frac{1}{250} \cdot H_{planta3.5} = \frac{1}{250} \cdot 3500mm = 14mm$
 - c) Desplome local: $\frac{1}{250} \cdot H_{planta4} = \frac{1}{250} \cdot 4000mm = 16mm$

Estado Límite Último

Los estados límite últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo.

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
Estabilidad	Variable	1,50	0
		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
...	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
...	Variable	1,50	0

Fig 20 Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, DBSE

Coeficientes parciales para las acciones: $\gamma_G = 1.35$ $\gamma_{G*} = \gamma_a = 1.5$

$$\text{CA-H1} \rightarrow 1.35 \cdot Q_{pp} + 1.5 \cdot Q_{su} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Q_v + 1.5 \cdot 0.5 \cdot Q_n$$

$$\text{CA-H2} \rightarrow 1.35 \cdot Q_{pp} + 1.5 \cdot Q_n + 1.5 \cdot 0.7 \cdot Q_{su} + 1.5 \cdot 0.6 \cdot Q_v$$

$$\text{CA-H3} \rightarrow 1.35 \cdot Q_{pp} + 1.5 \cdot Q_v + 1.5 \cdot 0.7 \cdot Q_{su} + 1.5 \cdot 0.5 \cdot Q_n$$

Anexo 5: Dinámica – Determinación espectro de respuesta (NCSE-02)

El estudio dinámico, realizado en el dominio del tiempo o de la frecuencia, debe hacerse a partir de acelerogramas representativos del movimiento del suelo. Para ello, se requiere escalar convenientemente los acelerogramas elegidos. En concreto lo ha de ser con el espectro de respuesta elástica y con la aceleración sísmica de cálculo.

1. Aceleración sísmica de cálculo

$$a_{sc} = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Siendo:

a_b : Aceleración sísmica básica $\rightarrow 0,24 \text{ g}$ (Granada)

ρ : Coeficiente adimensional de riesgo \rightarrow construcciones de importancia normal $\rho = 1$

S: Coeficiente de amplificación del terreno

Para $0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$

$$S = \frac{c}{1,25} + 3,33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{c}{1,25} \right) = 1.032$$

Siendo:

C: coeficiente del terreno \rightarrow Tipo 2 , coeficiente C= 1.3

Obtenemos una aceleración sísmica de $a_{sc}=0.2476 \text{ g}$

2. Espectro de respuesta elástica

La Norma establece un espectro normalizado de respuesta elástica en la superficie libre del terreno (Fig) para aceleraciones horizontales, correspondiente a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5% respecto al crítico, definido por los siguientes valores:

$$\begin{array}{ll} \text{Si } T < T_A & \alpha(T) = 1 + 1,5 \cdot T/T_A \\ \text{Si } T_A \leq T \leq T_B & \alpha(T) = 2,5 \\ \text{Si } T > T_B & \alpha(T) = K \cdot C/T \end{array}$$

Siendo:

$\alpha(T)$: Valor del espectro normalizado de respuesta elástica

T: Periodo propio de oscilador en segundos

K: Coeficiente de contribución $\rightarrow K=1$

C: Coeficiente del terreno $\rightarrow C=1.3$ terreno tipo II

T_A, T_B : Periodos característicos del espectro de respuesta, de valores:

$$T_A = K \cdot C/10 = 0.13$$

$$T_B = K \cdot C/2,5 = 0.52$$

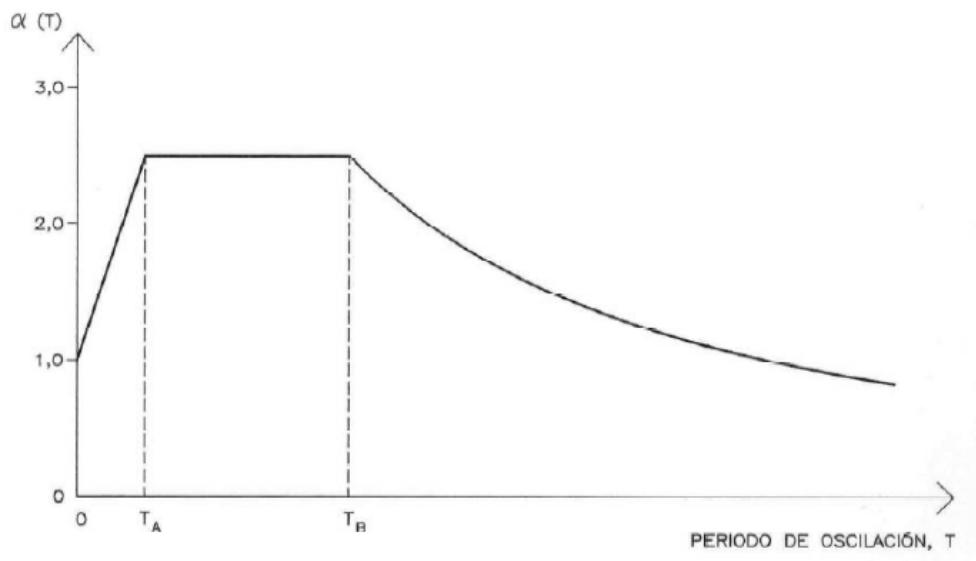


Fig 21 Espectro de respuesta elástica, (NCSE-02)

Desarrollando las ecuaciones anteriores en una hoja Excel, obtenemos el espectro de respuesta elástica de nuestro terreno (Fig)

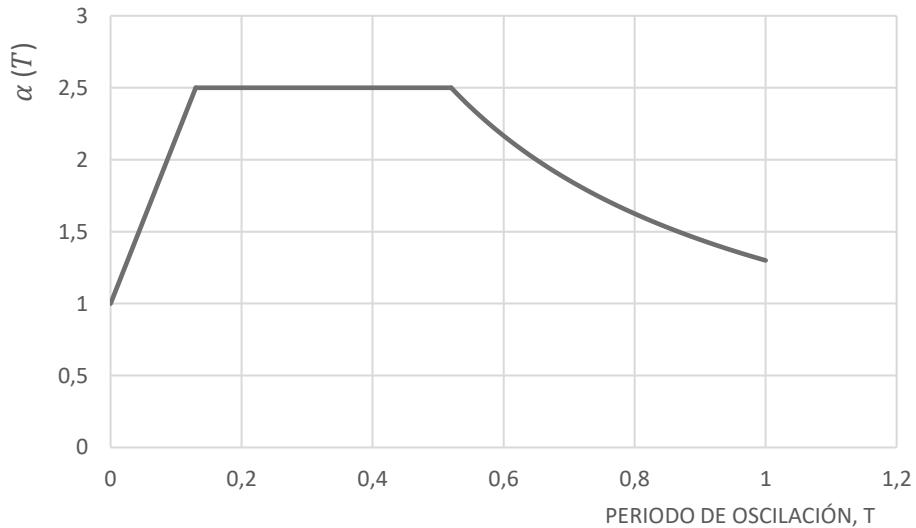


Fig 22 Espectro de respuesta elástica del modelo

Anexo 6: Dinámica – Combinación de acciones (DBSE)

Para realizar la combinación de acciones en el caso del estudio dinámico, habrá que tener en cuenta el tercer punto de la norma DB-SE. Debe adoptarse el caso más desfavorable, es decir, aquella combinación de cargas condiciones de rigidez y de resistencia que actúan sobre la estructura que originen mayores secciones.

- 3) En los casos en los que la acción accidental sea la acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$H1d = Q_{pp} + \text{Modo 1} (a_c) + 0.6 \cdot Q_{su}$$

$$H2d = Q_{pp} + \text{Modo 2} (a_c) + 0.6 \cdot Q_{su}$$

$$H3d = Q_{pp} + \text{Modo 3} (a_c) + 0.6 \cdot Q_{su}$$

Como podemos ver en la **Fig** las cargas de viento y nieve no actúan en la estructura para realizar el cálculo.

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes \leq 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

Fig 23 Coeficientes de simultaneidad caso dinámico, DBSE

Anexo 7: Determinación de masas para el modelo dinámico

El estudio dinámico para calcular las frecuencias, se realizará a partir del NX-Ideas. Es necesario que contemple las masas del modelo, en el estático algunas masas eran traducidas a cargas (tabiquería exterior, suelo falso, techo, instalaciones, cubierta), pero en el dinámico no valen como cargas. Será necesario añadirlas como masas. Para hacer esto existen varias posibilidades:

- El programa tiene la posibilidad de definir elementos de masa puntuales.
 - o Meshing -Element -lumped mass
- Siguiendo un proceso similar como hicimos en la equivalencia del forjado. Definimos un material especial para las vigas del cerramiento, de forma que la densidad de ese material sea la suma de la masa de la vigas más la carga del cerramiento.

Utilizaremos la primera opción, que es el método más sencillo. Vamos a sustituir las fuerzas del todos los elementos no resistentes, pero que si tienen masa, con lo cual influyen en las frecuencias, ya que las frecuencias dependen de la rigidez y la masa. Entonces se reducen esas cargas a puntos de masas, a partir de las cargas que hemos definido en el estático.

$$\text{Carga lineal} \rightarrow \frac{Q(kN/m) \cdot \text{Longitud (m)} \cdot 1000}{\text{Nodos} \cdot 9,8 (m/s^2)} = \text{Kg/nodo}$$

$$\text{Carga distribuida} \rightarrow \frac{Q(kN/m^2) \cdot \text{Área (m}^2\text{)} \cdot 1000}{\text{Nodos} \cdot 9,8 (m/s^2)} = \text{Kg/nodo}$$

	Carga lineal (kN/m)	Carga distribuida (kN/m ²)	Longitud (m)	Área (m ²)	Nodos	Kg/nodo
Cerramiento - tabiqueria exterior	5		120	-	240	255,10
Cerramiento - tabiqueria interior	5		13	-	28	236,88
Forjado - suelo,falso techo e intalaciones	-	1,2	-	864	3602	29,37
Zona escalera - suelo,falso techo e intalaciones	-	1,2	-	15,45	309	6,12
Cubierta	-	2,5	-	864	3704	59,51

Tabla 3 Cálculo de kg/nodo por planta y en cubierta

Anexo 8: Modos de vibración

A partir del programa NX-Ideas obtendremos los modos de vibración de la estructura, se van a detallar 25 modos, aunque realmente solo emplearemos 3 modos para el estudio.

Para la obtención de estos modos el programa utilizará el método de Lanczos como método iterativo para encontrar los valores propios. En la **tabla** se encuentra un resumen de las frecuencias de vibración de cada modo.

Modo	w (Hz)	Modo	w (Hz)	Modo	w (Hz)
1	0.433	10	4348	19	5.886
2	0.47	11	4.409	20	5.994
3	0.651	12	4.461	21	6.19
4	1.579	13	4.543	22	6.257
5	1.731	14	5.024	23	6.269
6	2.175	15	5.049	24	6.423
7	3.237	16	5.207	25	6.85
8	3.60	17	5.219		
9	4.151	18	5.289		

Tabla 4 Frecuencias de cada modo de vibración

El primer modo que se obtiene es siempre el más representativo, en este caso se trata de un modo a flexión en XY. Para elegir los dos modos restantes, nos fijaremos en que también contengan vibración como flexión en XY, como ocurren en los modos 4 y 7 de segundo y tercer grado de flexión en XY respectivamente.

Modo 1

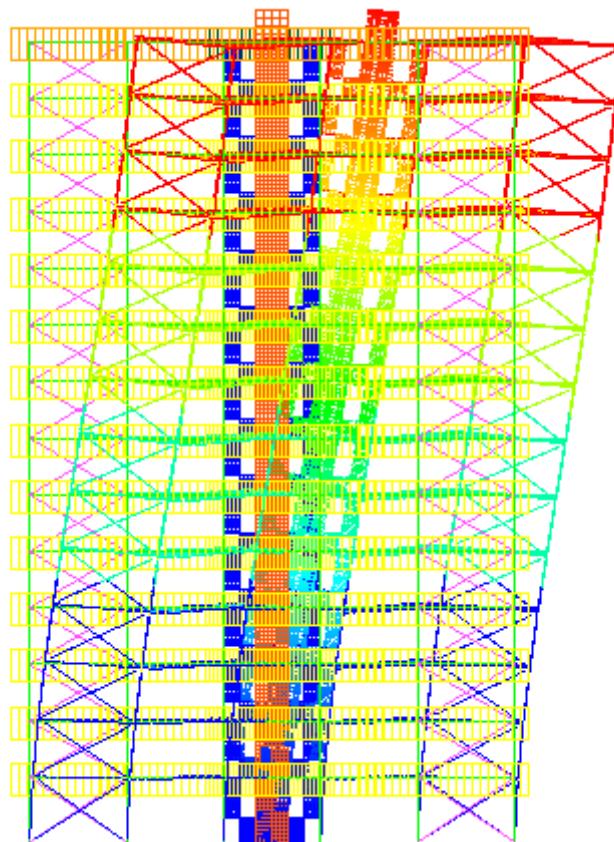


Fig 24 Flexión XY, 1ºModo de vibración 0.433Hz

Modo 2

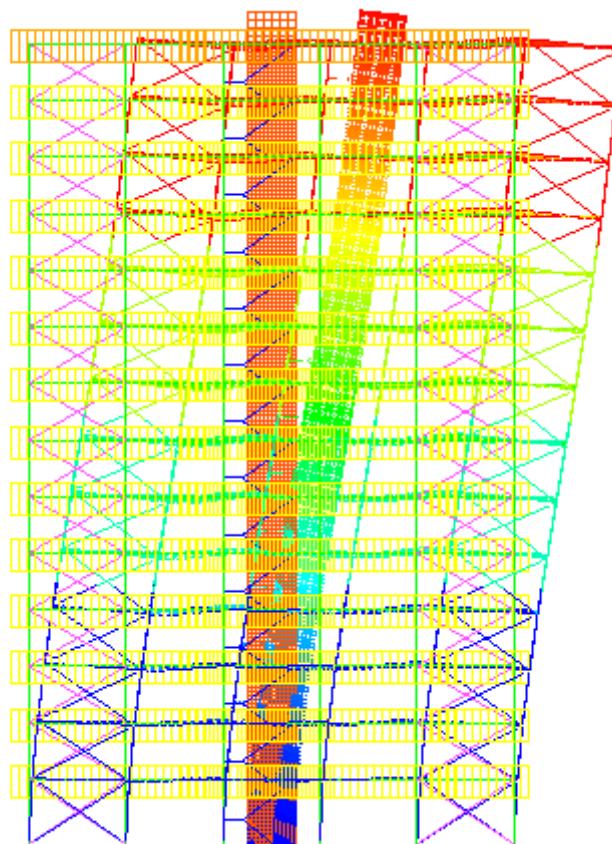


Fig 25 Flexión YZ, 2ºModo de vibración 0.47Hz

Modo 3

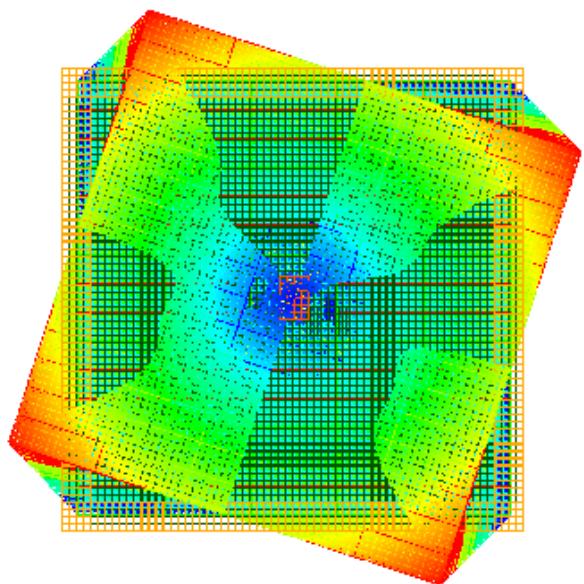
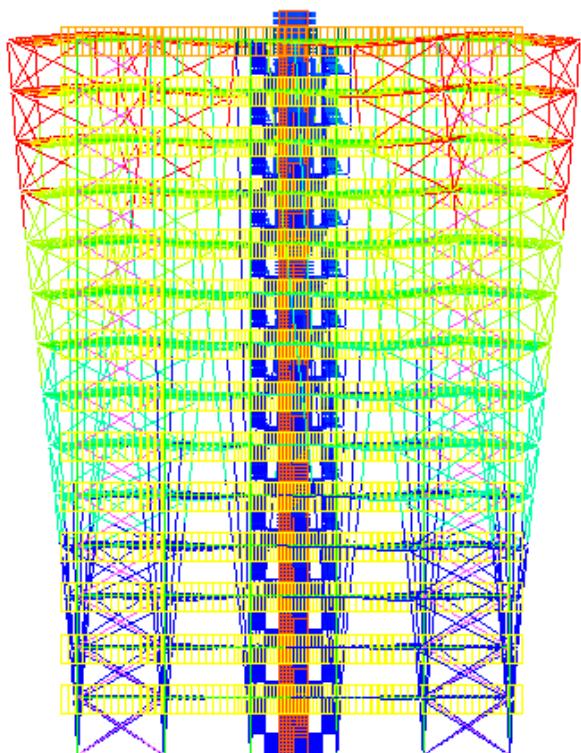


Fig 26 Torsión YZ - XZ, 3ºModo de vibración 0.651Hz

Modo 4

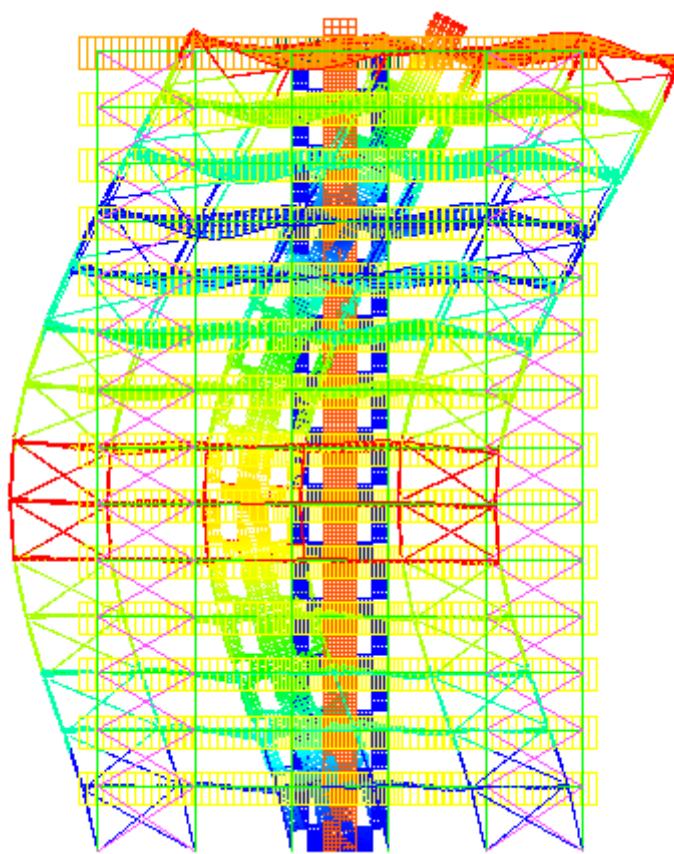


Fig 27 2º Grado flexión XY, 4º Modo de vibración 1.57 Hz

Modo 5

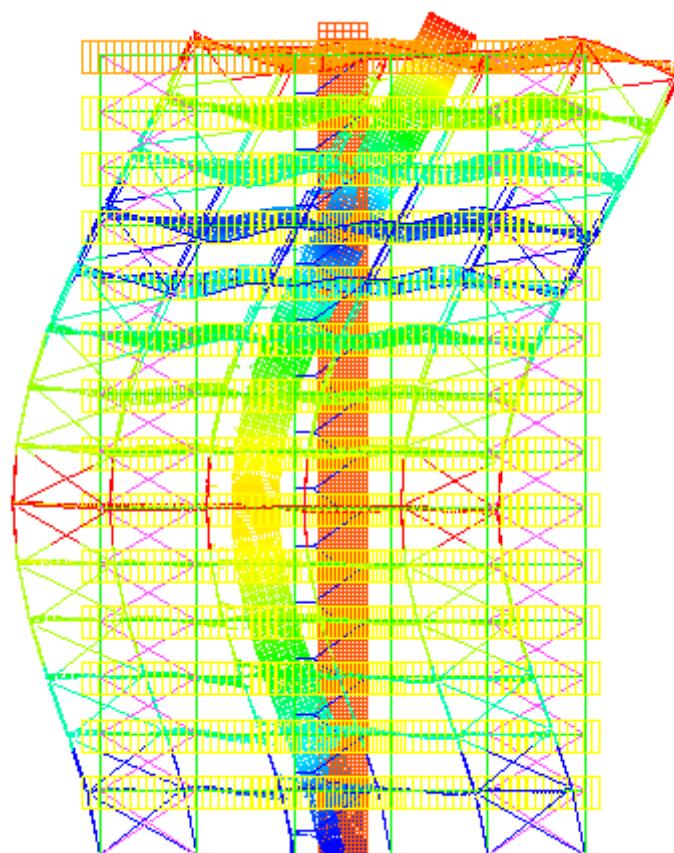


Fig 28 2º Grado flexión YZ, 5º Modo de vibración 1.731 Hz

Modo 6

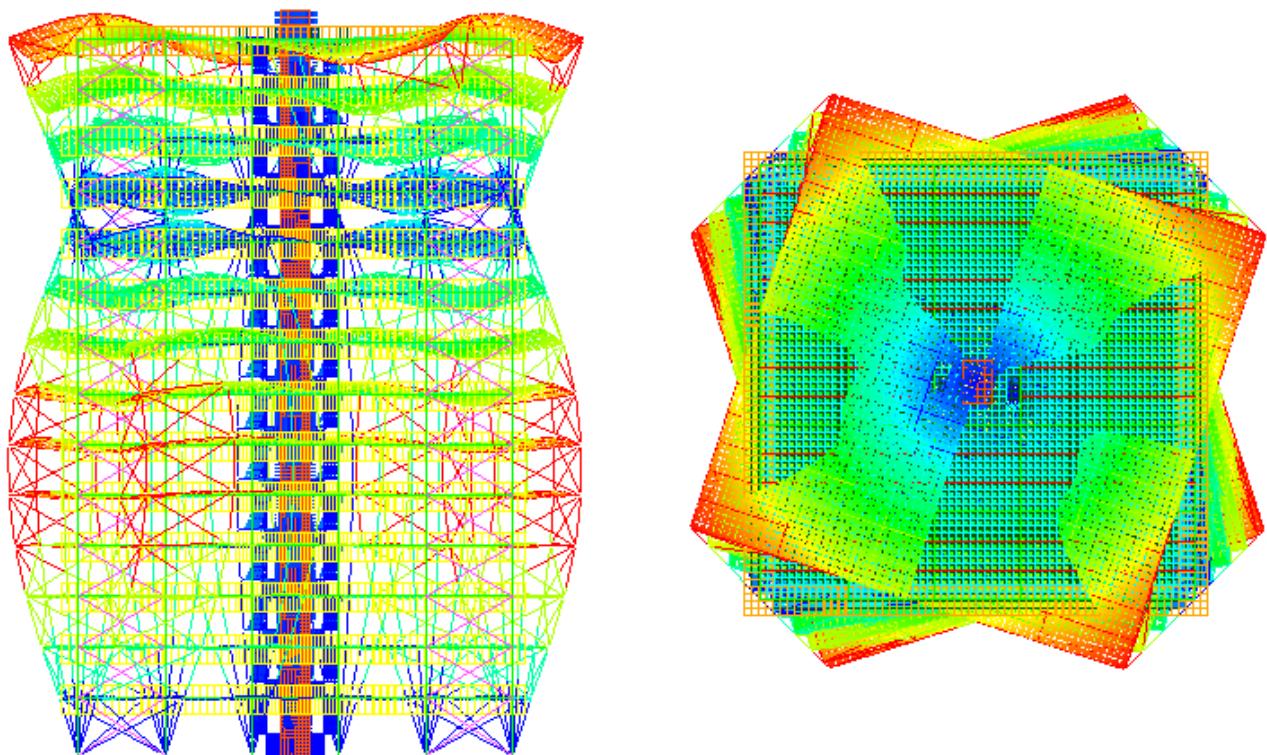


Fig 29 2º Grado de torsión XY - XZ, 6ºModo de vibración 2.175 Hz

Modo 7

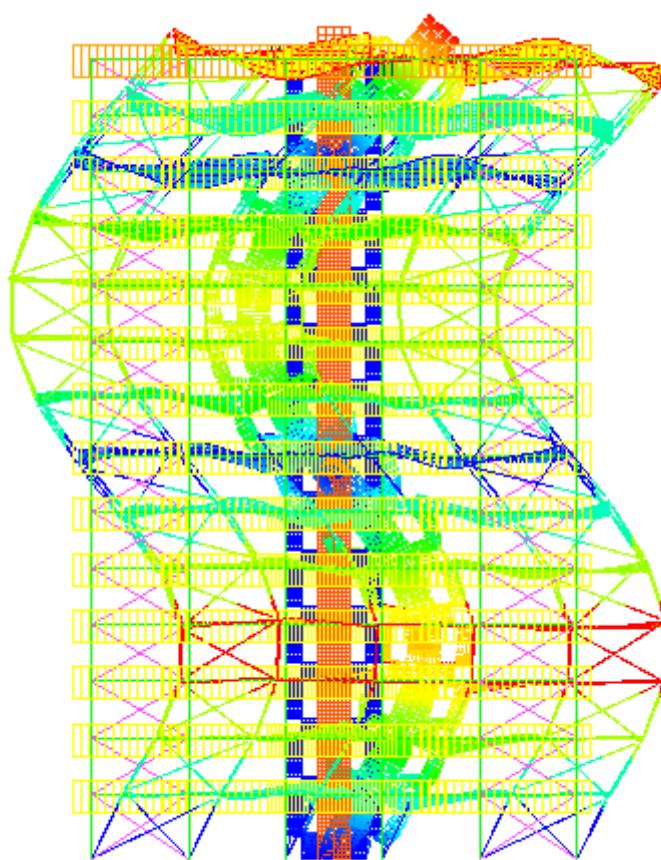


Fig 30 3º Grado flexión XY, 7º Modo de vibración 3.23 Hz

Modo 8

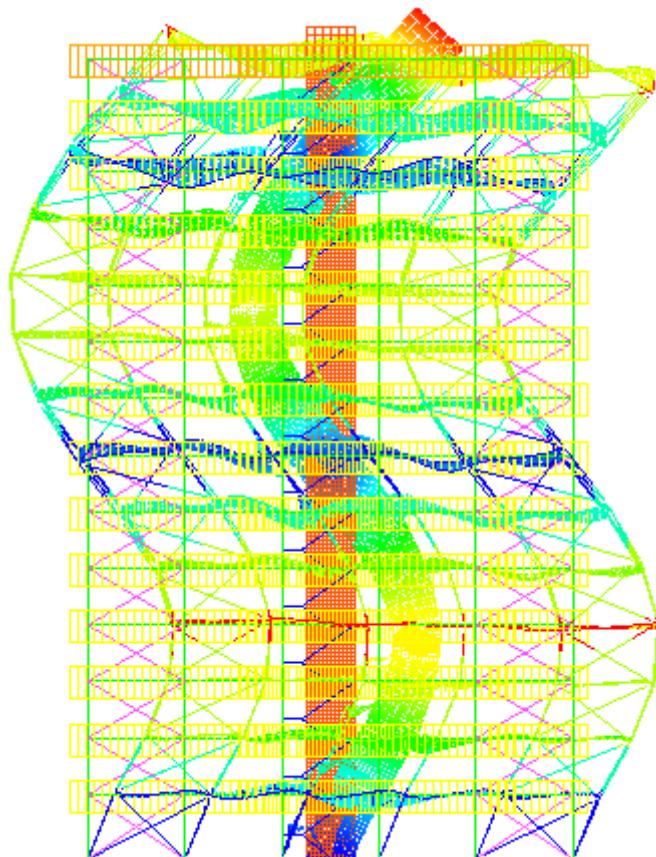


Fig 31 3ºGrado flexión YZ, 8ºModo de vibración 3.60 Hz

Modo 9

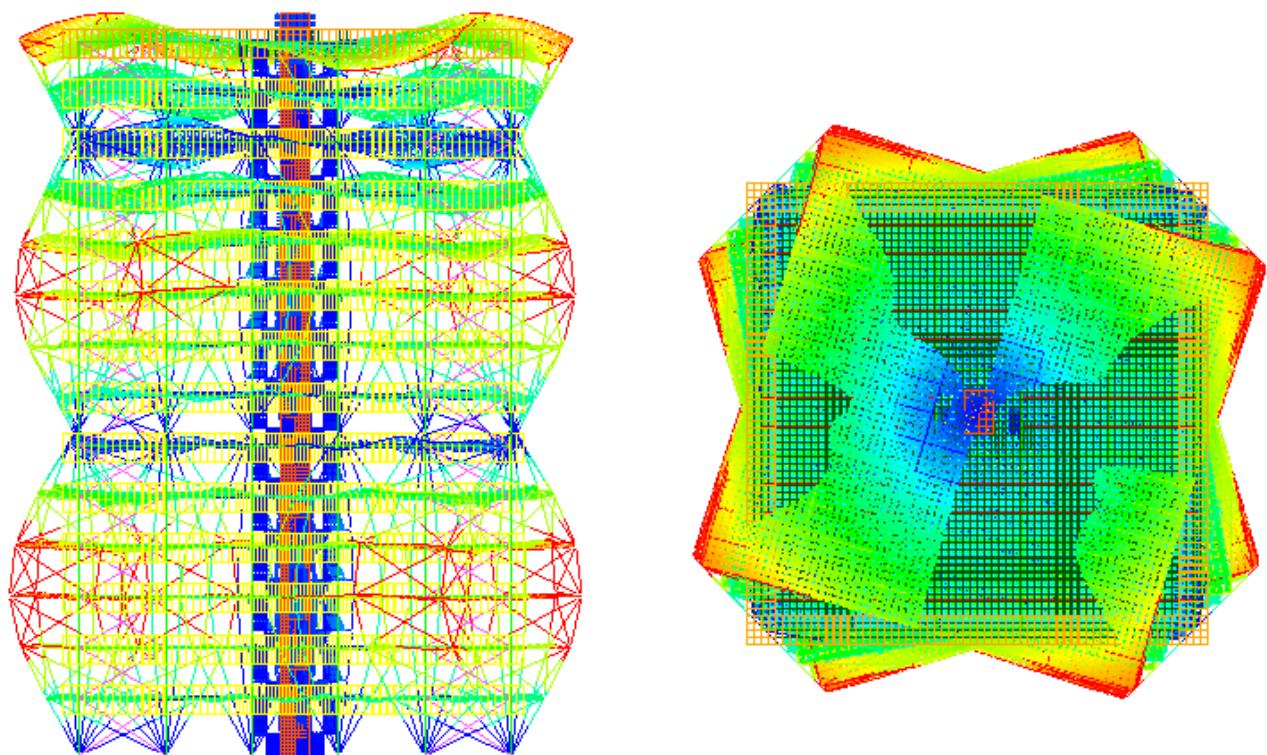


Fig 32 3º Grado de torsión XY - XZ, 9º Modo de vibración 4.151 Hz

Modo 10

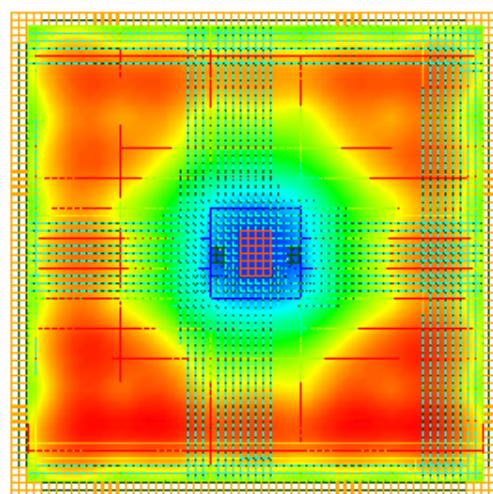
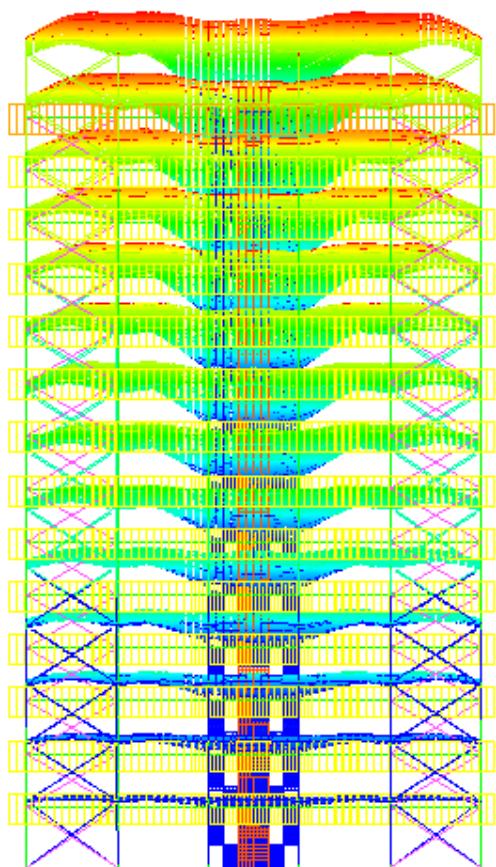


Fig 33 Plano XY - XZ, 10º Modo de vibración 4.348 Hz

Modo 11

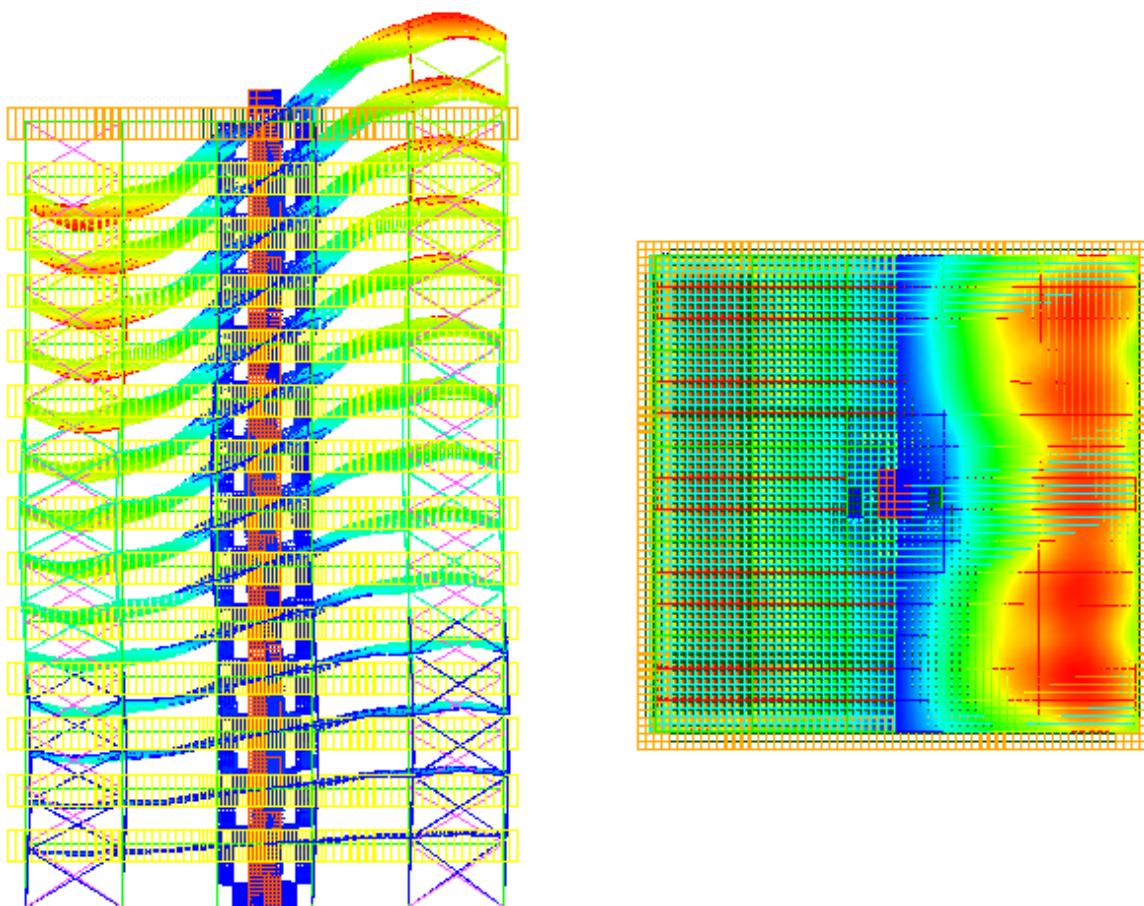


Fig 34 Plano XY - XZ, 11º Modo de vibración 4.409 Hz

Modo 12

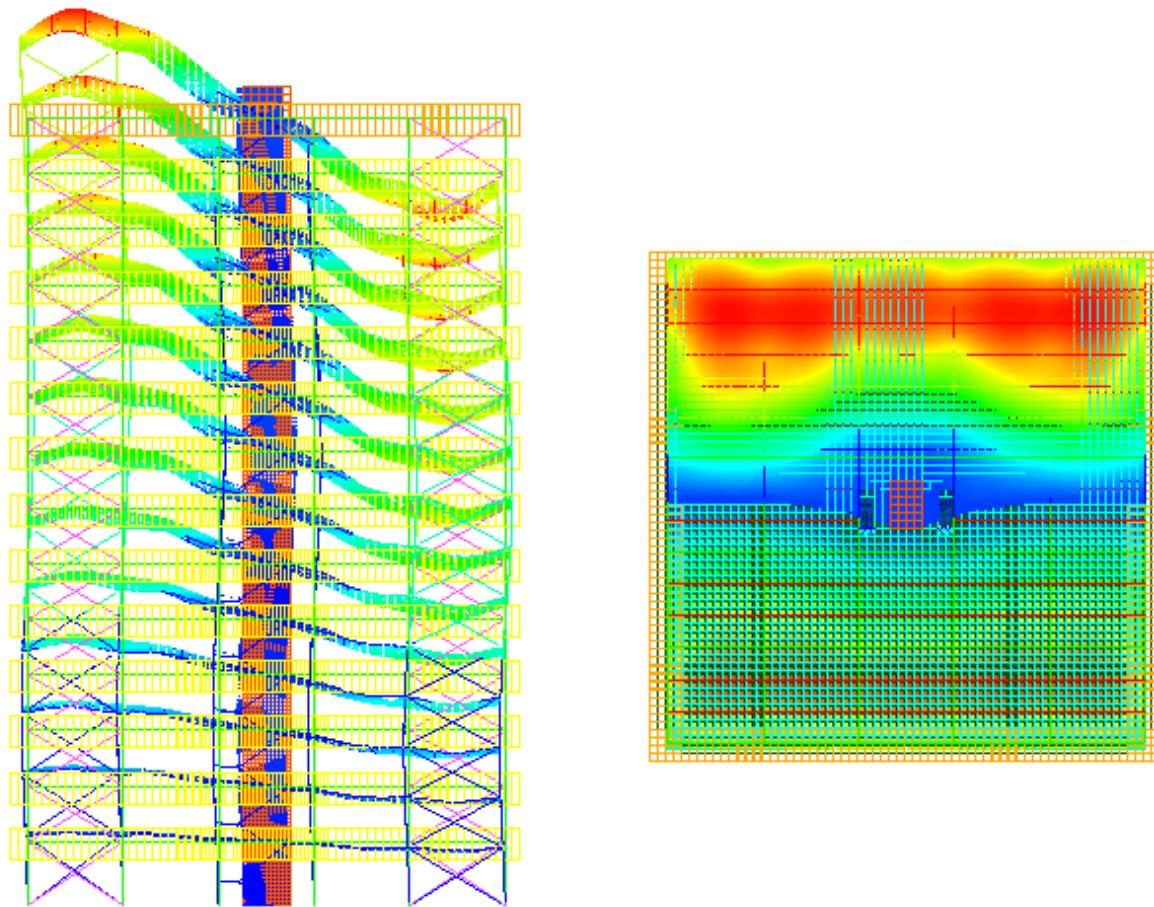


Fig 35 Plano YZ - XZ, 12ºModo de vibración 4.461 Hz

Modo 13

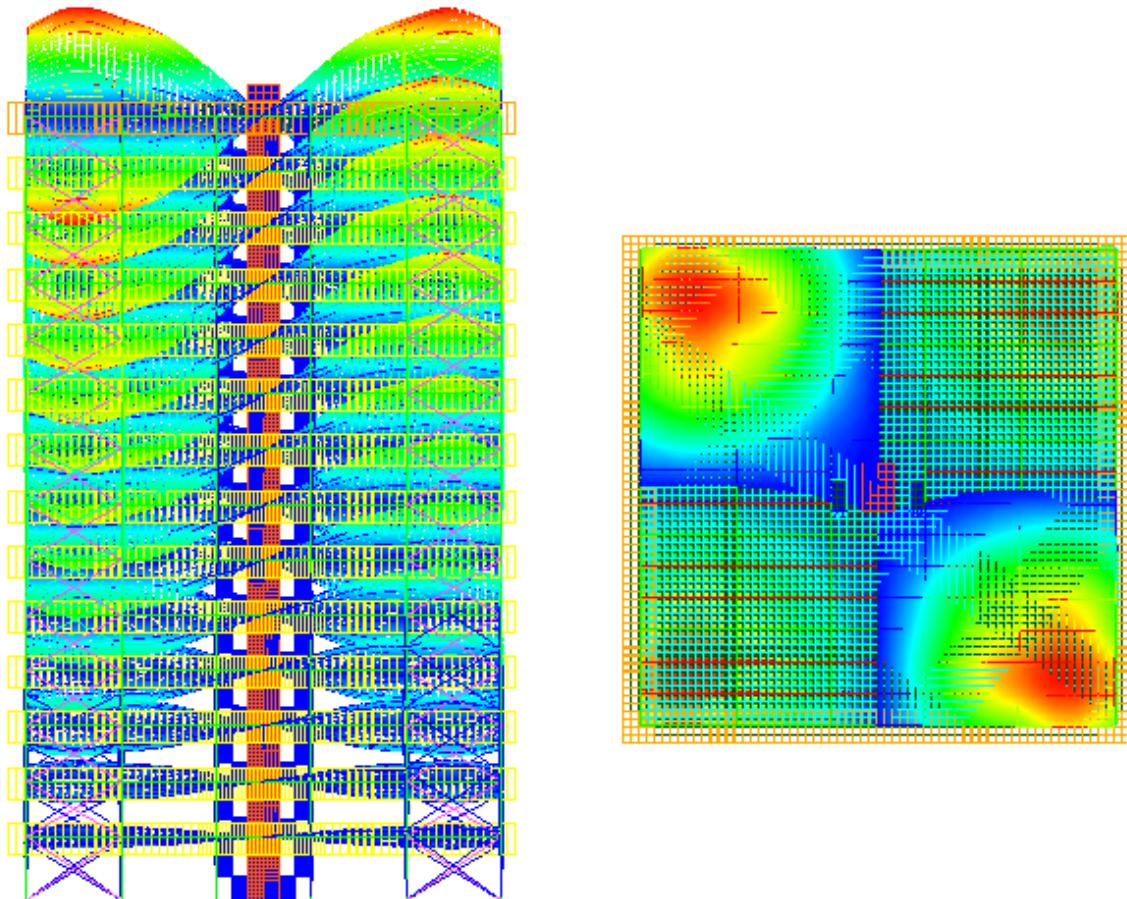


Fig 36 Plano XY - XZ, 13º Modo de vibración 4.543 Hz

Modo 14

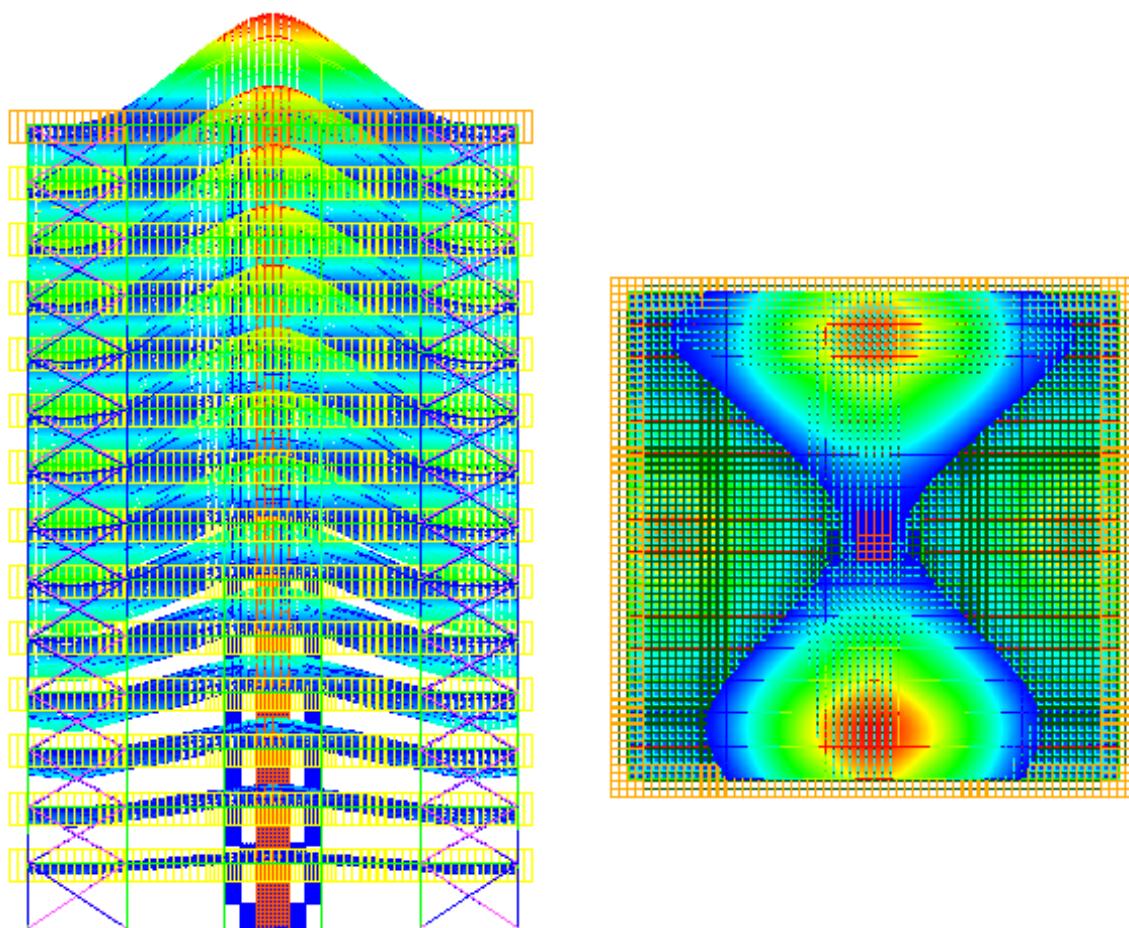


Fig 37 Plano XY - XZ, 14º Modo de vibración 5.024 Hz

Modo 15

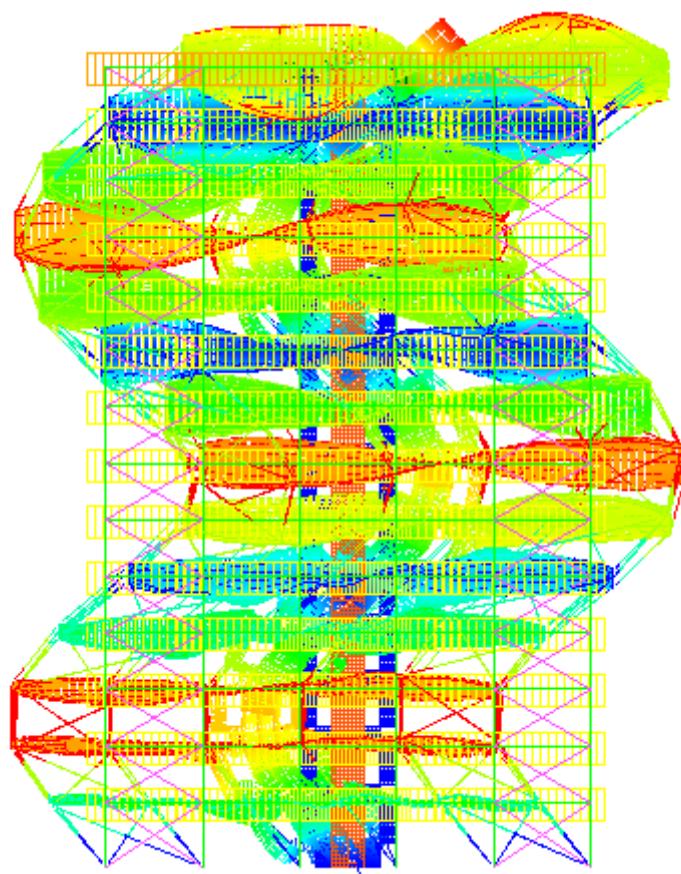


Fig 38 Plano XY, 15ºModo de vibración 5.049 Hz

Modo 16

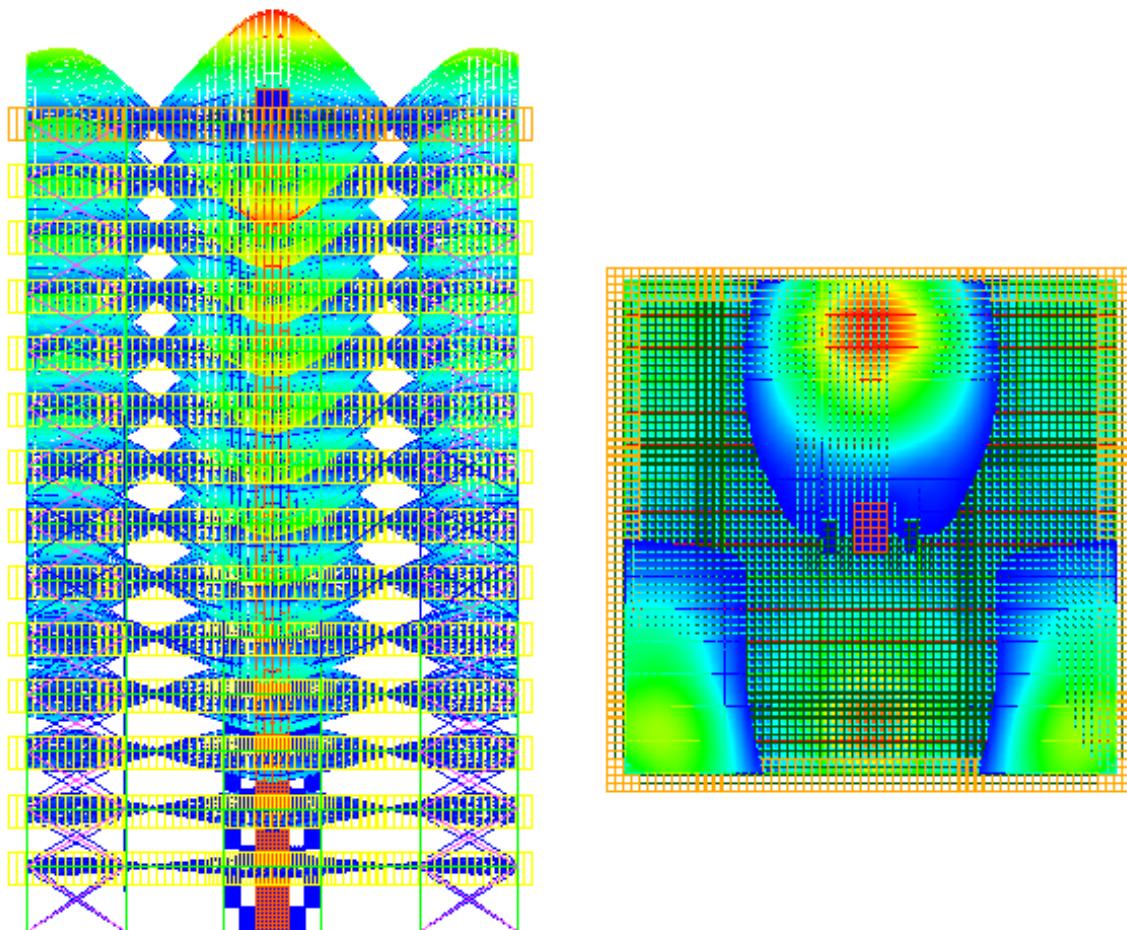


Fig 39 Plano XY - XZ, 16º Modo de vibración 5.207 Hz

Modo 17

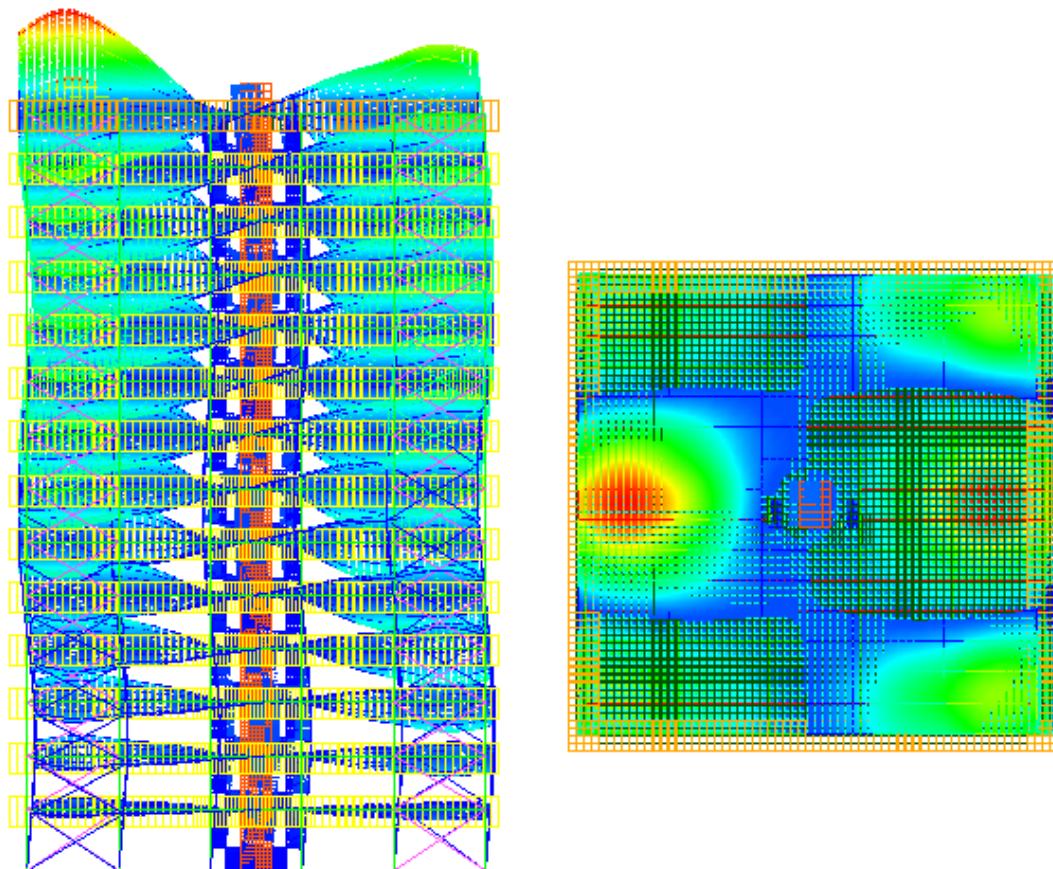


Fig 40 Plano XY - XZ, 17º Modo de vibración 5.219 Hz

Modo 18

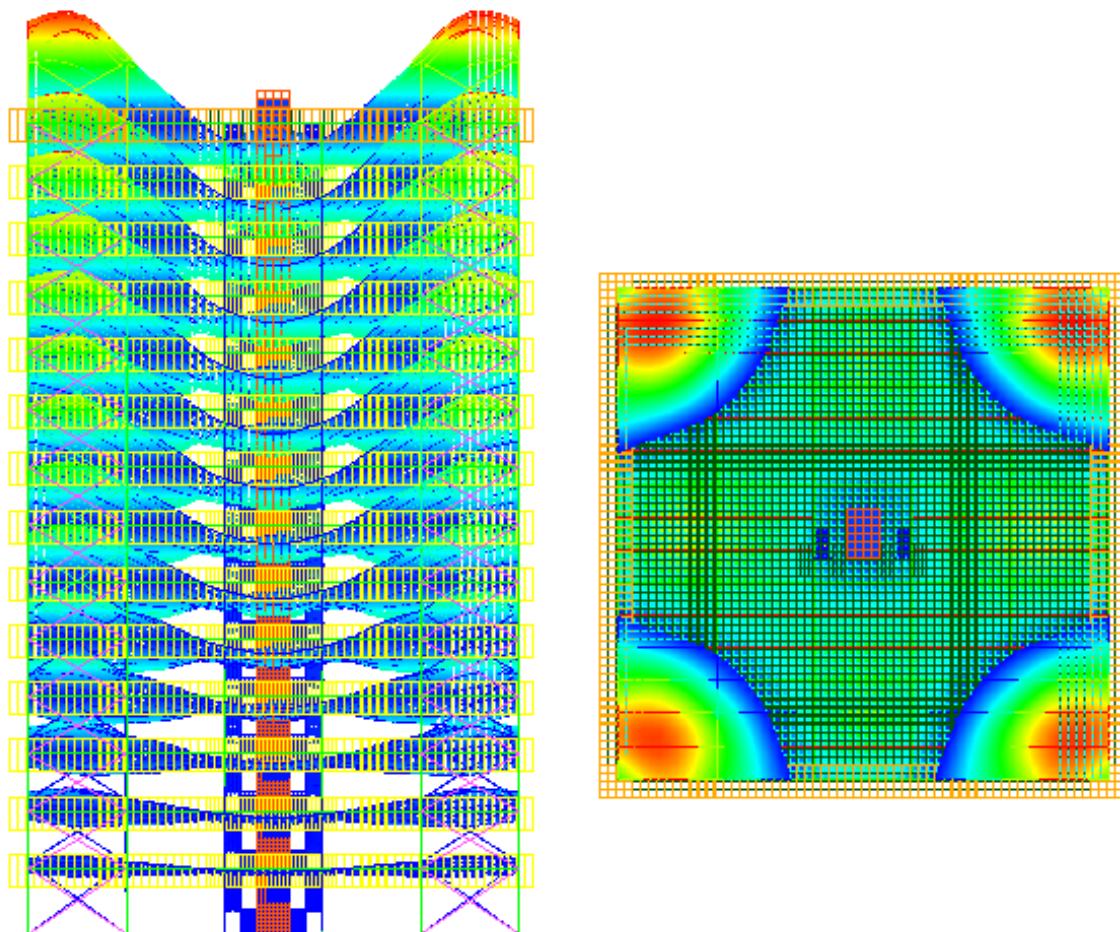


Fig 41 Plano XY - XZ, 18º Modo de vibración 5.289Hz

Modo 19

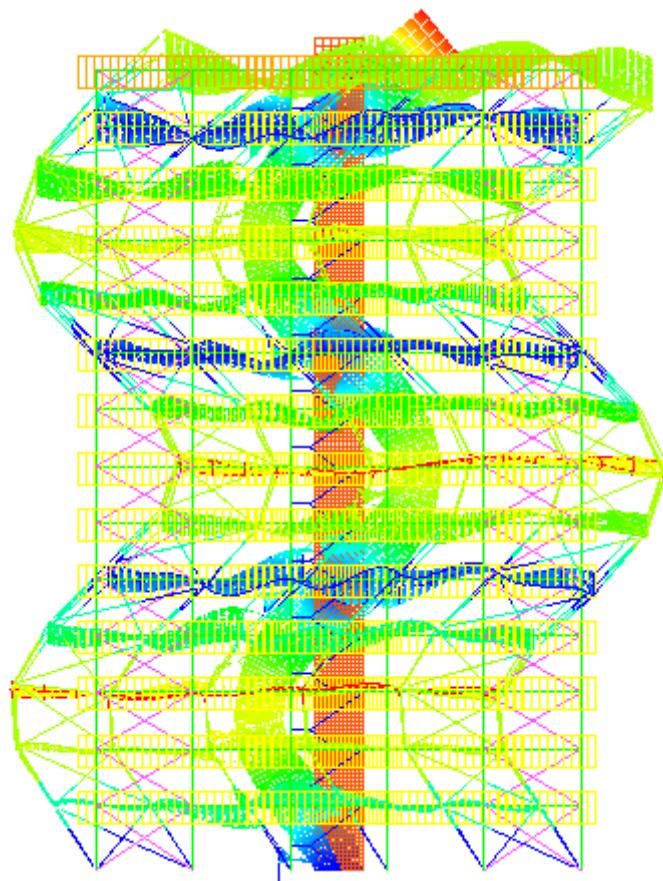


Fig 42 Plano YZ, 19ºModo de vibración 5.886 Hz

Modo 20

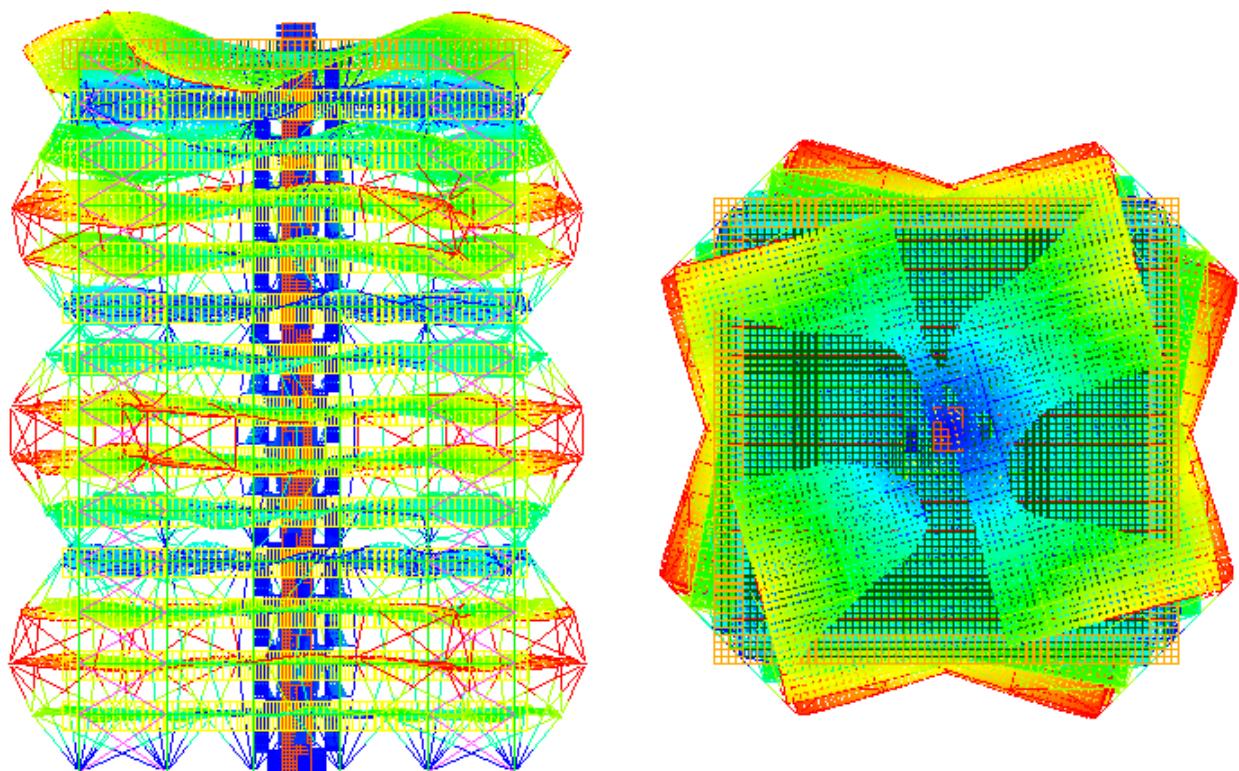


Fig 43 Plano XY - XZ, 20º Modo de vibración 5.994 Hz

Modo 21

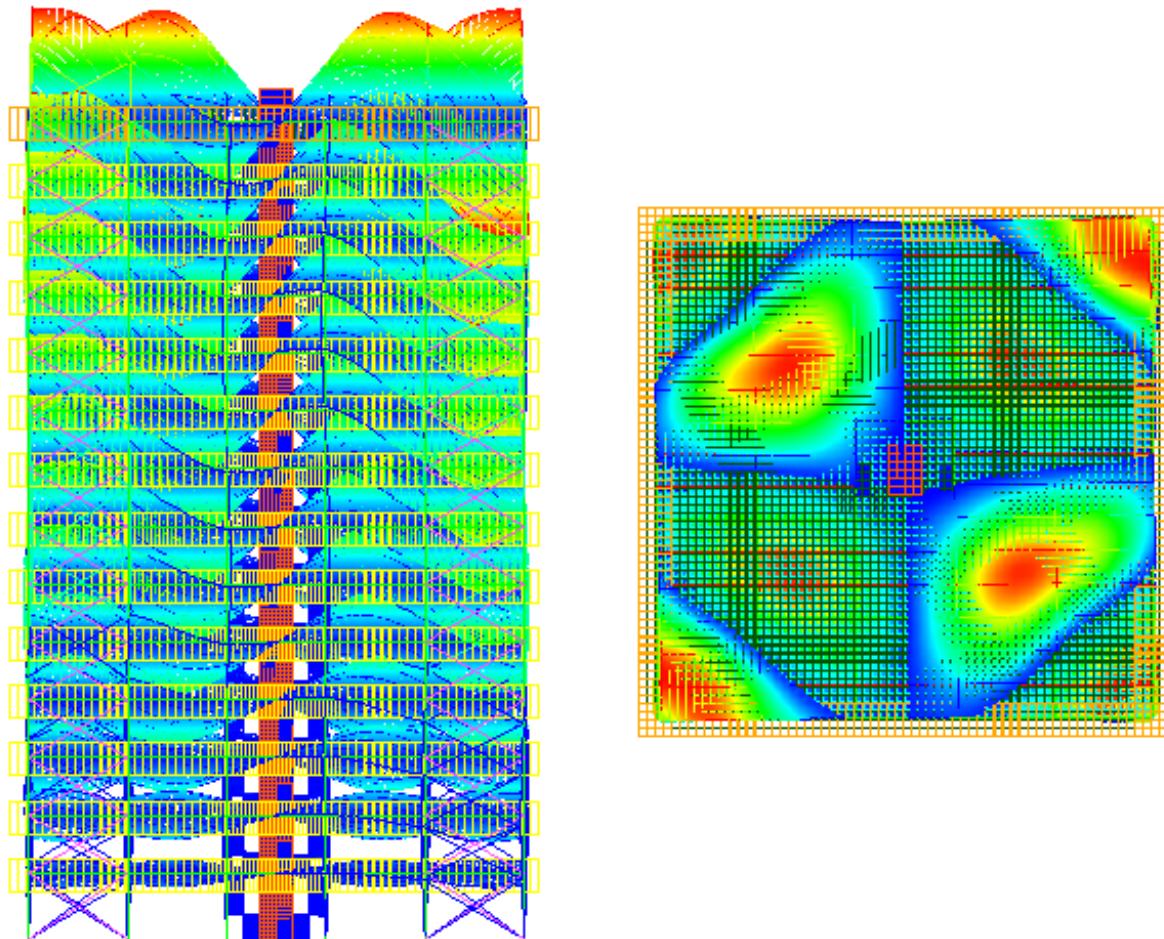


Fig 44 Plano XY - XZ, 21ºModo de vibración 6.19 Hz

Modo 22

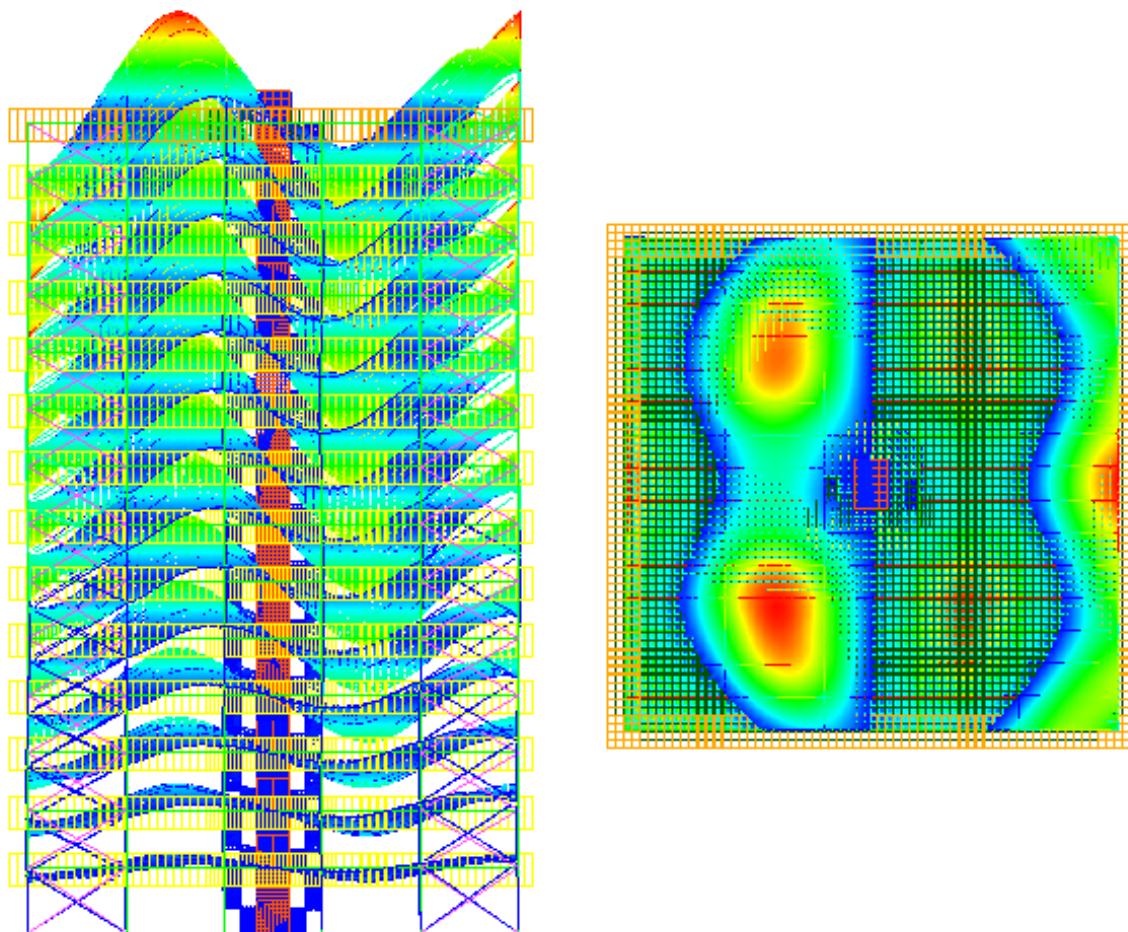


Fig 45 Plano XY - XZ, 22º Modo de vibración 6.257 Hz

Modo 23

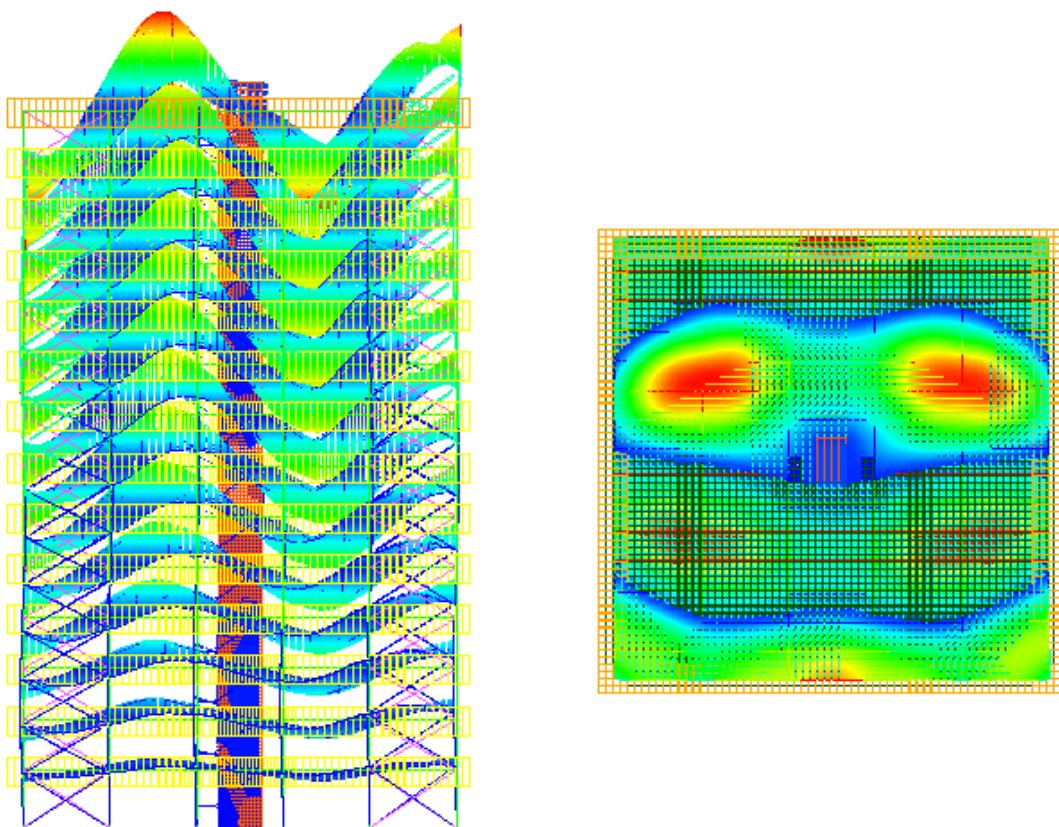


Fig 46 Plano YZ - XZ, 23ºModo de vibración 6.269 Hz

Modo 24

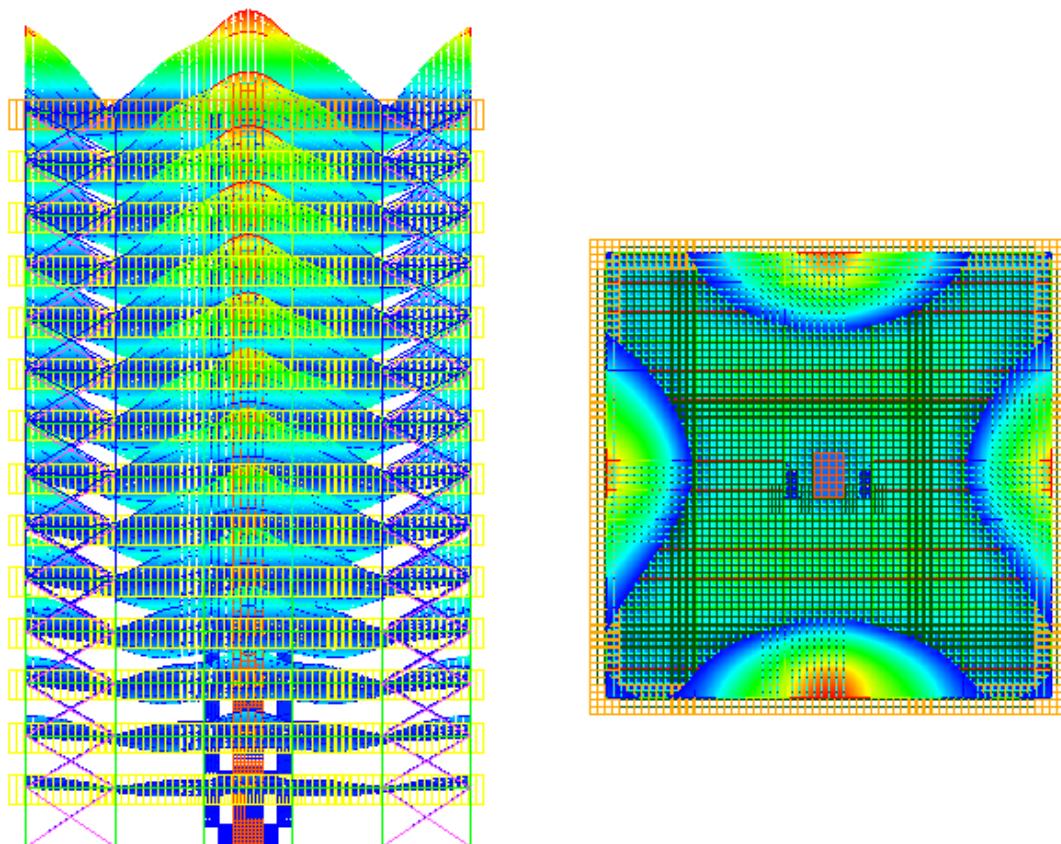


Fig 47 Plano XY - XZ, 24º Modo de vibración 6.423 Hz

Modo 25

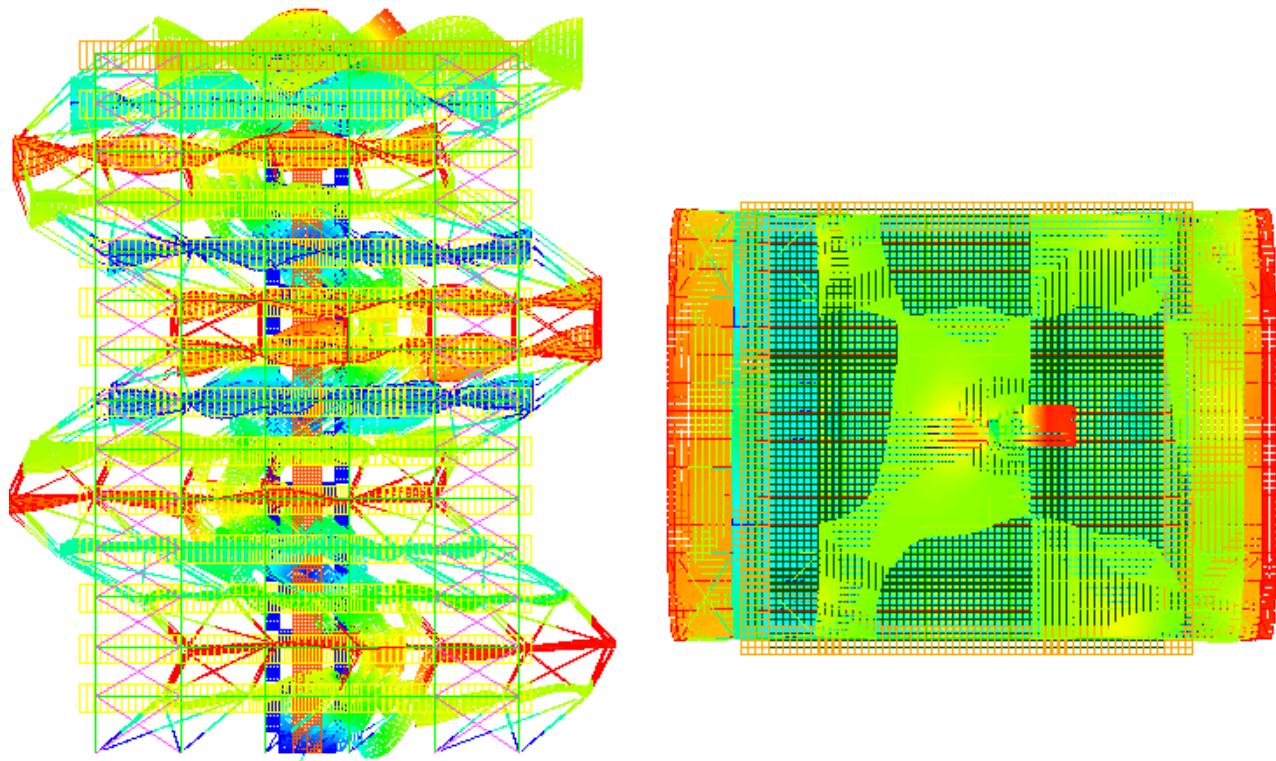
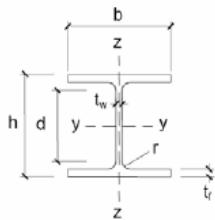


Fig 48 Plano XY - XZ, 25º Modo de vibración 6.85 Hz

Anexo 9: Prontuario perfilería utilizada**Tabla I.3- PERFILES HEB**

Perfil	Dimensiones						Peso (N/m)	Términos de sección											
	h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	u (mm)	A ·10 ² (mm ²)	I _y ·10 ⁴ (mm ⁴)	W _y ·10 ³ (mm ³)	I _y (mm)	I _z ·10 ⁴ (mm ⁴)	W _z ·10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	I _T ·10 ⁴ (mm ⁴)	I _a ·10 ⁶ (mm ⁶)	S _y ·10 ³ (mm ³)		
HEB 100	100	100	6,0	10,0	12	56	567	200	26,0	450	90	41,6	167	33	25,3	9,34	3375	52,1	P
HEB 120	120	120	6,5	11,0	12	74	686	262	34,0	864	144	50,4	318	53	30,6	14,9	9410	82,6	P
HEB 140	140	140	7,0	12,0	12	92	805	331	43,0	1509	216	59,3	550	79	35,8	22,5	22480	123	P
HEB 160	160	160	8,0	13,0	15	104	918	418	54,3	2492	311	67,8	889	111	40,5	33,2	47940	177	P
HEB 180	180	180	8,5	14,0	15	122	1040	502	65,3	3831	426	76,6	1363	151	45,7	46,5	93750	241	P
HEB 200	200	200	9,0	15,0	18	134	1150	601	78,1	5696	570	85,4	2003	200	50,7	63,4	171100	321	P
HEB 220	220	220	9,5	16,0	18	152	1270	701	91,0	8091	736	94,3	2843	258	55,9	84,4	295400	414	P
HEB 240	240	240	10,0	17,0	21	164	1380	816	106,0	11259	938	103	3923	327	60,8	110	486900	527	P
HEB 260	260	260	10,0	17,5	24	177	1500	912	118,4	14919	1150	112	5135	395	65,8	130	753700	641	P
HEB 280	280	280	10,5	18,0	24	196	1620	1010	131,4	19270	1380	121	6595	471	70,9	153	1130000	767	P
HEB 300	300	300	11,0	19,0	27	208	1730	1148	149,1	25166	1680	130	8563	571	75,8	192	1688000	934	P
HEB 320	320	300	11,5	20,5	27	225	1770	1246	161,3	30823	1930	138	9239	616	75,7	241	2069000	1070	P
HEB 340	340	300	12,0	21,5	27	243	1810	1315	170,9	36656	2160	146	9690	646	75,3	278	2454000	1200	P
HEB 360	360	300	12,5	22,5	27	261	1850	1393	180,6	43193	2400	155	10140	676	74,9	320	2883000	1340	P
HEB 400	400	300	13,5	24,0	27	298	1930	1521	197,8	57680	2880	171	10819	721	74,0	394	3817000	1620	P
HEB 450	450	300	14,0	26,0	27	344	2030	1678	218,0	79887	3550	191	11721	781	73,3	500	5258000	1990	P
HEB 500	500	300	14,5	28,0	27	390	2120	1834	238,6	107176	4290	212	12624	842	72,7	625	7018000	2410	C
HEB 550	550	300	15,0	29,0	27	438	2220	1952	254,1	136691	4970	232	13077	872	71,7	701	8856000	2800	C
HEB 600	600	300	15,5	30,0	27	486	2320	2080	270,0	171041	5700	252	13530	902	70,8	783	10965000	3210	C

**Tabla I.2- PERFILES IPE**

Perfil	Dimensiones						Peso (N/m)	Términos de sección											
	h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)	d (mm)	u (mm)	A ·10 ² (mm ²)	I _y ·10 ⁴ (mm ⁴)	W _y ·10 ³ (mm ³)	I _y (mm)	I _z ·10 ⁴ (mm ⁴)	W _z ·10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	I _T ·10 ⁴ (mm ⁴)	I _a ·10 ⁶ (mm ⁶)	S _y ·10 ³ (mm ³)		
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	58,9	7,64	80,1	20,0	32,4	8,49	3,69	10,5	0,72	118	11,6	C
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	79,5	10,3	171	34,2	40,7	15,9	5,79	12,4	1,14	351	19,7	C
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	102	13,2	318	53,0	49,0	27,7	8,65	14,5	1,77	890	30,4	C
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	127	16,4	541	77,3	57,4	44,9	12,3	16,5	2,63	1981	44,2	C
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	155	20,1	869	109	65,8	68,3	16,7	18,4	3,64	3959	61,9	P
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	184	23,9	1320	146	74,2	101	22,2	20,5	5,06	7431	83,2	P
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	220	28,5	1940	194	82,6	142	28,5	22,4	6,67	12990	110	P
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	257	33,4	2770	252	91,1	205	37,3	24,8	9,15	22670	143	P
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	301	39,1	3890	324	99,7	284	47,3	26,9	12,0	37390	183	P
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	220	1040	354	45,9	5790	429	112	420	62,2	30,2	15,4	70580	242	P
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	249	1160	414	53,8	8360	557	125	604	80,5	33,5	20,1	125900	314	P
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	271	1250	482	62,6	11770	713	137	788	98,5	35,5	26,5	199100	402	P
IPE 360	360	170	8,0	12,7	18	299	1350	560	72,7	16270	904	150	1040	123	37,9	37,3	313600	510	P
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	331	1470	650	84,5	23130	1160	165	1320	146	39,5	48,3	490000	654	P
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	379	1610	761	98,8	33740	1500	185	1680	176	41,2	65,9	791000	851	P
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	426	1740	890	116	48200	1930	204	2140	214	43,1	91,8	1249000	1100	P
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	468	1880	1040	134	67120	2440	223	2670	254	44,5	122	1884000	1390	C
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	514	2010	1197	155	92080	3070	243	3390	308	46,6	172	2846000	1760	C

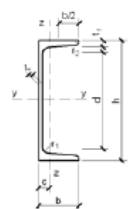


Tabla I.6.- PERFILES UPN

Perfil	Dimensiones						Peso (N/m)	Términos de sección												
	h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f = r ₁ (mm)	r ₂ (mm)	d (mm)	u (mm)	A ·10 ² (mm ²)	I _y ·10 ⁴ (mm ⁴)	W _y ·10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	I _z ·10 ⁴ (mm ⁴)	W _z ·10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	I _t ·10 ⁴ (mm ⁴)	S _y ·10 ³ (mm ³)	c (mm)	m (mm)		
UPN 80	80	45	6,0	8,0	4,0	46	312	84,8	11,0	106	26,5	31,0	19,4	6,36	13,3	2,24	15,9	14,5	26,7	C
UPN 100	100	50	6,0	8,5	4,5	64	372	104	13,5	206	41,2	39,1	29,3	8,49	14,7	2,96	24,5	15,5	29,3	P
UPN 120	120	55	7,0	9,0	4,5	82	434	131	17,0	364	60,7	46,2	43,2	11,1	15,9	4,30	36,3	16,0	30,3	P
UPN 140	140	60	7,0	10,0	5,0	98	489	157	20,4	605	86,4	54,5	62,7	14,8	17,5	6,02	51,4	17,5	33,7	P
UPN 160	160	65	7,5	10,5	5,5	115	546	184	24,0	925	116	62,1	85,3	18,3	18,9	7,81	68,8	18,4	35,6	P
UPN 180	180	70	8,0	11,0	5,5	133	611	216	28,0	1350	150	69,5	114	22,4	20,2	9,98	89,6	19,2	37,5	P
UPN 200	200	75	8,5	11,5	6,0	151	661	248	32,2	1910	191	77,0	148	27,0	21,4	12,6	114	20,1	39,4	P
UPN 220	220	80	9,0	12,5	6,5	167	718	288	37,4	2690	245	84,8	197	33,6	23,0	17,0	146	21,4	42,0	P
UPN 240	240	85	9,5	13,0	6,5	184	775	326	42,3	3600	300	92,2	248	39,6	24,2	20,8	179	22,3	43,9	P
UPN 260	260	90	10,0	14,0	7,0	200	834	372	48,3	4820	371	99,9	317	47,7	25,6	23,7	221	23,6	46,6	P
UPN 280	280	95	10,0	15,0	7,5	216	890	410	53,3	6280	448	109	399	57,2	27,4	33,2	266	25,3	50,2	P
UPN 300	300	100	10,0	16,0	8,0	232	950	453	58,8	8030	535	117	495	67,8	29,0	40,6	316	27,0	54,1	P

Anexo 10: Cálculo cimentación

En el siguiente anexo se van a detallar los cálculos para el dimensionado de la cimentación. Como se va a hacer un cálculo de cimentación en 2D, utilizaremos la situación de cargas más desfavorable para la zapata, en el plano peor de trabajo.

Para realizar una correcta cimentación habrá que tener en cuenta las características geotécnicas del suelo, y además dimensionar el propio cimiento de hormigón, de modo que sea suficientemente resistente. Se han considerado las siguientes características:

- Grava compacta
- Capacidad admisible = 350 kN/m^2
- Ángulo de rozamiento 36°
- Densidad hormigón = 2500 Kg/m^3

1) Estabilidad a vuelco

Como el cortante y el fletor tienden a mover la zapata lateralmente, se genera un vértice de vuelco y se podría perder la estabilidad. Se realiza con cargas nominales (sin mayorar)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Momento de vuelco: } M_v = M + V \cdot h \\ \text{Momento estabilizante: } M_e = (N + Q) \cdot \frac{a}{2} \end{array} \right\} \quad \gamma_v = \frac{M_e}{M_v} \geq 1,5$$

2) Estabilidad a deslizamiento

Se determinará la fuerza de deslizamiento, que comprende todas las acciones que tienden a mover lateralmente la zapata y se determina la fuerza de rozamiento en la base de la zapata

$$\left. \begin{array}{l} \text{Fuerza de deslizamiento: } F_d = V \\ \text{Fuerza de rozamiento: } F_r = (N + Q) \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot \phi\right) \end{array} \right\} \quad \gamma_d = \frac{F_r}{F_d} \geq 1,5$$

3) Estabilidad a hundimiento

En una zapata rígida existen dos posibilidades para la distribución de presiones:

- Distribución triangular: Parte de la zapata comprimida y parte que se está levantando pero aun así manteniendo la estabilidad (Fig.).
- Distribución trapecial: toda la base de la zapata comprimida (Fig.).

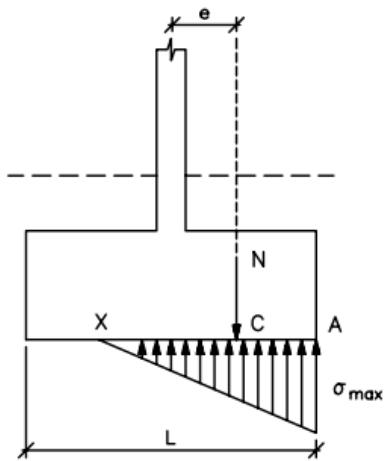


Fig 49 Distribución triangular de tensiones

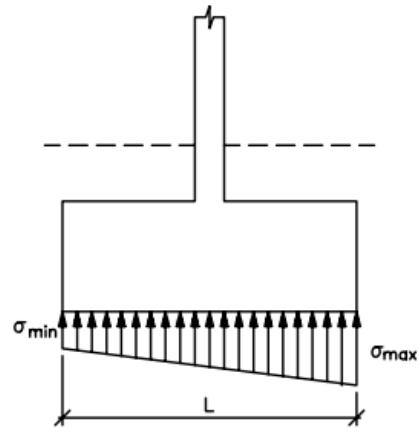


Fig 50 Distribución trapezoidal de tensiones

Para el planteamiento del equilibrio, se reducen los esfuerzos en la base del centro de la zapata

$$N' = N + Q \quad M' = M + V \cdot h$$

Ley triangular

$$\sum F = 0 \rightarrow N' = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{max} \cdot b \cdot x$$

$$\sum M = 0 \rightarrow M' = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{max} \cdot b \cdot x \cdot \left(\frac{a}{2} - \frac{1}{3} \cdot x \right)$$

$$e = \frac{M'}{N'} \rightarrow \sigma_{max} = \frac{4}{3} \cdot \frac{(N + Q)}{b \cdot (a - 2 \cdot e)} \leq \sigma_{adm}$$

Ley trapezoidal

$$\sum F = 0 \quad N' = \sigma_{min} \cdot a \cdot b + \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{max} - \sigma_{min}) \cdot a \cdot b$$

$$\sum M = 0 \quad M' = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{max} - \sigma_{min}) \cdot a \cdot b \cdot \left(\frac{a}{2} - \frac{a}{3} \right)$$

$$\sigma_{max} = \frac{N'}{a \cdot b} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{e}{a} \right) \leq \sigma_{adm}$$

Anexo 10

$$\sigma_{min} = \frac{N'}{a \cdot b} \cdot \left(1 - 6 \cdot \frac{e}{a}\right)$$

Para ver que distribución de tensiones tenemos en la zapata, se deduce a partir de la fórmula de σ_{min} ya que hay un límite de transición cuando $\sigma_{min} = 0$

$$\sigma_{min} = 0 \rightarrow 1 - 6 \cdot \frac{e}{a} = 0 \rightarrow e = \frac{a}{6}$$

$$e \leq \frac{a}{6} \text{ (Trapezoidal) con } e \geq \frac{a}{6} \text{ (Triangular)}$$

Losa de hormigón

Para el caso de la losa de hormigón, hay que colocar un sistema de referencia como el de la Fig, y trasladar las reacciones de los pilares al centro de la losa.

En lo relacionado con la escalera y el ascensor, haremos una suma directa de las reacciones obtenidas y las colocaremos directamente en el centro del sistema de referencia.

Para trasladar las reacciones de los pilares haremos lo siguiente:

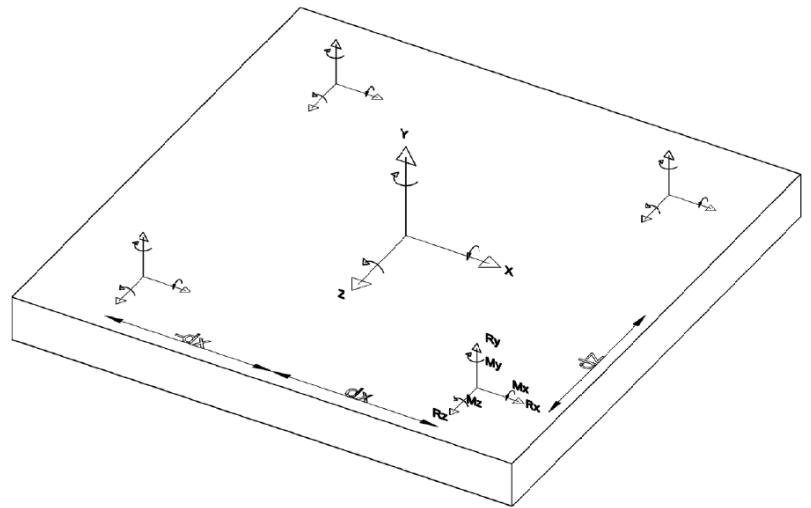


Fig 51 Sistema de referencia losa de hormigón

- Las fuerzas se trasladan igual:

$$R'_y = R_y \quad R'_x = R_x \quad R'_z = R_z$$

- Los momentos se harán de la siguiente forma:

$$M'_x = M_x - R_y \cdot dz \quad M'_z = M_z + R_y \cdot dx$$

$M'_y = 0 \rightarrow$ Los torsores no los consideramos en el cálculo

Se elegirá el momento resultante de mayor valor en valor absoluto, de cada pilar a trasladar.

Una vez que tengamos todas las reacciones localizadas en el centro de la losa, ya se podría calcular como una zapata normal.

Anexo 11: Cálculo uniones atornilladas

Para el caso de las uniones atornilladas se realizarán dos comprobaciones: unión viga-pilar y unión vigueta-viga, en las situaciones donde las reacciones sean máximas.

Se realizarán dos comprobaciones para cada una de las uniones, para asegurar el comportamiento de la unión atornillada:

- Comprobación a flexión

Para el caso de flexión simple y tornillos iguales, se puede llegar a la siguiente relación:

$$F_i = M \frac{d_i}{\sum d_i^2} \rightarrow F_i^{max} = M \frac{d_i^{max}}{\sum d_i^2}$$

Dado que la solicitudación máxima de tracción en el tornillo coincide con su fuerza de pretensado (F_p , C_d), entonces el momento máximo que puede transmitir la unión vale :

$$M_{max} = F_{p,CD} \frac{\sum d_i^2 \cdot n_{pernos}^o}{d_i^{max}} \geq M_d$$

Siendo:

d_i : La distancia del perno al centro de gravedad

$F_{p,CD}$: Fuerza de pretensado del tornillo

- Comprobación a deslizamiento

Resistencia a cortante. La resistencia de cálculo a deslizamiento de un tornillo pretensado, será:

$$F_{s,RD} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,CD} \cdot n_{pernos}^o \geq V_d$$

Siendo:

$$\gamma_{M3} = 1,1$$

n : Número de superficies de rozamiento $\rightarrow n=2$

k_s : Coeficiente $\rightarrow k_s = 1$ para agujeros con medidas normales

μ : Coeficiente de rozamiento $\rightarrow \mu = 0.3$ para superficies limpiadas a cepillo metálico o con llama, con eliminación de partes oxidadas

Anexo 12: Cálculo unión placa base

La placa lo que va a transmitir en el plano de máxima flexión, es un esfuerzo axial, un momento flector y un cortante. El cortante va independiente de los otros, simplemente se repartirá sobre los tornillos.

$$V_p = \frac{V_d}{n_p} \rightarrow \tau_p = \frac{V_p}{A_p}$$

No se considera en este caso rozamiento, porque no hay ningún tipo de pretensado, la placa se puede mover y levantar.

Las ecuaciones de equilibrio, comportamiento y compatibilidad empleadas para el cálculo son las siguientes:

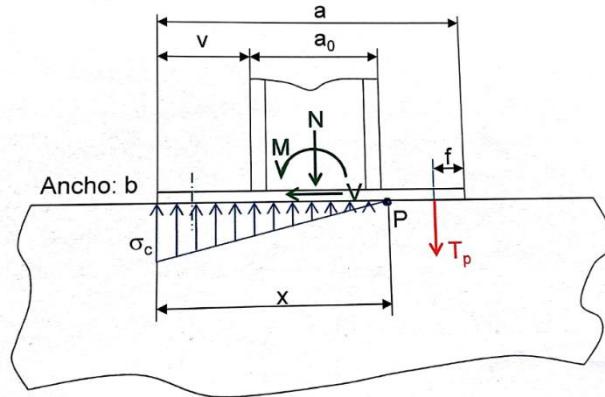


Fig 52 Sección placa base y nomenclatura

- Ecuación de compatibilidad en deformaciones:

$$\frac{\varepsilon_c^{max}}{x} = \frac{\varepsilon_p}{a - f - x}$$

Siendo:

$$f : \text{Distancia del perno al borde libre } f \approx 2.5 \phi_p$$

- Ecuación de comportamiento:

$$\varepsilon_c^{max} = \frac{\sigma_p}{E_c} \quad \varepsilon_p = \frac{T_p}{A_p \cdot E_p}$$

Combinando las ecuaciones anteriores:

$$T_p = \sigma_c \cdot A_p \cdot \frac{E_p}{E_c} \cdot \frac{a - f - x}{x}$$

Obtenemos cuánto vale la tensión del perno $T_p = f(\sigma_c, x)$

- Ecuaciones de equilibrio

Fuerzas:

$$\frac{1}{2} \cdot \sigma_c \cdot x \cdot b - n_p \cdot T_p = N$$

Momentos:

$$\frac{1}{2} \cdot \sigma_c \cdot x \cdot b \cdot \left(\frac{a}{2} - \frac{x}{3}\right) + n_p \cdot T_p \cdot \left(\frac{a}{2} - f\right) = M$$

Sustituyendo el resultado de la ecuación de compatibilidad en las ecuaciones de equilibrio, obtenemos un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas (σ_c, x).

El problema es que es un sistema no lineal, para resolverlo utilizaremos un programa con función solver, en nuestro caso emplearemos el EES (Engineering Equation Solver).

Una vez calculados los parámetros anteriores, habrá que realizar las siguientes comprobaciones:

$$\sqrt{\sigma_p^2 + 3 \cdot \tau_p^2} = \sigma_{VM} < f_{ydp}$$

$$\frac{f_{ck}}{1,5} = f_{cd} > \sigma_c$$

Siendo:

f_{ydp} : Barras de acero de 275 N/mm²

f_{ck} : Resistencia del hormigón 30 MPa.

Anexo 13: Cartelas – Módulo resistente

En función del momento de empotramiento del pilar metálico, puede ser aconsejable rigidizar la unión del pilar metálico a su placa de base con cartelas laterales.

El pilar está transmitiendo un momento flector, como consecuencia la placa está intentando hincarse en el hormigón, por eso se está produciendo esa tensión en el hormigón (σ_c). Pensando lo que le pasaría a la placa, al ser el pilar muy rígido es como si hubiera un voladizo en la cara del perfil. Habría un empotramiento y la carga del voladizo (σ_c), ejercería un momento flector contrario al del pilar. Siguiendo la nomenclatura utilizada en la memoria, podemos escribir el momento flector que soporta la cara del perfil como:

$$M_f = \frac{1}{2} \cdot \sigma_c \cdot b \cdot v^2$$

Sin cartelas (w)

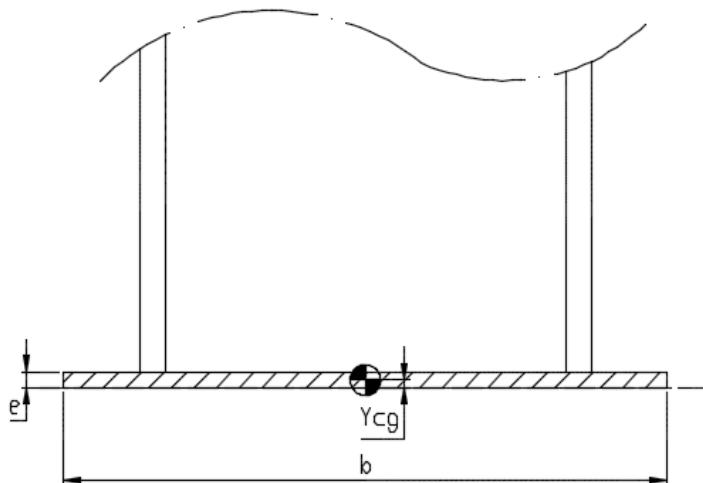


Fig 53 Sección placa base sin cartelas

En el caso de no colocar cartelas estaríamos en la situación de la **fig**, el centro de gravedad estaría en la línea media del espesor de la chapa. De tal forma que el módulo resistente sería el siguiente:

$$w = \frac{b \cdot e^2}{6}$$

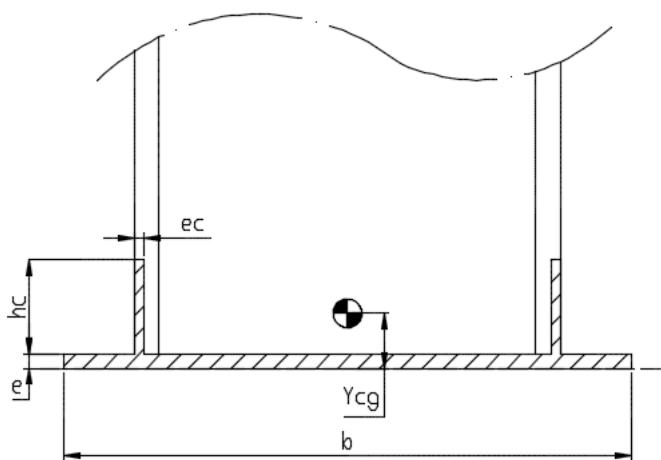
A modo de ejemplo, si queremos hacer la unión de un perfil HEB450 que tiene una base de 700x700 mm con un espesor máximo permitido de 30mm. Obtendríamos un módulo resistente de $w = 105000 \text{ mm}^3$.

Si el momento flector (M_f) en el extremo de la chapa es de $M_f=3.32e7$ N·mm la tensión provocada empleando un factor de seguridad de 1.5 sería de 474.29 MPa el material plastificaría.

Con cartelas (w')

Para el mismo ejemplo, si utilizamos cartelas como en la **figura**, con las siguientes características:

$$e_c = 10 \text{ mm} \quad h_c = 200 \text{ mm} \quad e = 15 \text{ mm} \quad b = 700 \text{ mm}$$



Tomando como referencia la base del pilar, calculamos a cuanto se encuentra el centro de gravedad de la referencia.

$$y_{CG} = \frac{b \cdot e + 2 \cdot (h_c \cdot e_c)}{b \cdot e \cdot \frac{e}{2} + 2 \cdot (h_c \cdot e_c) \cdot \left(e + \frac{h_c}{2}\right)}$$

Fig 54 Sección placa base con cartelas

$$I_y = \left(\frac{e \cdot b^3}{12}\right) + 2 \cdot \left(\left(\frac{e_c \cdot h_c^3}{12}\right) + h_c \cdot e_c \cdot \left(\left(\frac{h_c}{2} + e\right) - y_{CG}\right)^2\right)$$

$$w' = \frac{I_y}{\frac{h_c + e}{2}} = 351343.97 \text{ mm}^3$$

Ante el mismo M_f la tensión provocada empleando un factor de seguridad de 1.5 sería de 141.74 MPa el material resistiría, además de haber reducido el espesor de la chapa a la mitad que en el caso anterior. Podemos confirmar que:

$$\frac{M_f}{w} \leq f_y \text{ (sin cartelas)} \quad \frac{M_f}{w'} \leq f_y \text{ (con cartelas)} \rightarrow w' \gg w$$

Anexo 14: Estática – Diagramas de desplazamientos en vigas y viguetas

Únicamente se han detallado los gráficos en desplazamientos de la última planta, porque es la planta donde la acumulada de los desplazamientos es mayor (Fig.). Como consecuencia se facilita la comprensión del movimiento de las vigas y viguetas, además de favorecer la detección de la zona más desfavorable donde se han estudiado los desplazamientos en ese lugar para el dimensionado.

Se procesará solamente la planta superior de cada grupo de plantas, es decir, si el grupo G6 está compuesto de la planta 5 y 6, exclusivamente se analizará la planta 6 que sería la más desfavorable para ese grupo.

H3- desplazamiento de vigas en "y"

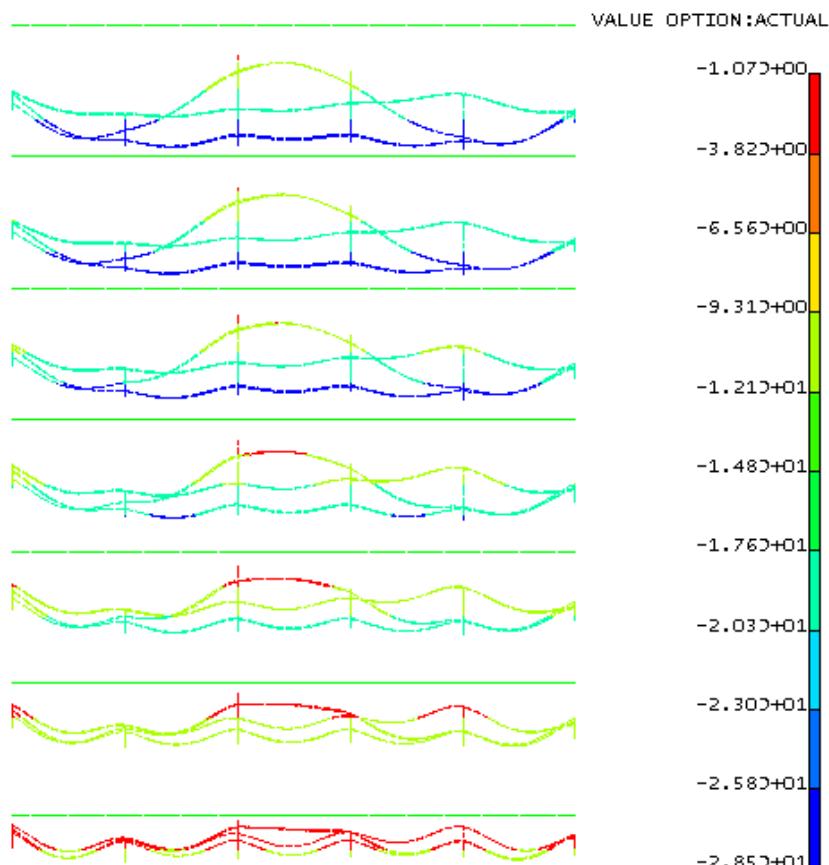


Fig 55 Vista plano XY estática, H3 desplazamiento de vigas en "y"

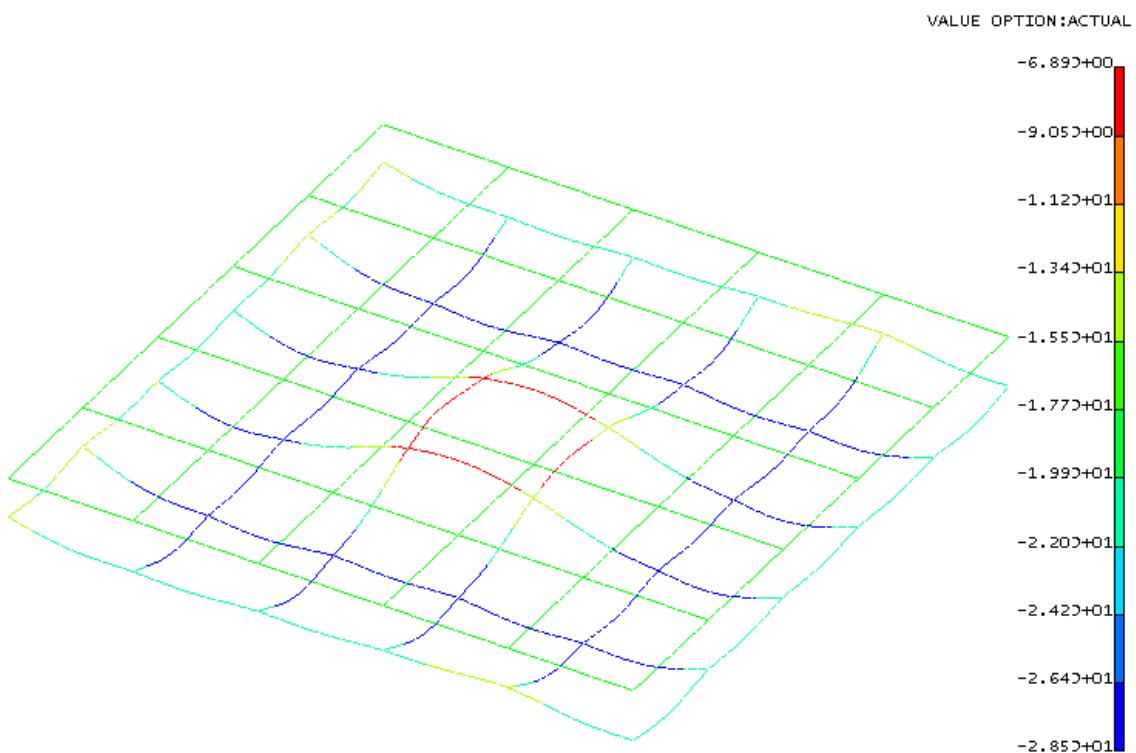


Fig 56 Vista isométrica V14, estática H3 desplazamiento de vigas en "y"

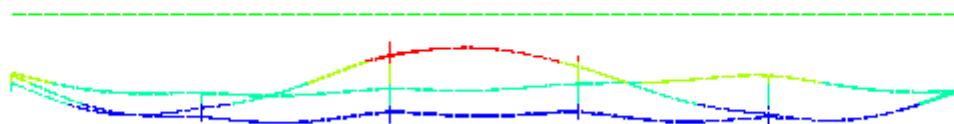


Fig 57 Vista plano XY V14, estática H3 desplazamiento de vigas en "y"

Anexo 14

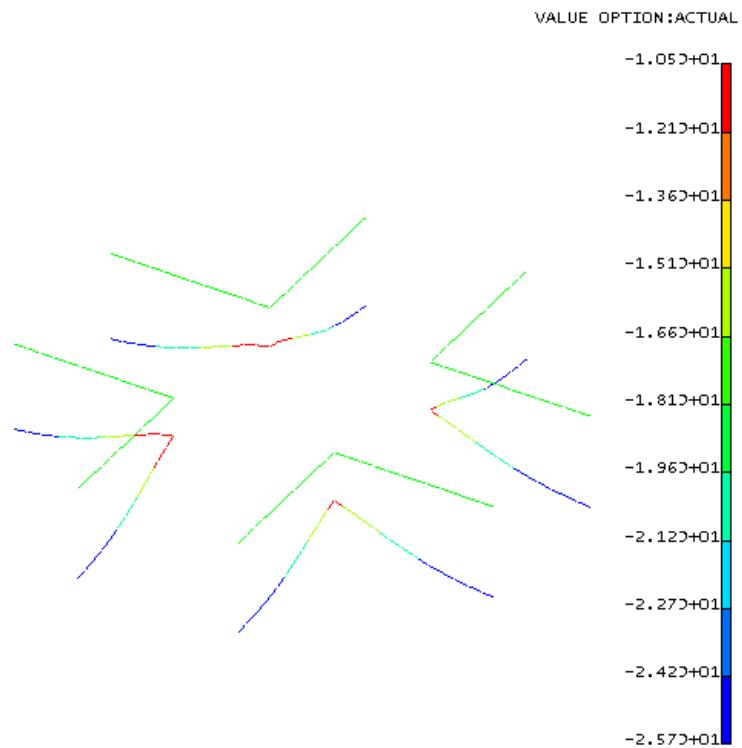


Fig 58 Vista isométrica V14-G4, estática H3 desplazamiento de vigas en "y"

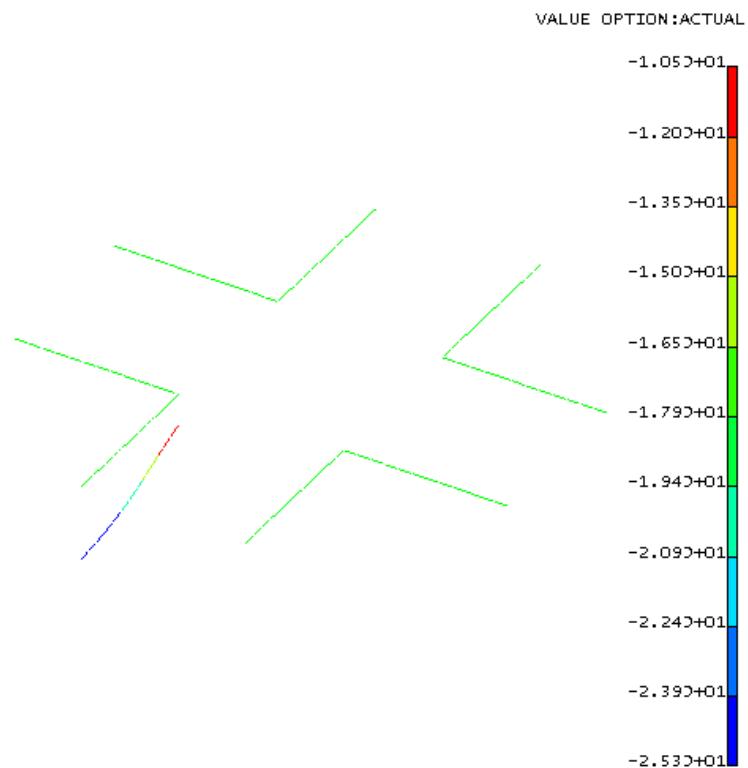


Fig 59 Vista isométrica V14-G4 (Más desfavorable), estática H3 desplazamiento de vigas en "y"

Una vez identificada la viga más desfavorable, se procesará esta viga en el resto de grupos de plantas. Obteniendo los siguientes resultados:

Estática- Vigas		Desplazamientos H3 (mm)			Tensión CA-H3	
		d1	d2	local	VM (Mpa)	RESTO DE GRUPOS
V14-G4	IPE500	-25,3	-10,5	-14,8	162,77	IPE400
V12-G4	IPE450	-24,5	-10,2	-14,3	160,93	IPE400
V10-G4	IPE400	-22,5	-9,37	-13,13	160,2	IPE360
V8-G4	IPE330	-19,6	-8,15	-11,45	166,47	IPE330
V6-G4	IPE300	-15,5	-6,64	-8,86	155,88	IPE300
V4-G4	IPE270	-10,6	-4,85	-5,75	144,91	IPE270
V2-G4	IPE240	-5,71	-2,74	-2,97	134,17	IPE240

Tabla 5 Estática, dimensionado vigas

Teniendo en cuenta que el desplazamiento vertical en "y" permitido en un vano de 6m para vigas es de 15 mm.

H3- desplazamiento de viguetas en "y"



Fig 60 Vista isométrica Vi14, estática H3 desplazamiento de viguetas en "y"

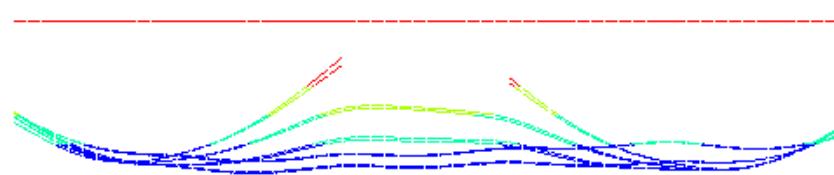


Fig 61 Vista plano XY Vi14, estática H3 desplazamiento de viguetas en "y"

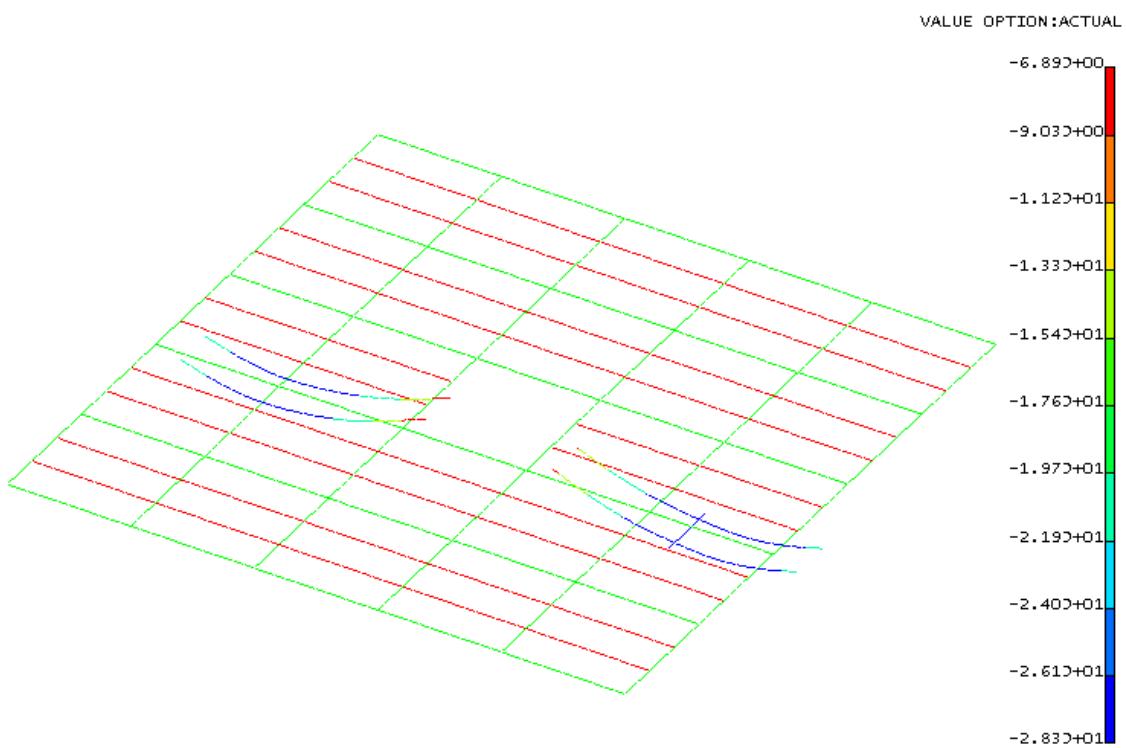


Fig 62 Vista isométrica V14-Vi14, estática H3 desplazamiento de viguetas en "y"

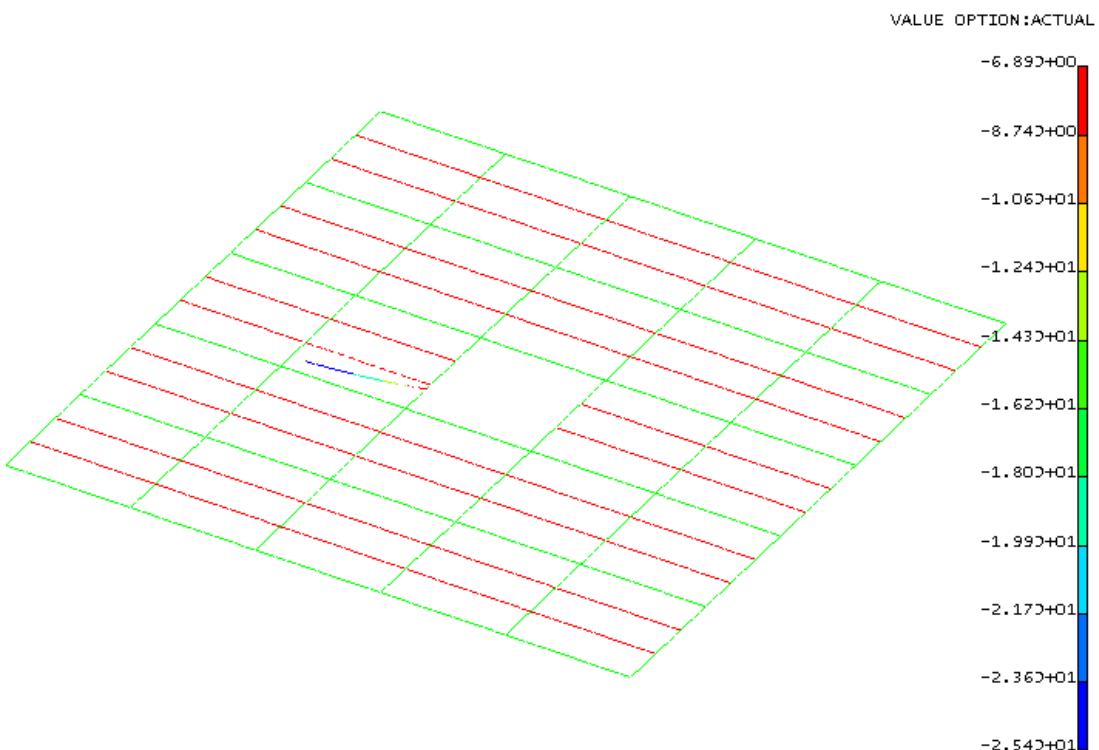


Fig 63 Vista isométrica V14-Vi14 (más desfavorable), estática H3 desplazamiento de viguetas en "y"

Una vez identificada la vigueta más desfavorable, se procesará esta vigueta en el resto de grupos de plantas. Obteniendo los siguientes resultados:

Estática- Viguetas		Desplazamientos H3 (mm)			Tensión CA-H3
		d1	d2	local	VM (Mpa)
Vi14	IPE400	-25,4	-6,89	-18,51	61,75
Vi12	IPE400	-24,4	-7,1	-17,3	54,923
Vi10	IPE360	-23	-6,01	-16,99	50,75
Vi8	IPE330	-18,9	-4,14	-14,76	44,38
Vi6	IPE300	-17,1	-3,38	-13,72	44,4
Vi4	IPE240	-13	-2,09	-10,91	41,44
Vi2	IPE240	-8,8	-1,16	-7,64	38,13

Tabla 6 Estática, dimensionado viguetas

Teniendo en cuenta que el desplazamiento vertical en "y" permitido en un vano de 6m para vigas es de 20 mm.

Anexo 15: Dinámica - Diagramas de desplazamientos en vigas y viguetas

Examinadas todas las plantas se ha cogido como referencia la última planta como más desfavorable. Sobre esta planta de referencia se detectará la viga con mayor desplazamiento y utilizando la posición de esa viga en el resto de plantas calcularemos el desplazamiento generado. Se hará este procedimiento a modo de simplificar el cálculo, ya que las demás plantas trabajarán prácticamente igual. Aunque realmente el máximo de cada planta se localizará en sitios distintos para este caso de estudio.

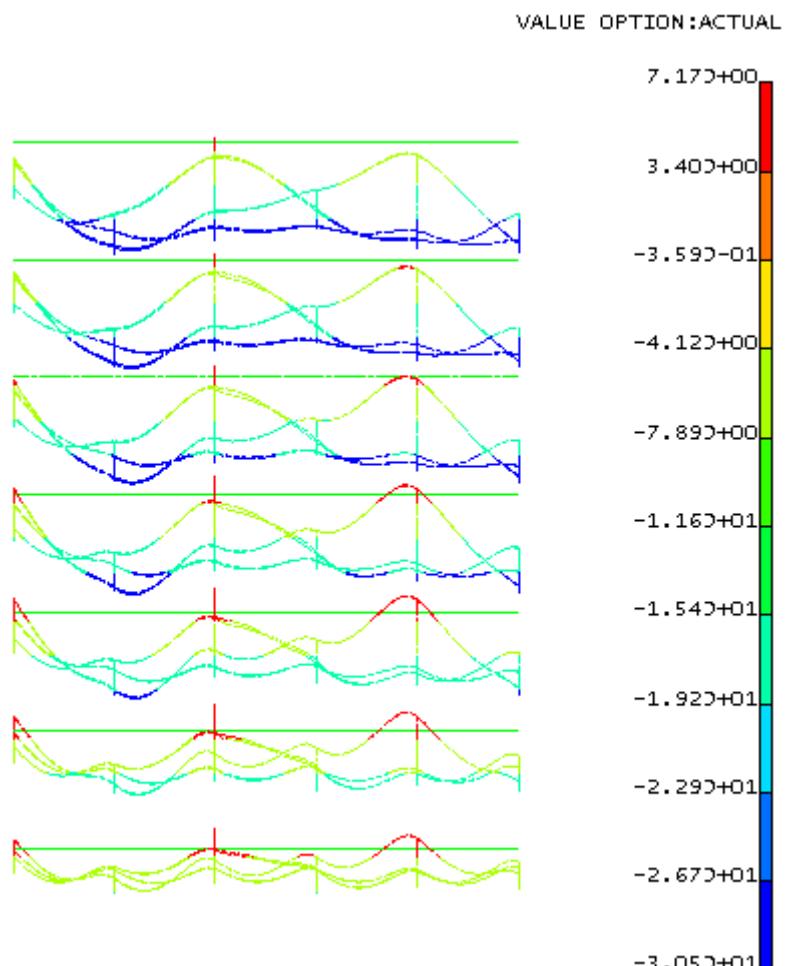


Fig 64 Vista plano XY dinámica, H3D desplazamiento de vigas en "y"

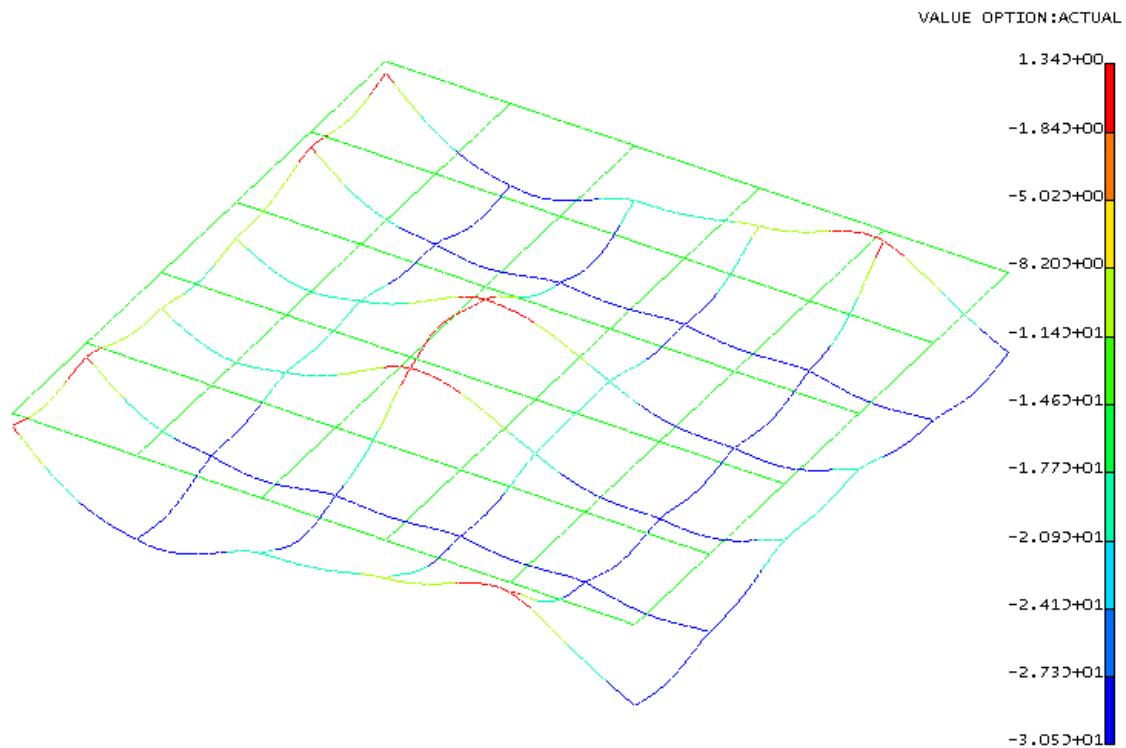


Fig 65 Vista isométrica V14, dinámica H3D desplazamiento de vigas en "y"

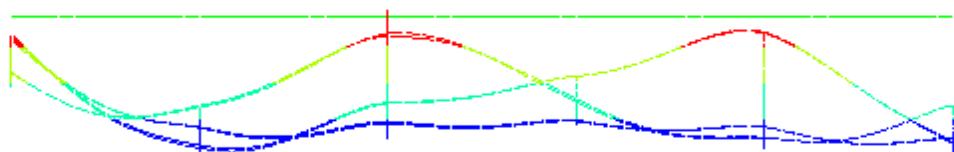


Fig 66 Vista plano XY V14, dinámica H3D desplazamiento de vigas en "y"

Anexo 15

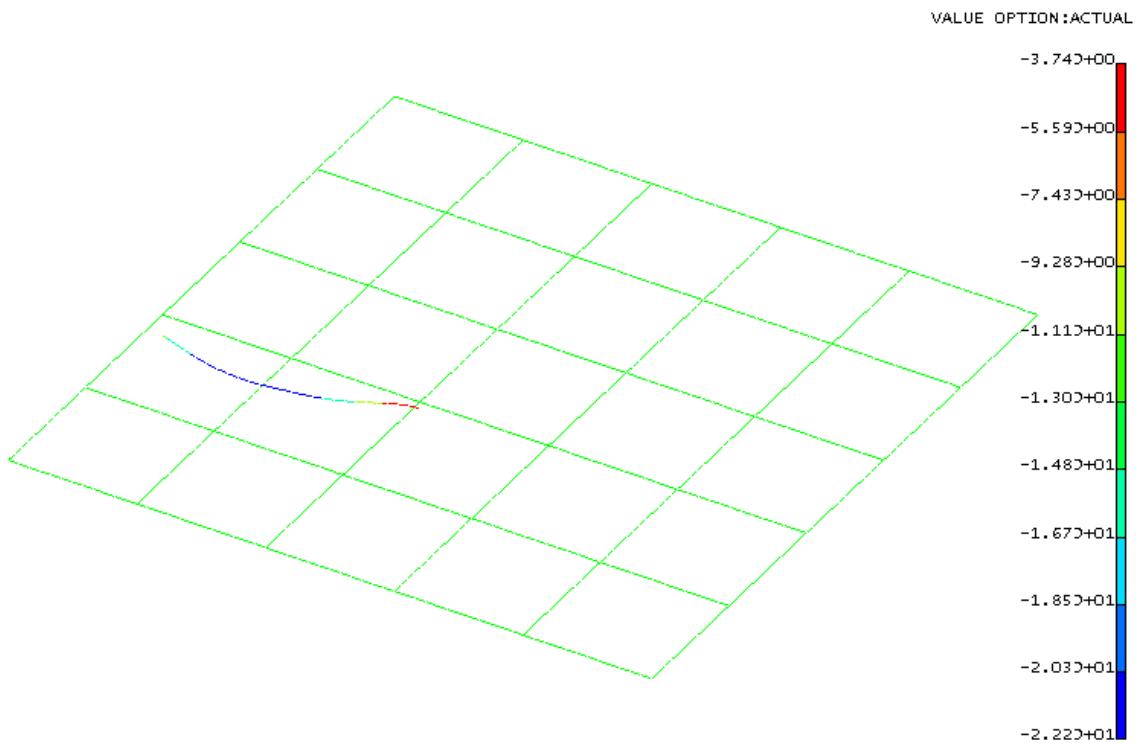


Fig 67 Vista isométrica V14 (Más desfavorable), dinámica H3D desplazamiento de vigas en "y"

En la figura se muestra la viga que utilizaríamos como referencia, para calcular el resto de desplazamientos sobre las demás plantas. Cabe destacar que realmente estamos usando dos tramos de vigas en este caso de estudio.

Ya que por la forma de curvatura el gráfico nos muestra que se está deformando como de si una viga se tratase, la analizaremos como tal.

Dinámica- Vigas	Desplazamientos H3D (mm)				Tensión H3D
	Todos los grupos	Global	d1	d2	
V14-G4	IPE500	-22,2	-3,74	-12,3	-14,18
V12-G4	IPE450	-20,2	-3,3	-11,8	-12,65
V10-G4	IPE400	-19,1	-2,55	-10,7	-12,47
V8-G4	IPE330	-15,7	-1,72	-9,03	-10,32
V6-G4	IPE300	-15,2	-0,736	-6,78	-11,44
V4-G4	IPE270	-12,4	-0,218	-4,23	-10,17
V2-G4	IPE240	-9,25	-0,0511	-2,22	-8,11

Tabla 7 Dinámica, dimensionado vigas

H3D- desplazamiento de viguetas en "y"

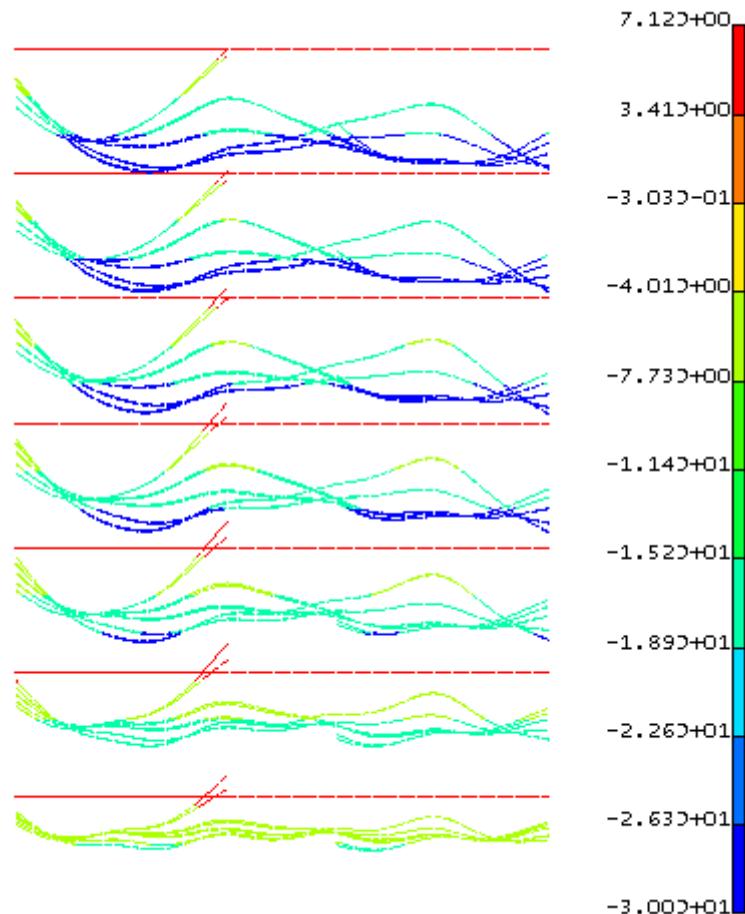


Fig 68 Vista plano XY dinámica, H3D desplazamiento de viguetas en "y"

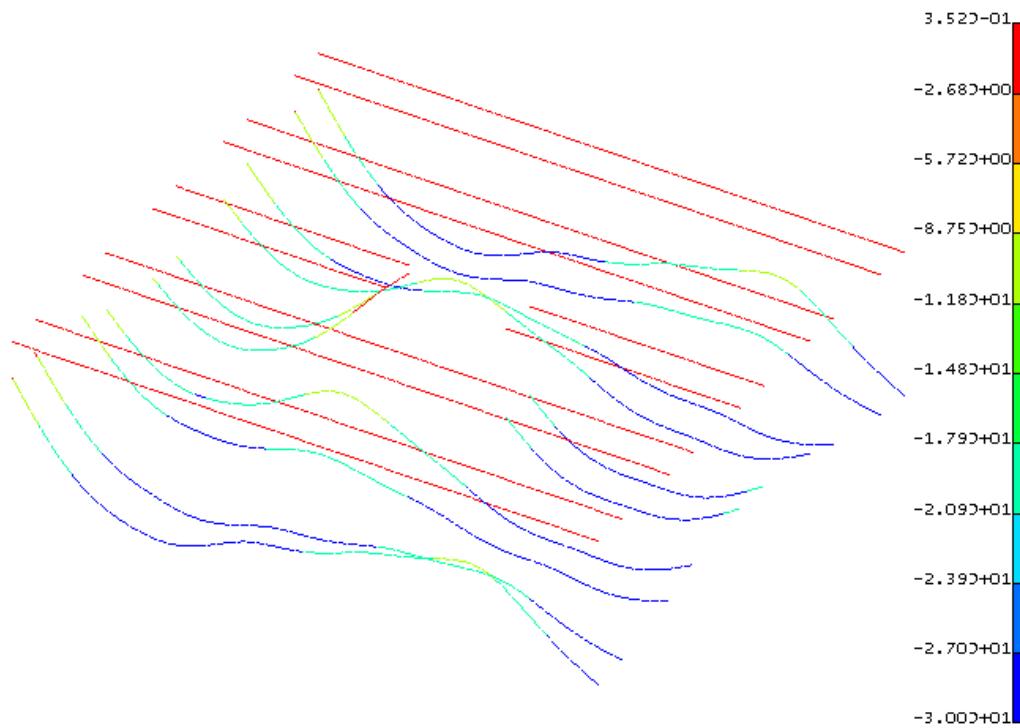


Fig 69 Vista isométrica Vi14, dinámica H3D desplazamiento de viguetas en "y"

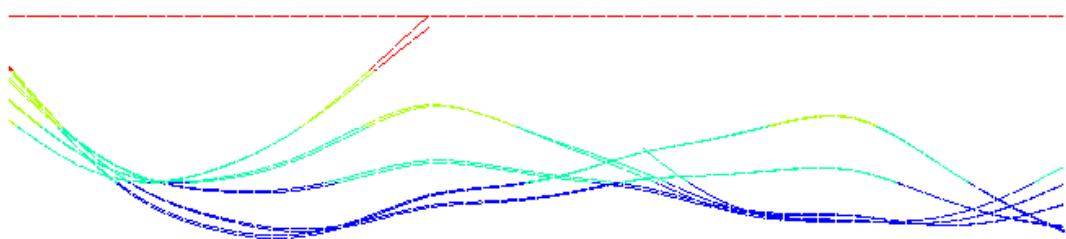


Fig 70 Vista plano XY Vi14, dinámica H3D desplazamiento de viguetas en "y"

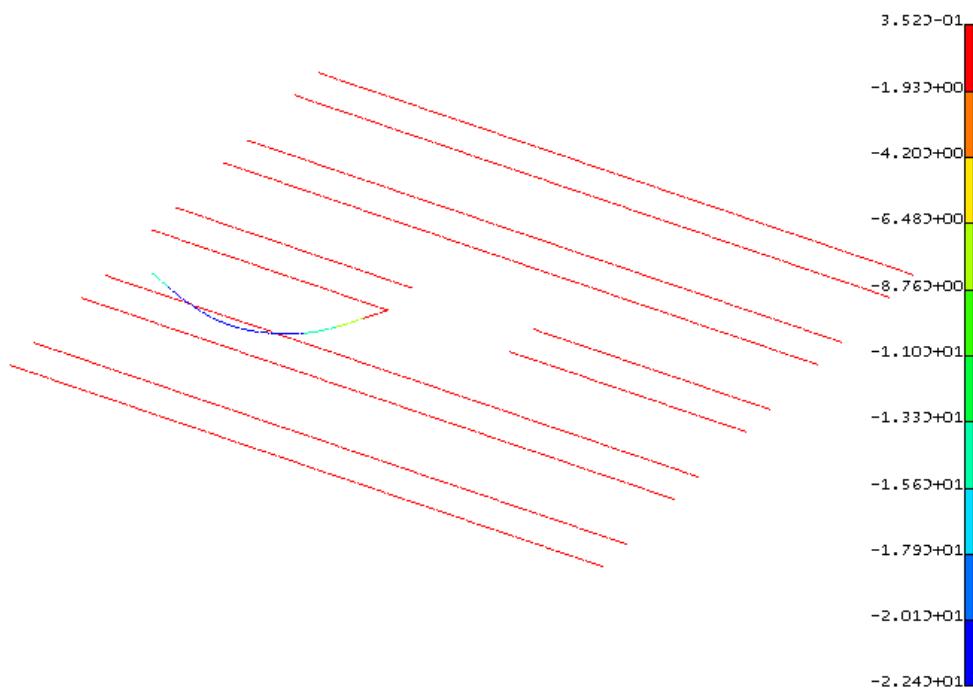


Fig 71 Vista isométrica Vi14 (Más desfavorable), dinámica H3D desplazamiento de viguetas en "y"

En la **figura** se muestra la viga que utilizaríamos como referencia, para calcular el resto de desplazamientos sobre las demás plantas. Cabe destacar que realmente estamos usando dos tramos de vigas en este caso de estudio.

Dinámica - Viguetas	Desplazamientos H3(mm)					Tensión H3D
	Global	d1	d2	local	VM (Mpa)	
Vi14 IPE400	-22,40	0,35	-13,90	-15,63	76,00	
Vi12 IPE400	-21,10	0,91	-13,40	-14,86	78,13	
Vi10 IPE360	-20,20	2,84	-12,60	-15,32	79,77	
Vi8 IPE330	-18,90	5,35	-11,90	-15,63	78,27	
Vi6 IPE300	-16,60	6,78	-10,10	-14,94	71,92	
Vi4 IPE240	-13,80	7,12	-7,98	-13,37	56,90	
Vi2 IPE240	-10,50	5,55	-6,47	-10,04	45,33	

Tabla 8 Dinámica, dimensionado viguetas

Anexo 16: Resultados cimentación

En el siguiente anexo se van a mostrar los resultados obtenidos para cada una de las hipótesis resultantes, aunque únicamente tendremos en consideración la hipótesis más desfavorable para cada caso.

A continuación se van a mostrar los elementos utilizados para el cálculo de la cimentación, se observará que hay dos tablas para cada hipótesis, que incluyen las siguientes características:

- Primera tabla: Cálculos generales para el dimensionado donde se incluyen las reacciones resultantes, dimensiones de cimentación, comprobaciones de las zapatas y la losa de hormigón.
- Segunda tabla: Cálculo de la reacción resultante para la losa de hormigón.

$$Central = \sum \text{Reacciones hueco escalera}$$

$$Losa = Central + \sum \text{Max (Reacciones pilares}_{steiner}\text{)}$$

Estática - Hipótesis 1 (H1)

H1	REACCIONES (kN - m)			DIMENSIONES (m)	PESO (kN)	VUELCO (N - m)			DESLIZAMIENTO			HUNDIMIENTO (kN - m)										
	Nodo	N	V	M		a	b	h	Yk·V	Mv	Me	Yv	Fd	Fr	Yd	N'	M'	e	a/6	TIPO	Sigma Max	Sigma Min
esquinas	A1	1657,19	96,50	7,68	2,5	2,5	0,8		122,5	84,88	2224,61	26,21	96,50	792,37	8,21	1779,69	84,88	0,05	0,42	Trapecial	317,34	252,16
	A6	1658,54	96,68	7,69	2,5	2,5	0,8		122,5	85,03	2226,30	26,18	96,68	792,97	8,20	1781,04	85,03	0,05	0,42	Trapecial	317,62	252,31
	F1	1719,12	97,69	7,65	2,5	2,5	0,8		122,5	85,80	2302,03	26,83	97,69	819,94	8,39	1841,62	85,80	0,05	0,42	Trapecial	327,61	261,71
	F6	1720,49	97,84	7,66	2,5	2,5	0,8		122,5	85,93	2303,74	26,81	97,84	820,55	8,39	1842,99	85,93	0,05	0,42	Trapecial	327,88	261,88
medianas	A2	2501,78	79,71	1,59	3	3	1		220,5	81,30	4083,42	50,23	79,71	1212,04	15,20	2722,28	81,30	0,03	0,50	Trapecial	320,54	284,41
	A3	2547,97	0,17	0,22	3	3	1		220,5	0,39	4152,71	10656,90	0,17	1232,60	7367,61	2768,47	0,39	0,00	0,50	Trapecial	307,69	307,52
	A4	2547,68	0,18	0,25	3	3	1		220,5	0,42	4152,27	9819,40	0,18	1232,47	6981,82	2768,18	0,42	0,00	0,50	Trapecial	307,67	307,48
	A5	2499,68	79,53	1,56	3	3	1		220,5	81,09	4080,27	50,32	79,53	1211,10	15,23	2720,18	81,09	0,03	0,50	Trapecial	320,26	284,22
	B1	2526,99	10,11	13,41	3	3	1		220,5	23,52	4121,24	175,24	10,11	1223,26	121,02	2747,49	23,52	0,01	0,50	Trapecial	310,50	300,05
	B6	2528,44	10,12	13,43	3	3	1		220,5	23,54	4123,41	175,13	10,12	1223,91	121,00	2748,94	23,54	0,01	0,50	Trapecial	310,67	300,21
	C1	2534,02	9,55	12,63	3	3	1		220,5	22,18	4131,78	186,29	9,55	1226,39	128,39	2754,52	22,18	0,01	0,50	Trapecial	310,99	301,13
	C6	2534,40	9,56	12,65	3	3	1		220,5	22,21	4132,35	186,02	9,56	1226,56	128,27	2754,90	22,21	0,01	0,50	Trapecial	311,04	301,16
	D1	2528,27	9,57	12,66	3	3	1		220,5	22,24	4123,16	185,43	9,57	1223,83	127,84	2748,77	22,24	0,01	0,50	Trapecial	310,36	300,48
	D6	2528,60	9,59	12,69	3	3	1		220,5	22,28	4123,65	185,10	9,59	1223,98	127,67	2749,10	22,28	0,01	0,50	Trapecial	310,41	300,50
	E1	2451,64	10,15	13,47	3	3	1		220,5	23,62	4008,21	169,68	10,15	1189,71	117,20	2672,14	23,62	0,01	0,50	Trapecial	302,15	291,66
	E6	2452,46	10,16	13,49	3	3	1		220,5	23,65	4009,44	169,52	10,16	1190,08	117,14	2672,96	23,65	0,01	0,50	Trapecial	302,25	291,74
	F2	2544,33	82,93	1,65	3	3	1		220,5	84,58	4147,25	49,03	82,93	1230,98	14,84	2764,83	84,58	0,03	0,50	Trapecial	326,00	288,41
	F3	2565,87	0,15	0,20	3	3	1		220,5	0,35	4179,56	11793,03	0,15	1240,57	8019,15	2786,37	0,35	0,00	0,50	Trapecial	309,68	309,52
	F4	2565,68	0,16	0,22	3	3	1		220,5	0,38	4179,27	10981,06	0,16	1240,49	7657,37	2786,18	0,38	0,00	0,50	Trapecial	309,66	309,49
	F5	2542,88	82,80	1,63	3	3	1		220,5	84,43	4145,07	49,10	82,80	1230,33	14,86	2763,38	84,43	0,03	0,50	Trapecial	325,80	288,28
internas	B2	4061,59	1,23	1,59	3,6	3,6	1		317,52	2,82	7882,40	2797,25	1,23	1949,70	1587,23	4379,11	2,82	0,00	0,60	Trapecial	338,26	337,53
	B3	3873,57	0,10	0,14	3,6	3,6	1		317,52	0,23	7543,96	32612,99	0,10	1865,99	19432,21	4191,09	0,23	0,00	0,60	Trapecial	323,42	323,36
	B4	3873,61	0,11	0,16	3,6	3,6	1		317,52	0,27	7544,03	28437,47	0,11	1866,01	17678,75	4191,13	0,27	0,00	0,60	Trapecial	323,42	323,36
	B5	4061,56	1,22	1,56	3,6	3,6	1		317,52	2,78	7882,34	2832,63	1,22	1949,69	1600,31	4379,08	2,78	0,00	0,60	Trapecial	338,25	337,53
	C2	3913,44	1,09	1,45	3,6	3,6	1		317,52	2,54	7615,73	2996,86	1,09	1883,74	1731,21	4230,96	2,54	0,00	0,60	Trapecial	326,79	326,14
	C5	3911,34	1,09	1,45	3,6	3,6	1		317,52	2,54	7611,95	2994,13	1,09	1882,81	1721,68	4228,86	2,54	0,00	0,60	Trapecial	326,63	325,97
	D2	3899,72	1,25	1,65	3,6	3,6	1		317,52	2,90	7591,03	2619,58	1,25	1877,63	1504,78	4217,24	2,90	0,00	0,60	Trapecial	325,78	325,03
	D5	3895,05	1,29	1,69	3,6	3,6	1		317,52	2,98	7582,63	2547,09	1,29	1875,56	1457,46	4212,57	2,98	0,00	0,60	Trapecial	325,43	324,66
	E2	4065,72	1,20	1,55	3,6	3,6	1		317,52	2,75	7889,83	2864,88	1,20	1951,54	1622,58	4383,24	2,75	0,00	0,60	Trapecial	338,57	337,86
	E3	3907,74	0,12	0,17	3,6	3,6	1		317,52	0,29	7605,47	26003,11	0,12	1881,21	15310,78	4225,26	0,29	0,00	0,60	Trapecial	326,06	325,99
	E4	3906,97	0,13	0,20	3,6	3,6	1		317,52	0,33	7604,08	23025,44	0,13	1880,86	13977,87	4224,49	0,33	0,00	0,60	Trapecial	326,01	325,92
	E5	4065,20	1,20	1,53	3,6	3,6	1		317,52	2,73	7888,90	2889,65	1,20	1951,31	1630,13	4382,72	2,73	0,00	0,60	Trapecial	338,52	337,82
Losa		24680,98	18,17	25184,07	11	11	0,8		2371,6	25198,60	148789,21	5,90	18,17	12044,57	662,91	27052,5	25198,60	0,93	1,83	Trapecial	337,17	109,98

Reacciones Losa H1

Losa H1	REACCIONES (kN - m)								
Nodos	N	V	Mz	Mx	dx(m)	dz(m)	Mx'	Mz'	MAX(Mz',Mx')
C3	2284,37	5,21	1,85	34,12	3	3	6818,99	6854,96	6854,96
C4	2284,55	5,11	1,77	34,44	-3	3	6819,21	6851,88	6851,88
D3	1903,03	3,45	4,54	7,45	3	-3	5716,54	5713,63	5716,54
D4	1899,54	3,63	4,79	7,53	-3	-3	5706,15	5693,83	5706,15
Central	16309,49	0,77	54,54	21,68					
14135	244,61	0,56	0,73	0,0013					
14139	399,30	1,91	1,49	0,0017					
14143	374,78	2,42	1,66	0,0010					
14147	365,94	3,25	1,89	0,0006					
14151	358,82	4,79	2,32	0,0002					
14155	268,51	6,38	2,31	0,0000					
14158	205,66	16,54	2,08	1,4081					
14341	443,02	39,85	1,62	1,2521					
14342	338,46	4,47	1,15	0,0002					
14343	335,72	-2,29	0,51	0,0013					
14345	336,16	-5,24	1,80	0,0009					
14354	340,00	-7,78	3,03	0,0013					
14357	364,19	-11,55	4,27	0,0020					
14360	228,82	-7,66	2,39	0,0013					
14398	47,56	14,53	0,00	2,4689					
14434	33,12	11,49	0,06	2,2085					
14470	27,60	10,58	0,00	2,1104					
14506	15,76	6,81	0,09	1,0713					
20949	254,28	0,01	0,00	0,0014					
20951	413,67	0,01	0,01	0,0018					
20987	386,75	0,00	0,01	0,0011					
21023	375,77	0,00	0,00	0,0007					
21059	365,87	-0,01	0,00	0,0004					
21095	356,59	-0,02	0,00	0,0002					
21131	691,26	-0,11	0,00	0,1142					
21167	346,82	-0,02	0,00	0,0001					
21203	346,54	-0,01	0,00	0,0003					
21239	346,73	0,00	0,00	0,0006					
21275	347,81	0,00	0,00	0,0010					
21311	363,21	-0,01	0,00	0,0016					
21347	220,99	0,00	0,00	0,0012					
21349	341,88	23,19	0,00	0,1167					
21351	339,71	15,83	0,00	0,0378					
21355	340,76	8,29	0,00	0,0934					
22866	47,59	-14,63	0,00	2,4662					
22875	244,31	-0,53	0,72	0,0013					
22879	398,80	-1,87	1,47	0,0017					
22883	374,30	-2,40	1,65	0,0010					
22887	365,46	-3,34	1,91	0,0006					
22891	358,32	-5,83	2,38	0,0002					
22895	268,13	-4,83	2,04	0,0000					
22897	205,41	-16,12	1,95	1,4070					
22900	341,47	-23,19	0,00	0,1392					
22918	442,60	-39,16	1,61	1,2493					
22919	337,86	-6,18	1,36	0,0002					
22920	335,09	2,47	0,50	0,0013					
22925	335,50	5,15	1,78	0,0009					
22943	339,30	7,66	2,99	0,0013					
22949	363,44	11,40	4,23	0,0020					
22955	228,39	7,58	2,37	0,0013					
22967	33,19	-11,30	0,06	2,2056					
23021	27,81	-10,50	0,00	2,1039					
23033	339,38	-16,05	0,00	0,0348					
23047	15,90	-6,80	0,09	1,0670					
23364	340,60	-8,47	0,00	0,0943					

Reacciones hueco ascensor

Anexo 16

Estática - Hipótesis 2 (H2)

H2		REACCIONES (kN-m)			DIMENSIONES (m)		PESO (kN)	VUELCO (N·m)			DESLIZAMIENTO			HUNDIMIENTO (kN - m)							
Nodo		N	V	M	a	b	h	Yk·V	Mv	Me	Yv	Fd	Fr	Yd	N'	M'	e	a/6	TIPO	Sigma Max	Sigma Min
esquinas	A1	504,10	42,74	6,41	2,7	2,7	0,8	142,884	40,60	873,42	21,51	42,74	288,05	6,74	646,98	40,60	0,06	0,45	Trapecial	101,12	76,37
	A6	1907,40	178,52	16,35	2,7	2,7	0,8	142,884	159,16	2767,88	17,39	178,52	912,84	5,11	2050,28	159,16	0,08	0,45	Trapecial	329,76	232,73
	F1	510,28	43,36	6,48	2,7	2,7	0,8	142,884	41,16	881,77	21,42	43,36	290,81	6,71	653,16	41,16	0,06	0,45	Trapecial	102,15	77,05
	F6	1911,34	179,22	16,41	2,7	2,7	0,8	142,884	159,79	2773,20	17,36	179,22	914,60	5,10	2054,22	159,79	0,08	0,45	Trapecial	330,49	233,08
	A2	2679,04	163,72	13,05	3,1	3,1	1	235,445	176,77	4517,45	25,56	163,72	1297,61	7,93	2914,49	176,77	0,06	0,52	Trapecial	338,88	267,67
	A3	1859,04	4,44	12,10	3,1	3,1	1	235,445	16,53	3246,45	196,35	4,44	932,52	210,18	2094,49	16,53	0,01	0,52	Trapecial	221,28	214,62
medianeras	A4	1696,28	4,65	12,39	3,1	3,1	1	235,445	17,04	2994,17	175,68	4,65	860,06	184,81	1931,73	17,04	0,01	0,52	Trapecial	204,44	197,58
	A5	887,31	47,34	10,82	3,1	3,1	1	235,445	58,16	1740,27	29,92	47,34	499,88	10,56	1122,75	58,16	0,05	0,52	Trapecial	128,54	105,12
	B1	1330,57	9,05	10,62	3,1	3,1	1	235,445	19,66	2427,32	123,45	9,05	697,23	77,07	1566,02	19,66	0,01	0,52	Trapecial	166,92	159,00
	B6	2202,11	18,98	25,69	3,1	3,1	1	235,445	44,67	3778,21	84,57	18,98	1085,27	57,17	2437,56	44,67	0,02	0,52	Trapecial	262,65	244,65
	C1	1648,04	9,48	11,16	3,1	3,1	1	235,445	20,64	2919,40	141,47	9,48	838,58	88,45	1883,49	20,64	0,01	0,52	Trapecial	200,15	191,84
	C6	1882,47	18,64	25,13	3,1	3,1	1	235,445	43,77	3282,77	75,00	18,64	942,96	50,59	2117,92	43,77	0,02	0,52	Trapecial	229,20	211,57
	D1	1646,87	9,47	11,13	3,1	3,1	1	235,445	20,60	2917,59	141,63	9,47	838,06	88,53	1882,32	20,60	0,01	0,52	Trapecial	200,02	191,72
	D6	1883,85	18,65	25,16	3,1	3,1	1	235,445	43,82	3284,91	74,97	18,65	943,57	50,58	2119,30	43,82	0,02	0,52	Trapecial	229,35	211,71
	E1	1312,44	9,05	10,64	3,1	3,1	1	235,445	19,69	2399,22	121,88	9,05	689,16	76,15	1547,89	19,69	0,01	0,52	Trapecial	165,04	157,11
	E6	2209,73	19,00	25,74	3,1	3,1	1	235,445	44,75	3790,02	84,70	19,00	1088,66	57,29	2445,18	44,75	0,02	0,52	Trapecial	263,45	245,43
	F2	2694,32	165,02	13,17	3,1	3,1	1	235,445	178,19	4541,14	25,48	165,02	1304,41	7,90	2929,77	178,19	0,06	0,52	Trapecial	340,75	268,98
	F3	1863,56	4,49	12,23	3,1	3,1	1	235,445	16,72	3253,46	194,55	4,49	934,54	208,03	2099,01	16,72	0,01	0,52	Trapecial	221,79	215,05
	F4	1697,16	4,70	12,51	3,1	3,1	1	235,445	17,21	2995,54	174,02	4,70	860,45	182,94	1932,61	17,21	0,01	0,52	Trapecial	204,57	197,64
	F5	878,11	48,15	10,92	3,1	3,1	1	235,445	59,08	1726,00	29,22	48,15	495,78	10,30	1113,55	59,08	0,05	0,52	Trapecial	127,77	103,98
internas	B2	2640,09	6,10	14,71	3	3	1	220,5	20,81	4290,89	206,16	6,10	1273,62	208,74	2860,59	20,81	0,01	0,50	Trapecial	322,47	313,22
	B3	2503,10	5,25	13,59	3	3	1	220,5	18,84	4085,40	216,86	5,25	1212,62	230,92	2723,60	18,84	0,01	0,50	Trapecial	306,81	298,44
	B4	2497,54	5,41	13,82	3	3	1	220,5	19,23	4077,06	211,98	5,41	1210,15	223,53	2718,04	19,23	0,01	0,50	Trapecial	306,28	297,73
	B5	2626,29	4,44	12,56	3	3	1	220,5	16,99	4270,19	251,30	4,44	1267,47	285,77	2846,79	16,99	0,01	0,50	Trapecial	320,09	312,53
	C2	2446,16	6,12	14,69	3	3	1	220,5	20,81	3999,99	192,21	6,12	1187,27	194,12	2666,66	20,81	0,01	0,50	Trapecial	300,92	291,67
	C5	2605,31	4,67	12,76	3	3	1	220,5	17,43	4238,72	243,16	4,67	1258,13	269,31	2825,81	17,43	0,01	0,50	Trapecial	317,85	310,11
	D2	2431,33	6,23	14,82	3	3	1	220,5	21,05	3977,75	188,97	6,23	1180,67	189,63	2651,83	21,05	0,01	0,50	Trapecial	299,33	289,97
	D5	2595,72	4,55	12,60	3	3	1	220,5	17,15	4224,33	246,38	4,55	1253,86	275,76	2816,22	17,15	0,01	0,50	Trapecial	316,72	309,10
	E2	2643,01	6,10	14,73	3	3	1	220,5	20,84	4295,27	206,15	6,10	1274,92	208,91	2863,51	20,84	0,01	0,50	Trapecial	322,80	313,54
	E3	2520,21	5,28	13,65	3	3	1	220,5	18,94	4111,07	217,10	5,28	1220,24	231,04	2740,71	18,94	0,01	0,50	Trapecial	308,73	300,32
losa	E4	2503,43	5,45	13,90	3	3	1	220,5	19,35	4085,90	211,12	5,45	1212,77	222,35	2723,93	19,35	0,01	0,50	Trapecial	306,96	298,36
	E5	2626,48	4,45	12,61	3	3	1	220,5	17,06	4270,47	250,35	4,45	1267,56	284,69	2846,98	17,06	0,01	0,50	Trapecial	320,12	312,54
losa		21413,81	1448,89	17264,82	10,1	10,1	0,8	1999,396	18423,93	118236,68	6,42	1448,89	10424,22	7,19	23413,20	18423,93	0,79	1,68	Trapecial	336,81	122,23

Anexo 16

Losa H2

Losa H2	REACCIONES (kN-m)				STEINER (kN - m)				
Nodo	N	V	Mz	Mx	dx(m)	dz(m)	Mx'	Mz'	MAX(Mz',Mx')
C3	1164,15	7,31	3,46	13,97	3	3	3478,47	3495,91	3495,91
C4	1965,90	1,10	5,40	40,22	-3	3	5857,48	5892,30	5892,30
D3	1589,66	2,38	8,74	3,60	3	-3	4772,58	4777,72	4777,72
D4	901,51	6,81	14,59	7,18	-3	-3	2711,71	2689,95	2711,72
Central	15792,58	1431,29	387,16	43,24					
14135	403,37	2,97	6,69	0,0022					
14139	664,70	11,26	13,19	0,0029					
14143	639,12	12,07	13,42	0,0017					
14147	642,51	12,52	13,49	0,0010					
14151	652,75	15,67	14,23	0,0004					
14155	502,36	19,87	12,21	0,0000					
14158	396,34	60,96	9,86	3,2802					
14341	883,30	126,81	10,73	3,6683					
14342	636,20	34,81	14,19	0,0008					
14343	619,89	11,06	9,76	0,0038					
14345	615,69	3,85	7,14	0,0029					
14354	623,84	-2,15	4,53	0,0034					
14357	683,14	-11,62	1,63	0,0046					
14360	446,61	-12,06	0,32	0,0030					
14398	97,84	48,70	0,13	5,9739					
14434	90,97	40,34	0,10	5,7075					
14470	112,13	39,15	0,02	5,4406					
14506	80,83	29,98	0,24	2,7196					
20949	178,58	2,32	5,74	0,0010					
20951	292,51	8,67	11,23	0,0013					
20987	276,77	8,55	11,16	0,0008					
21023	272,09	7,70	10,87	0,0005					
21059	268,05	9,74	10,98	0,0002					
21095	264,36	17,94	11,68	0,0001					
21131	518,70	104,29	12,52	0,0927					
21167	263,49	17,59	11,40	0,0001					
21203	266,56	9,20	10,39	0,0003					
21239	270,07	6,82	9,94	0,0005					
21275	274,41	6,97	9,84	0,0008					
21311	290,37	5,97	9,52	0,0013					
21347	177,97	0,54	4,80	0,0010					
21349	583,08	97,67	0,00	1,5654					
21351	465,47	93,82	0,00	1,0932					
21355	355,67	84,74	0,00	0,4420					
22866	27,40	26,03	0,15	2,2881					
22875	60,58	2,22	5,65	0,0004					
22879	100,84	8,56	11,07	0,0005					
22883	103,18	8,61	11,04	0,0004					
22887	112,90	7,99	10,79	0,0002					
22891	127,24	10,27	10,91	0,0001					
22895	106,05	7,80	8,32	0,0000					
22897	90,24	34,77	6,48	1,1566					
22900	70,89	61,55	0,00	1,1756					
22918	219,30	62,18	8,18	1,5946					
22919	123,22	39,77	13,99	0,0010					
22920	105,47	10,69	9,95	0,0017					
22925	94,26	10,00	9,24	0,0014					
22943	89,93	7,94	8,44	0,0014					
22949	104,19	3,93	7,33	0,0015					
22955	80,47	-1,55	3,53	0,0008					
22967	41,30	21,19	0,00	2,4824					
23021	69,92	21,91	0,01	2,4439					
23033	43,98	69,69	0,00	0,6339					
23047	55,96	18,92	0,11	1,2205					
23364	155,54	72,09	0,00	0,2134					

Reacciones hueco ascensor

Estática - Hipótesis 3 (H3)

H3		REACCIONES (kN-m)			DIMENSIONES (m)			PESO (kN)	VUELCO (kN - m)			DESLIZAMIENTO			HUNDIMIENTO (kN - m)						
Nodo		N	V	M	a	b	h	Yk·V	Mv	Me	Yv	Fd	Fr	Yd	N'	M'	e	a/6	TIPO	Sigma Max	Sigma Min
esquinas	A1	956,03	14,86	4,21	3	3	0,8	176,4	16,10	1698,64	105,51	14,86	504,19	33,93	1132,43	16,10	0,01	0,50	Trapecial	129,40	122,25
	A6	2359,82	206,46	18,55	3	3	0,8	176,4	183,72	3804,33	20,71	206,46	1129,20	5,47	2536,22	183,72	0,07	0,50	Trapecial	322,63	240,98
	F1	1018,87	14,34	4,30	3	3	0,8	176,4	15,78	1792,91	113,65	14,34	532,17	37,10	1195,27	15,78	0,01	0,50	Trapecial	136,31	129,30
	F6	2420,43	208,29	18,59	3	3	0,8	176,4	185,22	3895,25	21,03	208,29	1156,18	5,55	2596,83	185,22	0,07	0,50	Trapecial	329,70	247,38
medianas	A2	3397,18	185,33	13,52	3,5	3,5	1	300,125	198,84	6470,28	32,54	185,33	1646,14	8,88	3697,31	198,84	0,05	0,58	Trapecial	329,65	273,99
	A3	2629,27	4,38	12,02	3,5	3,5	1	300,125	16,39	5126,44	312,74	4,38	1304,25	298,04	2929,40	16,39	0,01	0,58	Trapecial	241,43	236,84
	A4	2466,40	4,72	12,48	3,5	3,5	1	300,125	17,20	4841,42	281,51	4,72	1231,74	261,08	2766,53	17,20	0,01	0,58	Trapecial	228,25	223,43
	A5	1604,67	25,80	10,36	3,5	3,5	1	300,125	36,16	3333,39	92,20	25,80	848,07	32,88	1904,80	36,16	0,02	0,58	Trapecial	160,55	150,43
	B1	2091,54	5,38	5,75	3,5	3,5	1	300,125	11,14	4185,41	375,79	5,38	1064,84	197,82	2391,67	11,14	0,00	0,58	Trapecial	196,80	193,68
	B6	2963,61	22,65	30,56	3,5	3,5	1	300,125	53,21	5711,54	107,34	22,65	1453,11	64,16	3263,74	53,21	0,02	0,58	Trapecial	273,87	258,98
	C1	2417,00	5,98	6,53	3,5	3,5	1	300,125	12,51	4754,97	379,98	5,98	1209,74	202,19	2717,13	12,51	0,00	0,58	Trapecial	223,56	220,05
	C6	2651,57	22,14	29,77	3,5	3,5	1	300,125	51,91	5165,47	99,51	22,14	1314,18	59,36	2951,70	51,91	0,02	0,58	Trapecial	248,22	233,69
	D1	2409,97	5,96	6,50	3,5	3,5	1	300,125	12,46	4742,67	380,67	5,96	1206,61	202,36	2710,10	12,46	0,00	0,58	Trapecial	222,98	219,49
	D6	2647,08	22,16	29,81	3,5	3,5	1	300,125	51,97	5157,61	99,24	22,16	1312,18	59,20	2947,21	51,97	0,02	0,58	Trapecial	247,86	233,32
	E1	2003,38	5,35	5,73	3,5	3,5	1	300,125	11,08	4031,13	363,76	5,35	1025,59	191,63	2303,51	11,08	0,00	0,58	Trapecial	189,59	186,49
	E6	2900,97	22,71	30,66	3,5	3,5	1	300,125	53,36	5601,92	104,98	22,71	1425,22	62,77	3201,10	53,36	0,02	0,58	Trapecial	268,78	253,85
	F2	3452,07	189,61	13,69	3,5	3,5	1	300,125	203,30	6566,34	32,30	189,61	1670,58	8,81	3752,20	203,30	0,05	0,58	Trapecial	334,75	277,85
	F3	2649,00	4,44	12,17	3,5	3,5	1	300,125	16,61	5160,97	310,74	4,44	1313,03	295,60	2949,13	16,61	0,01	0,58	Trapecial	243,07	238,42
	F4	2482,53	4,76	12,58	3,5	3,5	1	300,125	17,34	4869,65	280,88	4,76	1238,92	260,46	2782,66	17,34	0,01	0,58	Trapecial	229,58	224,73
	F5	1635,31	23,61	10,41	3,5	3,5	1	300,125	34,02	3387,01	99,56	23,61	861,71	36,49	1935,44	34,02	0,02	0,58	Trapecial	162,76	153,23
internas	B2	4068,42	6,50	15,22	3,6	3,6	1	317,52	21,72	7894,69	363,50	6,50	1952,74	300,62	4385,94	21,72	0,00	0,60	Trapecial	341,21	335,63
	B3	3876,33	5,24	13,56	3,6	3,6	1	317,52	18,80	7548,93	401,57	5,24	1867,22	356,67	4193,85	18,80	0,00	0,60	Trapecial	326,02	321,18
	B4	3870,78	5,43	13,85	3,6	3,6	1	317,52	19,29	7538,94	390,92	5,43	1864,75	343,21	4188,30	19,29	0,00	0,60	Trapecial	325,65	320,69
	B5	4054,60	4,04	12,06	3,6	3,6	1	317,52	16,10	7869,82	488,79	4,04	1946,59	481,30	4372,12	16,10	0,00	0,60	Trapecial	339,43	335,28
	C2	3833,53	6,49	15,19	3,6	3,6	1	317,52	21,67	7471,89	344,78	6,49	1848,16	284,96	4151,05	21,67	0,01	0,60	Trapecial	323,08	317,51
	C5	3991,89	4,30	12,27	3,6	3,6	1	317,52	16,57	7756,94	468,12	4,30	1918,67	446,19	4309,41	16,57	0,00	0,60	Trapecial	334,65	330,39
	D2	3816,72	6,65	15,38	3,6	3,6	1	317,52	22,03	7441,63	337,86	6,65	1840,68	276,92	4134,24	22,03	0,01	0,60	Trapecial	321,83	316,17
	D5	3979,35	4,11	12,03	3,6	3,6	1	317,52	16,14	7734,37	479,20	4,11	1913,09	465,31	4296,87	16,14	0,00	0,60	Trapecial	333,62	329,47
	E2	4073,82	6,48	15,22	3,6	3,6	1	317,52	21,70	7904,41	364,23	6,48	1955,15	301,69	4391,34	21,70	0,00	0,60	Trapecial	341,63	336,05
	E3	3915,95	5,24	13,60	3,6	3,6	1	317,52	18,85	7620,25	404,35	5,24	1884,86	359,48	4233,47	18,85	0,00	0,60	Trapecial	329,08	324,23
losa	E4	3898,87	5,50	13,96	3,6	3,6	1	317,52	19,46	7589,50	390,05	5,50	1877,26	341,50	4216,39	19,46	0,00	0,60	Trapecial	327,84	322,84
	E5	4057,09	4,08	12,12	3,6	3,6	1	317,52	16,20	7874,30	486,04	4,08	1947,70	477,78	4374,61	16,20	0,00	0,60	Trapecial	339,63	335,46
losa		25800,34	1431,82	25172,62	11,2	11,2	0,8	2458,624	26318,08	158250,22	6,01	1431,82	12581,69	8,79	28258,97	26318,08	0,93	1,87	Trapecial	337,67	112,88

Anexo 16

Losa H3

Losa H3	REACCIONES (kN-m)				STEINER (kN - m)				
	N	V	Mz	Mx	dx(m)	dz(m)	Mx'	Mz'	MAX(Mz',Mx')
C3	1883,54	-9,42	2,58	21,07	3	3	5629,55	5653,20	5653,20
C4	2685,34	0,97	6,25	47,43	-3	3	8008,59	8049,77	8049,77
D3	2246,39	1,09	7,05	5,66	3	-3	6744,83	6746,22	6746,22
D4	1556,97	8,17	16,37	9,26	-3	-3	4680,17	4654,54	4680,17
Central	17428,10	1431,00	388,07	43,26					
14135	476,39	3,16	6,897	0,0026					
14139	781,75	11,82	13,613	0,0035					
14143	745,65	12,74	13,871	0,0021					
14147	743,38	13,38	13,995	0,0012					
14151	748,55	16,90	14,829	0,0005					
14155	572,54	21,48	12,797	0,0001					
14158	448,49	64,88	10,367	3,6235					
14341	993,96	136,36	11,098	3,8839					
14342	718,03	35,28	14,340	0,0007					
14343	698,17	9,94	9,462	0,0041					
14345	690,89	1,94	6,470	0,0030					
14354	696,63	-4,75	3,517	0,0037					
14357	757,59	-15,26	0,270	0,0050					
14360	492,22	-14,40	0,436	0,0032					
14398	110,12	52,14	0,137	6,5859					
14434	99,39	42,94	0,107	6,2871					
14470	118,88	41,52	0,013	6,0400					
14506	84,48	31,48	0,259	3,0361					
20949	254,15	2,32	5,739	0,0014					
20951	413,48	8,68	11,233	0,0018					
20987	386,60	8,55	11,165	0,0011					
21023	375,64	7,69	10,875	0,0007					
21059	365,76	9,74	10,982	0,0004					
21095	356,50	17,94	11,682	0,0002					
21131	691,14	104,26	12,514	0,1064					
21167	346,77	17,58	11,397	0,0001					
21203	346,52	9,20	10,390	0,0003					
21239	346,72	6,82	9,945	0,0006					
21275	347,81	6,97	9,841	0,0010					
21311	363,24	5,97	9,521	0,0016					
21347	221,02	0,53	4,797	0,0012					
21349	668,55	103,24	0,005	1,4057					
21351	550,30	97,68	0,004	0,9208					
21355	440,72	86,76	0,004	0,2456					
22866	15,11	22,55	0,142	1,6779					
22875	12,32	2,04	5,441	0,0000					
22879	16,03	8,02	10,655	0,0000					
22883	3,17	7,96	10,594	0,0001					
22887	12,21	7,11	10,286	0,0001					
22891	31,62	8,78	10,298	0,0000					
22895	36,01	6,59	7,803	0,0000					
22897	38,21	30,94	6,005	0,8139					
22900	14,42	55,95	0,003	1,3340					
22918	108,81	52,70	7,806	1,3800					
22919	41,60	39,19	13,834	0,0011					
22920	27,42	11,78	10,237	0,0014					
22925	19,31	11,87	9,895	0,0013					
22943	17,41	10,48	9,431	0,0012					
22949	30,01	7,51	8,673	0,0011					
22955	35,02	0,76	4,274	0,0006					
22967	32,85	18,61	0,008	1,9049					
23021	63,09	19,53	0,022	1,8477					
23033	128,69	65,76	0,003	0,8059					
23047	52,24	17,40	0,086	0,9058					
23364	240,53	70,01	0,003	0,4094					

Anexo 16

Dinámica - Hipótesis 1 (H1D)

nº	REACCIONES (kN-m)			DIMENSIONES (m)			PESO (kN)	VUELCO (kN - m)			DESLIZAMIENTO			HUNDIMIENTO (kN - m)							
	N	V	M	a	b	h		Mv	Me	Yv	Fd	Fr	Yd	N'	M'	e	a/6	TIPO	Sigma Max	Sigma Min	
esquinas	A1	956,03	14,86	4,21	3	3	0,8	176,4	16,10	1698,64	105,51	14,86	504,19	33,93	1132,43	16,10	0,01	0,50	Trapecial	129,40	122,25
	A6	2359,82	206,46	18,55	3	3	0,8	176,4	183,72	3804,33	20,71	206,46	1129,20	5,47	2536,22	183,72	0,07	0,50	Trapecial	322,63	240,98
	F1	1018,87	14,34	4,30	3	3	0,8	176,4	15,78	1792,91	113,65	14,34	532,17	37,10	1195,27	15,78	0,01	0,50	Trapecial	136,31	129,30
	F6	2420,43	208,29	18,59	3	3	0,8	176,4	185,22	3895,25	21,03	208,29	1156,18	5,55	2596,83	185,22	0,07	0,50	Trapecial	329,70	247,38
medianeras	A2	3397,18	185,33	13,52	3,5	3,5	1	300,125	198,84	6470,28	32,54	185,33	1646,14	8,88	3697,31	198,84	0,05	0,58	Trapecial	329,65	273,99
	A3	2629,27	4,38	12,02	3,5	3,5	1	300,125	16,39	5126,44	312,74	4,38	1304,25	298,04	2929,40	16,39	0,01	0,58	Trapecial	241,43	236,84
	A4	2466,40	4,72	12,48	3,5	3,5	1	300,125	17,20	4841,42	281,51	4,72	1231,74	261,08	2766,53	17,20	0,01	0,58	Trapecial	228,25	223,43
	A5	1604,67	25,80	10,36	3,5	3,5	1	300,125	36,16	3333,39	92,20	25,80	848,07	32,88	1904,80	36,16	0,02	0,58	Trapecial	160,55	150,43
	B1	2091,54	5,38	5,75	3,5	3,5	1	300,125	11,14	4185,41	375,79	5,38	1064,84	197,82	2391,67	11,14	0,00	0,58	Trapecial	196,80	193,68
	B6	2963,61	22,65	30,56	3,5	3,5	1	300,125	53,21	5711,54	107,34	22,65	1453,11	64,16	3263,74	53,21	0,02	0,58	Trapecial	273,87	258,98
	C1	2417,00	5,98	6,53	3,5	3,5	1	300,125	12,51	4754,97	379,98	5,98	1209,74	202,19	2717,13	12,51	0,00	0,58	Trapecial	223,56	220,05
	C6	2651,57	22,14	29,77	3,5	3,5	1	300,125	51,91	5165,47	99,51	22,14	1314,18	59,36	2951,70	51,91	0,02	0,58	Trapecial	248,22	233,69
	D1	2409,97	5,96	6,50	3,5	3,5	1	300,125	12,46	4742,67	380,67	5,96	1206,61	202,36	2710,10	12,46	0,00	0,58	Trapecial	222,98	219,49
	D6	2647,08	22,16	29,81	3,5	3,5	1	300,125	51,97	5157,61	99,24	22,16	1312,18	59,20	2947,21	51,97	0,02	0,58	Trapecial	247,86	233,32
	E1	2003,38	5,35	5,73	3,5	3,5	1	300,125	11,08	4031,13	363,76	5,35	1025,59	191,63	2303,51	11,08	0,00	0,58	Trapecial	189,59	186,49
	E6	2900,97	22,71	30,66	3,5	3,5	1	300,125	53,36	5601,92	104,98	22,71	1425,22	62,77	3201,10	53,36	0,02	0,58	Trapecial	268,78	253,85
	F2	3452,07	189,61	13,69	3,5	3,5	1	300,125	203,30	6566,34	32,30	189,61	1670,58	8,81	3752,20	203,30	0,05	0,58	Trapecial	334,75	277,85
	F3	2649,00	4,44	12,17	3,5	3,5	1	300,125	16,61	5160,97	310,74	4,44	1313,03	295,60	2949,13	16,61	0,01	0,58	Trapecial	243,07	238,42
	F4	2482,53	4,76	12,58	3,5	3,5	1	300,125	17,34	4869,65	280,88	4,76	1238,92	260,46	2782,66	17,34	0,01	0,58	Trapecial	229,58	224,73
	F5	1635,31	23,61	10,41	3,5	3,5	1	300,125	34,02	3387,01	99,56	23,61	861,71	36,49	1935,44	34,02	0,02	0,58	Trapecial	162,76	153,23
internas	B2	4068,42	6,50	15,22	3,6	3,6	1	317,52	21,72	7894,69	363,50	6,50	1952,74	300,62	4385,94	21,72	0,00	0,60	Trapecial	341,21	335,63
	B3	3876,33	5,24	13,56	3,6	3,6	1	317,52	18,80	7548,93	401,57	5,24	1867,22	356,67	4193,85	18,80	0,00	0,60	Trapecial	326,02	321,18
	B4	3870,78	5,43	13,85	3,6	3,6	1	317,52	19,29	7538,94	390,92	5,43	1864,75	343,21	4188,30	19,29	0,00	0,60	Trapecial	325,65	320,69
	B5	4054,60	4,04	12,06	3,6	3,6	1	317,52	16,10	7869,82	488,79	4,04	1946,59	481,30	4372,12	16,10	0,00	0,60	Trapecial	339,43	335,28
	C2	3833,53	6,49	15,19	3,6	3,6	1	317,52	21,67	7471,89	344,78	6,49	1848,16	284,96	4151,05	21,67	0,01	0,60	Trapecial	323,08	317,51
	C5	3991,89	4,30	12,27	3,6	3,6	1	317,52	16,57	7756,94	468,12	4,30	1918,67	446,19	4309,41	16,57	0,00	0,60	Trapecial	334,65	330,39
	D2	3816,72	6,65	15,38	3,6	3,6	1	317,52	22,03	7441,63	337,86	6,65	1840,68	276,92	4134,24	22,03	0,01	0,60	Trapecial	321,83	316,17
	D5	3979,35	4,11	12,03	3,6	3,6	1	317,52	16,14	7734,37	479,20	4,11	1913,09	465,31	4296,87	16,14	0,00	0,60	Trapecial	333,62	329,47
	E2	4073,82	6,48	15,22	3,6	3,6	1	317,52	21,70	7904,41	364,23	6,48	1955,15	301,69	4391,34	21,70	0,00	0,60	Trapecial	341,63	336,05
	E3	3915,95	5,24	13,60	3,6	3,6	1	317,52	18,85	7620,25	404,35	5,24	1884,86	359,48	4233,47	18,85	0,00	0,60	Trapecial	329,08	324,23
losa	E4	3898,87	5,50	13,96	3,6	3,6	1	317,52	19,46	7589,50	390,05	5,50	1877,26	341,50	4216,39	19,46	0,00	0,60	Trapecial	327,84	322,84
	E5	4057,09	4,08	12,12	3,6	3,6	1	317,52	16,20	7874,30	486,04	4,08	1947,70	477,78	4374,61	16,20	0,00	0,60	Trapecial	339,63	335,46
losa	losa	25800,34	1431,8	25172,6	11,2	11,2	0,8	2458,62	26318,08	158250,2	6,01	1431,82	12581,69	8,79	28258,97	26318,08	0,93	1,87	Trapecial	337,67	112,88

Losa H1D

Losa H1D		REACCIONES (kN-m)				STEINER (kN - m)				
Nodos		N	V	Mz	Mx	dx(m)	dz(m)	Mx'	Mz'	MAX(Mz',Mx')
	C3	2545,28	8,18	10,71	37,47	3	3	7598,37	7646,55	7646,55
	C4	3209,45	5,64	15,14	54,36	-3	3	9573,99	9613,21	9613,21
	D3	2352,68	0,39	3,59	6,06	3	-3	7064,10	7061,63	7064,10
	D4	1848,39	7,14	13,49	8,04	-3	-3	5553,21	5531,68	5553,21
Central		16005,43	933,98	256,44	27,60					
Reacciones hueco ascensor	14135	377,01	2,26	4,68	0,0020					
	14139	618,97	8,30	9,24	0,0027					
	14143	590,18	9,04	9,46	0,0016					
	14147	587,69	9,73	9,61	0,0009					
	14151	590,51	12,50	10,29	0,0004					
	14155	450,67	15,95	8,98	0,0000					
	14158	352,76	47,22	7,34	2,7715					
	14341	778,94	100,67	7,66	2,9201					
	14342	569,34	24,31	9,60	0,0004					
	14343	556,87	5,82	5,93	0,0031					
	14345	553,72	-0,23	3,61	0,0022					
	14354	560,14	-5,29	1,34	0,0028					
	14357	608,83	-13,15	1,11	0,0039					
	14360	393,34	-11,46	1,00	0,0025					
	14398	85,72	38,22	0,08	4,9907					
	14434	74,10	31,27	0,10	4,6608					
	14470	84,56	30,03	0,03	4,3907					
	14506	58,83	22,36	0,19	2,1875					
	20949	241,17	1,58	3,71	0,0013					
	20951	393,21	5,71	7,26	0,0017					
	20987	369,21	5,60	7,21	0,0010					
	21023	360,34	5,05	7,02	0,0006					
	21059	352,45	6,40	7,09	0,0003					
	21095	345,12	11,78	7,56	0,0001					
	21131	672,34	68,49	8,10	0,0480					
	21167	338,94	11,52	7,37	0,0002					
	21203	340,34	6,02	6,72	0,0003					
	21239	342,25	4,48	6,44	0,0006					
	21275	345,09	4,62	6,40	0,0010					
	21311	362,24	4,06	6,22	0,0016					
	21347	220,97	0,49	3,14	0,0012					
	21349	538,71	74,75	0,00	1,0058					
	21351	463,15	68,95	0,00	0,6677					
	21355	394,35	59,56	0,00	0,1906					
	22866	5,95	9,30	0,10	0,2569					
	22875	86,81	1,22	3,27	0,0004					
	22879	139,79	4,63	6,38	0,0006					
	22883	125,09	4,36	6,27	0,0003					
	22887	113,88	3,46	5,97	0,0002					
	22891	100,61	3,71	5,82	0,0001					
	22895	68,09	2,65	4,34	0,0000					
	22897	46,10	14,50	3,23	0,0463					
	22900	125,78	29,18	0,00	0,7919					
	22918	82,72	20,92	4,54	0,4551					
	22919	92,47	23,74	8,65	0,0008					
	22920	102,54	8,77	7,01	0,0005					
	22925	109,68	9,95	7,32	0,0005					
	22943	113,81	10,10	7,53	0,0003					
	22949	115,64	9,73	7,56	0,0000					
	22955	62,15	3,67	3,85	0,0001					
	22967	11,55	7,80	0,04	0,5404					
	23021	34,30	8,98	0,00	0,6080					
	23033	197,47	38,09	0,00	0,4745					
	23047	30,49	9,27	0,02	0,3075					
	23364	268,46	43,37	0,00	0,2477					

Dinámica - Hipótesis 2 (H2D)

H2D		REACCIONES (kN-m)			DIMENSIONES (m)			PESO (kN)	VUELCO (kN·m)			DESLIZAMIENTO			HUNDIMIENTO(kN-m)						
Nodo		N	V	M	a	b	h	Yk·V	Mv	Me	Yv	Fd	Fr	Yd	N'	M'	e	a/6	TIPO	Sigma Max	Sigma Min
esquinas	A1	418,53	250,59	55,81	4,2	4,2	1	432,18	306,41	1786,50	5,83	250,59	378,76	1,51	850,71	306,41	0,36	0,70	Trapecial	73,04	23,41
	A6	4660,89	435,85	79,75	4,2	4,2	1	432,18	515,60	10695,45	20,74	435,85	2267,58	5,20	5093,07	515,60	0,10	0,70	Trapecial	330,48	246,97
	F1	351,12	250,56	56,10	4,2	4,2	1	432,18	306,66	1644,94	5,36	250,56	348,75	1,39	783,30	306,66	0,39	0,70	Trapecial	69,24	19,57
	F6	4721,67	437,42	79,96	4,2	4,2	1	432,18	517,38	10823,09	20,92	437,42	2294,64	5,25	5153,85	517,38	0,10	0,70	Trapecial	334,07	250,27
medianeras	A2	6255,00	423,00	96,63	4,7	4,7	1,1	595,3255	561,93	16098,26	28,65	423,00	3049,96	7,21	6850,33	561,93	0,08	0,78	Trapecial	342,58	277,64
	A3	3324,28	26,86	93,14	4,7	4,7	1,1	595,3255	122,68	9211,07	75,08	26,86	1745,12	64,96	3919,61	122,68	0,03	0,78	Trapecial	184,53	170,35
	A4	2875,09	27,25	93,74	4,7	4,7	1,1	595,3255	123,72	8155,48	65,92	27,25	1545,13	56,70	3470,42	123,72	0,04	0,78	Trapecial	164,25	149,95
	A5	185,18	308,01	92,92	4,7	4,7	1,1	595,3255	431,73	1834,19	4,25	308,01	347,50	1,13	780,51	431,73	0,55	0,78	Trapecial	60,28	10,38
	B1	1728,88	10,76	71,58	4,7	4,7	1,1	595,3255	83,41	5461,88	65,48	10,76	1034,80	96,21	2324,21	83,41	0,04	0,78	Trapecial	110,04	100,39
	B6	4391,68	37,17	106,18	4,7	4,7	1,1	595,3255	147,07	11719,46	79,69	37,17	2220,36	59,73	4987,01	147,07	0,03	0,78	Trapecial	234,26	217,26
	C1	2767,11	10,86	71,26	4,7	4,7	1,1	595,3255	83,21	7901,72	94,97	10,86	1497,05	137,89	3362,44	83,21	0,02	0,78	Trapecial	157,02	147,41
	C6	3395,67	35,71	103,46	4,7	4,7	1,1	595,3255	142,74	9378,84	65,71	35,71	1776,90	49,76	3991,00	142,74	0,04	0,78	Trapecial	188,92	172,42
	D1	2759,72	10,79	71,12	4,7	4,7	1,1	595,3255	82,99	7884,36	95,01	10,79	1493,76	138,44	3355,05	82,99	0,02	0,78	Trapecial	156,68	147,08
	D6	3396,16	35,72	103,48	4,7	4,7	1,1	595,3255	142,77	9379,99	65,70	35,72	1777,12	49,75	3991,49	142,77	0,04	0,78	Trapecial	188,94	172,44
	E1	1607,00	10,73	71,61	4,7	4,7	1,1	595,3255	83,42	5175,46	62,04	10,73	980,54	91,35	2202,33	83,42	0,04	0,78	Trapecial	104,52	94,88
	E6	4355,42	37,24	106,34	4,7	4,7	1,1	595,3255	147,31	11634,25	78,98	37,24	2204,21	59,19	4950,75	147,31	0,03	0,78	Trapecial	232,63	215,60
	F2	6337,50	426,88	97,22	4,7	4,7	1,1	595,3255	566,79	16292,14	28,74	426,88	3086,69	7,23	6932,83	566,79	0,08	0,78	Trapecial	346,60	281,09
	F3	3346,53	27,09	93,76	4,7	4,7	1,1	595,3255	123,56	9263,36	74,97	27,09	1755,03	64,80	3941,86	123,56	0,03	0,78	Trapecial	185,59	171,30
	F4	2885,84	27,42	94,27	4,7	4,7	1,1	595,3255	124,43	8180,74	65,74	27,42	1549,91	56,52	3481,17	124,43	0,04	0,78	Trapecial	164,78	150,40
	F5	184,29	307,68	93,27	4,7	4,7	1,1	595,3255	431,72	1832,11	4,24	307,68	347,11	1,13	779,62	431,72	0,55	0,78	Trapecial	60,24	10,34
internas	B2	4012,45	13,55	33,06	3,6	3,6	1	317,52	46,61	7793,95	167,22	13,55	1927,83	142,27	4329,97	46,61	0,01	0,60	Trapecial	340,10	328,11
	B3	3795,32	12,65	31,88	3,6	3,6	1	317,52	44,53	7403,11	166,26	12,65	1831,15	144,75	4112,84	44,53	0,01	0,60	Trapecial	323,08	311,62
	B4	3796,14	12,72	32,00	3,6	3,6	1	317,52	44,72	7404,59	165,58	12,72	1831,52	144,02	4113,66	44,72	0,01	0,60	Trapecial	323,16	311,66
	B5	3945,43	11,98	31,08	3,6	3,6	1	317,52	43,07	7673,31	178,18	11,98	1897,99	158,42	4262,95	43,07	0,01	0,60	Trapecial	334,47	323,39
	C2	3636,85	13,74	33,16	3,6	3,6	1	317,52	46,90	7117,87	151,76	13,74	1760,60	128,09	3954,37	46,90	0,01	0,60	Trapecial	311,15	299,09
	C5	4037,76	12,34	31,31	3,6	3,6	1	317,52	43,65	7839,50	179,60	12,34	1939,09	157,12	4355,28	43,65	0,01	0,60	Trapecial	341,67	330,44
	D2	3657,68	13,80	33,19	3,6	3,6	1	317,52	46,99	7155,36	152,29	13,80	1769,87	128,28	3975,20	46,99	0,01	0,60	Trapecial	312,77	300,69
	D5	4041,49	12,18	31,09	3,6	3,6	1	317,52	43,27	7846,22	181,33	12,18	1940,75	159,31	4359,01	43,27	0,01	0,60	Trapecial	341,91	330,78
	E2	4030,76	13,51	33,02	3,6	3,6	1	317,52	46,52	7826,90	168,23	13,51	1935,98	143,33	4348,28	46,52	0,01	0,60	Trapecial	341,50	329,53
	E3	3851,98	12,67	31,93	3,6	3,6	1	317,52	44,59	7505,10	168,30	12,67	1856,38	146,57	4169,50	44,59	0,01	0,60	Trapecial	327,46	315,99
	E4	3823,15	12,80	32,14	3,6	3,6	1	317,52	44,94	7453,21	165,85	12,80	1843,54	144,02	4140,67	44,94	0,01	0,60	Trapecial	325,28	313,72
	E5	3949,72	12,00	31,13	3,6	3,6	1	317,52	43,12	7681,03	178,12	12,00	1899,90	158,38	4267,24	43,12	0,01	0,60	Trapecial	334,81	323,72
losa		21413,81	1448,89	17264,82	10	10	0,8	1960	18423,93	116869,04	6,34	1448,89	10406,68	7,18	23373,81	18423,93	0,79	1,67	Trapecial	344,28	123,19

Losa H2D

Nodos	REACCIONES (kN-m)				STEINER (kN - m)				
	N	V	Mz	Mx	dx(m)	dz(m)	Mx'	Mz'	MAX(Mz',Mx')
C3	1164,15	7,31	3,46	13,97	3	3	3478,48	3495,91	3495,91
C4	1965,90	1,10	5,40	40,22	-3	3	5857,48	5892,30	5892,30
D3	1589,66	2,38	8,74	3,60	3	-3	4772,58	4777,72	4777,72
D4	901,51	6,81	14,59	7,18	-3	-3	2711,72	2689,96	2711,72
Central	15792,58	1431,29	387,16	43,24					
14135	403,37	2,97	6,69	0,00218					
14139	664,70	11,26	13,19	0,00293					
14143	639,12	12,07	13,42	0,00174					
14147	642,51	12,52	13,49	0,00101					
14151	652,75	15,67	14,23	0,00038					
14155	502,36	19,87	12,21	0,00003					
14158	396,34	60,96	9,86	3,28017					
14341	883,30	126,81	10,73	3,66826					
14342	636,20	34,81	14,19	0,00077					
14343	619,89	11,06	9,76	0,00381					
14345	615,69	3,85	7,14	0,00288					
14354	623,84	-2,15	4,53	0,00344					
14357	683,14	-11,62	1,63	0,00461					
14360	446,61	-12,06	0,32	0,00297					
14398	97,84	48,70	0,13	5,97389					
14434	90,97	40,34	0,10	5,70747					
14470	112,13	39,15	0,02	5,44060					
14506	80,83	29,98	0,24	2,71957					
20949	178,58	2,32	5,74	0,00096					
20951	292,51	8,67	11,23	0,00128					
20987	276,77	8,55	11,16	0,00076					
21023	272,09	7,70	10,87	0,00045					
21059	268,05	9,74	10,98	0,00024					
21095	264,36	17,94	11,68	0,00009					
21131	518,70	104,29	12,52	0,09275					
21167	263,49	17,59	11,40	0,00014					
21203	266,56	9,20	10,39	0,00030					
21239	270,07	6,82	9,94	0,00051					
21275	274,41	6,97	9,84	0,00080					
21311	290,37	5,97	9,52	0,00131					
21347	177,97	0,54	4,80	0,00097					
21349	583,08	97,67	0,00	1,56540					
21351	465,47	93,82	0,00	1,09315					
21355	355,67	84,74	0,00	0,44201					
22866	27,40	26,03	0,15	2,28811					
22875	60,58	2,22	5,65	0,00036					
22879	100,84	8,56	11,07	0,00053					
22883	103,18	8,61	11,04	0,00036					
22887	112,90	7,99	10,79	0,00025					
22891	127,24	10,27	10,91	0,00009					
22895	106,05	7,80	8,32	0,00003					
22897	90,24	34,77	6,48	1,15663					
22900	70,89	61,55	0,00	1,17556					
22918	219,30	62,18	8,18	1,59459					
22919	123,22	39,77	13,99	0,00096					
22920	105,47	10,69	9,95	0,00170					
22925	94,26	10,00	9,24	0,00144					
22943	89,93	7,94	8,44	0,00140					
22949	104,19	3,93	7,33	0,00147					
22955	80,47	-1,55	3,53	0,00082					
22967	41,30	21,19	0,00	2,48240					
23021	69,92	21,91	0,01	2,44394					
23033	43,98	69,69	0,00	0,63390					
23047	55,96	18,92	0,11	1,22050					
23364	155,54	72,09	0,00	0,21336					

Dinámica Hipótesis 3 (H3D)

Siguiendo el mismo procedimiento, se obtuvieron tamaños de zapatas muy grandes, tanto que casi se tocan con las más próximas entre ellas. Por este motivo se optó para H3D eliminar las zapatas individuales y crear una única losa de hormigón que albergará todo el edificio. A continuación se muestra el cálculo para trasladar las reacciones de los pilares al centro de la losa y obtener la reacción resultante para dimensionar la losa.

Losa H3D		REACCIONES (kN - m)				STEINER (kN - m)				
Nodo		N	V	Mz	Mx	dx(m)	dz(m)	Mz'	Mx'	MAX(Mz',Mx')
esquinas	A1	3085,09	611,03	127,00	23,70	-15	-15	46149,36	46300,05	46300,05
	A6	7328,20	796,29	150,93	6,09	15	-15	110073,93	109929,09	110073,93
	F1	3014,76	611,81	127,54	32,71	-15	15	45093,86	45188,69	45188,69
	F6	7384,52	798,68	151,40	7,02	15	15	110919,20	110760,78	110919,20
medianeras	A2	9636,39	806,84	196,16	18,67	-9	-9	86531,35	86746,18	86746,18
	A3	3560,11	55,28	191,26	17,64	-3	-9	10489,07	32058,63	32058,63
	A4	2639,32	55,67	191,87	16,27	3	-9	8109,83	23770,15	23770,15
	A5	3566,29	691,83	192,44	17,81	9	-9	32289,05	32114,42	32289,05
	B1	330,60	35,92	164,92	13,08	-15	-6	4794,09	1996,68	4794,09
	B6	5789,05	62,34	199,51	25,23	15	-6	87035,26	34759,53	87035,26
	C1	2437,18	35,31	163,01	1,78	-15	-3	36394,69	7313,32	36394,69
	C6	3725,59	60,15	195,19	6,62	15	-3	56079,04	11183,39	56079,04
	D1	2426,52	35,21	162,80	10,99	-15	3	36235,00	7268,57	36235,00
	D6	3729,43	60,13	195,12	5,44	15	3	56136,57	11182,85	56136,57
	E1	165,10	35,92	165,05	23,31	-15	9	2311,42	1462,57	2311,42
	E6	5798,28	62,42	199,77	24,51	15	9	87173,97	52160,01	87173,97
	F2	9761,80	812,60	197,24	27,14	-9	15	87658,96	146399,86	146399,86
	F3	3588,36	55,71	192,49	23,72	-3	15	10572,59	53801,68	53801,68
	F4	2643,94	56,05	193,00	19,75	3	15	8124,82	39639,35	39639,35
	F5	3608,89	693,43	193,29	19,50	9	15	32673,30	54113,85	54113,85
internas	B2	4047,67	26,96	66,74	2,18	-9	-6	36362,29	24288,20	36362,29
	B3	3794,92	25,97	65,42	2,73	-3	-6	11319,34	22772,25	22772,25
	B4	3796,41	26,04	65,54	2,16	3	-6	11454,77	22780,62	22780,62
	B5	3910,22	25,39	64,76	2,56	9	-6	35256,74	23463,88	35256,74
	C2	3426,26	27,45	67,01	1,94	-9	-3	30769,33	10280,72	30769,33
	C5	4250,18	26,05	65,17	1,08	9	-3	38316,79	12751,62	38316,79
	D2	3455,54	27,46	66,97	4,86	-9	3	31032,89	10361,76	31032,89
	D5	4247,11	25,85	64,88	0,21	9	3	38288,87	12741,12	38288,87
	E2	4073,29	26,90	66,70	4,76	-9	6	36592,91	24434,98	36592,91
	E3	3866,91	26,04	65,57	2,60	-3	6	11535,16	23198,86	23198,86
Hueco escalera	E4	3808,68	26,17	65,78	0,48	3	6	11491,82	22851,60	22851,60
	E5	3907,54	25,39	64,81	1,30	9	6	35232,67	23443,94	35232,67
	C3	406,20	-16,17	94,27	16,16	-3	-3	1124,33	1234,77	1234,77
	C4	5348,47	-1,95	99,05	107,71	3	-3	16144,46	16153,12	16153,12
	D3	3972,67	20,84	57,95	0,22	-3	3	11860,06	11917,79	11917,79
	D4	232,73	28,32	67,79	14,07	3	3	765,98	684,12	765,98
Centro		59894,67	6972,01	1880,50	205,43					

Losa resultante H3D

H3D	REACCIONES (kN - m)			DIMENSIONES (m)		PESO (kN)	VUELCO (N·m)			DESLIZAMIENTO			HUNDIMIENTO (kN-m)							
	N	V	M	a	b		Yk·V	Mv	Me	Yv	Fd	Fr	Yd	N'	M'	e	a/6	TIPO	sigma Max	sigma Min
Losa	200658,89	13751,30	1552868,63	40	40	1,2	47040	1569370,19	4953977,74	3,15	13751,29	110282,54	8,01	247698,88	1569370,19	6,34	6,67	Trapecial	301,94	7,68

Anexo 17: Cálculos uniones viga-pilar y viga-vigueta

En el siguiente anexo se van a detallar los cálculos para el dimensionado de las uniones. Para ello habrá que determinar el número de tornillos, métrica y disposición de los mismos. También se identificará la disposición del elemento sobre el que se realiza el cálculo, del cual se obtienen las máximas reacciones. En ambos casos se ha identificado el caso más desfavorable en la última planta.

Para realizar el dimensionado de los pernos es necesario realizar las siguientes comprobaciones, donde se aplicará un coeficiente de seguridad de 1,5 en las reacciones máximas obtenidas:

$$M_{max} = F_{p,CD} \frac{\sum d_i^2 \cdot n_{pernos}^{ofila}}{d_i^{max}} \geq M_d$$

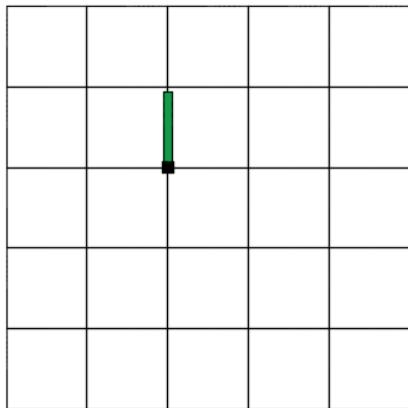
$$F_{s,RD} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu}{\gamma_{M3}} \cdot F_{p,CD} \cdot n_{pernos}^o \geq V_d$$

A continuación se van a mostrar los siguientes apartados:

- Identificación de la unión más desfavorable sobre la que se basarán los cálculos.
- Reacciones del modelo a las que se les aplicará un coeficiente de seguridad de 1,5 para el cálculo.
- Tabla de cálculo para la comprobación a flexión.
- Tabla de cálculo para la comprobación a deslizamiento.
- Vistas resultantes de la unión:

Se podrá observar que para hacer la unión se suelda una chapa, el espesor de dicha chapa será como mínimo el espesor del ala. En las formulas el espesor no interviene porque ya se da por supuesto que cogiendo ese espesor la chapa cumpliría a flexión.

En el caso de la unión viga-pilar, se soldará una chapa que coja todo el frente de la viga en el ala del pilar y hay que colocar rigidizadores para que haya continuidad de flujo de tensiones.

EstáticaUnión Viga-Pilar

Reacciones modelo			Reacciones mayoradas	
Vy(kN)	Mz(kN·m)	CS	Vd(kN)	Md(kN·m)
184,924	358,071	1,5	277,386	537,1065

Tabla 9 Reacciones estática, viga-pilar

Fig 72 Sección desfavorable estática, viga-pilar

Comprobación a flexión

Filas	nºpernos	d_i (mm)	nºpernos*d_i^2	IPE500 - HEB500e10
1	2	300	180000	Max d_i 300
2	2	200	80000	Sum d_i^2 560000
3	2	100	20000	F_p,CD (kN) 292,09 (M27)
4	2	100	20000	M_max(kN·m) 545,235
5	2	200	80000	Tasa 0,985
6	2	300	180000	

Tabla 11 Estática viga-pilar, comprobación a flexión

Comprobación a deslizamiento

gammaM3	1,1
F_p,CD (kN)	292,09
n	2
Ks	1
mu	0,3
Nºpernos	12
F_s,RD (kN)	1911,862

Tabla 10 Estática viga-pilar, comprobación a deslizamiento

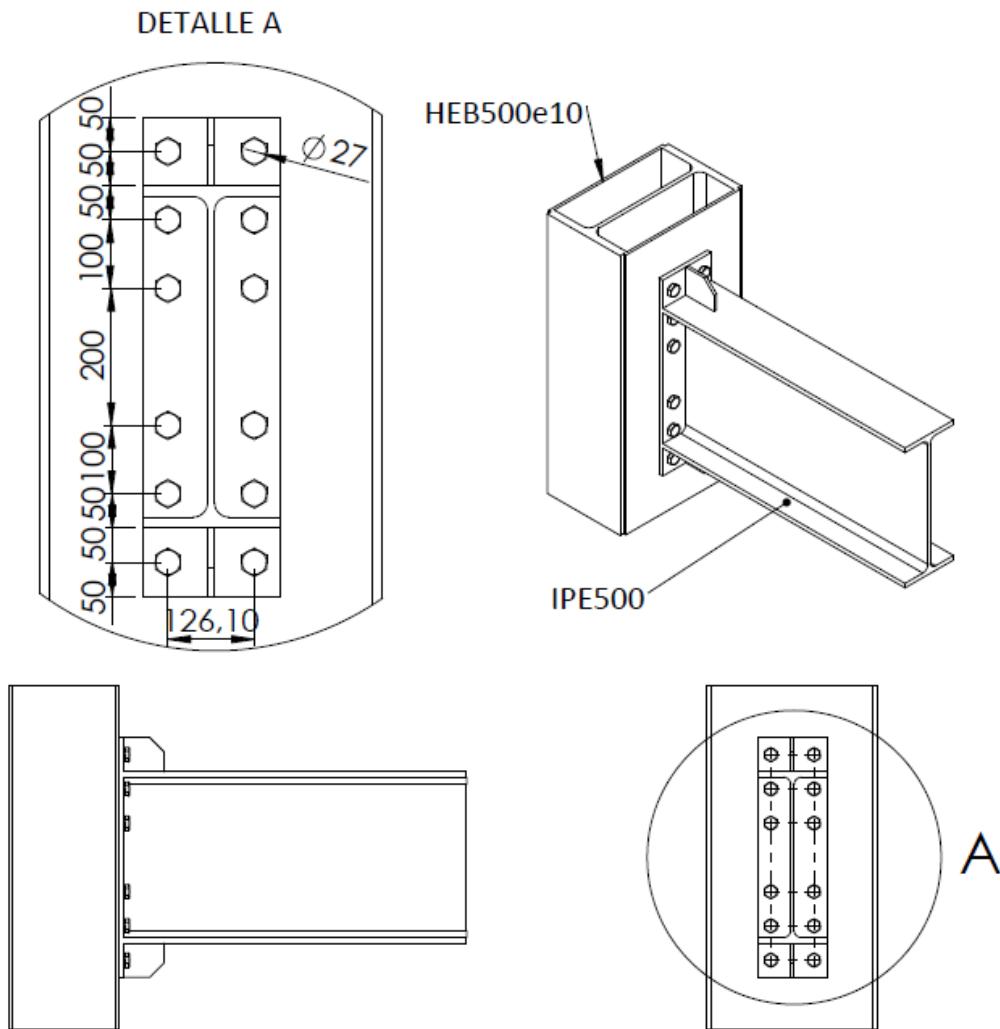
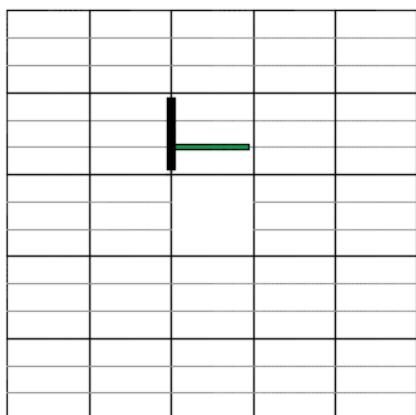


Fig 73 Vistas estática, unión viga-pilar

Únion Viga- Vigueta



Reacciones modelo			Reacciones mayoradas	
Vy(kN)	Mz(kN·m)	CS	Vd(kN)	Md(kN·m)
20,075	70,305	1,5	30,112	105,457

Tabla 12 Reacciones estática, viga-vigueta

Fig 74 Sección desfavorable estática, viga-vigueta

Comprobación a flexión

Filas	nºtornillos	d_i	nºpernos*d_i^2	IPE500 - IPE400
1	2	150	45000	Max d_i 150
2	2	50	5000	Sum d_i^2 100000
3	2	50	5000	F_p,CD (kN) 192,82 (M22)
4	2	150	45000	M_max(kN·mm) 128,547
5	0		0	Tasa 0,820
6	0		0	

Tabla 14 Estática viga-vigueta, comprobación a flexión

Comprobación a deslizamiento

gammaM3	1,1
F_p,CD (kN)	192,82
n	2
Ks	1
mu	0,3
Nºpernos	8
F_s,RD (kN)	841,396

Tabla 13 Estática viga-vigueta, comprobación a deslizamiento

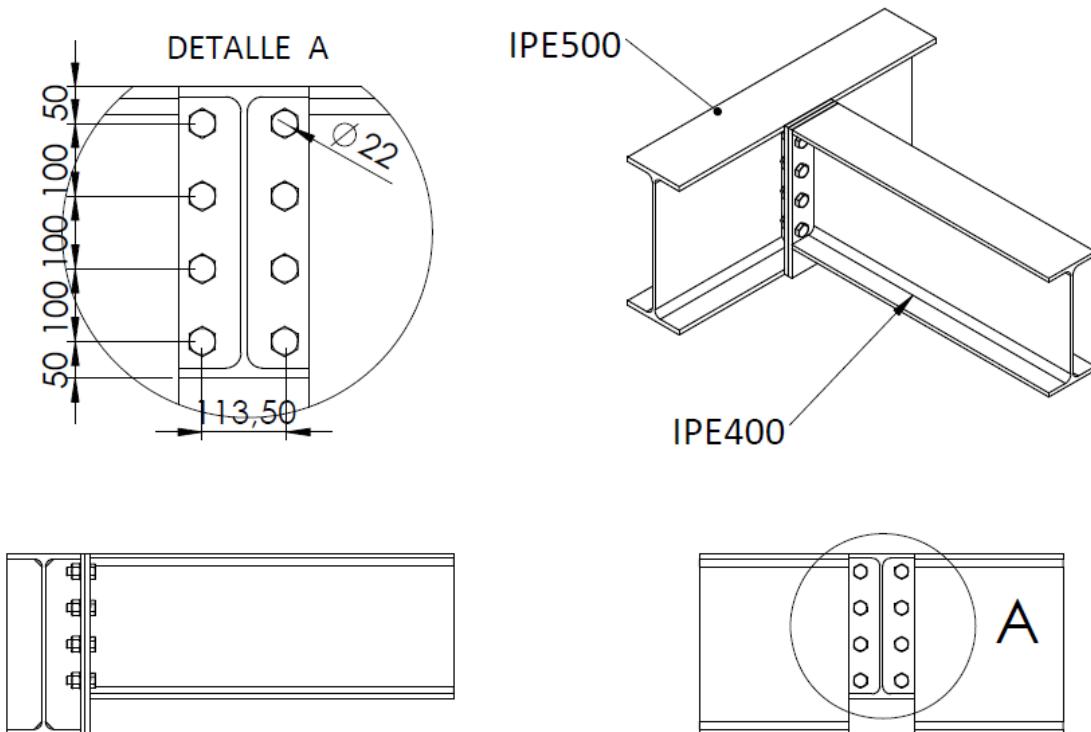
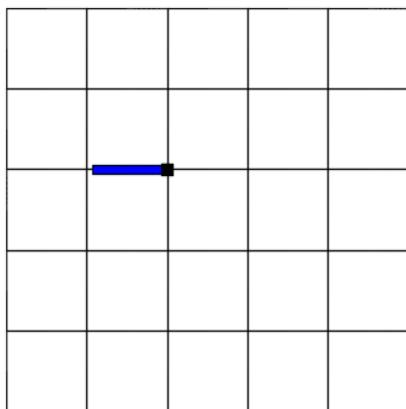


Fig 75 Vistas estática, unión viga-vigueta

DinámicaUnión Viga-Pilar

Reacciones modelo			Reacciones mayoradas	
Vy(kN)	Mz(kN·m)	CS	Vd(kN)	Md(kN·m)
161,019	364,399	1,5	241,528	546,598

Tabla 15 Reacciones dinámica, viga-pilar

Fig. 76 Sección desfavorable dinámica, viga-pilar

Comprobación a flexión

Filas	nºpernos	d_i (mm)	nºpernos*d_i^2	IPE500 - HEB500e10
1	2	300	180000	Max d_i 300
2	2	200	80000	Sum d_i^2 560000
3	2	100	20000	F_p,CD (kN) 292,09 (M30)
4	2	100	20000	M_max(kN·m) 545,235
5	2	200	80000	Tasa 0,985
6	2	300	180000	

Tabla 16 Dinámica viga-pilar, comprobación a flexión

Comprobación a deslizamiento

gammaM3	1,1
F_p,CD (kN)	292,09
n	2
Ks	1
mu	0,3
Nºpernos	12
F_s,RD (kN)	1911,862

Tabla 17 Dinámica viga-pilar, comprobación a deslizamiento

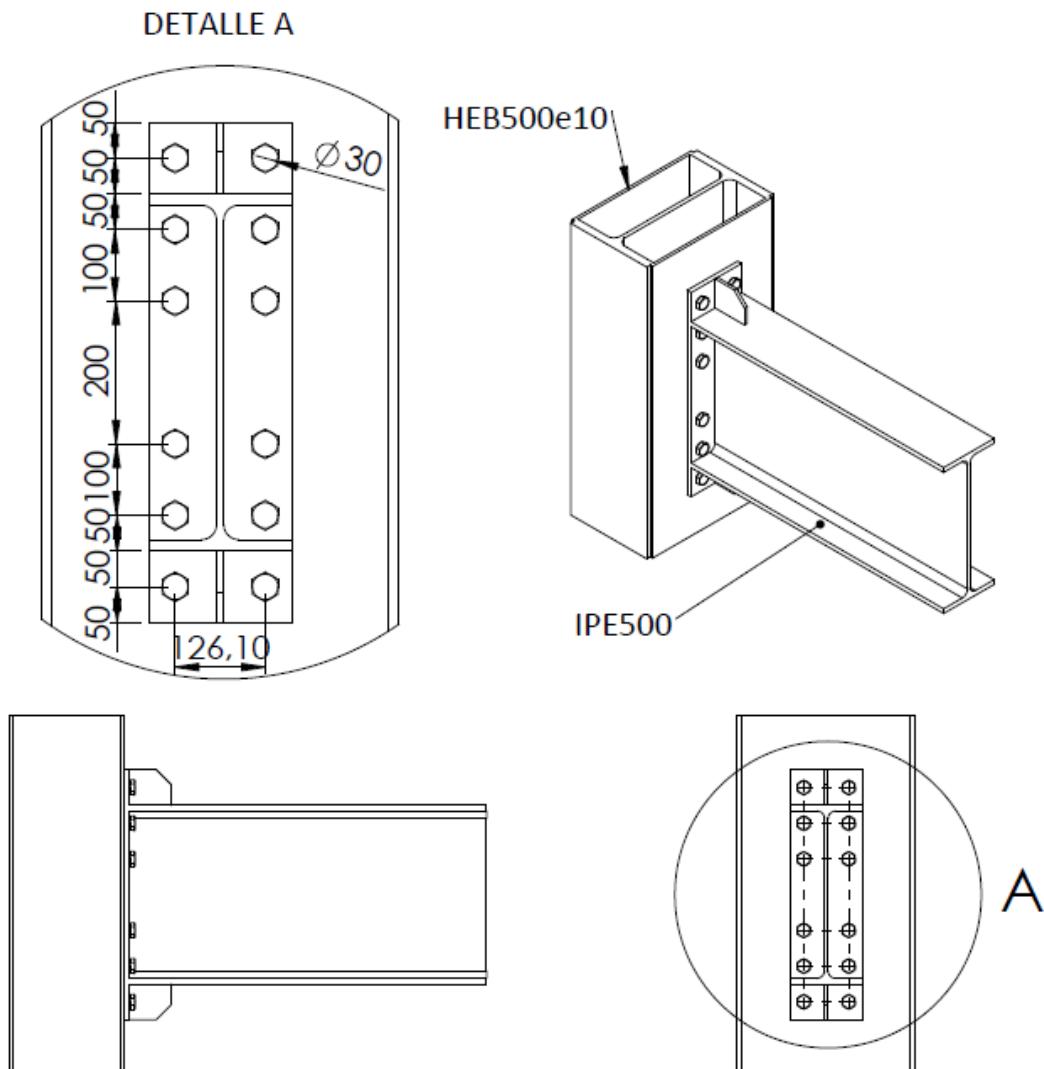
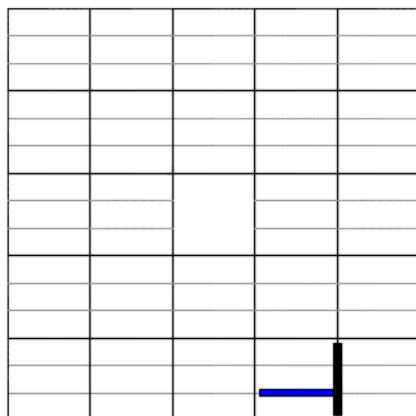


Fig 77 Vistas dinámica, unión viga-pilar

Únion Viga- Vigueta



Reacciones modelo			Reacciones mayoradas	
Vy(kN)	Mz(kN·m)	CS	Vd(kN)	Md(kN·m)
17,822	87,667	1,5	26,733	131,5005

Tabla 18 Reacciones dinámica, viga-vigueta

Fig 78 Sección desfavorable dinámica, viga-vigueta

Comprobación a flexión

Filas	nºpernos	d_i	nºpernos *d_i^2	IPE400 - IPE400
1	2	150	45000	Max d_i 150
2	2	50	5000	Sum d_i^2 100000
3	2	50	5000	F_p,CD (kN) 224,64 (M22)
4	2	150	45000	M_max(kN·m) 149,76
5	0		0	Tasa 0,878
6	0		0	

Tabla 20 Dinámica viga-vigueta, comprobación a flexión

Comprobación a deslizamiento

gammaM3	1,1
F_p,CD (kN)	224,64
n	2
Ks	1
mu	0,3
Nºtornillos	8
F_s,RD (kN)	980,247

Tabla 19 Dinámica viga-vigueta, comprobación a deslizamiento

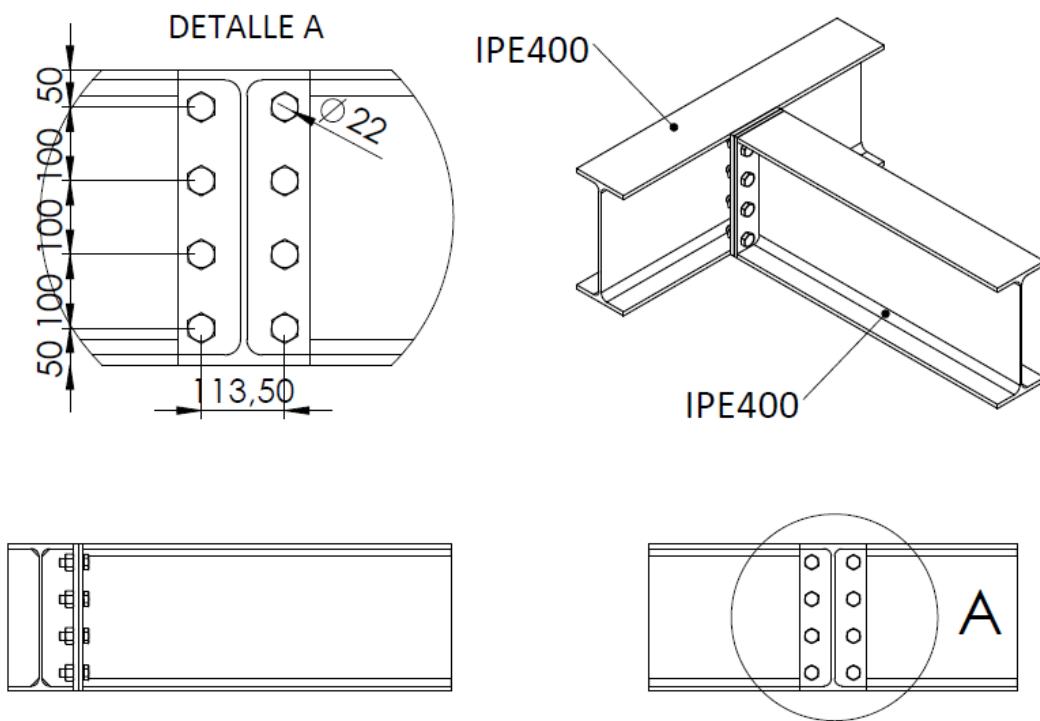


Fig 79 Vistas dinámica, unión viga-vigueta

Anexo 18: Cálculos unión placa base

En el siguiente anexo se van a detallar los cálculos para el dimensionado de las uniones en las bases de los pilares. Para ello habrá que hacer la disposición constructiva, que constará del número de tornillos, métrica de los tornillos, disposición de los mismos, espesor de la placa base y dimensionado de las cartelas.

A partir de las reacciones obtenidas en el cálculo de la cimentación ([Anexo](#)) usaremos los pilares correspondientes con máximo axil y máximo flector. Ya que para la placa y el hormigón lo más desfavorable es el máximo axil, y para los pernos que serán barras de acero es el máximo momento. Lo analizaremos para los grupos de medianera (P-G2) e interiores (P-G3).

En la siguiente [fig](#) se pueden ver los pilares con las máximas reacciones en ambos casos de estudio en los grupos de medianera e interiores, sobre los que se realizarán los cálculos.

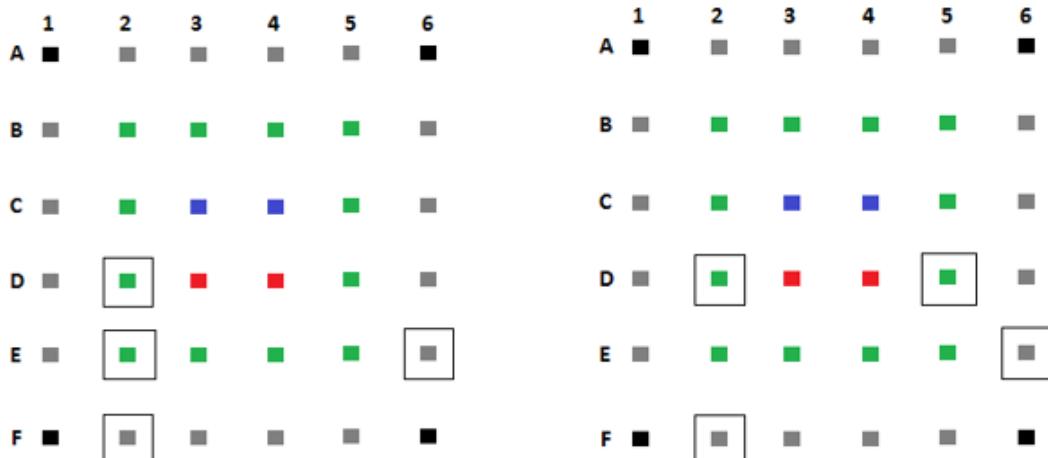


Fig 80 Pilares máxima reacciones: Estática (izquierda) y dinámica (derecha)

Anexo 18

Para realizar estos cálculos se ha empleado el programa para resolución de problemas no lineales EES (Engineering Equation Solver). A continuación se muestra el código utilizado en ambos casos de estudio, donde habría que cambiar los datos de entrada para cada estudio. Se muestra la unión pilar-viga en estática a modo de ejemplo.

```

1:
2: "COMPROBACIÓN A DESLIZAMIENTO"
3: "Reacciones"
4:
5: a=700 {mm}
6: b=700 {mm}
7: n_p=3 "Número pernos que se levantan"
8: A_p=353 {mm2} "Métrica 24"
9: E_p=210000 {MPa}
10: E_c= 28576,791 {MPa}
11: n=E_p/E_c
12: f=2,5*24 {mm}
13:
14: {Array N}
15: N_d[1..2]=[3,45e6;3,9e6]
16: {Array N end}
17: {Array M}
18: M_d[1..2]=[13,7e6;30,7e6]
19: {Array M end}
20: Duplicate i=1;2
21: 0,5*sigma_c[i]*x[i]*b-n_p*sigma_c[i]*A_p*n*((a-f-x[i])/x[i])=N_d[i]
22: 0,5*sigma_c[i]*x[i]*b*((a/2)-(x[i]/3))+n_p*sigma_c[i]*A_p*n*((a-f-x[i])/x[i])*((a/2)-f)=M_d[i]
23: End
24:
25: "Comprobación"
26: n_pt= 8 "Número de pernos totales"
27:
28: {Array V}
29: V_d[1..2]=[190e3;22,7e3]
30: {Array V end}
31:
32: Duplicate i=1;2
33: T_p[i]=sigma_c[i]*A_p*n*((a-f-x[i])/x[i]) "Tensión en el perno"
34: sigma_p[i]=T_p[i]/A_p
35: V_p[i]=V_d[i]/n_pt
36: tau_p[i]=V_p[i]/A_p
37: sigma_VM[i]=((sigma_p[i])^2+3*(tau_p[i])^2)^0,5
38: End
39:
40: "1º Comprobación"
41: f_ydp=275 {MPa} "Barras de acero"
42: Duplicate i=1;2
43: ratio_1[i]=f_ydp/sigma_VM[i] "tiene que ser mayor que 1"
44: End
45:
46: "2º Comprobación"
47: f_ck=30 {MPa} "Resistencia del hormigón"
48: f_cd=f_ck/1,5
49: Duplicate i=1;2
50: ratio_2[i]=f_cd/sigma_c[i] "tiene que ser mayor que 1"
51: End
52:
53: "Momento fletor en la chapa"
54: v=100
55: Duplicate i=1;2
56: M_f[i]=(0,5*sigma_c[i]*b*v^2)
57: End

```

Realizando el anterior procedimiento para cada caso, obtenemos los siguientes resultados:

Caso de estudio		Pilares	N (kN)	V (kN)	M (kN·m)	a (mm)	b (mm)	ratio 1	ratio 2	sigma_c (Mpa)	sigma_vM (Mpa)	Mf (kN·m)	x	Nº pernos	M
Estática	HEB450 Medianera	F2 (Max N)	3452,07	189,61	13,68	700	700	2,30	2,11	9,48	119,50	33,20	1031	8	24
		E6 (Max M)	2900,97	22,70	30,65	700	700	8,40	1,84	10,85	32,76	37,96	1019	8	24
	HEB500 Internas	E2 (Max N)	4073,82	6,48	15,22	740	740	9,81	2	10	28,01	44,77	1092	8	24
		D2 (Max M)	3816,72	6,64	15,37	740	740	10,45	2,12	9,39	26,33	42,06	1091	8	24
Dinámica	HEB500e10 Medianera	F2 (Max N)	9761,80	812,60	197,24	830	830	1,27	1	19,84	215,5	82,33	1171	8	30
		E6 (Max M)	5789,05	62,34	199,77	830	830	8,16	1,64	12,2	33,69	50,62	1129	8	30
	HEB500 Internas	D5 (Max N)	4250,18	25,85	64,88	740	740	8,47	1,85	10,78	32,45	39,89	1058	8	24
		D2 (Max M)	3455,54	27,46	67,01	740	740	9,72	2,25	8,86	28,27	32,79	1045	8	24

Tabla 21 Unión resultante placa base

Fijándonos en los resultados obtenidos vemos que el parámetro "x" (Fig) es mayor que las dimensiones de la placa, esto significa que toda la placa esta comprimida. Realmente lo que tenemos es una distribución trapecial con una sigma máxima y una sigma mínima, cogemos del lado de la seguridad la tensión máxima, con la que calculamos el momento flector en la placa (Mf).

El resultado del momento flector (M_f) lo usaremos para realizar el dimensionado de las cartelas y el espesor de la chapa. En el **anexo** se detalla el cálculo general del módulo resistente de las cartelas.

En la siguiente tabla se detalla los parámetros obtenidos para el dimensionado de las cartelas, empleando un coeficiente de seguridad de 1'5 .

Caso de estudio		Pilares	Número de pernos	Métrica	b (mm)	e_chapa (mm)	e_cartelas (mm)	h_cartelas (mm)	Tensión cartelas (MPa)
Estática	HEB450 Medianeras	F2 (Max N)	8	24	700	15	10	200	141,74
		E6 (Max M)	8	24	700	15	10	200	162,06
	HEB500 Internas	E2 (Max N)	8	24	740	20	10	200	168,57
		D2 (Max M)	8	24	740	20	10	200	158,37
Dinámica	HEB500e10 Medianeras	F2 (Max N)	8	30	830	20	12	250	183,61
		E6 (Max M)	8	30	830	20	12	250	112,89
	HEB500 Internas	D5 (Max N)	8	24	740	20	10	200	150,20
		D2 (Max M)	8	24	740	20	10	200	123,46

Tabla 22 Unión resultante placa base

A partir de la **tabla** podemos comprobar que la tensión en las cartelas es inferior al módulo elástico, por lo tanto consideramos válido este dimensionado. En el **anexo** se puede ver la importancia de la colocación de estas cartelas.

A continuación se van a mostrar los detalles de dichas uniones construidos a partir de los resultados anteriores.

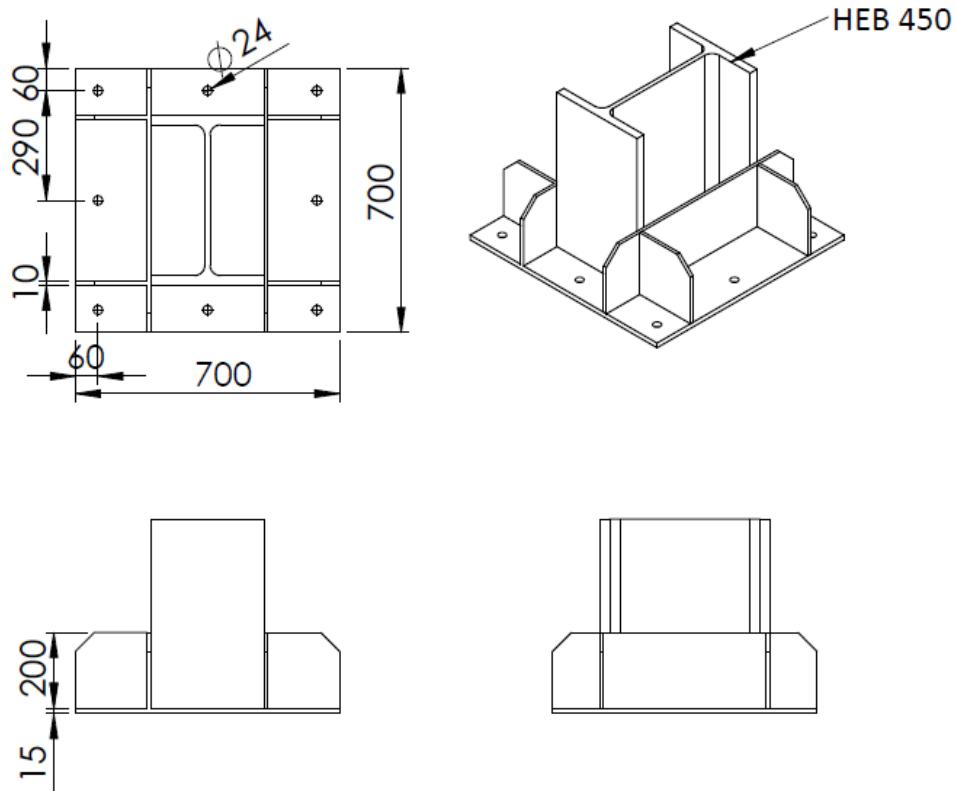


Fig 81 Vistas estática, unión placa base medianeras

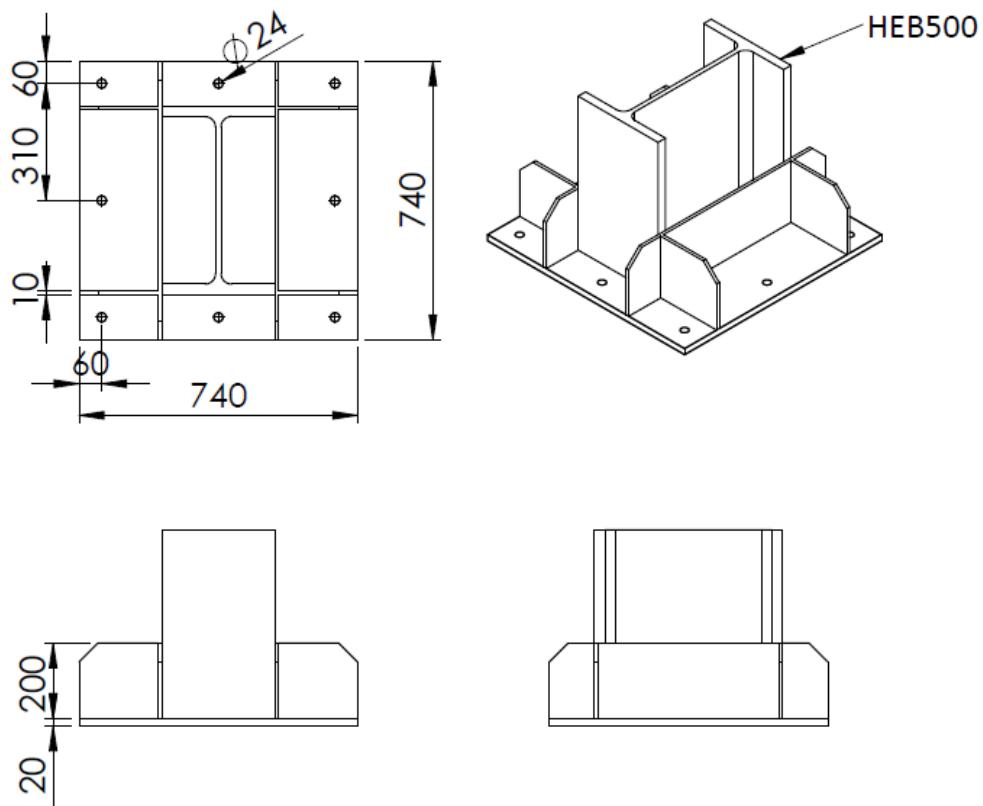


Fig 82 Vistas estática, unión placa base interiores

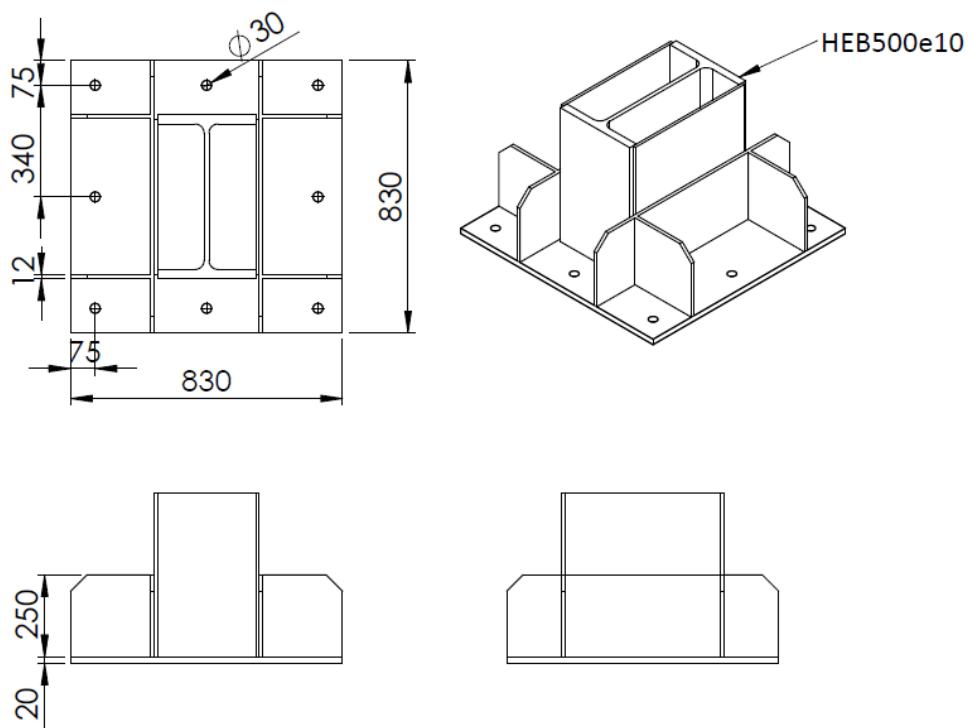


Fig 83 Vistas dinámica, unión placa base medianeras

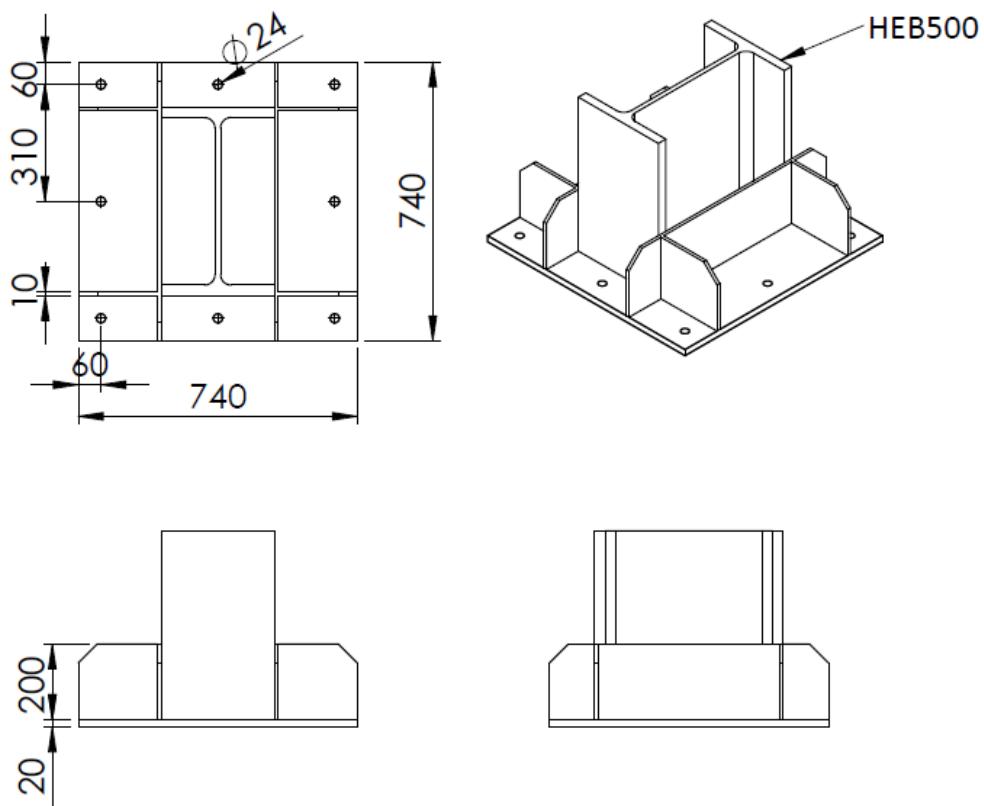


Fig 84 Vistas dinámica, unión placa base interiores