ANEJO Nº 7

CÁLCULOS ESTRUCTURALES

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO 1
2. ANÁLISIS DE MUROS PERIMETRALES 1
2.1. OBJETO 1
2.2. DATOS DE PARTIDA 1
2.2.1. PROYECTO ORIGINAL 1
2.2.2. CARTOGRAFÍA TOMADA 3
2.2.3. SONDEOS REALIZADOS 4
2.2.4. SECCIÓN DE CÁLCULO ADOPTADA 4
2.3. ACCIONES CONSIDERADAS 6
2.3.1. PESO PROPIO 6
2.3.3. ACCIONES DERIVADAS DEL TERRENO 7
2.3.4. NIVEL FREÁTICO 8
2.3.5. SOBRECARGA EN TRASDÓS DE MUROS 8
2.3.6. ACCIONES EN INTERIOR DEPÓSITO 8
2.3.7. ACCIONES SOBRE BÓVEDAS 8
2.4. PROGRAMA DE CÁLCULO CONSIDERADO 9
2.5. COMPROBACIONES MURO LONGITUDINAL SIN REFUERZO INTERIOR 10
2.5.1. MODELO DE CÁLCULO 10
2.5.2. ACCIONES 12
2.5.3. COMBINACIONES 16
2.5.4. RESULTADOS DEPÓSITO LLENO 16
2.5.5. RESULTADOS DEPÓSITO VACÍO 18
2.6. COMPROBACIONES MURO LONGITUDINAL CON REFUERZO INTERIOR 20
2.6.1. MODELO DE CÁLCULO 20
2.6.2. ACCIONES 22
2.6.3. COMBINACIONES 27
2.6.4. RESULTADOS DEPÓSITO LLENO 27
2.6.5. RESULTADOS DEPÓSITO VACÍO 29
2.7. COMPROBACIONES DEL MURO TRANSVERSAL 31

2.7.1. COMPROBACIÓN COMO MURO EN MÉNSULA 31
2.7.2. MODELO DE CÁLCULO 34
2.7.4. ACCIONES 36
2.7.5. COMBINACIONES 42
2.7.7. RESULTADOS DEPÓSITO LLENO 43
2.7.8. RESULTADOS DEPÓSITO VACÍO 45
2.7.9. RESULTADOS DEPÓSITO VACÍO SIN NIVEL FREÁTICO EXTERIOR.. 47
2.8. CONCLUSIONES 50
3. DESCRIPCIÓN ELEMENTOS ESTRUCTURALES 52
3.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 52
3.2. APOYOS ESTACIÓN DE BOMBEO 56
3.3. ARQUETAS Y OBRAS DE CONEXIÓN 57
3.3.1. ARQUETA DE CONEXIÓN CON LA RED DE CANAL DE ISABEL II .. 57
3.3.2. ARQUETAS DE MEDICIÓN DE CAUDAL 59
3.3.3. ARQUETA DE CONEXIÓN CON LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO 64
3.5. PERFORACIONES EN MUROS EXISTENTES 66
3.6. PLATAFORMAS METÁLICAS AUXILIARES 67
3.8. MODIFICACIONES EN LA ESCALERA EXISTENTE 68
3.9. REHABILITACIÓN DEL DEPÓSITO 69
3.9.1. ACTUACIÓN EN LA VIGA DEL PUENTE GRÚA DEL EDIFICIO DE BOMBEO 69
3.9.2. ACTUACIÓN EN EL REVESTIMIENTO EN TECHOS 71
4. CÁLCULO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 72
4.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA 72
4.2. MATERIALES 72
4.3. NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES 74
4.4. ACCIONES CONSIDERADAS 76
4.4.1. PESO PROPIO 76
4.4.2. CARGAS MUERTAS 76
4.4.3. SOBRECARGAS DE USO 76
4.4.4. ACCIÓN DEL VIENTO 77

4.4.5. SOBRECARGAS DE NIEVE 78
4.4.6. ACCIÓN SÍSMICA 78
4.5. COEFICIENTES DE MAYORACIÓN Y COMBINACIÓN 78
4.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES 80
4.7. PROGRAMAS UTILIZADOS 81
4.8. CÁLCULO LOSA DE CIMENTACIÓN 82
4.8.1. MODELO DE ENTRADA 82
1) Geometría 83
2) Cargas introducidas en el modelo 84
4.8.2. SALIDA DE RESULTADOS 89
1) Secciones de integración 89
2) Estado límite último de solicitaciones normales 89
3) Estado Límite Último de Cortante 91
4) Estado Límite de Servicio de fisuración 93
4.9. CÁLCULO DE LOS MICROPILOTES 95
4.10. CÁLCULO CUBIERTA METÁLICA 96
4.10.1. CARGAS INTRODUCIDAS 97
4.10.2. COMBINACIÓN Y COMPROBACIÓN EN ELU 100
4.10.3. COMBINACIÓN Y COMPROBACIÓN EN ELS 113
4.11. MURO DE CONTENCIÓN 114
5. APOYOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO 120
5.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO 120
5.2. NORMAS Y RECOMENDACIONES EMPLEADAS 120
5.3. MATERIALES 121
5.3.1. VALORES DE CÁLCULO 121
5.4. ACCIONES CONSIDERADAS 122
5.4.1. VALORES CARACTERÍSTICOS 122
5.4.2. HIPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CÁLCULO 123
5.5. FUNCIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS COMO VIGA 132
5.5.1. PROCEDIMIENTO 132
5.5.2. COMPROBACIONES 132
6. CÁLCULO ARQUETAS Y OBRAS DE CONEXIÓN 136
6.1. NORMATIVA 136

6.1.1. NORMAS DE ACCIONES 136
6.1.2. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN 136
6.2. BASES DE PROYECTO 136
6.2.1. CRITERIOS DE SEGURIDAD 136
6.2.2. VALORES CARACTERÍSTICO DE LAS ACCIONES 137
6.2.3. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES 141
6.2.4. VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES 142
6.2.5. COMBINACIÓN DE ACCIONES 143
6.2.6. CRITERIOS DE DURABILIDAD 145
6.3. MATERIALES 147
6.3.1. HORMIGÓN 147
6.3.2. ACERO DE ARMAR 148
6.3.3. ACERO ESTRUCTURAL 148
6.3.4. NIVELES DE CONTROL 148
6.4. CÁLCULOS MECANIZADOS 151
6.4.1. PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN EHE 151
6.4.2. PROGRAMA SAP 2000 V14 151
6.4.3. ESTRATEGIA DE CÁLCULO 151
7. PERFORACIONES EN MUROS EXISTENTES PARA EL PASO DE TUBERÍAS O HUECOS DE PASO DE PERSONAS 152
7.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA 152
7.2. MATERIALES 152
7.3. NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES 153
7.4. ACCIONES CONSIDERADAS 154
7.4.1. MURO A 154
7.4.3. MURO B 156
7.5. COEFICIENTES DE MAYORACIÓN Y COMBINACIÓN 158
7.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES 158
7.8. PROGRAMAS UTILIZADOS 160
7.9. MURO A 160
7.9.2. MODELO DE ENTRADA 162
7.9.3. SECCIÓN UTILIZADA 162

7.9.4. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO 163
7.9.5. RESULTADOS OBTENIDOS 166
7.9.6. COMPROBACIONES REALIZADAS 168
7.11. MURO B 174
7.11.1. MODELO DE ENTRADA 174
7.11.2. SECCIÓN UTILIZADA 174
7.11.3. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO 175
7.11.4. RESULTADOS OBTENIDOS 180
7.11.5. COMPROBACIONES REALIZADAS 182
8. MODIFICACIÓN DE LA ESCALERA EXISTENTE 188
8.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA 189
8.2. MATERIALES 189
8.3. NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES 190
8.4. ACCIONES CONSIDERADAS 191
8.4.1. PESO PROPIO 191
8.4.2. CARGA MUERTA DE BARANDILLAS Y PELDAÑOS 191
8.4.3. SOBRECARGA DE ESCALERAS 191
8.5. COEFICIENTES DE MAYORACIÓN Y COMBINACIÓN 191
8.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES 192
8.8. PROGRAMAS UTILIZADOS 194
8.10. TRAMO 1 195
8.10.1. MODELO DE ENTRADA 195
8.10.2. SECCIONES UTILIZADAS 195
8.10.3. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO 196
8.10.4. RESULTADOS OBTENIDOS 199
8.10.5. COMPROBACIONES REALIZADAS 204
8.11. TRAMO 2 219
8.11.1. MODELO DE ENTRADA 219
8.11.3. SECCIONES UTILIZADAS 220
8.11.5. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO 221
8.11.6. RESULTADOS OBTENIDOS 224
8.11.7. COMPROBACIONES REALIZADAS 229

9. PLATAFORMAS METÁLICAS AUXILIARES 245
9.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA 246
9.2. MATERIALES 247
9.3. NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES 248
9.4. ACCIONES CONSIDERADAS 248
9.4.1. PESO PROPIO 248
9.4.2. CARGA MUERTA DE BARANDILLAS Y DE LA REJILLA TIPO TRAMEX 248
9.4.3. SOBRECARGA 249
9.5. COEFICIENTES DE MAYORACIÓN Y COMBINACIÓN 249
9.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES 250
9.8. PROGRAMAS UTILIZADOS 252
9.10. PLATAFORMA 1 253
9.10.1. MODELO DE ENTRADA 253
9.10.2. SECCIONES UTILIZADAS 253
9.10.3. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO 254
9.10.4. RESULTADOS OBTENIDOS 257
9.10.5. COMPROBACIONES REALIZADAS 271
9.11. PLATAFORMA METÁLICA 2 286
9.11.1. MODELO DE ENTRADA 286
9.11.3. SECCIONES UTILIZADAS 287
9.11.4. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO 287
9.11.5. RESULTADOS OBTENIDOS 290
9.11.6. COMPROBACIONES REALIZADAS 293

APÉNDICES

APÉNDICE 1. CÁLCULOS DE ARQUETAS Y OBRAS DE CONEXIÓN

APÉNDICE 2. CÁLCULO APOYOS ESTACIÓN DE BOMBEO

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

Se desarrolla en este Anejo el análisis de estabilidad y tensional de los muros perimetrales del depósito semienterrado de Tres Cantos y el dimensionamiento de los siguientes elementos:

- Centro de Transformación.
- Apoyos estación de Bombeo.
- Arquetas y Obras de Conexión:
    - Arqueta de conexión con la red de Canal de Isabel II.
    - Arquetas de medición de caudal.
    - Arqueta de conexión con la chimenea de equilibrio.
- Perforaciones en muros existentes para paso de tuberías.
- Modificación de la escalera existente.
- Plataformas metálicas auxiliares
- Rehabilitaciones en el edificio de bombeo: Actuación en la viga del puente grúa del edificio de bombeo y en los techos de forjado de bovedilla.

Este Anejo pertenece al “Proyecto Constructivo de Rehabilitación del Depósito de Tres Cantos. T.M. de Tres Cantos”.

2. ANÁLISIS DE MUROS PERIMETRALES

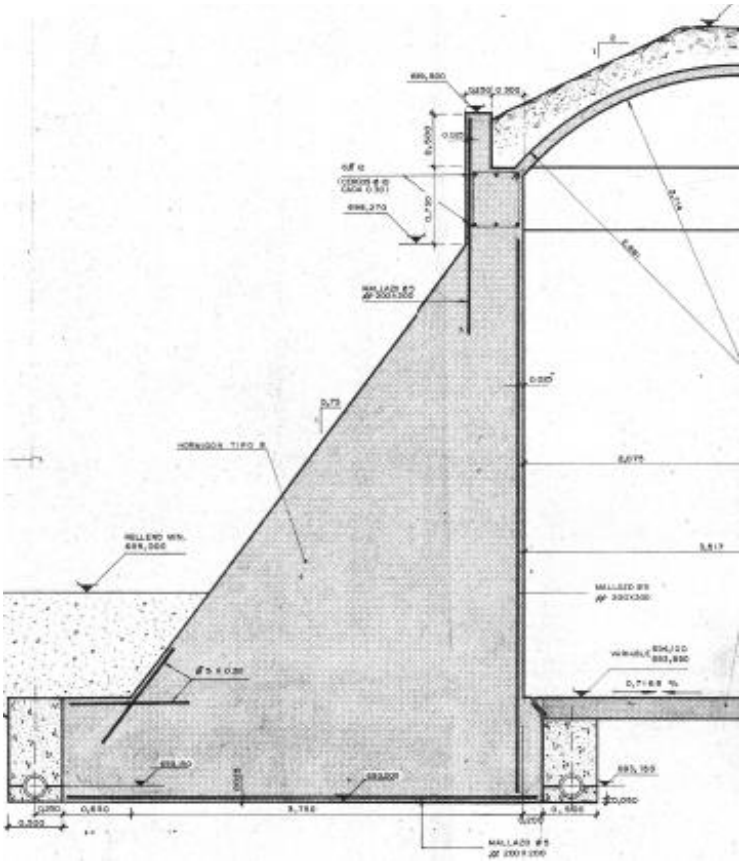
2.1. OBJETO

El objeto del presente anejo es la comprobación de los muros existentes en el depósito semienterrado de Tres Cantos, T.M. de Tres Cantos. El depósito de Tres Cantos es un depósito rectangular con dos tipos de muros distintos. En el presente anejo se realiza la comprobación de dichos muros.

2.2. DATOS DE PARTIDA

2.2.1. PROYECTO ORIGINAL

No se ha localizado la documentación relativa al proyecto de construcción del depósito de Tres Cantos. En cambio se ha localizado una versión inicial de dicho proyecto. Este proyecto titulado “Toma de agua, conducción y depósito regulador para el abastecimiento de agua. Polígono de Tres Cantos” fue promovido por el Ministerio de la Vivienda, Instituto Nacional de Urbanización en el marco de la Actuación Urbanística Tres Cantos y realizado en 1975 por la empresa PYPSA. Cabe destacar que dicha versión inicial no coincide ni en planta ni en secciones con lo realmente construido. Esta información se considera únicamente a título orientativo ya que, como se ha comentado, no se corresponde con el proyecto realmente construido.



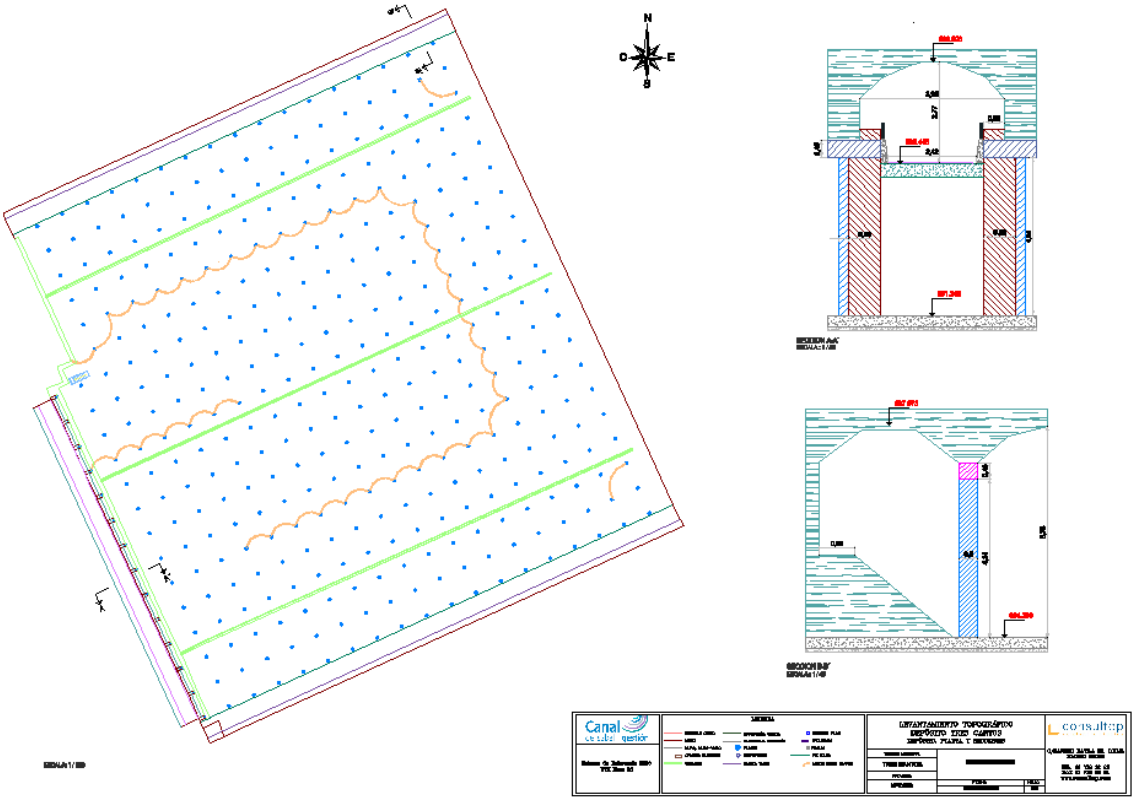
En la figura siguiente se representa el muro propuesto en las versiones iniciales del depósito. Tanto en dirección longitudinal como transversal al depósito se planteaban secciones de muro funcionando por gravedad.

El muro propuesto en las versiones previas al proyecto presenta las siguientes diferencias con el proyecto realmente ejecutado:

- La versión inicial estaba pensada para un depósito **sobre el terreno**. El depósito realmente ejecutado es un depósito enterrado.
- La dirección de las bóvedas planteadas en la versión previa al proyecto y las bóvedas realmente ejecutadas están giradas 90º.

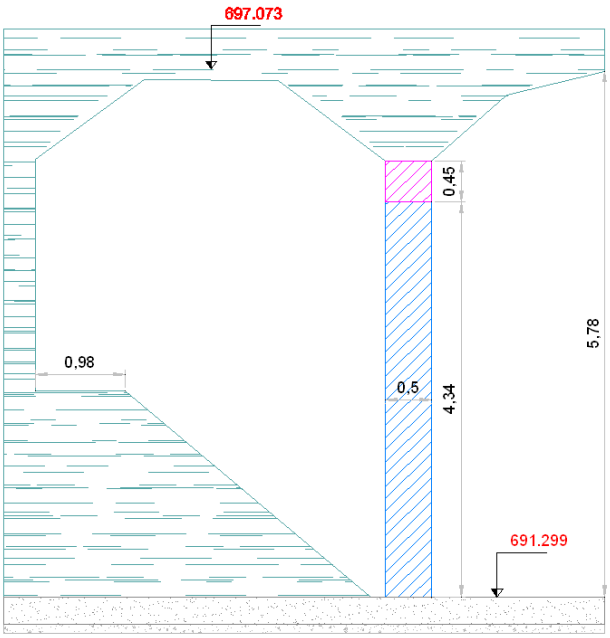
2.2.2. CARTOGRAFÍA TOMADA

Con el objeto de determinar la geometría de los muros y del depósito se ha tomado la siguiente cartografía interior al depósito.



Cartografía en planta del depósito

Dicha cartografía ha permitido confirmar que las direcciones de las bóvedas son las contrarias al proyecto inicial. Adicionalmente se ha constatado la presencia de un refuerzo interior al depósito a modo de trapecio en el lado longitudinal (lado largo) al depósito.



Geometría interior del depósito con machón o refuerzo interior

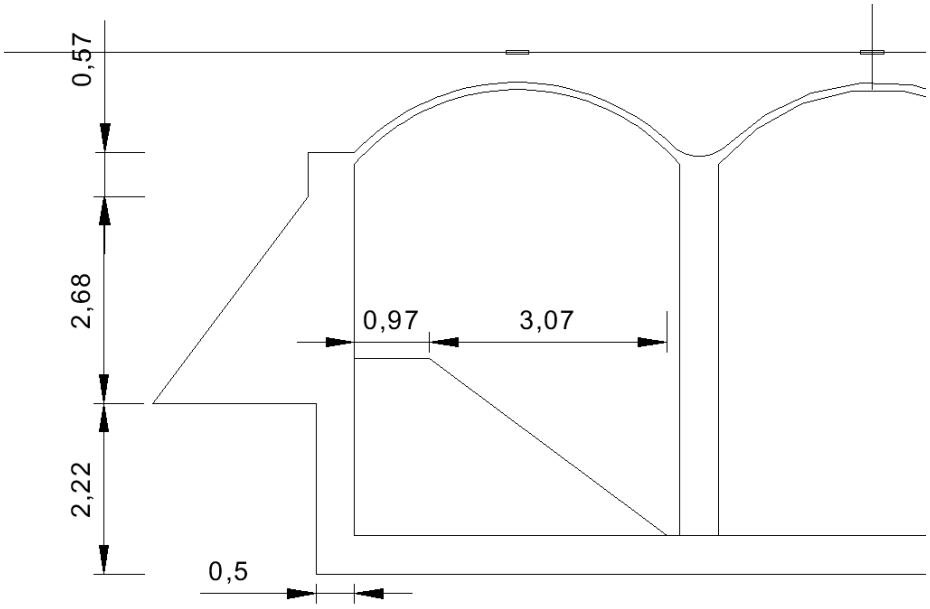
2.2.3. SONDEOS REALIZADOS

Con el objeto de determinar la geometría exterior de muro se han realizado distintos sondeos que atravesasen el hormigón del muro y permitiesen determinar hasta qué cota existe muro y en qué cota empieza el terreno natural.

2.2.4. SECCIÓN DE CÁLCULO ADOPTADA

1) Muro longitudinal

Con la información descrita anteriormente se adopta la siguiente sección de cálculo para el muro longitudinal.



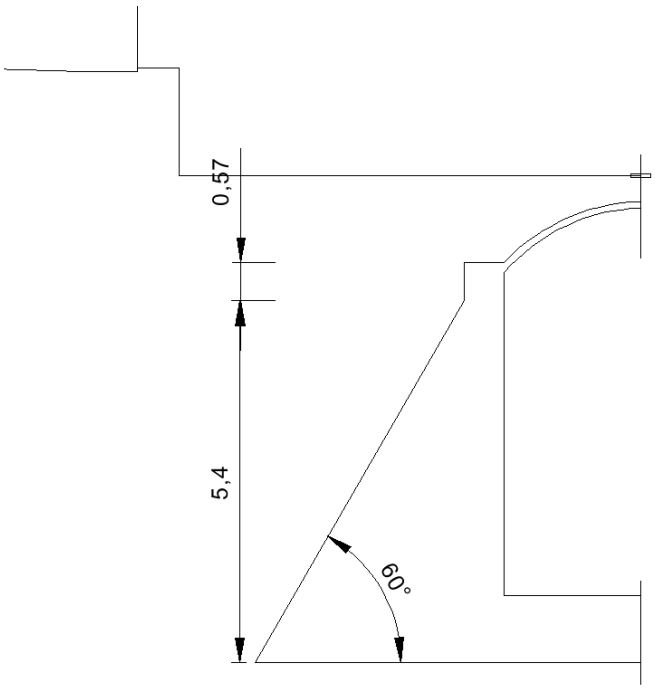
Geometría adoptada para la comprobación del muro longitudinal

En la comprobación del muro longitudinal se han realizado los siguientes supuestos:

- Se considera que existe sección trapecial de 2,68 m. Esta sección trapecial ha sido detectada por los sondeos. En cambio a partir de los 2,68 m aparece el terreno natural. Por debajo del trapecio exterior se supone un muro de 50 cm de ancho que forma la solera del depósito.

2) Muro transversal

Con la información descrita anteriormente se adopta la siguiente sección de cálculo para el muro transversal.



Geometría adoptada para la comprobación del muro transversal

En la comprobación del muro longitudinal se han realizado los siguientes supuestos:

Esta sección trapecial ha sido detectada por los sondeos hasta su cota inferior. En la base del trapecio se supone una solera de 1 m de canto.

2.3. ACCIONES CONSIDERADAS

En las comprobaciones de los muros del depósito se consideran las siguientes acciones.

2.3.1. PESO PROPIO

El peso propio del muro se ha considerado como el equivalente a una densidad del hormigón igual a γ_c = 2,5 T/m³.

2.3.3. ACCIONES DERIVADAS DEL TERRENO

Los empujes del terreno han sido considerados con la teoría clásica del empuje activo de Coulomb. En el caso particular de caras inclinadas se ha considerado la siguiente formulación clásica.

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi' - \alpha)}{\cos^2\alpha \cdot \cos(\alpha + \delta') \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi' + \delta') \cdot \operatorname{sen}(\phi' - \beta)}{\cos(\alpha + \delta') \cdot \cos(\alpha - \beta)}}\right]^2}$$

En el caso particular del muro longitudinal del depósito de Tres Cantos se ha considerado:

- Φ = 30º
- α = 37 º
- δ = 10 º
- β = 0 º

Con los datos anteriores se obtiene un empuje activo igual a 0,72. El empuje activo horizontal es entonces 0,49 y el vertical 0,52.

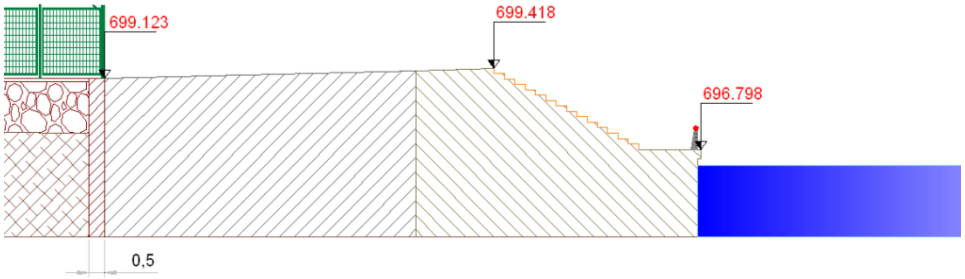
Para el caso particular del muro transversal se ha considerado:

- Φ = 30º
- α = 30 º
- δ = 10 º
- β = 0 º

Con los datos anteriores se obtiene un empuje activo igual a 0,60. El empuje activo horizontal es entonces 0,46 y el vertical 0,38.

2.3.4. NIVEL FREÁTICO

El nivel freático considerado se ha obtenido a partir de los datos topográficos tomados en el depósito. Exteriormente se ha considerado del lado de la seguridad que el nivel freático puede estar situado a la cota del lago adyacente existente.



Cota nivel freático considerado

De este modo se considera que el nivel freático está situado a la cota 696,30

2.3.5. SOBRECARGA EN TRASDÓS DE MUROS

Se considera una sobrecarga uniforme en el trasdós de los muros igual a 10 kN/m². Según la teoría clásica de Coulomb dicho empuje se determina con la siguiente formulación.

$$K_a \cdot q \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos(\beta - \alpha)}$$

Para el caso particular del muro longitudinal quedan los mismos coeficientes que para el empuje activo ya que el ángulo β es igual a 0.

2.3.6. ACCIONES EN INTERIOR DEPÓSITO

En el interior del depósito se considera que el depósito puede estar lleno de agua hasta una cota igual a 4,85 m sobre la solera del depósito. Dicha cota equivale a un empuje de agua igual a 4,85 x 10 = 48,5 kN/m² de empuje.

2.3.7. ACCIONES SOBRE BÓVEDAS

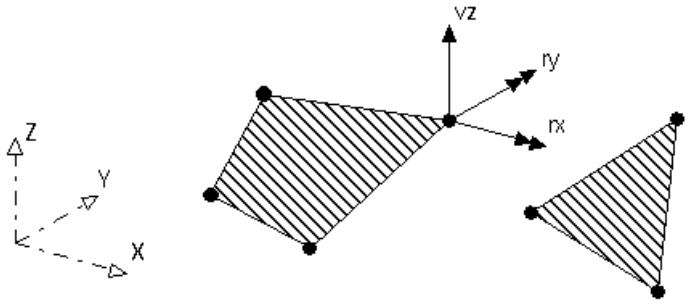
Sobre las bóvedas se considera la acción de una carga muerta equivalente al peso de los rellenos existentes sobre las mismas con densidad 2 T/m³ y una sobrecarga uniforme de mantenimiento equivalente a 1 kN/m².

2.4. PROGRAMA DE CÁLCULO CONSIDERADO

Para el análisis del comportamiento de los muros del depósito se ha utilizado el programa de cálculo CEDRUS-5 de CUBUS AG.

Éste es un programa de elementos finitos que permite el análisis elástico lineal, estático y dinámico, de placas (tanto en flexión como con acciones contenidas en el plano de la misma), estando concebido especialmente para losas de hormigón, ya sea armado o pretensado.

El programa utiliza para la modelización de la estructura elementos híbridos triangulares y cuadriláteros, con tres grados de libertad de movimiento en los nodos de esquina de los mismos para el caso de placa sometida a flexión: vz (desplazamiento perpendicular al plano del elemento), r_x y r_y (rotaciones sobre los ejes x e y contenidos en el plano del elemento).



Tipos de elementos finitos empleados y grados de libertad en CEDRUS-5

En el caso particular de los muros del depósito de Tres Cantos, el programa Cedrus se emplea para ver el flujo de tensiones internas en los muros provocadas por las acciones exteriores. Dado que son muros de gravedad, este procedimiento permite determinar si hay zonas interiores a los muros que están sometidas a tracción. En particular se realizan los siguientes modelos de cálculo:

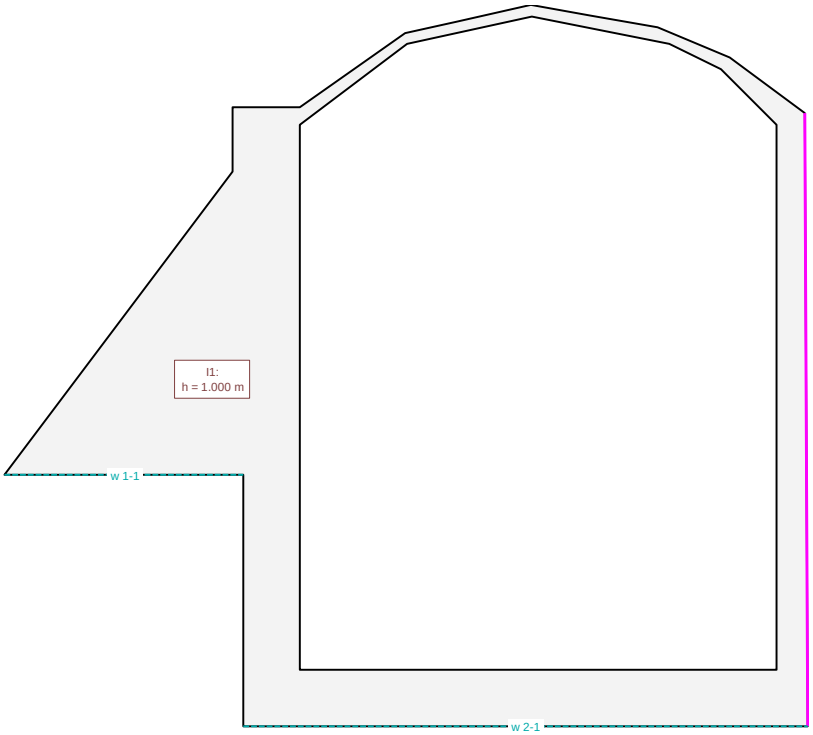
- Modelo longitudinal sin refuerzo interior al depósito
- Modelo longitudinal con el refuerzo interior al depósito
- Modelo transversal

2.5. COMPROBACIONES MURO LONGITUDINAL SIN REFUERZO INTERIOR

2.5.1. MODELO DE CÁLCULO

1) Geometría

Se introduce el siguiente modelo de cálculo.



Geometría modelo de cálculo

El modelo representa una sección de un metro de ancho. Se ha impuesto condición de simetría en el eje del pilar. Del mismo modo se ha apoyado verticalmente en el terreno con un muelle vertical igual a 1000T/m³. El fichero de entrada considerado es el siguiente.

STRUCTURE DATA

MATERIALS

Id	Material	E [kN/mm²]	ρ [t/m³]	Material class	α [‰]	ν
1	Concrete	30.00	2.50	H250	0.010	0.17
2	Reinf. steel	210.00	8.00	AEH500	0.012	0.30

MATERIAL BOXES: Isotropic

Id	Geometry: Slab thickness [m]	Geometry: Level of top surface [m]	f_E	Materials: Body	Materials: Reinforcement
I1	1.000	0.500	1.000	Concrete	Reinf. stee

LINE SUPPORTS

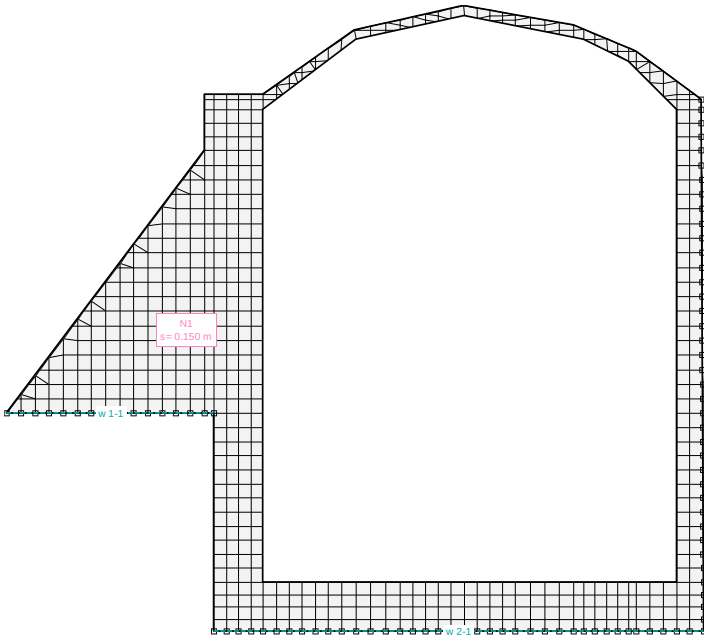
Id	Description	Type: sdl [kN/m²]	Support: sdn [kN/m²]	Support: srz [kN]
W1	general	free	10000.000	free
W2	general	free	10000.000	free

SYMMETRY LINES

Id	Start: X [m]	Start: Y [m]	End: X [m]	End: Y [m]
L1	18.120	5.762	18.096	11.183

2) Malla de elementos finitos

La malla de elementos finitos ha sido generada automáticamente por el programa con la condición de que el lado del elemento sea inferior a 0,15 m.

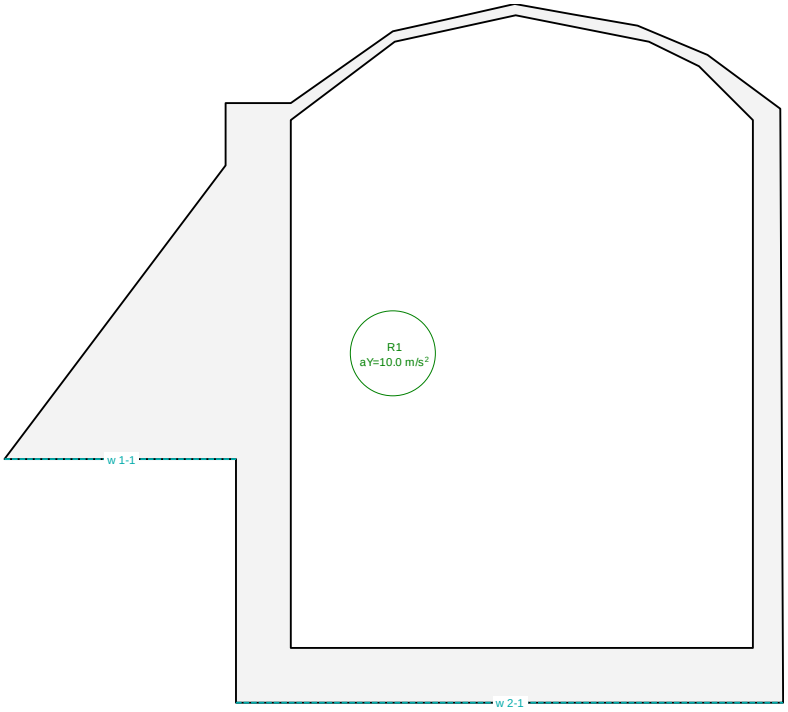


Malla de elementos finitos

2.5.2. ACCIONES

Se han considerado las siguientes acciones siguiendo el apartado 2.3 del presente anejo.

1) Peso propio



Peso propio

LOAD CASE SW : Self weight

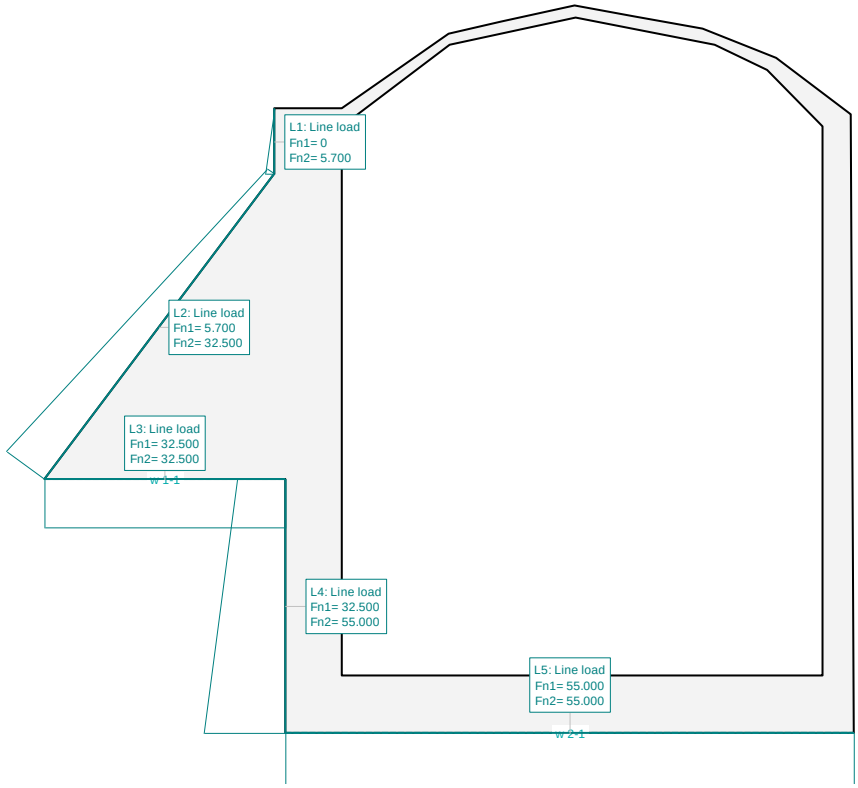
Dead load (whole structure)

ID	Volume [m³]	Geometry Thickenss [cm]	Area [m²]	Loads Direction	Mass [t]	Sub total Load X [kN]	Load Y [kN]
R1	9.84	100.0	9.84	Y	24.601		-246.013

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Load Y [kN]
Total	**0**	**-246.013**

2) Empuje nivel freático exterior



Nivel freático exterior

LOAD CASE 3 : NF EXTERIOR

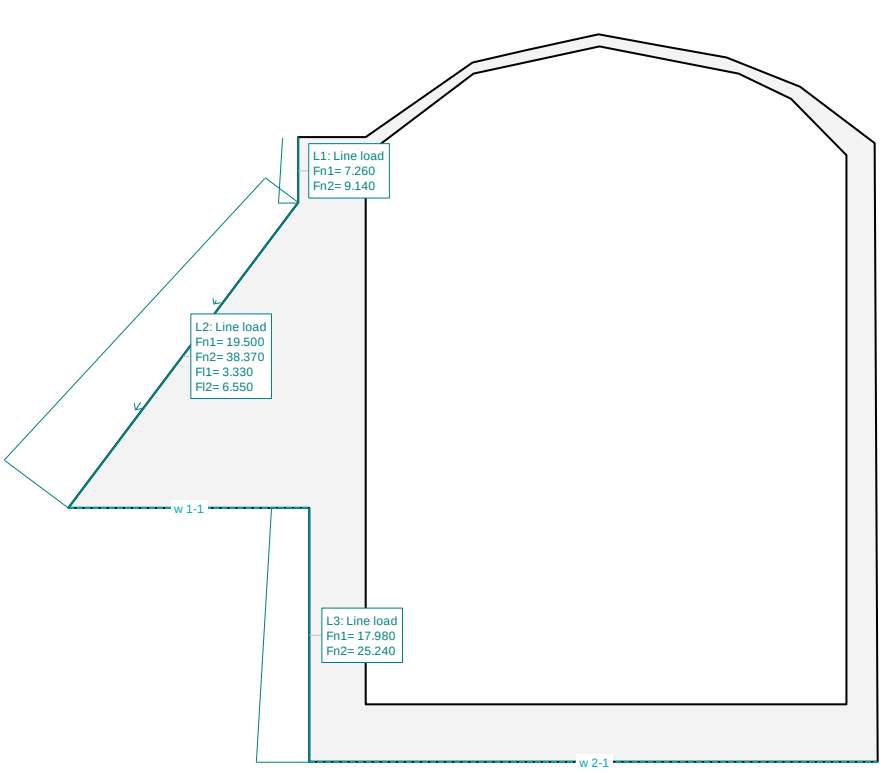
Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.039	11.231		0	0		
	13.039	10.660	0.571	0	5.700	1.626	0
L2	13.039	10.660		0	5.700		
	11.029	7.981	3.349	0	32.500	51.177	-38.382
L3	11.029	7.981		0	32.500		
	13.137	7.981	2.108	0	32.500	0	68.499
L4	13.137	7.981		0	32.500		
	13.137	5.762	2.219	0	55.000	97.081	0
L5	13.137	5.762		0	55.000		
	18.120	5.762	4.983	0	55.000	0	274.079

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**149.884**	**304.196**

3) Empuje tierras sumergidas



Empuje tierras sumergidas

LOAD CASE 2 : TERRENO SUMERGIDO

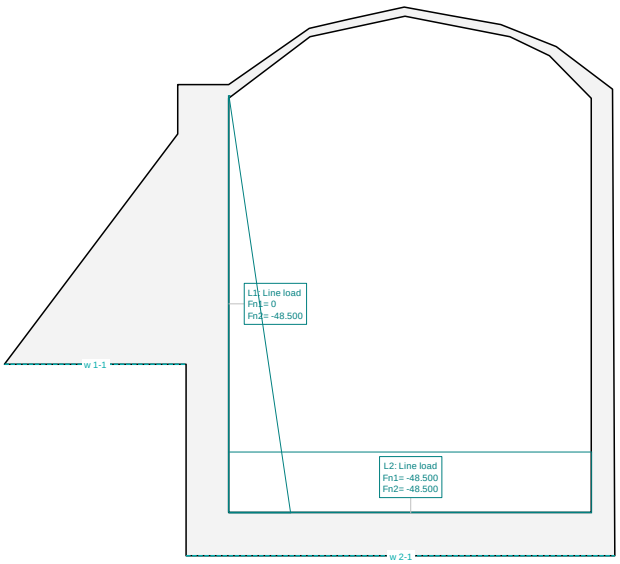
Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.039	11.231		0	7.260		
	13.039	10.660	0.571	0	9.140	4.679	0
L2	13.039	10.660		3.330	19.500		
	11.029	7.981	3.349	6.550	38.370	67.601	-71.383
L3	13.137	7.981		0	17.980		
	13.137	5.762	2.219	0	25.240	47.953	0

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**120.233**	**-71.383**

4) Empuje agua interior



Empuje agua interior al depósito

LOAD CASE 11 : EMPUJE AGUA INTERIOR

Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.637	11.112		0	0		
	13.637	6.262	4.850	0	-48.500	-117.612	0
L2	13.637	6.262		0	-48.500		
	17.846	6.262	4.210	0	-48.500	0	-204.170

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**-117.612**	**-204.170**

2.5.3. COMBINACIONES

Con las acciones consideradas anteriormente se evalúa la hipótesis de depósito lleno (SERVICIO1) y de depósito vacío (SERVICIO2).

Result combination

Resultat combination SERVICIO1

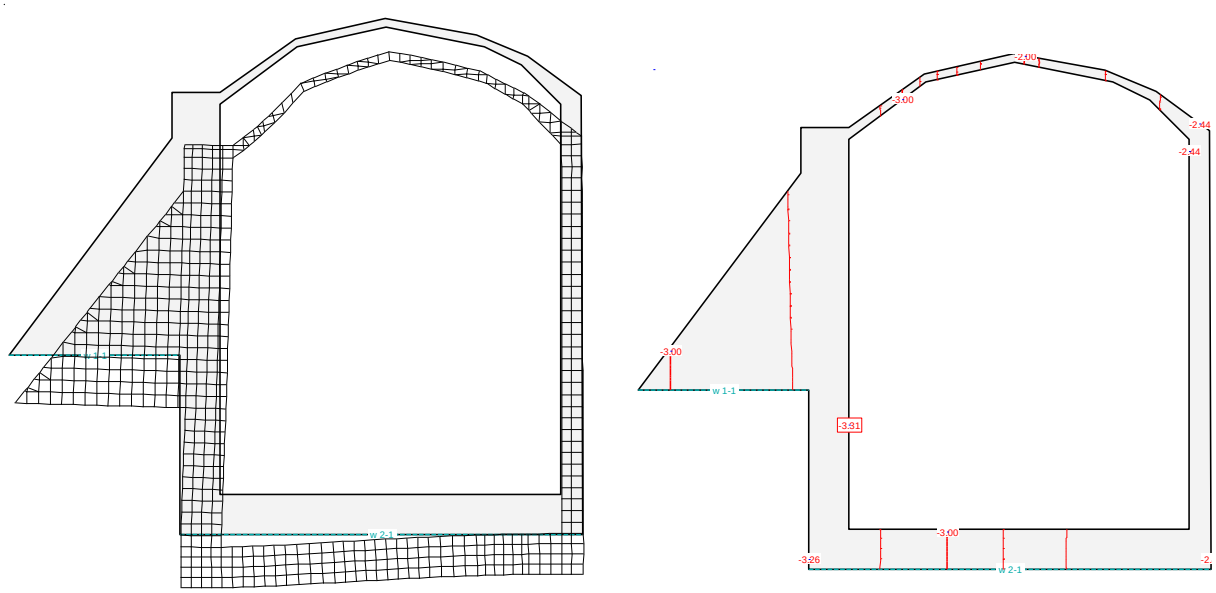
Load case Id	Factor	Description
SW	1.000	Self weight
2	1.000	TERRENO SUMERGIDO
3	1.000	NF EXTERIOR
11	1.000	EMPUJE AGUA INTERIOR

Resultat combination SERVICIO2

Load case Id	Factor	Description
SW	1.000	Self weight
2	1.000	TERRENO SUMERGIDO
3	1.000	NF EXTERIOR

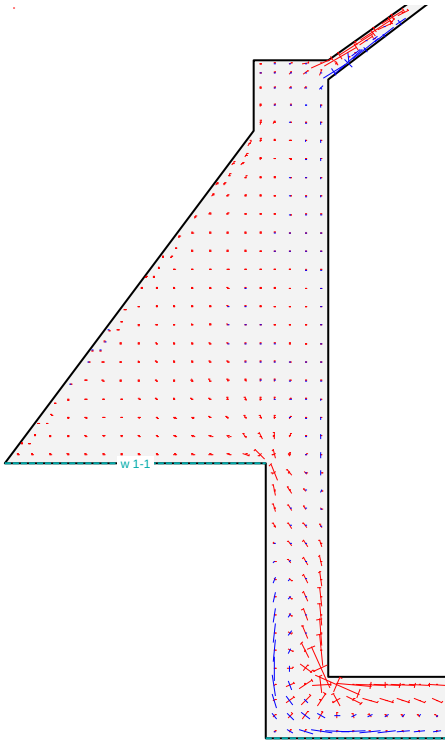
2.5.4. RESULTADOS DEPÓSITO LLENO

1) Malla deformada



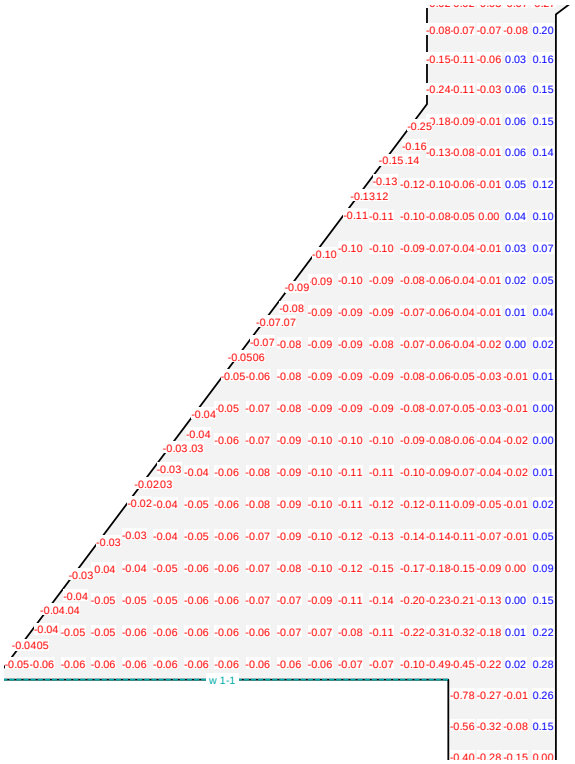
Malla deformada junto a deformaciones (3 mm)

3) Tensiones principales



Tensiones principales en el interior del muro

En la figura anterior se representan las tensiones principales obtenidas en el interior del muro. El color rojo simula las compresiones y el color azul las tracciones. Se observan entonces tracciones en la cara interior del muro y en la cara exterior en el empotramiento con la solera.

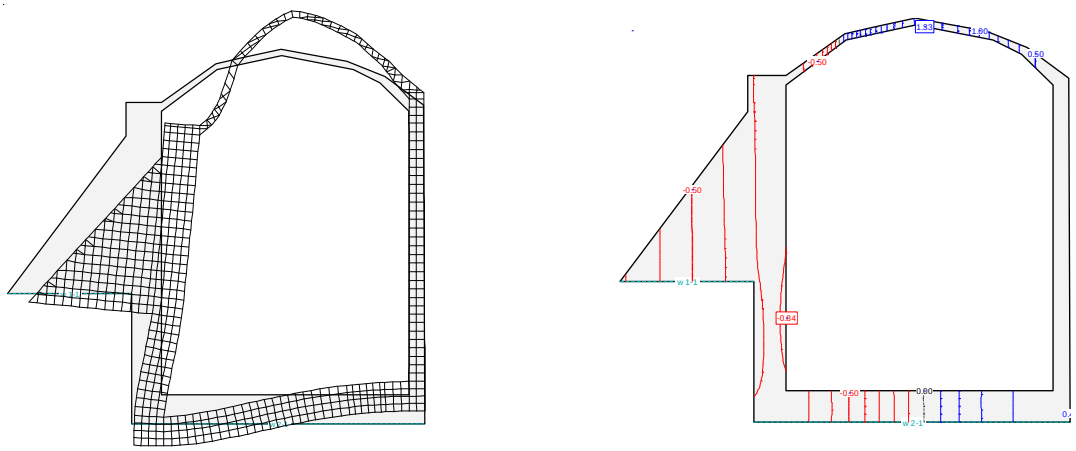


Detalle tensiones principales (0.28 MPa) en cara interior del muro

Se observan tracciones en numerosas partes del muro llegando en su interior hasta los 0,28 MPa.

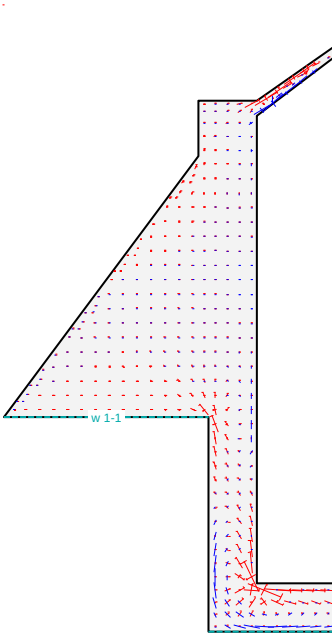
2.5.5. RESULTADOS DEPÓSITO VACÍO

1) Malla deformada



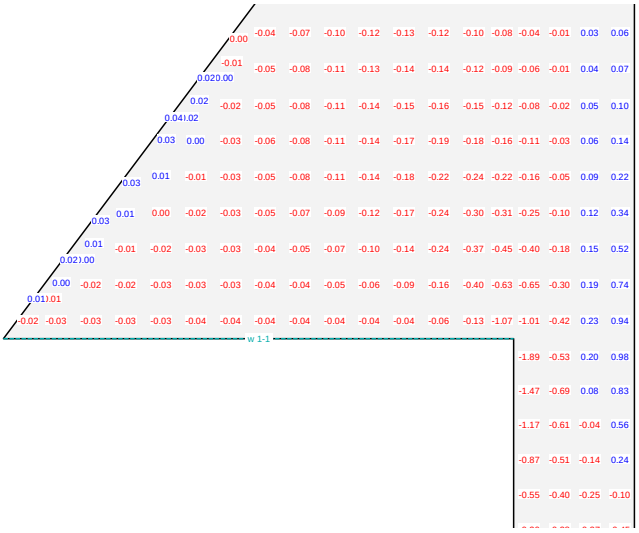
Malla deformada junto a deformaciones

2) Tensiones principales



Tensiones principales en el interior del muro

En la figura anterior se representan las tensiones principales obtenidas en el interior del muro. El color rojo simula las compresiones y el color azul las tracciones. Se observan entonces tracciones en la cara interior del muro y en la cara exterior en el empotramiento con la solera.



Detalle tensiones principales (0.98 MPa) en cara interior del muro

Se observan tracciones en numerosas partes del muro llegando en su interior hasta los 0,98 MPa.

Se observa que la situación pésima para el muro del depósito es aquella en la que existen los empujes exteriores del terreno y del freático interior y no es compensada por el empuje interior del agua del depósito. En este caso se incrementan las tensiones en la cara interior al depósito hasta 0,98 MPa.

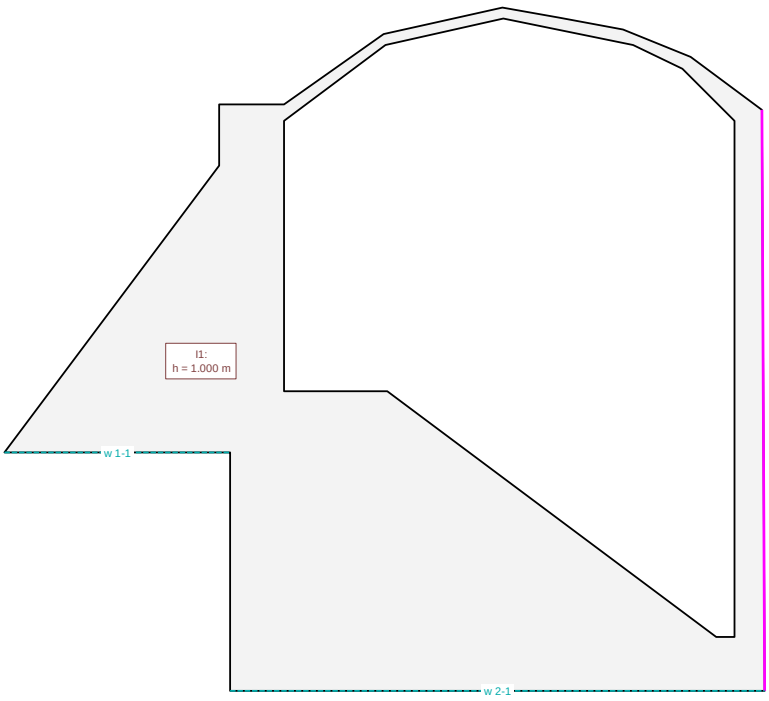
Se comprueba entonces el comportamiento del muro conjunto con el refuerzo delantero en el interior del depósito.

2.6. COMPROBACIONES MURO LONGITUDINAL CON REFUERZO INTERIOR

2.6.1. MODELO DE CÁLCULO

1) Geometría

Se introduce el siguiente modelo de cálculo.



Geometría modelo de cálculo

El modelo representa una sección de un metro de ancho. Se ha impuesto condición de simetría en el eje del pilar. Del mismo modo se ha apoyado verticalmente en el terreno con un muelle vertical igual a 1000T/m³. El fichero de entrada considerado es el siguiente.

STRUCTURE DATA

MATERIALS

Id	Material	E [kN/mm²]	ρ [t/m³]	Material class	α [‰]	ν
1	Concrete	30.00	2.50	H250	0.010	0.17
2	Reinf. steel	210.00	8.00	AEH500	0.012	0.30

MATERIAL BOXES: Isotropic

Id	Geometry			Materials	
	Slab thickness [m]	Level of top surface [m]	f_E	Body	Reinforcement
I1	1.000	0.500	1.000	Concrete	Reinf. stee

LINE SUPPORTS

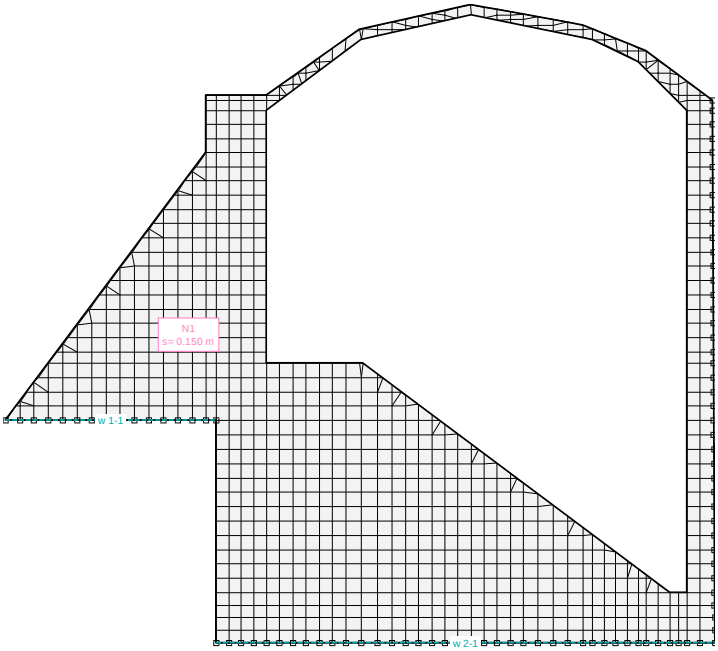
Id	Type Description	Support sdl [kN/m²]	sdn [kN/m²]	srz [kN]
W1	general	free	10000.000	free
W2	general	free	10000.000	free

SYMMETRY LINES

Id	Start X [m]	Start Y [m]	End X [m]	End Y [m]
L1	18.120	5.762	18.096	11.183

2) Malla de elementos finitos

La malla de elementos finitos ha sido generada automáticamente por el programa con la condición de que el lado del elemento sea inferior a 0,15 m.

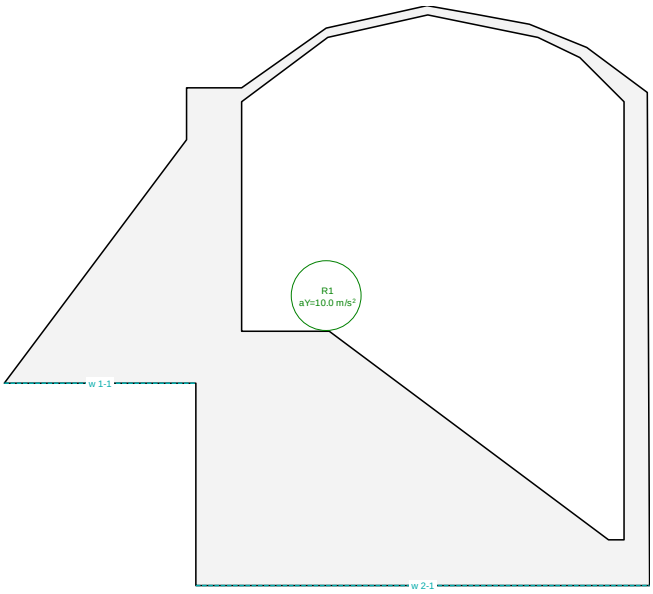


Malla de elementos finitos

2.6.2. ACCIONES

Se han considerado las siguientes acciones siguiendo el apartado 2.3 del presente anejo.

1) Peso propio



Peso propio

LOAD CASE SW : Self weight

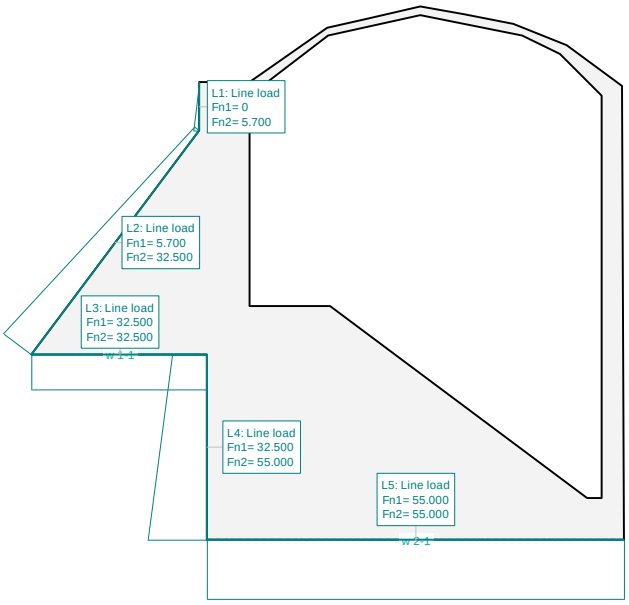
Dead load (whole structure)

ID	Geometry Volume [m³]	Thickenss [cm]	Area [m²]	Loads Direction	Mass [t]	Sub total Load X [kN]	Load Y [kN]
R1	15.58	100.0	15.58	Y	38.961		-389.608

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Load Y [kN]
Total	**0**	**-389.608**

2) Empuje nivel freático exterior



Nivel freático exterior

LOAD CASE 3 : NF EXTERIOR

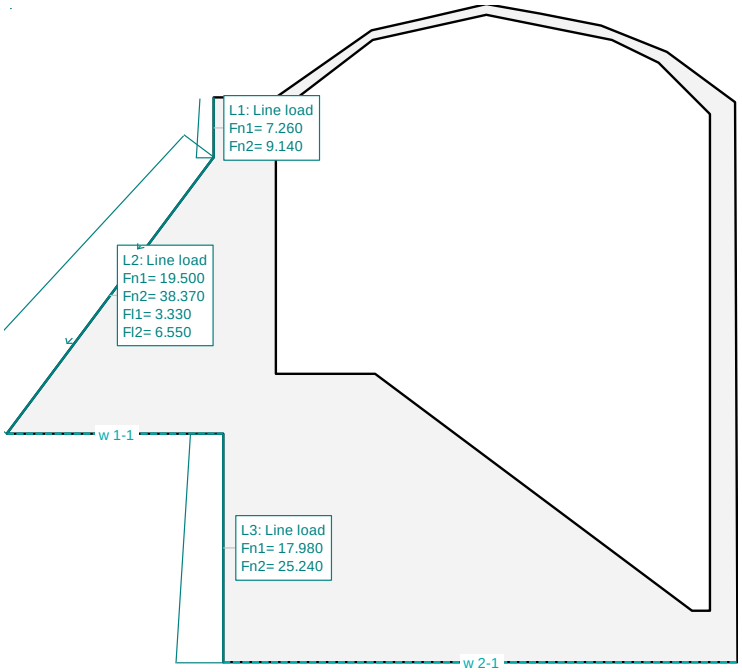
Line load

ID	Geometry X [m]	Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Load Y [kN]
L1	13.039	11.231		0	0		
	13.039	10.660	0.571	0	5.700	1.626	0
L2	13.039	10.660		0	5.700		
	11.029	7.981	3.349	0	32.500	51.177	-38.382
L3	11.029	7.981		0	32.500		
	13.137	7.981	2.108	0	32.500	0	68.499
L4	13.137	7.981		0	32.500		
	13.137	5.762	2.219	0	55.000	97.081	0
L5	13.137	5.762		0	55.000		
	18.120	5.762	4.983	0	55.000	0	274.079

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Load Y [kN]
Total	**149.884**	**304.196**

3) Empuje tierras sumergidas



Empuje tierras sumergidas

LOAD CASE 2 : TERRENO SUMERGIDO

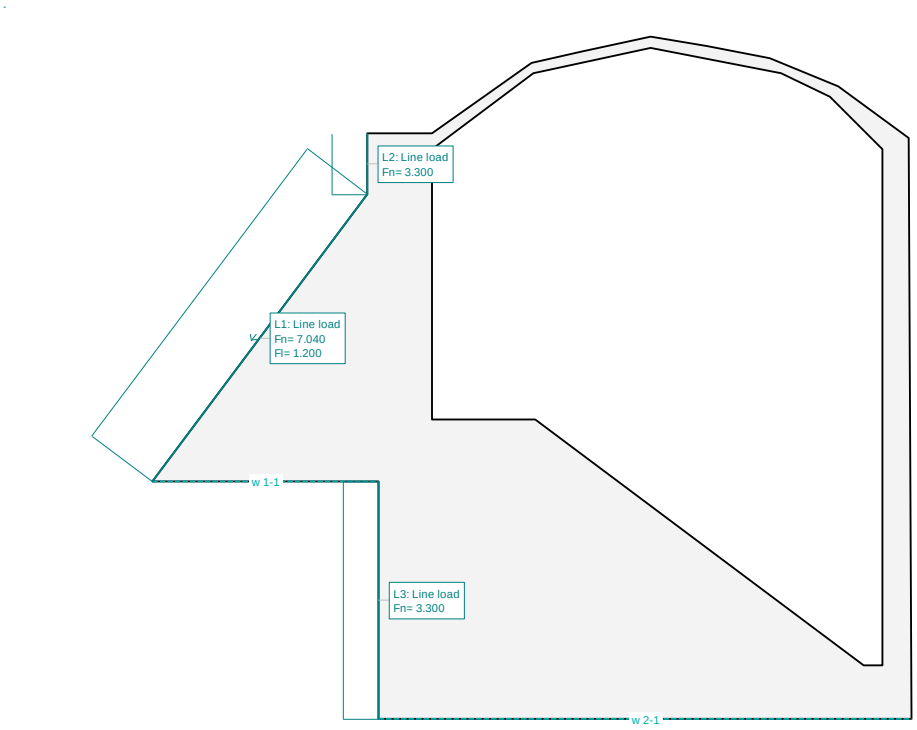
Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.039	11.231		0	7.260		
	13.039	10.660	0.571	0	9.140	4.679	0
L2	13.039	10.660		3.330	19.500		
	11.029	7.981	3.349	6.550	38.370	67.601	-71.383
L3	13.137	7.981		0	17.980		
	13.137	5.762	2.219	0	25.240	47.953	0

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**120.233**	**-71.38**

4) Empuje sobrecarga trasdós muro



Empuje sobrecarga trasdós muro

LOAD CASE 21 : SC TRASDOS MURO

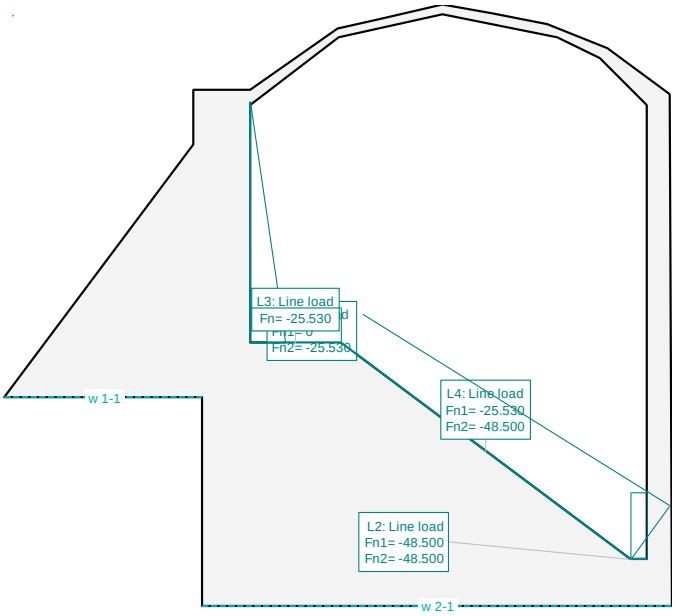
Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.039	10.660		1.200	7.040		
	11.029	7.981	3.349	1.200	7.040	16.452	-17.363
L2	13.039	11.231		0	3.300		
	13.039	10.660	0.571	0	3.300	1.883	0
L3	13.137	7.981		0	3.300		
	13.137	5.762	2.219	0	3.300	7.323	0

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**25.657**	**-17.363**

5) Empuje agua interior



Empuje agua interior al depósito

LOAD CASE 11 : EMPUJE AGUA INTERIOR

Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.637	11.112		0	0		
	13.637	8.557	2.555	0	-25.530	-32.615	0
L2	17.673	6.262		0	-48.500		
	17.846	6.262	0.173	0	-48.500	0	-8.405
L3	13.637	8.557		0	-25.530		
	14.606	8.557	0.969	0	-25.530	0	-24.741
L4	14.606	8.557		0	-25.530		
	17.673	6.262	3.831	0	-48.500	-84.949	-113.536

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**-117.564**	**-146.682**

2.6.3. COMBINACIONES

Con las acciones consideradas anteriormente se evalúa la hipótesis de depósito lleno (SERVICIO1) y de depósito vacío (SERVICIO2).

Result combination

Resultat combination SERVICIO1

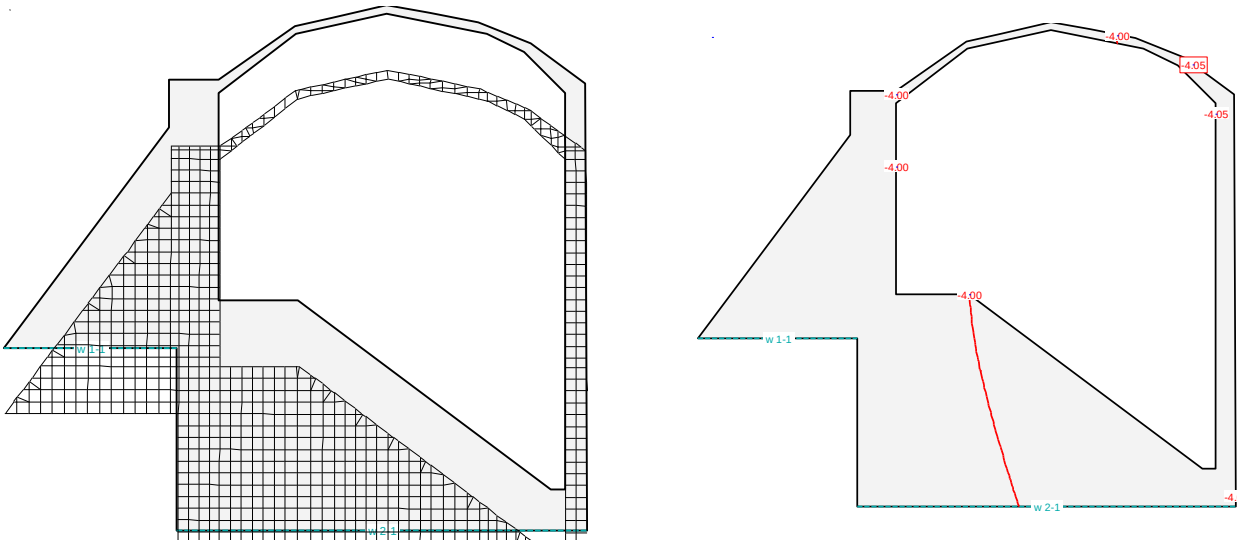
Load case Id	Factor	Description
SW	1.000	Self weight
2	1.000	TERRENO SUMERGIDO
3	1.000	NF EXTERIOR
11	1.000	EMPUJE AGUA INTERIOR

Resultat combination SERVICIO2

Load case Id	Factor	Description
SW	1.000	Self weight
2	1.000	TERRENO SUMERGIDO
3	1.000	NF EXTERIOR
21	1.000	SC TRASDOS MURO

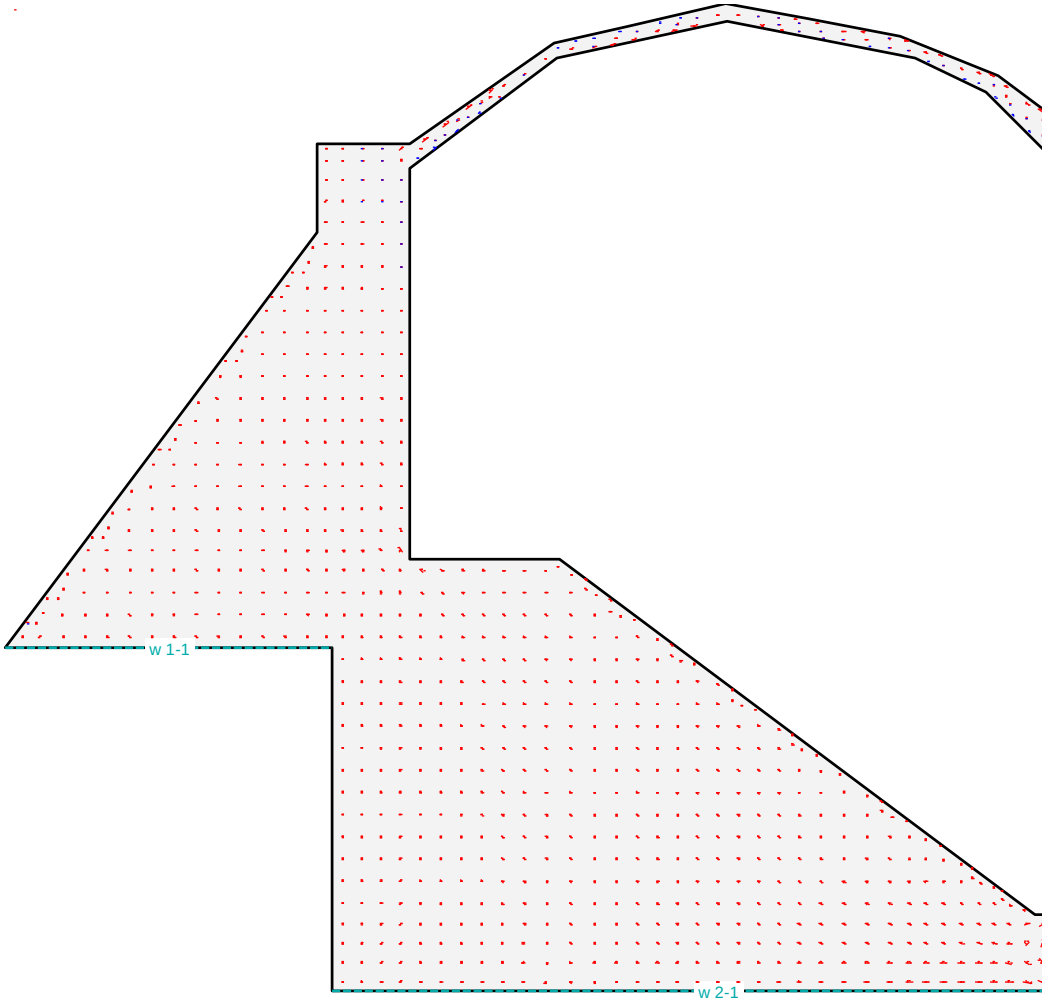
2.6.4. RESULTADOS DEPÓSITO LLENO

1) Malla deformada



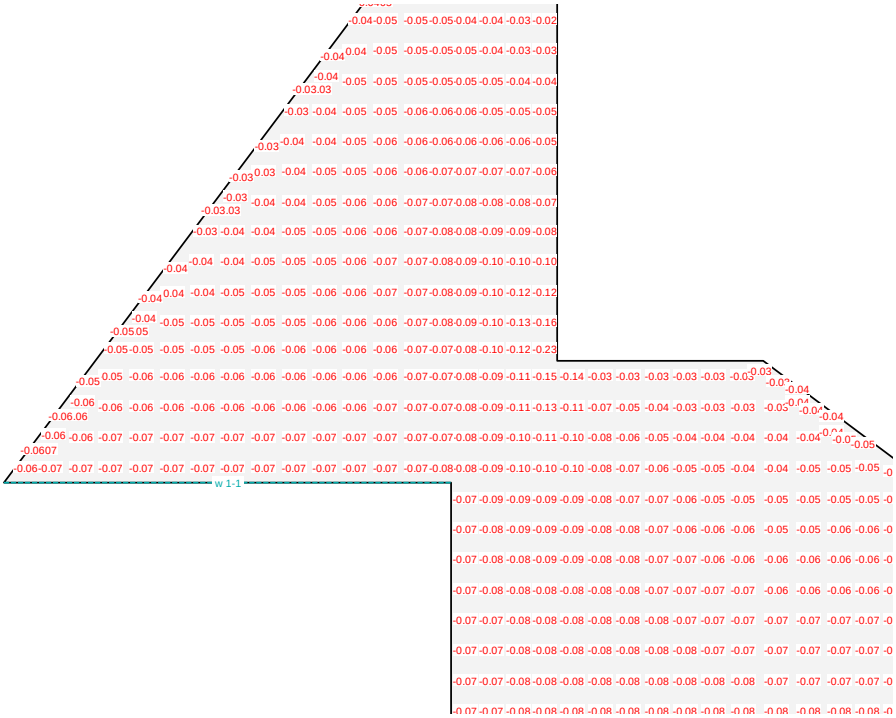
Malla deformada junto a deformaciones (4 mm)

2) Tensiones principales



Tensiones principales en el interior del muro

En la figura anterior se representan las tensiones principales obtenidas en el interior del muro. El color rojo simula las compresiones y el color azul las tracciones. Se observan entonces que en el interior del muro y del refuerzo todas las tensiones obtenidas son de compresión.

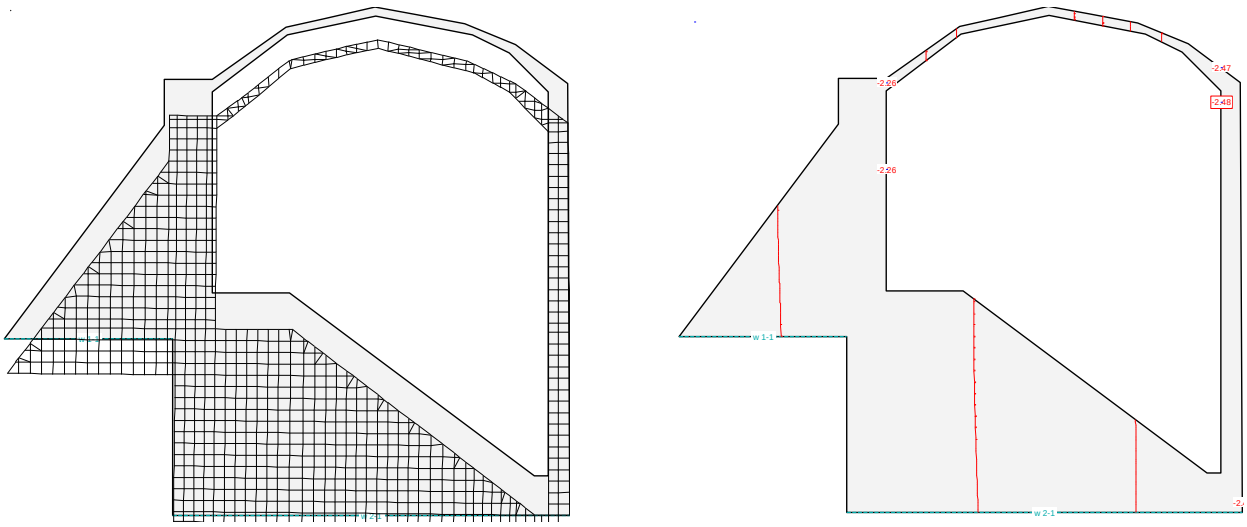


Detalle tensiones principales de compresión en muro

Se observa que todo el muro está sometido a compresión.

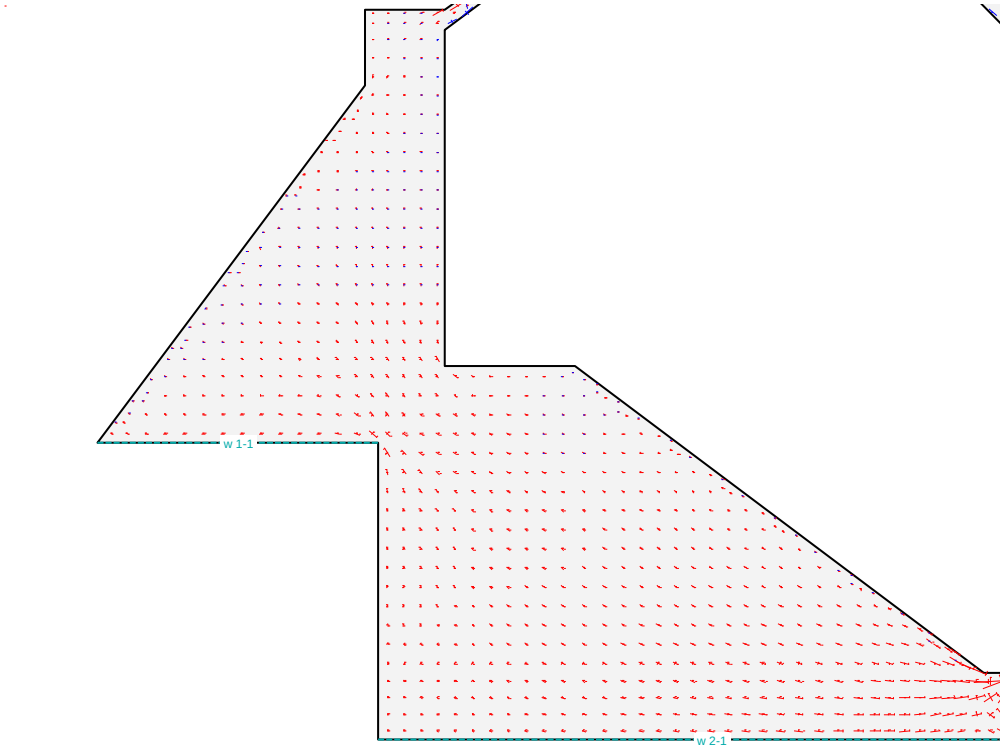
2.6.5. RESULTADOS DEPÓSITO VACÍO

1) Malla deformada



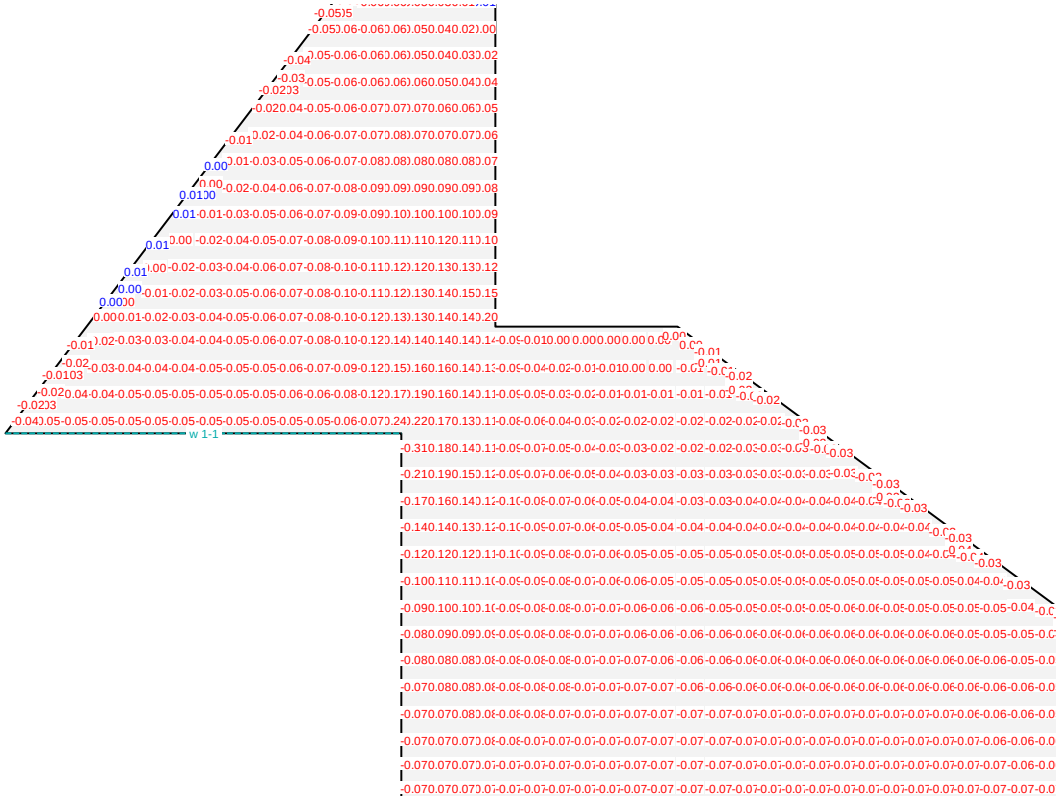
Malla deformada junto a deformaciones

2) Tensiones principales



Tensiones principales en el interior del muro

En la figura anterior se representan las tensiones principales obtenidas en el interior del muro. El color rojo simula las compresiones y el color azul las tracciones. Se observan entonces tracciones en la cara interior del muro y en la cara exterior en el empotramiento con la solera.



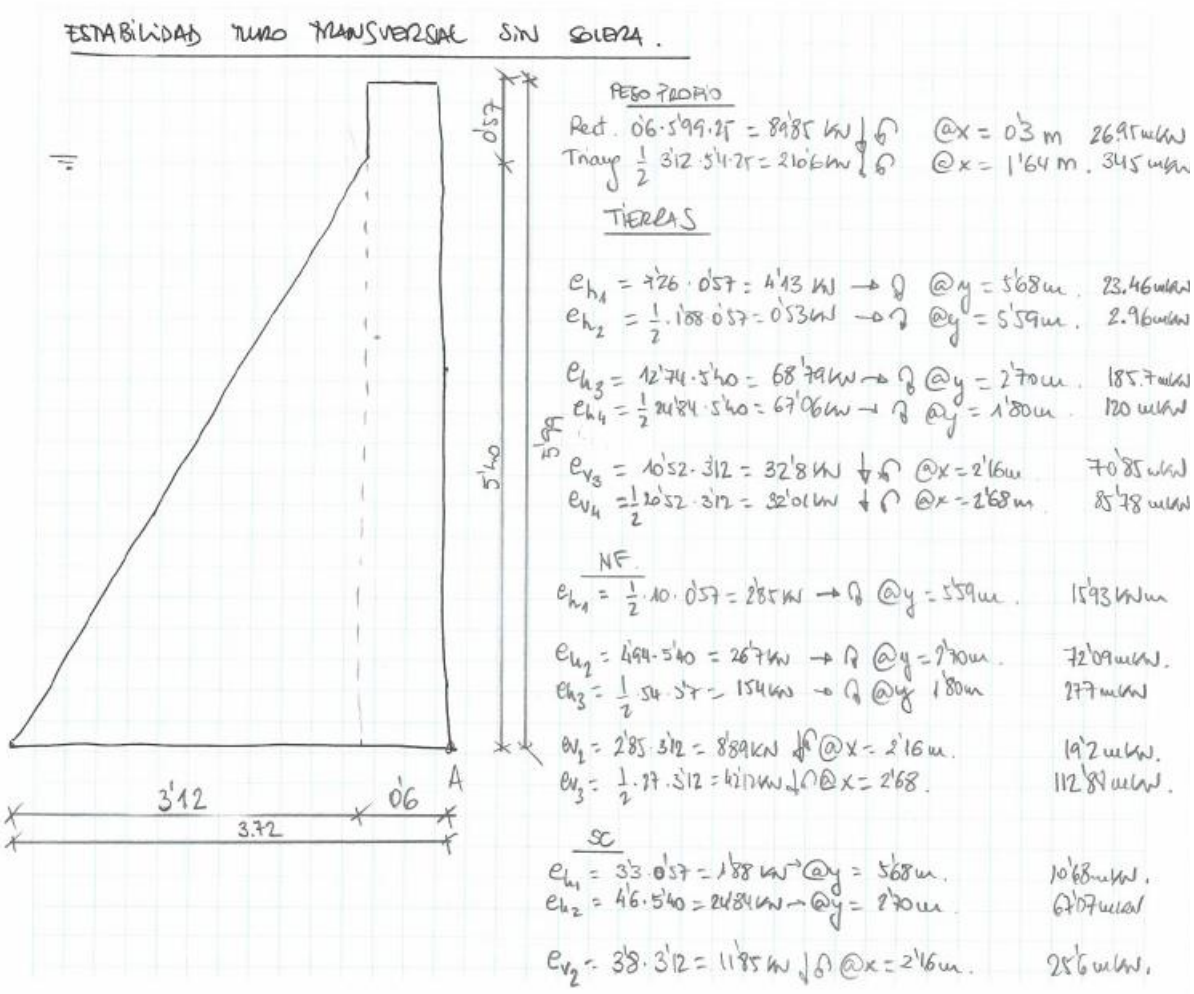
Detalle tensiones principales en muro

Se observa que incluso bajo la hipótesis de depósito vacío el muro está sometido a compresiones. Es por lo tanto fundamental para su correcto funcionamiento el refuerzo realizado a posteriori.

2.7. COMPROBACIONES DEL MURO TRANSVERSAL

2.7.1. COMPROBACIÓN COMO MURO EN MÉNSULA

En el siguiente apartado se comprueba el muro transversal como muro en ménsula sin la coacción de la solera. Pese a que de la inspección in situ se observa que el muro y la solera están conectados claramente se pretende evaluar el comportamiento a deslizamiento y vuelco del muro sin su conexión a la solera bajo las comprobaciones clásicas.



Comprobación clásica muro en ménsula

La comprobación anterior presupone el depósito vacío, los empujes de tierras sumergidos, el nivel freático y una sobrecarga en el trasdós de 10 kN/m². Las acciones coinciden con las mostradas en el apartado 7.3 de la presente memoria.

Con los números anteriores se obtienen los siguientes resultados:

- Factor de seguridad al deslizamiento (428 tg 30) / 350 = 0,70 → desliza
- Factor de seguridad al vuelco 686 / 774 = 0,886 → vuelca

Luego el muro si no está conectado y sujeto por la solera del depósito desliza y vuelca. Cabe destacar los siguientes aspectos:

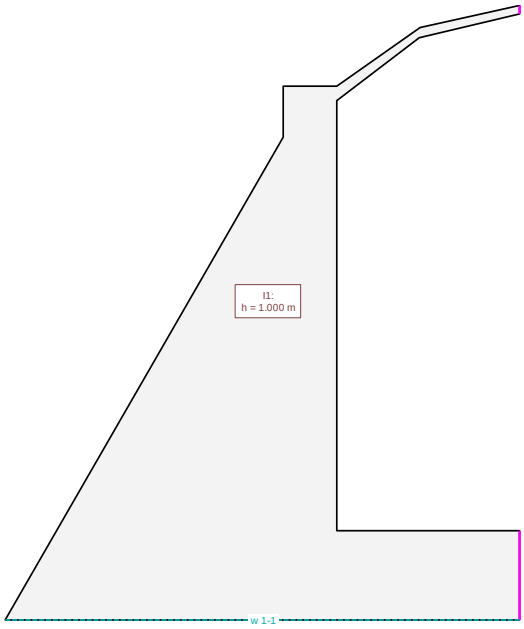
- El muro se puede similar a una presa de gravedad. En este sentido está preparado para recibir los empujes del interior del agua del depósito. Inicialmente fue concebido como un depósito aéreo y es probable que no se pensase para estar enterrado.
- Posteriormente el depósito se entierra completamente y se crea un lago artificial en sus proximidades. En este sentido se incrementan notablemente los empujes en su trasdós derivados del empuje sumergido de tierras más el nivel freático a una cota muy alta.
- En estas condiciones el muro longitudinal tiene que ser reforzado interiormente para estabilizarlo y el muro transversal sufre alguna fisuración interna.

En el presente apartado se evalúa el comportamiento del muro conectado a la solera.

2.7.2. MODELO DE CÁLCULO

1) Geometría

Se introduce el siguiente modelo de cálculo.



Geometría modelo de cálculo

El modelo representa una sección de un metro de ancho. Se ha impuesto condición de simetría en el eje del pilar. Del mismo modo se ha apoyado verticalmente en el terreno con un muelle vertical igual a 1000T/m³. El fichero de entrada considerado es el siguiente.

STRUCTURE DATA

MATERIALS

Id	Material	E [kN/mm²]	ρ [t/m³]	Material class	α [‰]	ν
1	Concrete	30.00	2.50	H250	0.010	0.17
2	Reinf. steel	210.00	8.00	AEH500	0.012	0.30

MATERIAL BOXES: Isotropic

Id	Geometry			Materials	
	Slab thickness [m]	Level of top surface [m]	f_E	Body	Reinforcement
I1	1.000	0.500	1.000	Concrete	Reinf. stee

LINE SUPPORTS

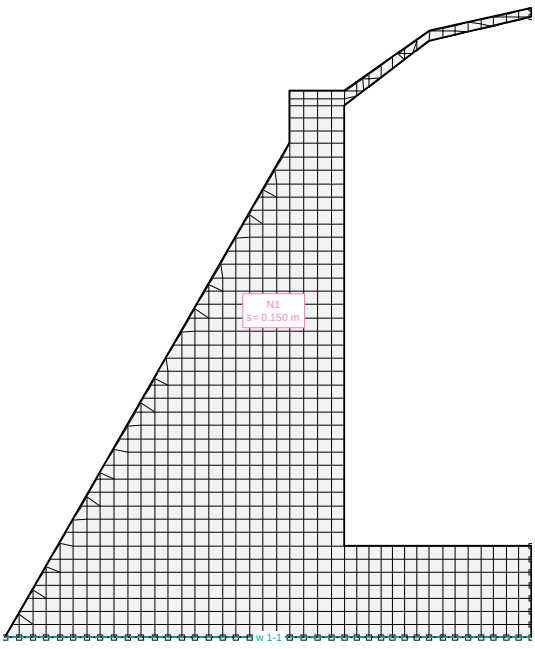
Id	Description	Type	Support sdl [kN/m²]	Support sdn [kN/m²]	Support srz [kN]
W1	general		free	10000.000	free

SYMMETRY LINES

Id	Start X [m]	Start Y [m]	End X [m]	End Y [m]
L1	15.678	5.262	15.678	6.262
L2	15.678	12.041	15.678	12.136

2) Malla de elementos finitos

La malla de elementos finitos ha sido generada automáticamente por el programa con la condición de que el lado del elemento sea inferior a 0,15 m.

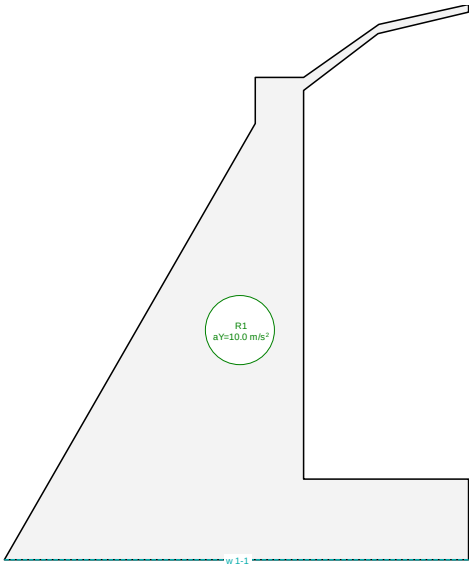


Malla de elementos finitos

2.7.4. ACCIONES

Se han considerado las siguientes acciones siguiendo el apartado 2.3 del presente anejo.

1) Peso Propio



Peso propio

LOAD CASE SW : Self weight

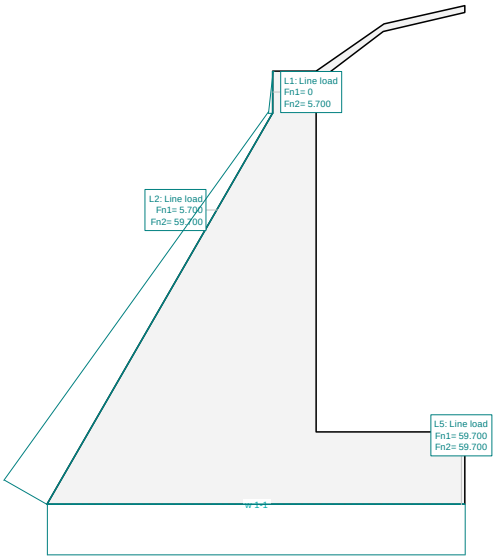
Dead load (whole structure)

ID	Geometry Volume [m³]	Geometry Thickenss [cm]	Geometry Area [m²]	Loads Direction	Loads Mass [t]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
R1	14.24	100.0	14.24	Y	35.608		-356.124

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**0**	**-356.124**

2) Empuje nivel freático exterior



Nivel freático exterior

LOAD CASE 3 : NF EXTERIOR

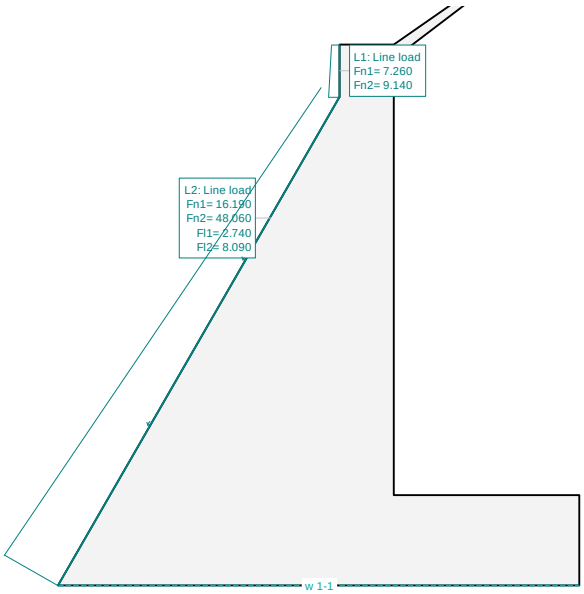
Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.039	11.231		0	0		
	13.039	10.660	0.571	0	5.700	1.626	0
L2	13.039	10.660		0	5.700		
	9.929	5.260	6.232	0	59.700	176.580	-101.697
L5	9.929	5.260		0	59.700		
	15.678	5.262	5.750	0	59.700	-0.039	139.571

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**178.167**	**37.874**

3) Empuje tierras sumergidas



Empuje tierras sumergidas

LOAD CASE 2 : TERRENO SUMERGIDO

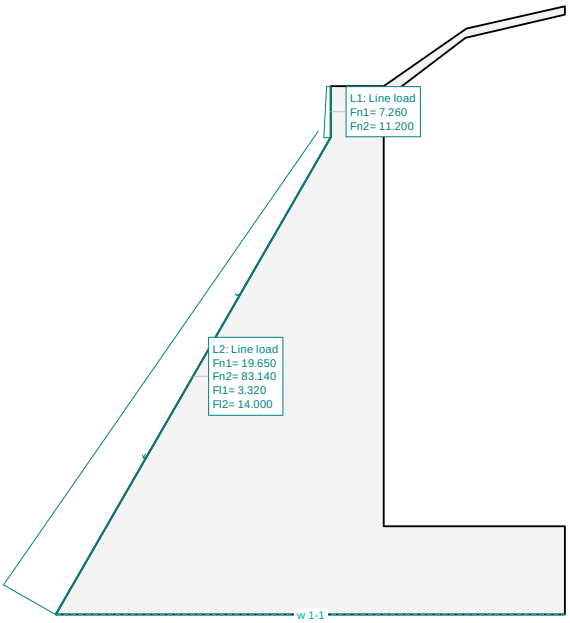
Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.039	11.231		0	7.260		
	13.039	10.660	0.571	0	9.140	4.679	0
L2	13.039	10.660		2.740	16.190		
	9.929	5.260	6.232	8.090	48.060	156.634	-129.150

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**161.313**	**-129.150**

4) Empuje tierras sin nivel freático



Empuje tierras sin nivel freático

LOAD CASE 4 : TERRENO SIN FREATICO

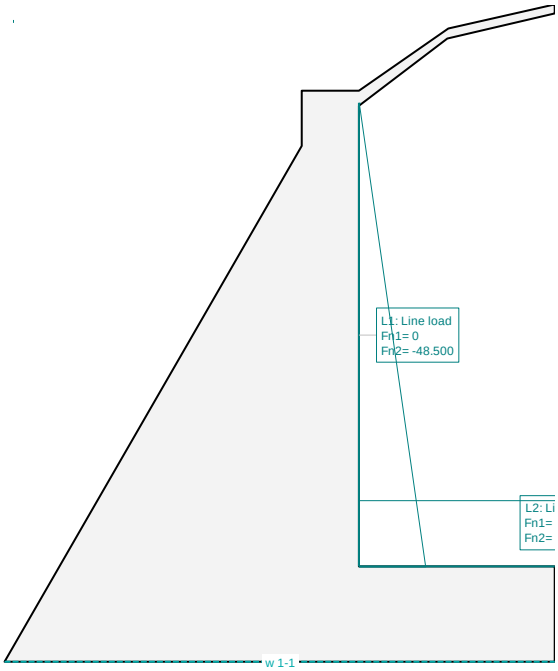
Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.039	11.231		0	7.260		
	13.039	10.660	0.571	0	11.200	5.267	0
L2	13.039	10.660		3.320	19.650		
	9.929	5.260	6.232	14.000	83.140	250.600	-206.602

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**255.867**	**-206.602**

5) Empuje agua interior



Empuje agua interior al depósito

LOAD CASE 11 : EMPUJE AGUA INTERIOR

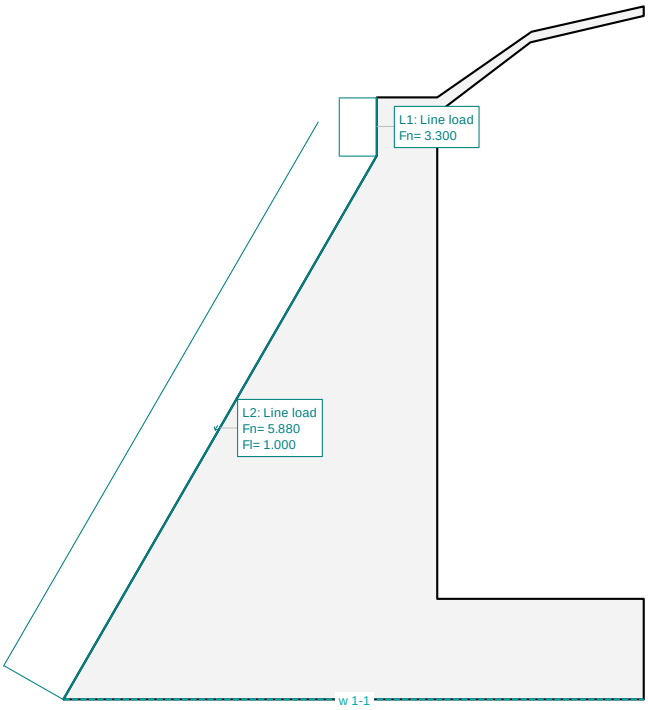
Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.637	11.112		0	0		
	13.637	6.262	4.850	0	-48.500	-117.612	0
L2	13.637	6.262		0	-48.500		
	15.678	6.262	2.042	0	-48.500	0	-99.021

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**-117.612**	**-99.021**

6) Sobrecarga en trasdós (10 kN/m^2)



Empuje sobrecarga en trasdós

LOAD CASE 21 : SC EXTERIOR

Line load

ID	Geometry X [m]	Geometry Y [m]	Length [m]	Loads Fl [kN/m]	Loads Fn [kN/m]	Sub total Load X [kN]	Sub total Load Y [kN]
L1	13.039	11.231		0	3.300		
	13.039	10.660	0.571	0	3.300	1.883	0
L2	13.039	10.660		1.000	5.880		
	9.929	5.260	6.232	1.000	5.880	28.642	-23.687

Sums X, Y

	Total Load X [kN]	Total Load Y [kN]
Total	**30.525**	**-23.687**

2.7.5. COMBINACIONES

Con las acciones consideradas anteriormente se evalúa la hipótesis de depósito lleno con nivel freático alto (SERVICIO1), depósito vacío con nivel freático alto (SERVICIO2) y depósito vacío sin nivel freático exterior (SERVICIO3).

Result combination

Resultat combination SERVICIO1

Load case Id	Factor	Description
SW	1.000	Self weight
2	1.000	TERRENO SUMERGIDO
3	1.000	NF EXTERIOR
11	1.000	EMPUJE AGUA INTERIOR

Resultat combination SERVICIO2

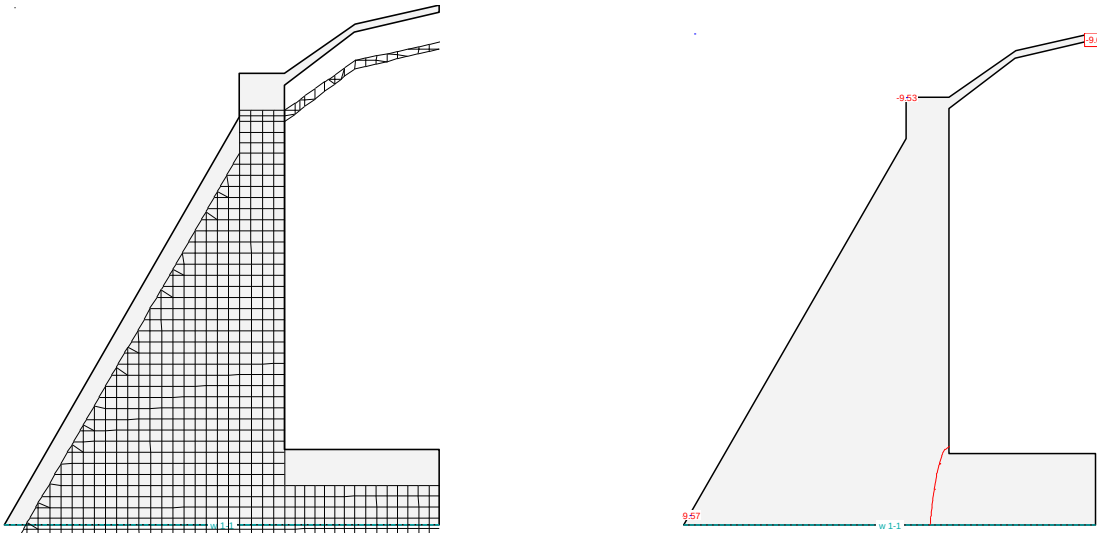
Load case Id	Factor	Description
SW	1.000	Self weight
2	1.000	TERRENO SUMERGIDO
3	1.000	NF EXTERIOR
21	1.000	SC EXTERIOR

Resultat combination SERVICIO3

Load case Id	Factor	Description
SW	1.000	Self weight
4	1.000	TERRENO SIN FREATICO
21	1.000	SC EXTERIOR

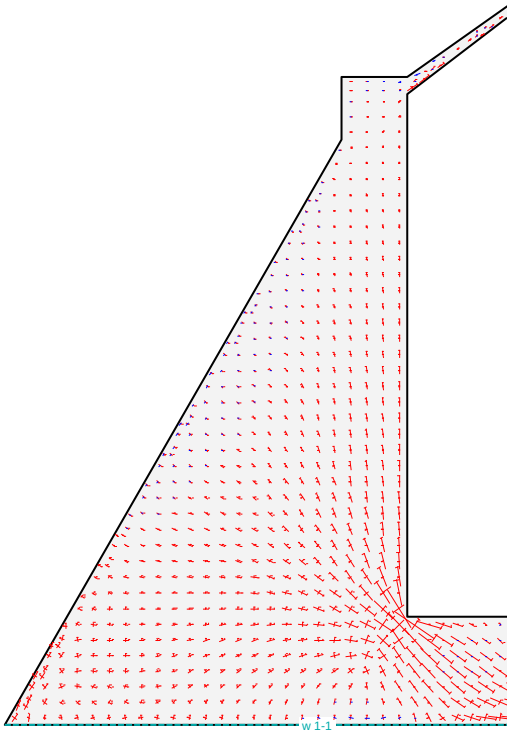
2.7.7. RESULTADOS DEPÓSITO LLENO

1) Malla deformada



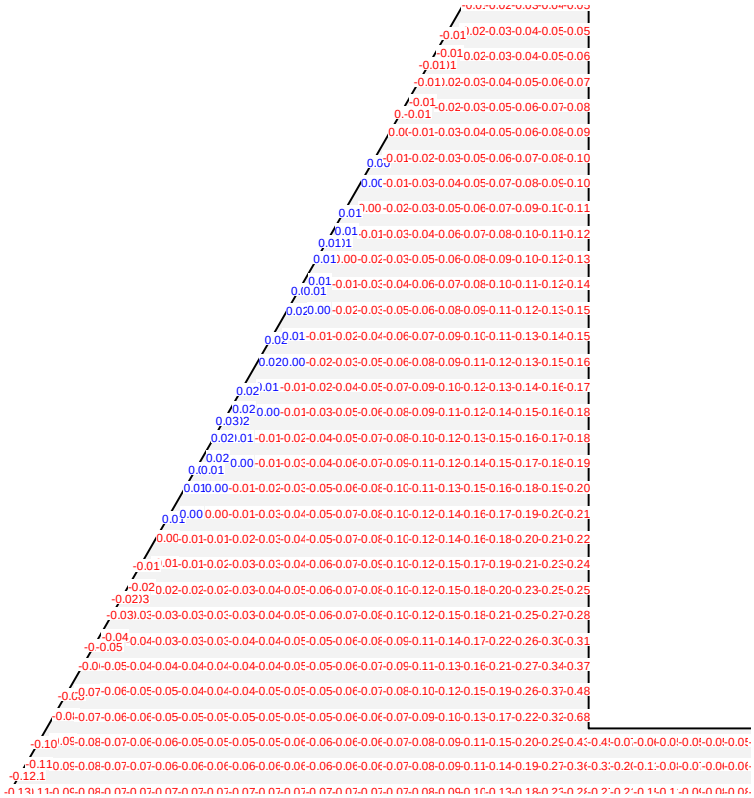
Malla deformada junto a deformaciones (9 mm)

2) Tensiones principales



Tensiones principales en el interior del muro

En la figura anterior se representan las tensiones principales obtenidas en el interior del muro. El color rojo simula las compresiones y el color azul las tracciones. Se observan entonces que en el interior del muro las tensiones obtenidas son de compresión.

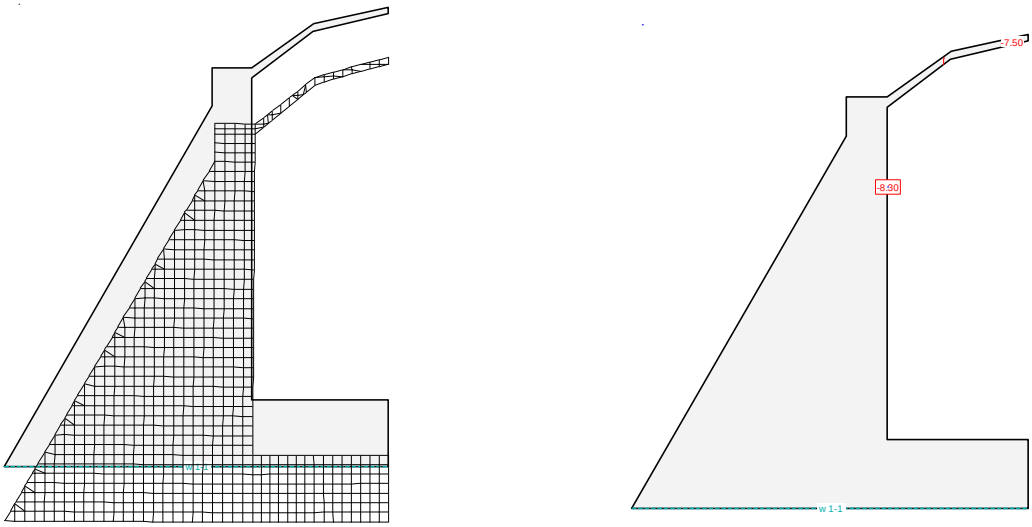


Detalle tensiones principales de compresión en muro

Se observan ligerísimas tracciones en el muro (0,02 MPa) que pueden considerarse despreciables.

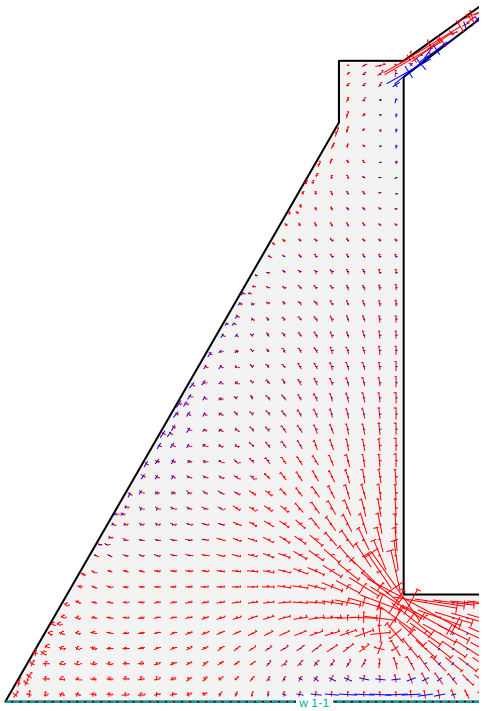
2.7.8. RESULTADOS DEPÓSITO VACÍO

1) Malla deformada



Malla deformada junto a deformaciones (8 mm)

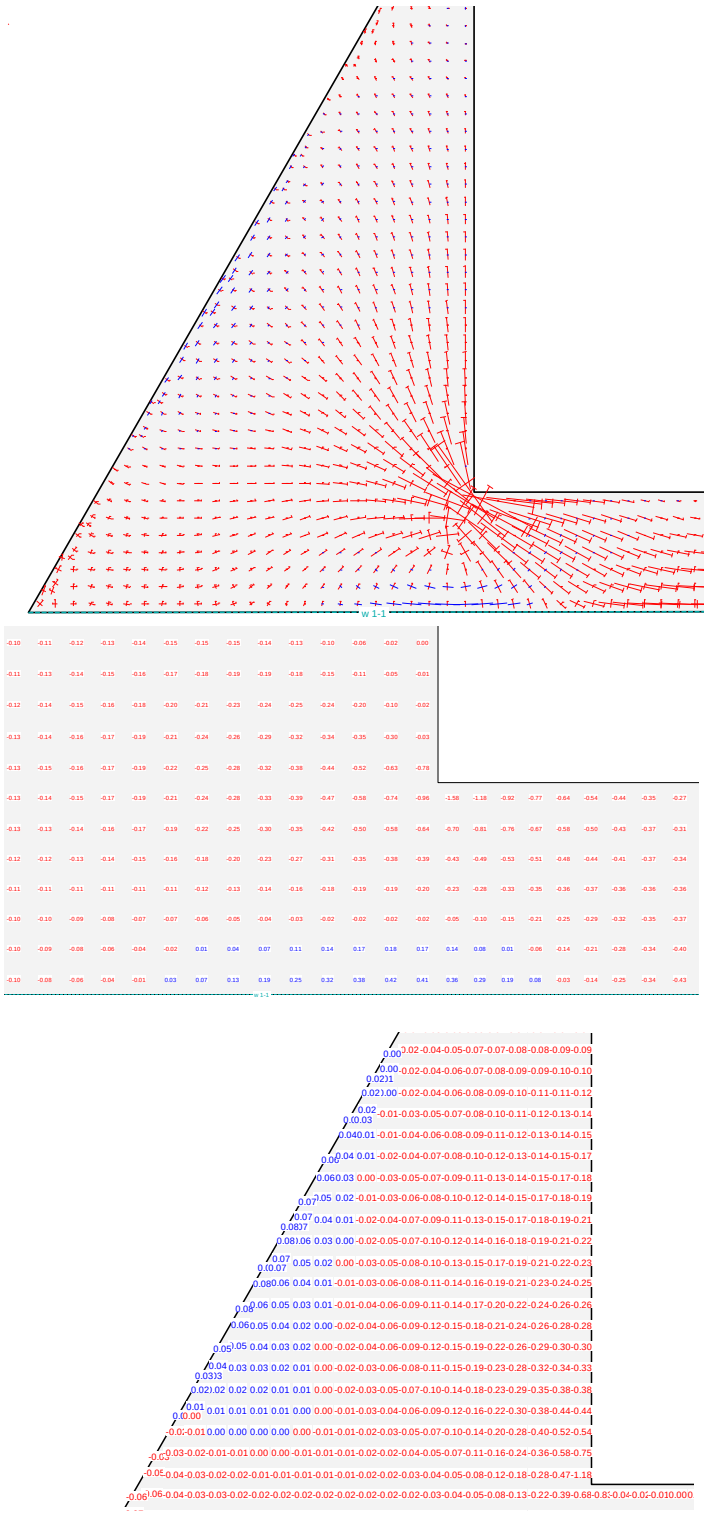
2) Tensiones principales

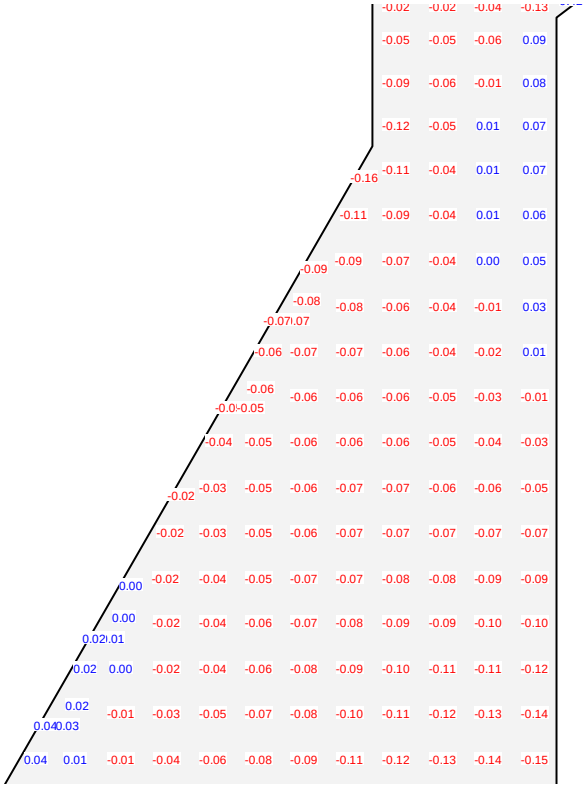


Tensiones principales en el interior del muro

En la figura anterior se representan las tensiones principales obtenidas en el interior del muro. El color rojo simula las compresiones y el color azul las tracciones. Se

observan entonces tracciones en la cara exterior del muro y en la losa inferior del depósito. El vaciado del depósito provoca entonces tracciones en el muro.



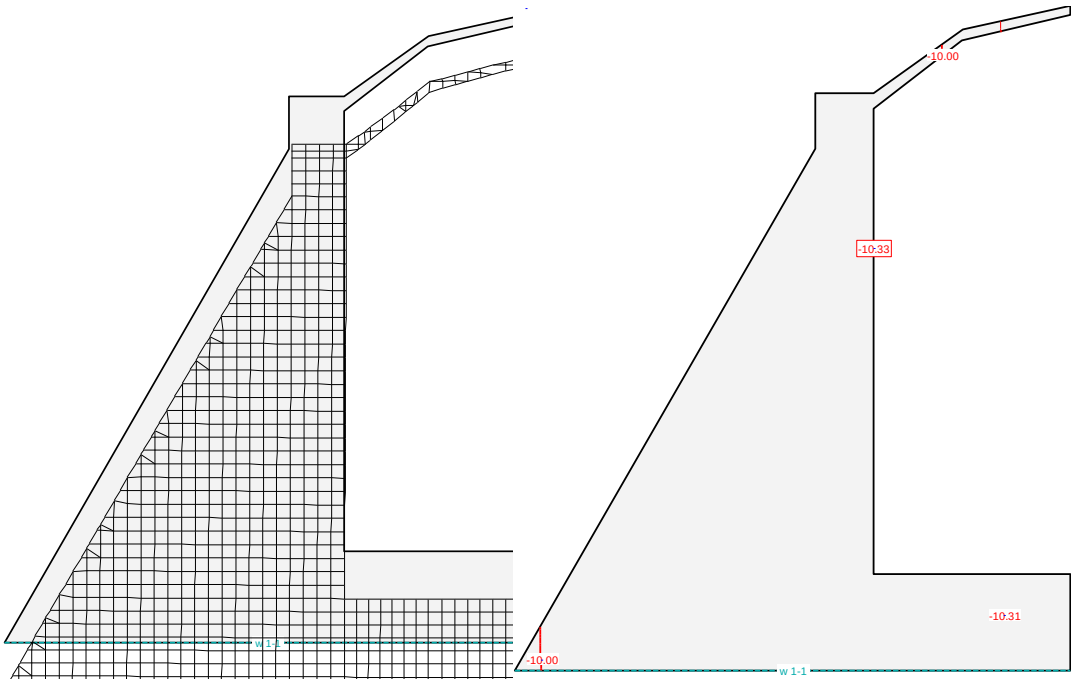


Detalle tensiones principales en muro

Se observan tracciones en la losa de fondo de valor 0,40 MPa, en el trasdós del muro de valor 0,08 MPa y en la cara interior del muro de valor 0,08 MPa. Estos valores están lejos de la resistencia a tracción del hormigón (aprox. 10% 25 MPa ≈ 2.5 MPa) y a priori no provocarían la fisuración del muro.

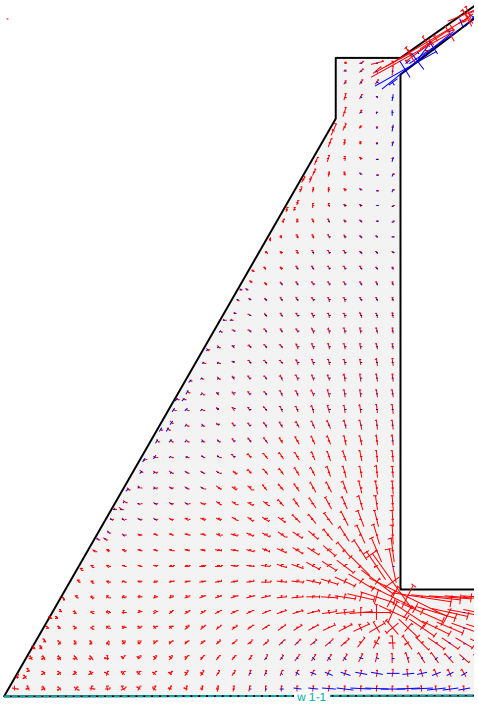
2.7.9. RESULTADOS DEPÓSITO VACÍO SIN NIVEL FREÁTICO EXTERIOR

1) Malla deformada



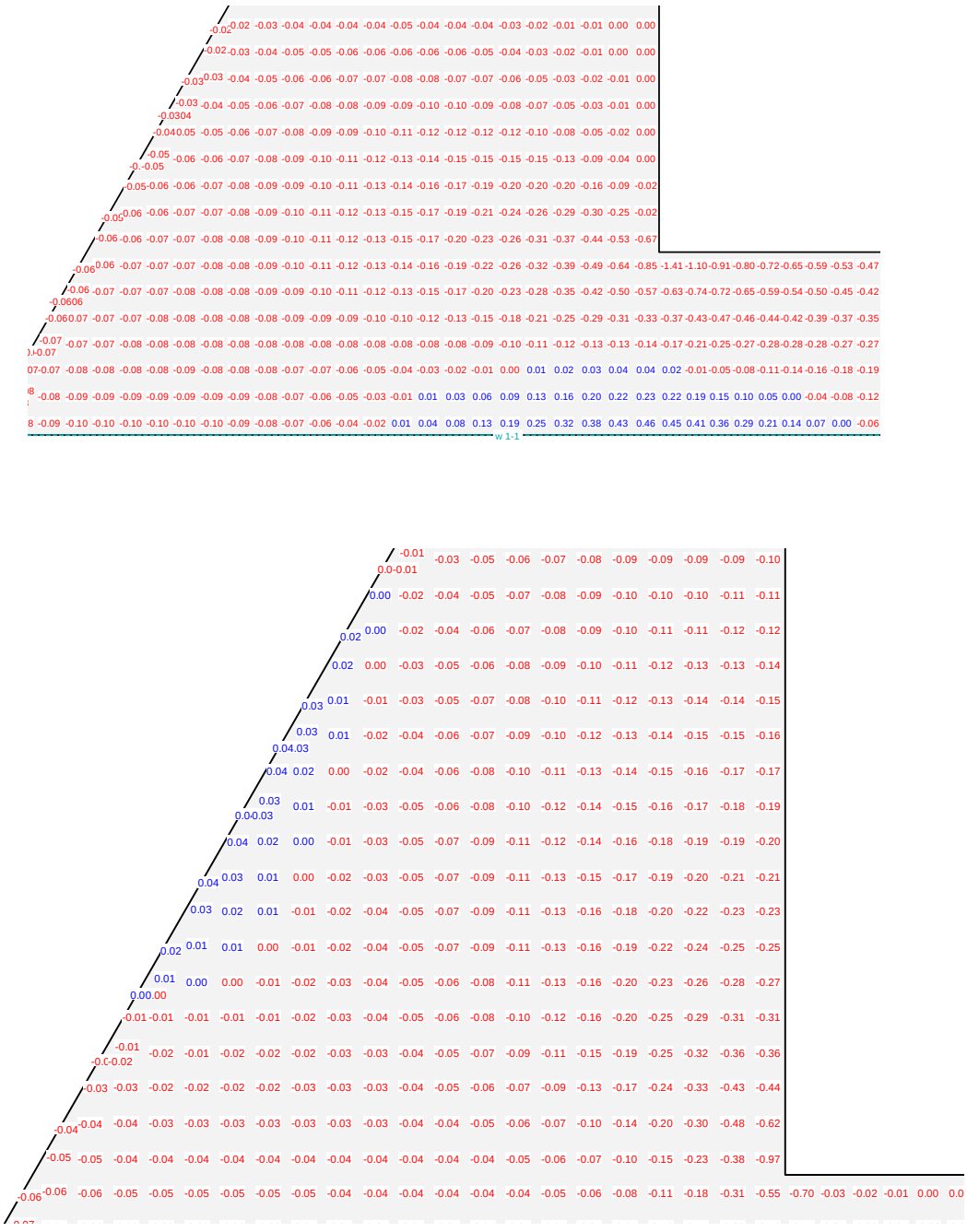
Malla deformada junto a deformaciones

2) Tensiones principales

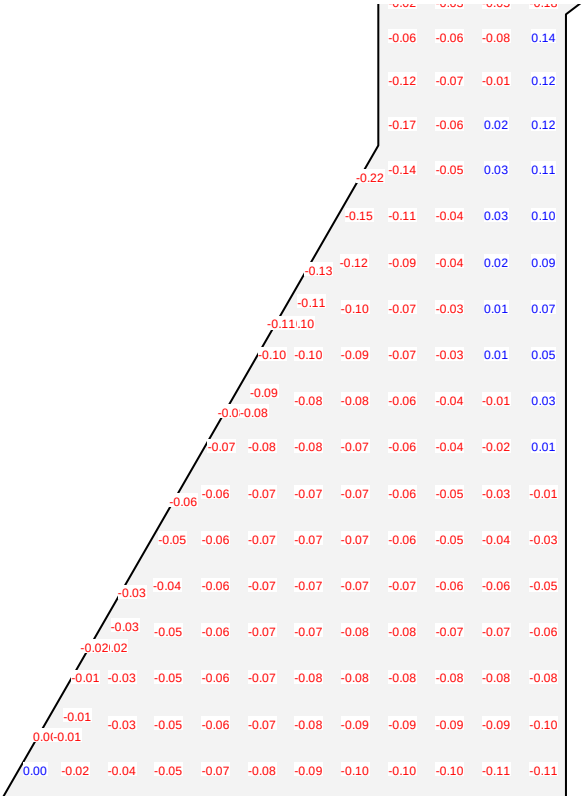


Tensiones principales en el interior del muro

En la figura anterior se representan las tensiones principales obtenidas en el interior del muro. El color rojo simula las compresiones y el color azul las tracciones. Se observan entonces tracciones en la cara interior del muro y en la cara exterior en el empotramiento con la solera.



Detalle tensiones principales en muro



Detalle tensiones principales en muro

Se observan tracciones en la losa de fondo de valor 0,46 MPa, en el trasdós del muro de valor 0,04 MPa o en la cara interior del muro de valor 0,14 MPa. Estos valores están lejos de la resistencia a tracción del hormigón (aprox. 10% 25 MPa ≈ 2,5 MPa) y por lo tanto a priori no provocarían la aparición de fisuras en el muro.

2.8. CONCLUSIONES

En el presente informe se analiza el comportamiento de los muros del depósito de Tres Cantos T.M. de Tres Cantos. Para ello se analiza el muro longitudinal y el muro transversal.

El muro longitudinal se analiza con una geometría supuesta originaria y con la geometría del refuerzo interior hecho a posteriori. La situación pésima es la de hipótesis de depósito vacío ya que el empuje interior del agua ayuda a estabilizar los empujes exteriores del terreno más el nivel freático. El muro longitudinal precisa del refuerzo interior para eliminar las tracciones en su cara interior bajo la hipótesis de depósito vacío. Con dicho refuerzo interior se mejora su comportamiento y estabilidad y no son

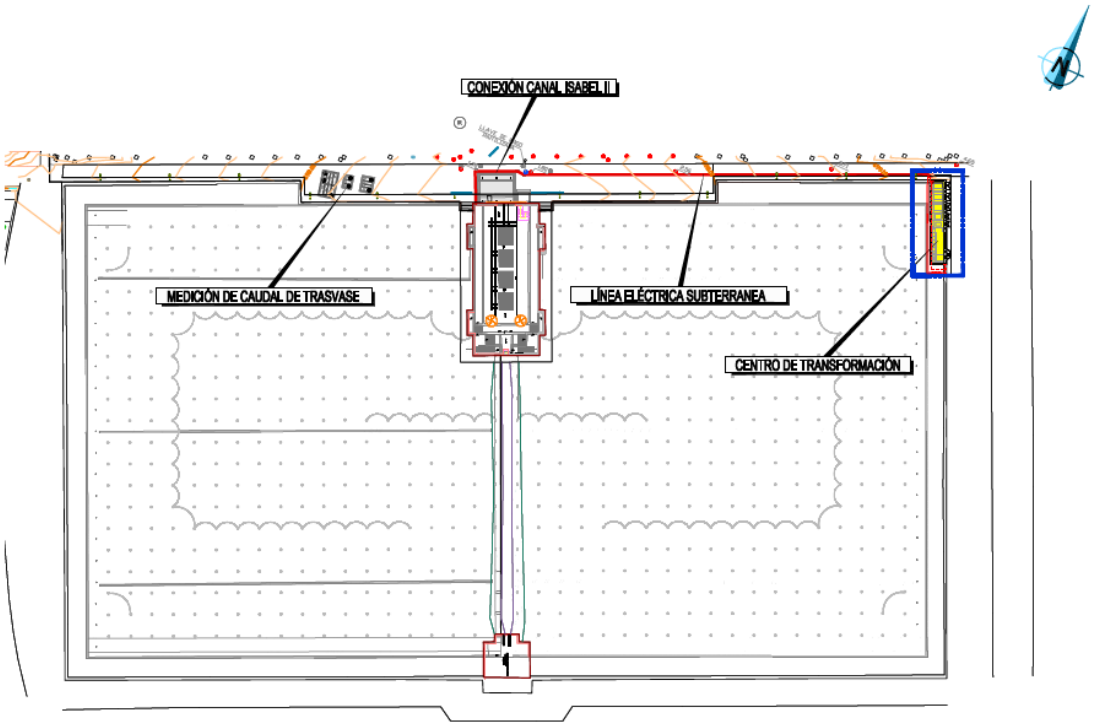
previsibles a priori fisuraciones en dicho muro.

El muro transversal necesita de su conexión a la solera del depósito para garantizar su estabilidad. La situación pésima es aquella formada por el depósito vacío con nivel freático exterior alto. Bajo esta hipótesis se incrementan notablemente los empujes en su trasdós derivados del empuje sumergido de tierras más el nivel freático a una cota muy alta. Aparentemente las fisuras existentes en la cara interior del muro están reparadas y estabilizadas. Debe realizarse un seguimiento de las mismas durante los períodos de vaciado del depósito. En caso de detectarse su progresión o su aparición se propone realizar un refuerzo interior al muro similar al realizado en el muro longitudinal.

3. DESCRIPCIÓN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

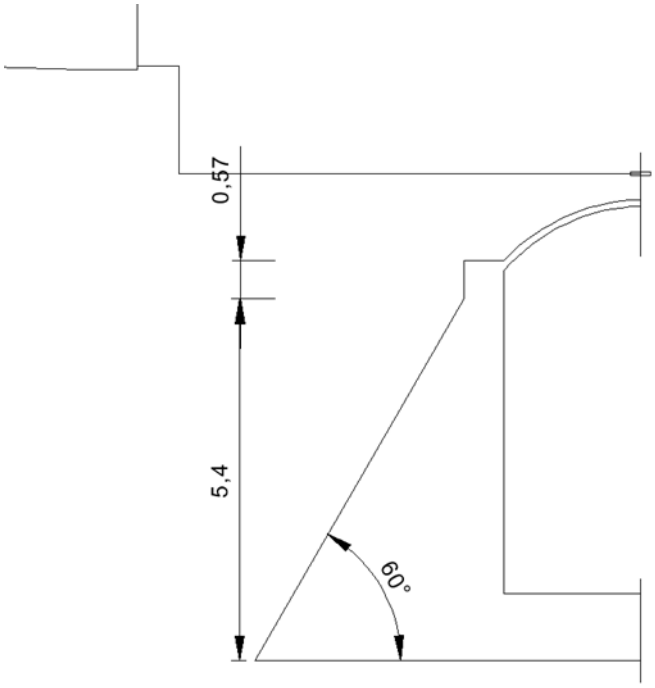
3.1. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El edificio de transformadores se situará en la esquina noreste del depósito, adosado al murete de gaviones existente, con la dimensión mayor paralela al muro transversal del depósito.



Planta de situación del edificio de transformadores

Para conocer la geometría del muro transversal existente se han realizado distintos sondeos que atravesasen el hormigón del muro y permitiesen determinar hasta qué cota existe muro y en qué cota empieza el terreno natural. Con esta información se adopta la siguiente sección de cálculo con referencia al muro transversal norte del depósito.



Geometría adoptada en zona de muro transversal

El edificio de transformadores por lo tanto quedará situado entre el murete de gaviones de contención existente y un tramo del muro transversal enterrado del terreno.

El edificio consta de una planta rectangular de 18.20 m por 3.40 m, con un solo nivel de 3.40 m de altura, destinado a alojar los equipos de transformadores.

Debido a las patologías encontradas en los muros y bóvedas del depósito existente, la cimentación del edificio se plantea mediante una losa de hormigón armado de 0,70 m de espesor apoyada sobre 10 micropilotes, con el fin de no transmitir cargas adicionales a la estructura del depósito que puedan derivar en nuevas patologías. Esta losa de cimentación se sitúa a cota de nivel de calle, para ello se realiza un relleno ligero con bloques de poliestireno expandido sobre los que posteriormente se podrá hormigonar la losa.

Los micropilotes tendrán un diámetro de perforación de 180 mm con tubo de acero de 60,3 x 6,3 mm, siendo la longitud total de 11,00 m desde la cota inferior de la losa de cimentación. Los pilotes lado sur posiblemente contacten con el muro del depósito existente perforando su cuña inferior, pero se considera que al ser afecciones puntuales

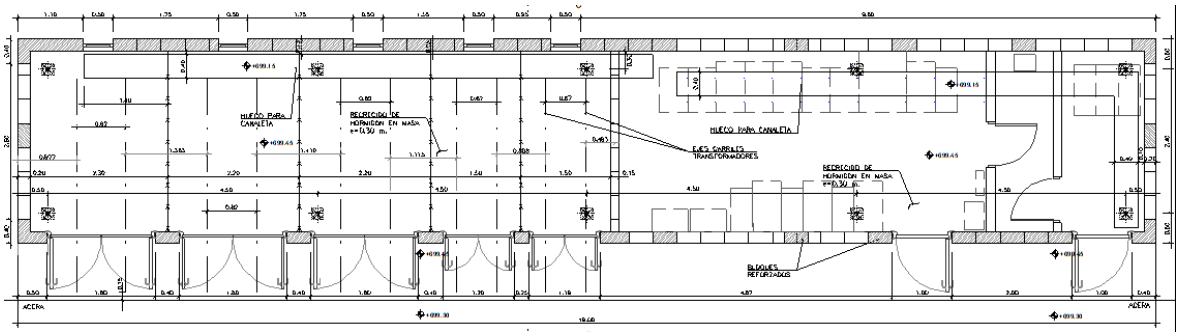
no influirán en el comportamiento del muro.

La estructura del edificio que sobresale por encima del nivel de calle se compone de un cerramiento perimetral de muros de bloques de hormigón prefabricados, con piezas de 40x20x20 cm y una cubierta a un agua formada por perfiles metálicos IPE-140, sobre los que se apoyarán paneles sándwich galvanizados.

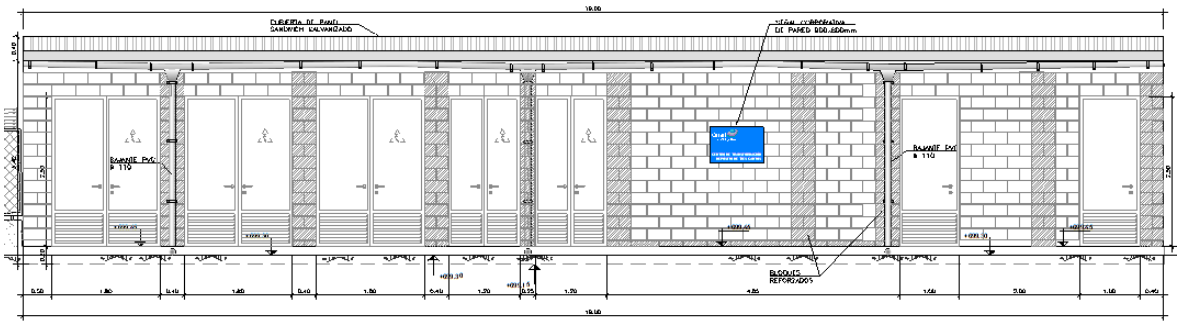
En el interior habrá una zona donde se alojarán los transformadores separados por muros de bloques de hormigón prefabricados de 15 cm de espesor. El resto estará ocupado por una línea de armarios.

Sobre la losa de cimentación se ejecutará un recrecido de hormigón en masa de 0,30 m de espesor en toda la superficie, sobre la cual se realizarán huecos para canaletas de cableados.

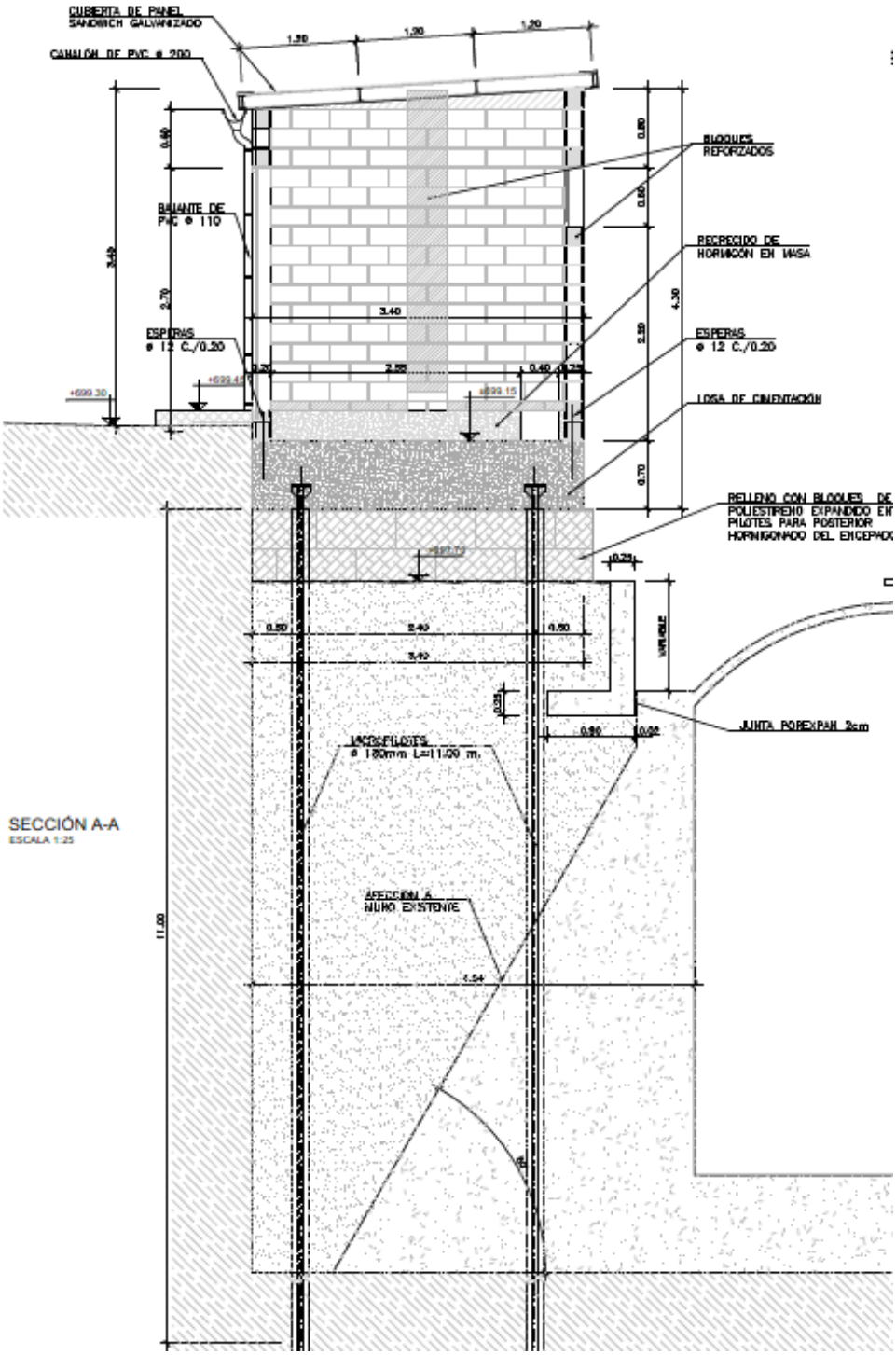
Se adjuntan esquemas en planta y alzado de la estructura descrita.



Planta



Alzado frontal



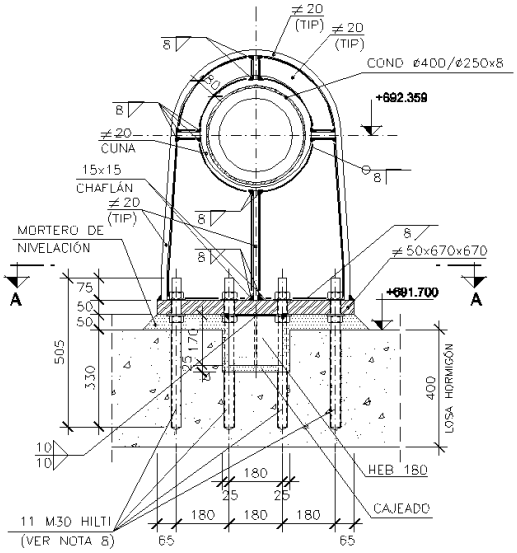
Alzado-Sección

3.2. APOYOS ESTACIÓN DE BOMBEO

El trazado de tuberías que lleva el depósito en su interior, hace necesario la definición de diferentes apoyos que sujeten correctamente las mismas atendiendo a criterios de optimización del funcionamiento de las tuberías como vigas.

Los apoyos deslizantes se han diseñado con dos tipologías, según fuesen apoyos que puedan estar sujetos a tracciones, o no. Si los apoyos pueden sufrir tracciones, restringen el movimiento vertical de las tuberías. En caso contrario, no es necesario disponer nada para impedir el movimiento vertical. El deslizamiento se produce en la base de los apoyos, y no en la interfase entre tubería y cuna, y se consigue a través de una placa de acero (inoxidable o acero al carbono, según el tipo de tubería) que sirve de apoyo, convenientemente rigidizada, a la cuna que soporta la tubería. Esta placa de acero apoya a su vez sobre una segunda placa de acero inoxidable anclada convenientemente sobre una losa de hormigón armado preexistente.

Existente también apoyos fijos, que coaccionan los movimientos horizontales y verticales. El esquema del apoyo es similar al del apoyo deslizante, con un a cuna (en este caso camisa) que va conectada mediante rigidizadores a una placa de acero. Pero en este caso se coloca una única placa de acero inoxidable anclada convenientemente sobre una losa de hormigón armado.



Alzado frontal del apoyo tipo 18

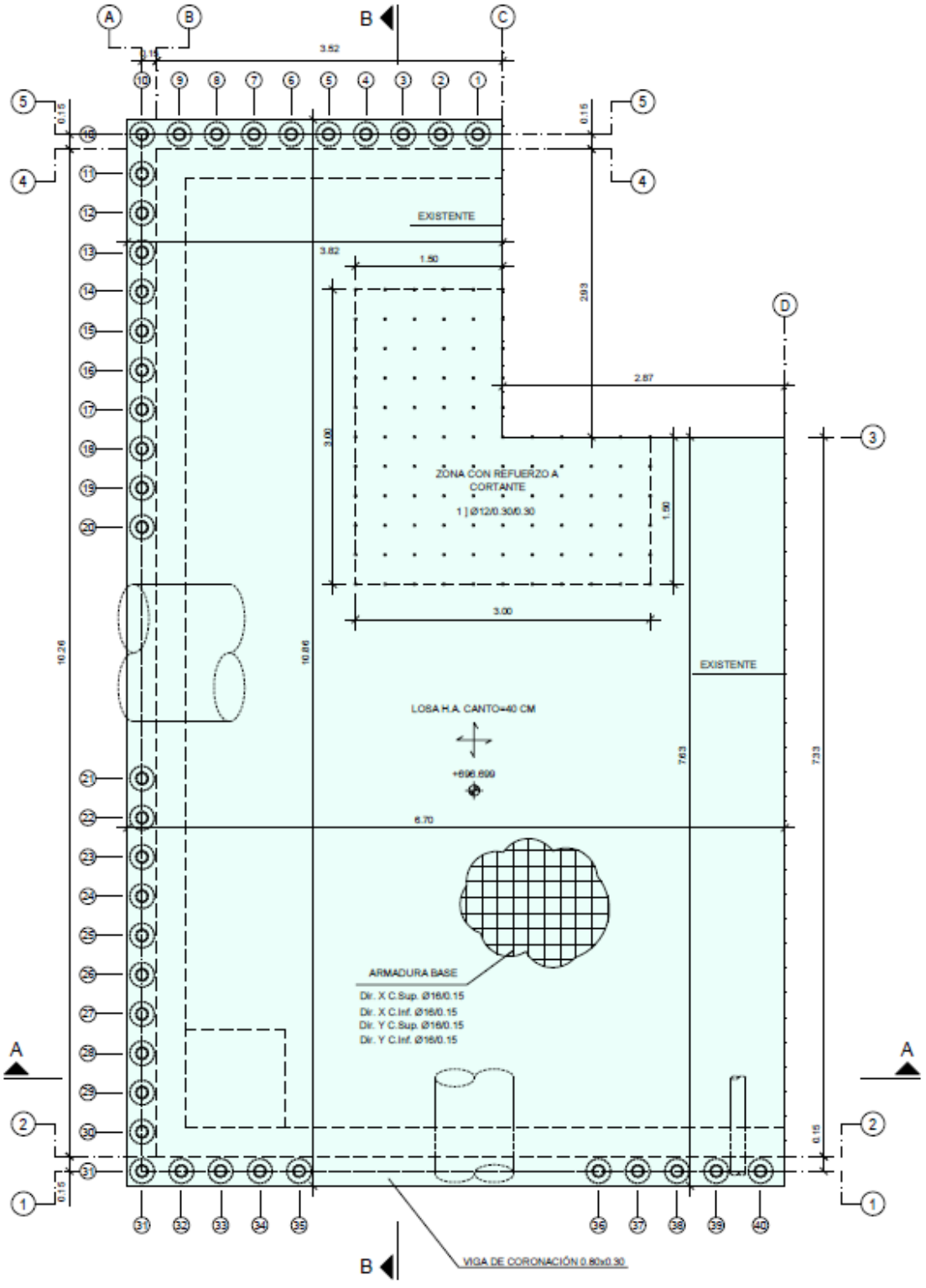
3.3. ARQUETAS Y OBRAS DE CONEXIÓN

3.3.1. ARQUETA DE CONEXIÓN CON LA RED DE CANAL DE ISABEL II

Se proyecta su construcción en dos fases:

1. Cortina de micropilotes en los que se apoya la losa superior, ejecutada a la cota +696,199. Los micropilotes se empotran en el estrato de arena de miga hasta la cota +686,649.

2. Excavación al abrigo de la cortina y posterior ejecución de muros interiores.



Los muros perimetrales son de hormigón armado de 30 cm de espesor y la losa de cimentación es de 40 cm. La profundidad máxima de excavación es de 6,10 m, con lo que la losa de cimentación se apoya en arena de miga. La tensión admisible considerada

es de:

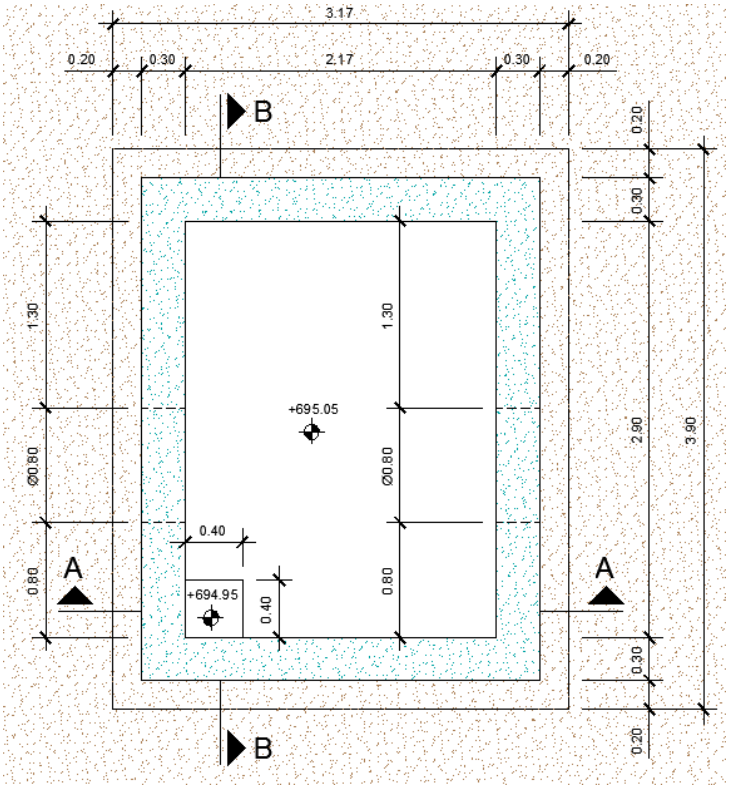
σ_{adm}=150 kPa

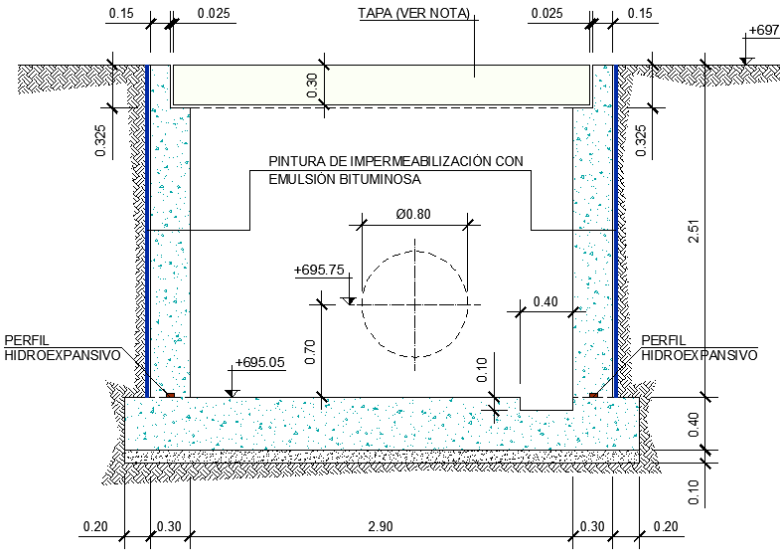
El nivel freático se encuentra a la cota -6,00, por lo que el último tramo de la excavación se va a realizar por debajo del nivel del agua.

3.3.2. ARQUETAS DE MEDICIÓN DE CAUDAL

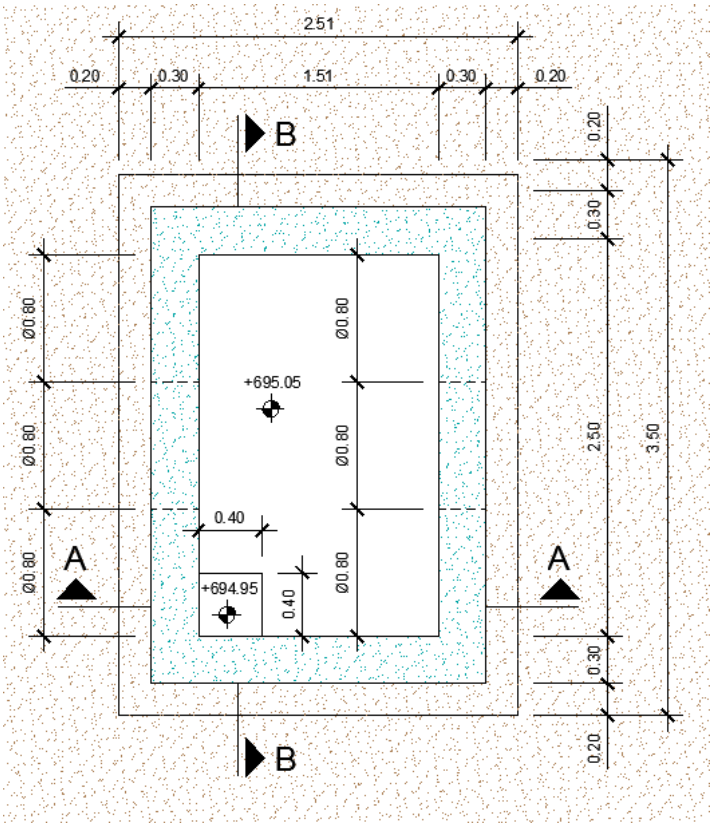
Para la medición de caudal se proyectan tres arquetas:

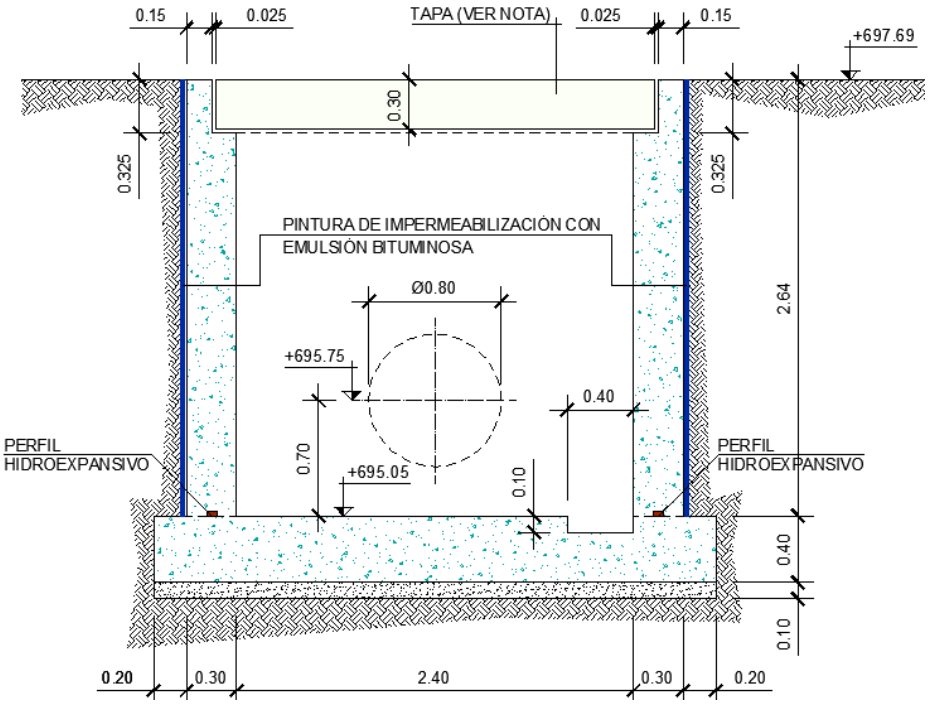
- Arqueta de **seccionamiento inicial**. Dimensiones en planta de 3,17x3,90 m y una altura máxima de 3,01 m.



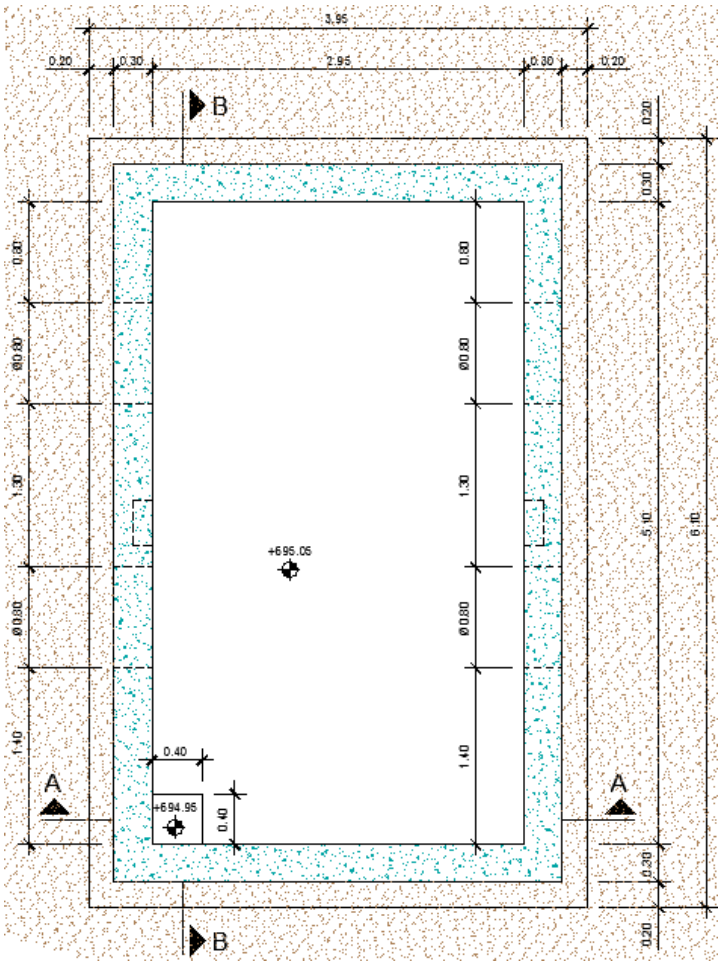


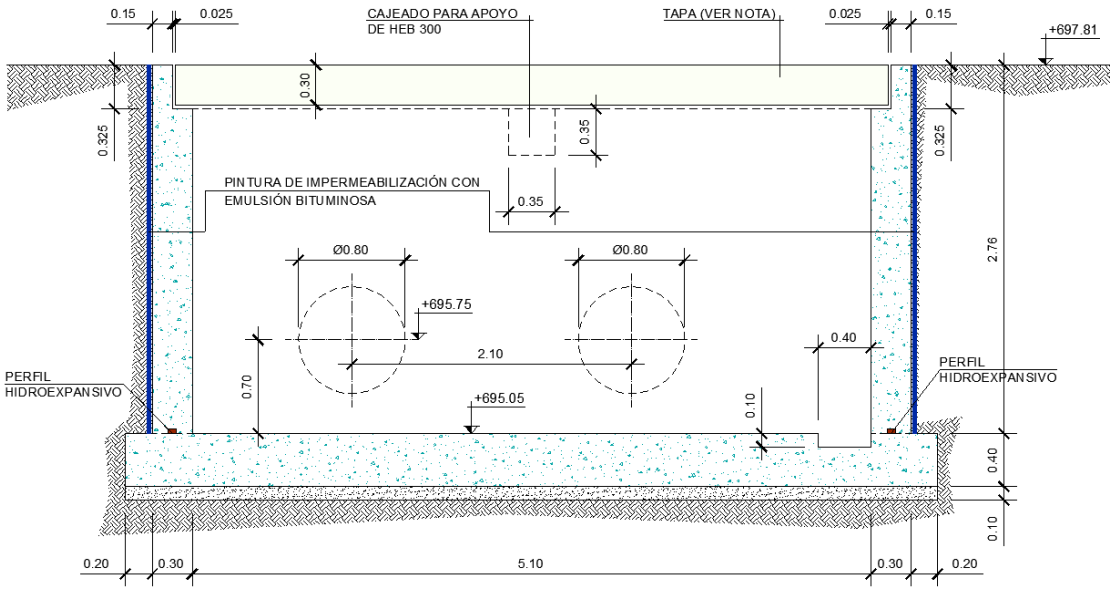
- **Caudalímetro**. Dimensiones en planta de 2,51x3,50 m y una altura máxima de 3,14 m.





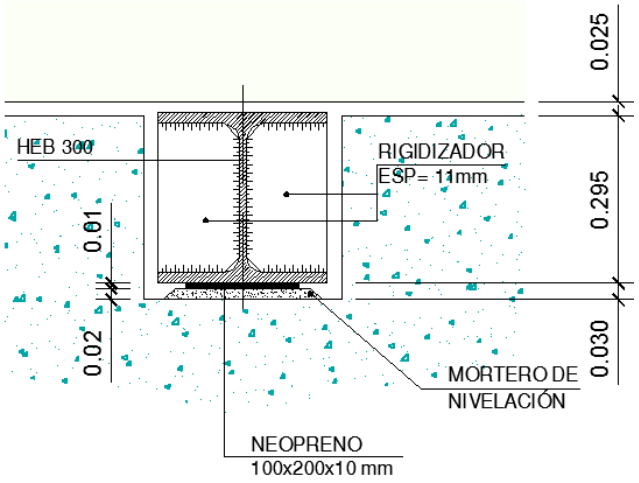
- Arqueta de **seccionamiento final**. Dimensiones en planta de 3,95x6,10 m y una altura máxima de 3,26 m.





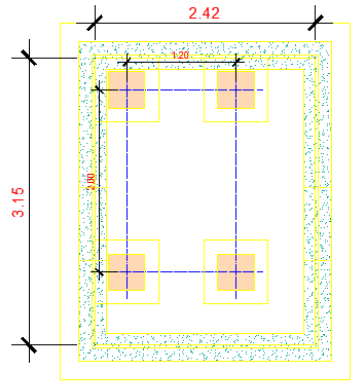
Los tres casos se resuelven con la misma tipología estructural:

- Losa de cimentación apoyada en el relleno.
- Muros de contención perimetrales atravesados por tuberías. Los mismos se han calculado teniendo en cuenta los correspondientes empujes de las tuberías, tanto en régimen estacionario (488 kN) como el golpe de ariete (614 kN).
- Tapa superior según formato estándar de Canal de Isabel II. En el caso de la arqueta de seccionamiento final, y dado que la dimensión excede del tamaño de las tapas, se ha dispuesto un perfil HEB 300 intermedio, sobre el que se van a apoyar dichas tapas.

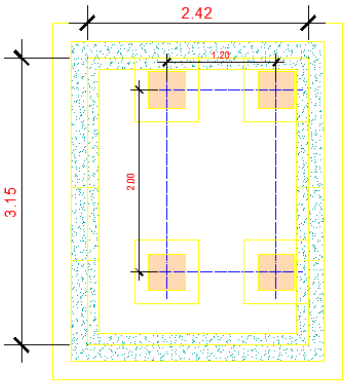


Los tres casos se han calculado con las cargas habituales, incluyendo el carro de la instrucción IAP de 600 kN.

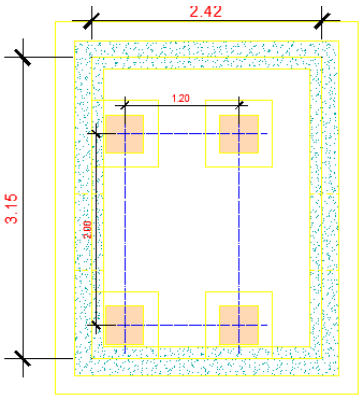
- En la arqueta de **seccionamiento inicial**, por sus dimensiones, el carro se puede situar en 4 posiciones, siendo todas ellas simétricas unas de otras.



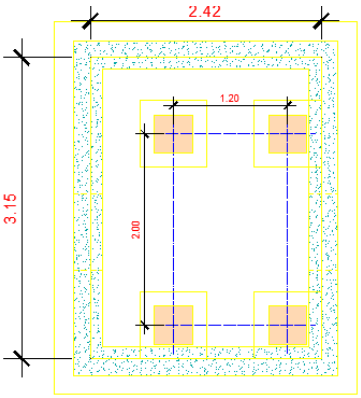
SEC. INI. POSICIÓN 1



SEC. INI. POSICIÓN 2

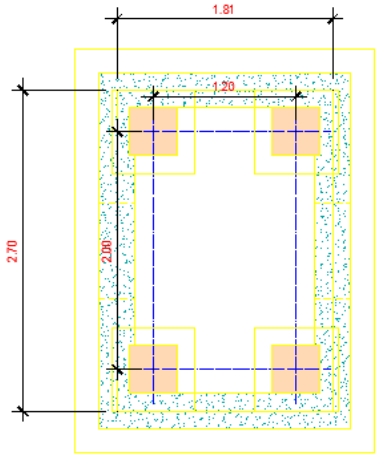


SEC. INI. POSICIÓN 3



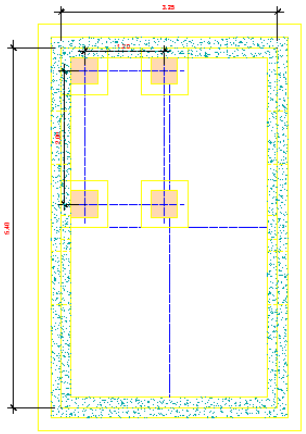
SEC. INI. POSICIÓN 4

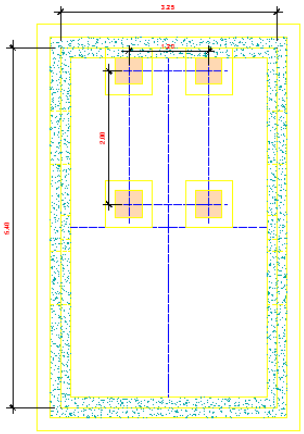
- En el **caudalímetro** sólo se puede situar en una:

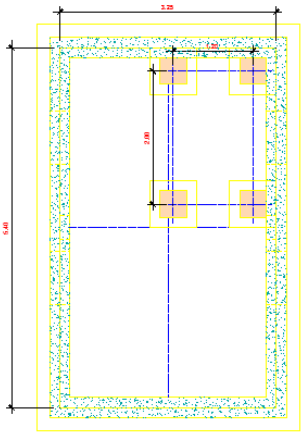


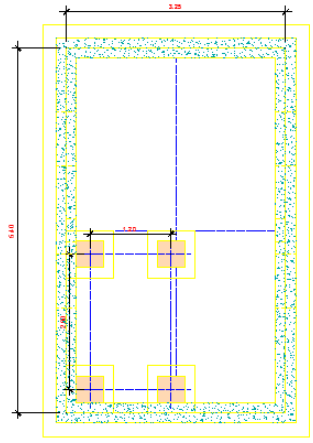
CAUDALÍMETRO

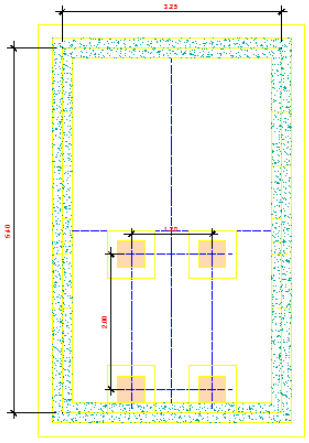
- En la arqueta de **seccionamiento final** se puede situar en 8 posiciones, pero por las simetrías, sólo se han tenido en cuenta en el cálculo la 1, 2 7 y 8:

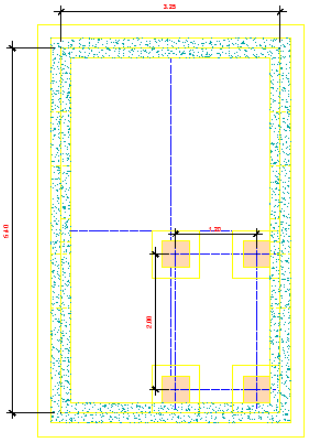

SEC. FIN. POSICIÓN 1

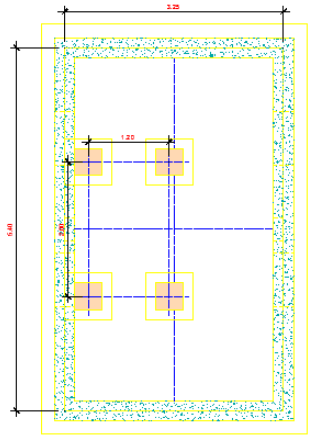

SEC. FIN. POSICIÓN 2

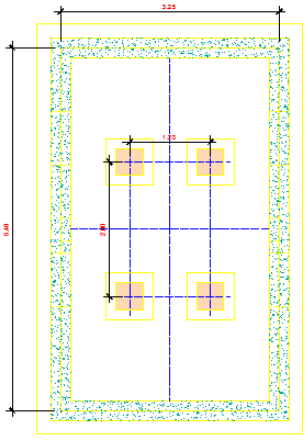

SEC. FIN. POSICIÓN 3

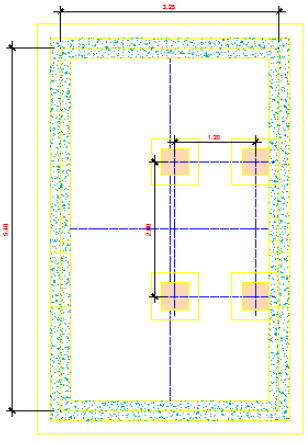

SEC. FIN. POSICIÓN 4


SEC. FIN. POSICIÓN 5


SEC. FIN. POSICIÓN 6


SEC. FIN. POSICIÓN 7


SEC. FIN. POSICIÓN 8


SEC. FIN. POSICIÓN 9

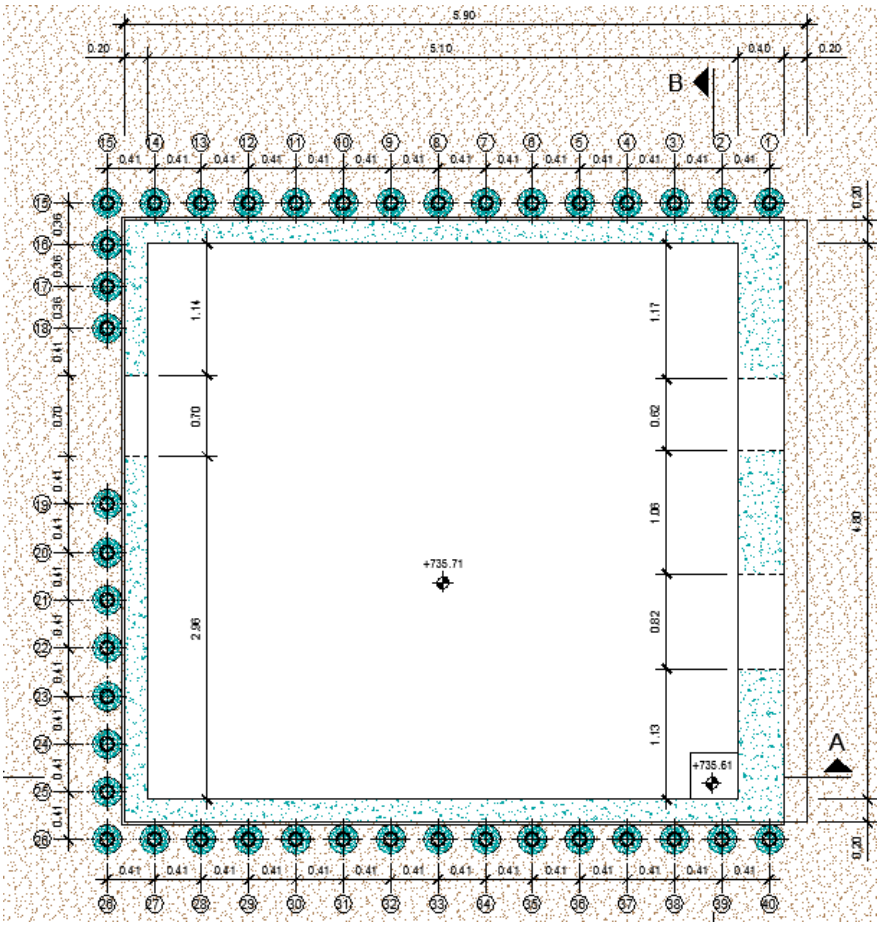
3.3.3. ARQUETA DE CONEXIÓN CON LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Se proyecta para su construcción en dos fases:

1. Cortina de micropilotes, a tres caras para evitar el empuje debido a la

chimenea de equilibrio, en los que se apoya la losa superior, ejecutada a la cota +739,00. Los micropilotes se empotran en el estrato de arena de miga hasta la cota +729,60.

2. Excavación al abrigo de la cortina y posterior ejecución de muros interiores.



Los muros perimetrales son de hormigón armado de 20 cm y 40 cm de espesor y la losa de cimentación es de 40 cm. La profundidad máxima de excavación es de 3,80 m, con lo que la losa de cimentación se apoya en arena de miga. La tensión admisible considerada es de:

σ_{adm}=150 kPa

No se encuentra nivel freático.

3.5. PERFORACIONES EN MUROS EXISTENTES

Los nuevos trazados de tuberías a ejecutar en el depósito, junto con los pasos necesarios para la inspección y vigilancia de los nuevos tramos y de los elementos necesarios a disponer en ellos, hace necesario la creación de diferentes huecos en los muros existentes a realizar con broca diamantada o cuchillo de diamante.

Estas perforaciones se deberán realizar siempre con las menores cargas posibles que afecten al muro, es decir, las sobrecargas mínimas indispensables, en cada uno de los cuatro muros a los que afectan estas perforaciones.

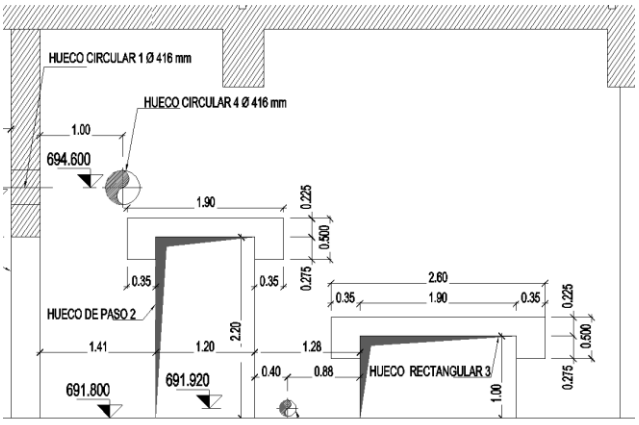
Después del estudio de la situación, geometría y cargas posibles que afectan a cada uno de los muros, se establece el criterio de que se plantearán refuerzos en forma de dintel en los huecos de mayores entidades

Por ello se establecen, en función de las y de los espesores de los muros dos tipos de estructuras aporticadas de refuerzo a disponer, que irán ancladas a los muros existentes.

Para el muro de 35 cm de espesor, se establece una estructura de soporte de 2 perfiles HEB-160, de manera que con el ancho de 32 cm casi sujeten por completo el canto del muro.

Para el muro de 42 cm de espesor, igualmente se establece una estructura de soporte formada por dos perfiles HEB-200, de manera que con el ancho de 40 cm sujeten casi por completo el canto del muro.

En las perforaciones de los muros para pasos de tubería en las que haya una parte inundable y otra no, se deberá garantizar la estanqueidad y asegurarse que no se produce el paso del agua. Para ello se deberá colocar un sellador de juntas de poliuretano según se indica en planos. Debido a que las perforaciones de los muros son de gran espesor se dispondrá de una junta en cada cara del muro.



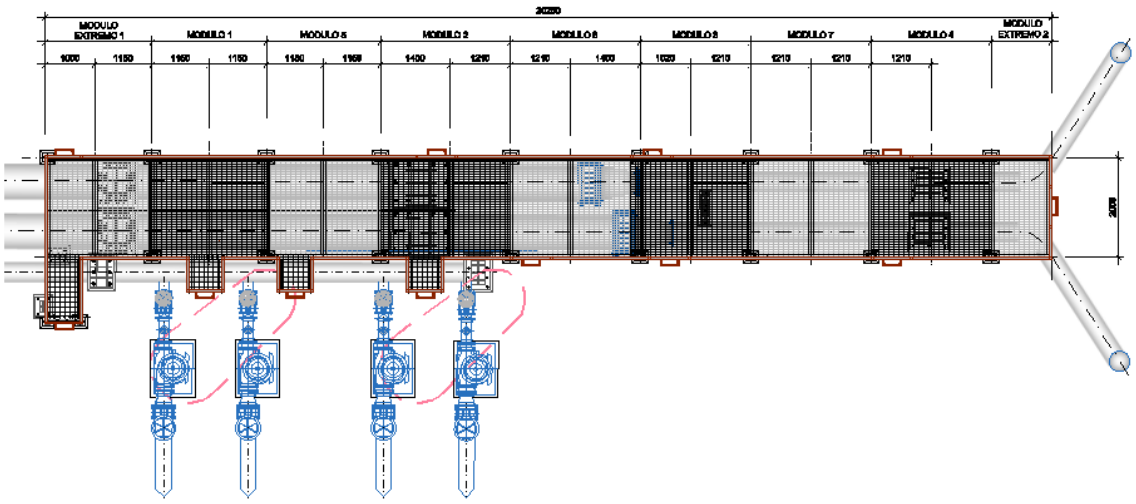
Diferentes tipos de huecos a realizar en los muros tanto para el paso de tuberías, cómo pasos de hombre

3.6. PLATAFORMAS METÁLICAS AUXILIARES

Para el acceso y control de las válvulas, bridas, bombas, etc… se proyectan dos plataformas auxiliares de tramex antideslizante. Este tramex será soportado por una estructura metálica formada para todos los casos por un perfil metálico tubular, de sección cuadrada de 100 mm de lado y 6 mm de espesor.

Se distinguen dos plataformas diferentes:

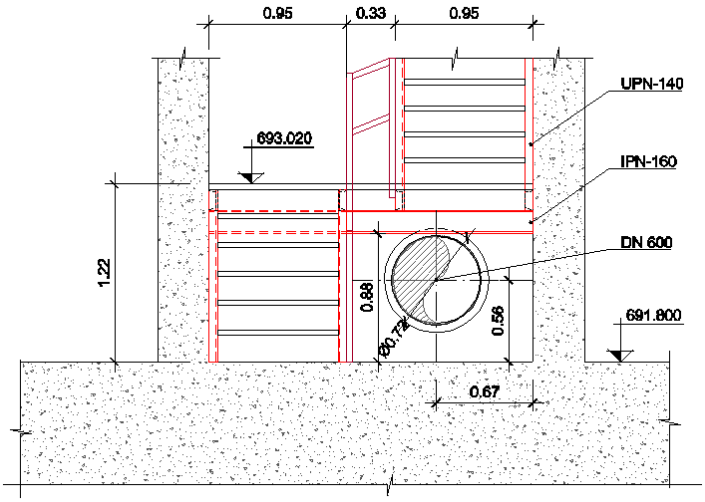
1. Plataforma en la arqueta de conexión con la Red, basada en una estructura unida al muro mediante placas y anclajes, y soportada por perfiles de las mismas características hasta la losa de cimentación de dicha arqueta.
2. Plataforma sobre las tuberías centrales del pozo de bombeo, esta plataforma consta de diferentes accesos por la existencia de diferentes elementos hidráulicos que inspeccionar y mantener. Realizada con el perfil tubular cuadrado anterior, con pilares que llegan hasta el suelo. Esta plataforma deberá salvar todos los apoyos necesarios para las tuberías centrales, de manera que no interfieran entre ellos.



Vista en planta de la plataforma del pozo de bombeo

3.8. MODIFICACIONES EN LA ESCALERA EXISTENTE

El trazado de una nueva tubería interfiere con el perfil metálico existente que sujeta la escalera en sus tramos 1 y 2, contando desde la cota más baja. Para resolver esta interferencia, se proyecta el apoyo del tramo 1 sobre un pilar, y el tramo 2 la creación de un nuevo perfil de apoyo con un pilar a una cota superior, de manera que se pueda eliminar el perfil que interfería y deje suficiente paso a la tubería.



Alzado de la interferencia del perfil existente que sustenta la escalera con el nuevo trazado de la tubería

3.9. REHABILITACIONES DEL EDIFICIO DE BOMBEO

3.9.1. ACTUACIÓN EN LA VIGA DEL PUENTE GRÚA DEL EDIFICIO DE BOMBEO

En vigas de los pórticos principales aparecen dos fisuras cómo las que se muestran a continuación

Fisura 1

Fisura 2

Estas fisuras tienen una inclinación al contrario que las de cortante, por lo que su origen no es esta causa. Es una fisura ocasional que presumiblemente no se producirá de nuevo.

Se propone el siguiente tratamiento de la fisura:

1. Saneamiento de los recubrimientos mediante repicado por medios mecánicos y chorreado con árido seleccionado
2. Desoxidación de las armaduras mediante chorreado hasta alcanzar un grado de preparación SA-2.5. Con este chorreado, la posible cascarilla que tenga, las materias extrañas… se eliminan dejando la superficie sólo con algunas trazas. Esta superficie deberá limpiarse a continuación con una aspiradora, con aire comprimido limpio y seco o con un cepillo limpio.
3. Pasivado de las armaduras mediante galvanizado “In situ” a base de recubrimiento epoxi con un contenido de cinc del 85%.
4. Regeneración del recubrimiento a base d emortero epoxi-cemento proyectado y fratasado con una dotación de 30 kg/m², equivalente a un espesor de 12-15 mm

Con este tratamiento se solventa el problema, que es puramente estéticos.

3.9.2. ACTUACIÓN EN EL REVESTIMIENTO EN TECHOS

En los techos, concretamente en el forjado de bovedilla se realizará un revestimiento a base de un adhesivo epoxi sin disolvente sobre el que se realizará una proyección de mortero en continuo de 1 cm de espesor

4. CÁLCULO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

4.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

La normativa utilizada en el desarrollo de los siguientes cálculos ha sido la siguiente:

- ✓ *"EHE08. Instrucción de Hormigón Estructural"*. Ministerio de Fomento. 2008.
- ✓ *"Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. IAP 2011"*. Ministerio de Fomento.
- ✓ CTE. DB-SE-AE. *"Acciones en la edificación"*. Ministerio de la vivienda. 2006.
- ✓ CTE. DB-SE. *"Seguridad estructural "*. Ministerio de la vivienda. 2006.
- ✓ CTE. DB-SE-A "Seguridad estructural. Acero ". Ministerio de la Vivienda. 2006.
- ✓ *"Norma de construcción sismorresistente NCSE-02. Edificación"*. 2002.
- ✓ *"EAE. Instrucción de Acero Estructural". Ministerio de Fomento. Junio 2011.*
- ✓ *UNE-ENV 1993-1-1: 1992. "Eurocódigo EC-3. Proyecto de estructuras de acero".*

4.2. MATERIALES

Hormigones y acero para armaduras.

Se consideran los siguientes materiales, donde la resistencia a compresión simple se mide en N/mm^2:

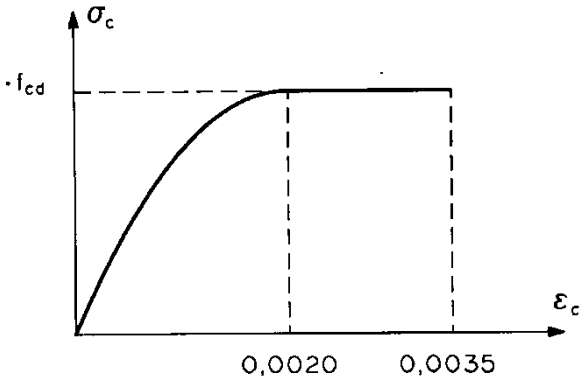
- Hormigón en losa de cimentación: HA-30 / B / 20 / IIb+Qa
- Hormigón en recrecidos: HM-20 / B / 20 / IIb
- Acero pasivo B 500 S

Para los hormigones se adopta un módulo de elasticidad $E_{c,28}$ el valor:

$$E_{c,28} = 10000\sqrt[3]{f_{ck} + 8}$$

con f_{ck} y $E_{c,28}$ en N/mm^2, resultando en este caso un valor de:

$$E = 32.100 \text{ N/mm}^2$$



Como diagrama tensión-deformación de cálculo para el hormigón se adopta el diagrama parábola-rectángulo en el que el vértice de la parábola se encuentra en la abscisa 2 ‰ y el vértice extremo del rectángulo se encuentra en la abscisa 3'5 ‰. La ordenada máxima de este diagrama se corresponde a una compresión igual a f_{cd}.

La clase de exposición elegida corresponde, según el artº 8.2 de la EHE08, a la IIb+Qa debido al ataque débil por contenido en sulfatos en el primer sustrato de rellenos UG-R del terreno existente, facilitado por el informe geotécnico.

El acero pasivo empleado en los cálculos de acero B500S para la totalidad de los elementos estructurales contemplados en este documento presentará las siguientes características:

- Módulo de elasticidad: $E_s = 2 \times 10^5$ N/mm²
- Alargamiento de rotura: $\varepsilon > 12$ ‰

Acero laminado.

Para los elementos de acero estructural definidos en el proyecto constituido por perfiles o chapas se ha adoptado el tipo S 275 JR.

Según el capítulo VI de EAE, para elementos con espesores menores o iguales de 40 mm, el límite elástico y la tensión de rotura considerada para el acero anterior es:

- Acero S 275: 275 N/mm^2 / 430 N/mm^2

Los aceros laminados indicados anteriormente deberán cumplir las condiciones de ductilidad siguientes:

- La relación entre la tensión de rotura y el límite elástico, en valores de ensayo, no debe ser inferior que 1'20.
- El alargamiento en rotura en una probeta de sección original A_o, medida sobre una longitud de 5'65 $A_o^{1/2}$, debe ser superior al 15%.
- La relación entre las deformaciones correspondientes a la tensión de rotura y al límite elástico debe ser superior a 20.

Las demás características del acero estructural serán las siguientes:

- Módulo de elasticidad: E_s = 210000 N/mm^2
- Módulo de elasticidad transversal: G = 80770 N/mm^2
- Coeficiente de Poisson: v = 0'30
- Coeficiente de dilatación lineal: α = 12 x 10-6 (ºC^{-1})
- Densidad: γ = 78,5 KN / m³

Como diagrama tensión-deformación de cálculo se ha adoptado el diagrama bilineal con rama horizontal a partir del límite elástico.

Como condiciones de durabilidad del acero estructural se establecen las siguientes:

- Estructura en clase de exposición C2, vida útil 50 años y durabilidad media del sistema de pintura (5-15 años) según EAE.
- Se limpiará la superficie de la perfilería y chapas con chorro de arena de grado SA 2 ½ según Norma UNE-EN ISO 8504.
- El sistema de pintura según UNE-EN ISO 12944-5 Anexo A Tipo 5.2.10 o similar.

4.3. NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES

El control de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes, así como el control del acero de armar, se efectuará según lo establecido en la *"Instrucción de*

Hormigón Estructural EHE08". El control de la calidad del acero estructural se efectuará según lo establecido en la *"Instrucción de Acero Estructural EAE"*. El fin de estos controles es verificar que la obra terminada tiene las características de calidad especificadas en el proyecto, que son las generales de las Instrucciones EHE08 y EAE.

El control de la calidad de la ejecución de los elementos de hormigón se efectuará según lo establecido en la Instrucción EHE08. Existen diferentes niveles de control. La realización del control se adecuará al nivel adoptado para la elaboración del proyecto.

En el proyecto se han adoptado los siguientes niveles de control de materiales y ejecución:

- Hormigón: Estadístico
- Acero pasivo: Normal
- Acero estructural: Normal
- Ejecución: Intenso

Corresponde a la Dirección de Obra la responsabilidad de la realización de los controles anteriormente definidos. Estos controles están en acuerdo recíproco con los coeficientes parciales de seguridad adoptados para los cálculos justificativos de la seguridad estructural.

Los coeficientes parciales de seguridad adoptados para la resistencia de materiales han sido:

- Hormigón: $\gamma_c = 1{,}50$ ($\gamma_c = 1{,}30$ situaciones accidentales)
- Acero pasivo: $\gamma_s = 1{,}15$ ($\gamma_S = 1{,}00$ situaciones accidentales)
- Acero estructural (secciones): $\gamma_{M0} = 1{,}05$
- Acero estructural (inestabilidad): $\gamma_{M1} = 1{,}05$ (edificación)

4.4. ACCIONES CONSIDERADAS

4.4.1. PESO PROPIO

Para todos los elementos estructurales existentes, se ha considerado la acción del peso propio, tomando unas densidades de los materiales de valor:

- Hormigón: γ_c = 25,0 KN/m^3
- Acero: γ_s = 78,5 KN/m^3

4.4.2. CARGAS MUERTAS

Se han tomado unos valores para las cargas muertas de valor:

- Relleno Hormigón en masa γ_c = 24’0 KN/m^3
- Muros de bloque de hormigón γ_s = 12’5 KN/m^3
- Cubierta cm = 1’0 KN/m^2 (Peso acabado cubierta ligera)

4.4.3. SOBRECARGAS DE USO

Sobre los diferentes elementos calculados se han considerado la actuación de las sobrecargas de uso que se detallan a continuación:

- ✓ Planta cubierta: 1,0 KN/m^2 (Mantenimiento cubierta)
- ✓ Transformadores: 3 equipos de 48,5 KN
  2 equipos de 16 KN
- ✓ Zona Armarios: 15 KN/m^2

4.4.4. ACCIÓN DEL VIENTO

En el caso del edificio eléctrico de la estación elevadora se adoptarán unas cargas debidas a la acción del viento de acuerdo a lo indicado en el CTE DB-SE-AE, considerando los siguientes parámetros:

- ✓ Zona eólica: A
- ✓ Grado de aspereza: II. Terreno rural llano sin obstáculos
- ✓ Altura del punto considerado: H = 3,4 m

Según el DB, la acción del viento se calcula a partir de la presión estática q_e que actúa en la dirección perpendicular a la superficie expuesta, en función de la geometría del edificio, la zona eólica, el grado de aspereza seleccionado, y la altura sobre el terreno del punto considerado:

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

Donde:

q_b Es la presión dinámica del viento conforme al mapa eólico del Anejo D.
En concreto para la zona A: $q_b = 0,42$ KN/m^2

c_e Es el coeficiente de exposición, determinado conforme a las especificaciones del Anejo D.2 del DB, en función del grado de aspereza del entorno y la altura sobre el terreno del punto considerado.

con $c_e = F \cdot (F + 7 \cdot K)$ siendo: $F = k \cdot \ln (\max(z,Z)/L)$

y siendo para grado de aspereza II: k = 0,17; L = 0’01; Z = 1,’0

resulta: F = 1,09

y por lo tanto: $c_e = 2,50$

c_p Es el coeficiente eólico o de presión, calculado según la tablas del DB-SE-AE, en función de la pendiente de la cubierta del edificio y el área de influencia.

Presión c_p = 0,8; Succión c_p = -0,8;

Resultan así unos valores:

Viento	q_b (kN/m²)	c_p	C_e	q_e (kN/m²)
Presión	0,42	0,80	2,50	0,84
Succión	0,42	-0,80	2,50	-0,84

4.4.5. SOBRECARGAS DE NIEVE

Tal y como se indica en el DB-SE-AE, se dispone la actuación de una sobrecarga de nieve de valor:

Para la zona climática 4 y altitud de la edificación de 710,0 m

sc_{nieve} = 0,6 KN/m^2

4.4.6. ACCIÓN SÍSMICA

Dada la ubicación de la edificación proyectada según la Norma NCSE-02, en zona con aceleración básica de valor menor de 0,04·g, no es necesario considerar la actuación de las acciones debidas al sismo.

4.5. COEFICIENTES DE MAYORACIÓN Y COMBINACIÓN

En todos los casos se ha adoptado un nivel de control intenso, por lo que según se indica en el artículo 12º de la Norma EHE08, para los estados Límites Últimos (E.L.U.) resultan los coeficientes de mayoración de acciones indicados en la tabla siguiente:

TIPO DE ACCIÓN	SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA		SITUACIÓN ACCIDENTAL	
	EFECTO FAVORABLE	EFECTO DESFAVORABLE	EFECTO FAVORABLE	EFECTO DESFAVORABLE
PERMANENTE	$\gamma_G = 1'00$	$\gamma_G = 1'35$	$\gamma_G = 1'00$	$\gamma_G = 1'00$
PRETENSADO	$\gamma_P = 1'00$	$\gamma_P = 1'00$	$\gamma_P = 1'00$	$\gamma_P = 1'00$
PERMANENTE DE VALOR NO CTE (REOLÓGICAS)	$\gamma_{G^*} = 1'00$	$\gamma_{G^*} = 1'35$	$\gamma_{G^*} = 1'00$	$\gamma_{G^*} = 1'00$
PERMANENTE DE VALOR NO CTE (ACC. TERRENO)	$\gamma_{G^*} = 1'00$	$\gamma_{G^*} = 1'50$	$\gamma_{G^*} = 1'00$	$\gamma_{G^*} = 1'00$
VARIABLE	$\gamma_Q = 0'00$	$\gamma_Q = 1'50$	$\gamma_Q = 0'00$	$\gamma_Q = 1'00$
ACCIDENTAL	---	---	$\gamma_A = 1'00$	$\gamma_A = 1'00$

siendo para el caso de los Estados Límite de Servicio (E.L.S.) los coeficientes empleados los siguientes:

TIPO DE ACCIÓN	SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA	
	EFECTO FAVORABLE	EFECTO DESFAVORABLE
PERMANENTE	$\gamma_G = 1'00$	$\gamma_G = 1'00$
PRETENSADO (ARM. POSTESA)	$\gamma_P = 0'90$	$\gamma_P = 1'10$
PRETENSADO (ARM. PRETESA)	$\gamma_P = 0'95$	$\gamma_P = 1'05$
PERMANENTE DE VALOR NO CTE (REOLÓGICAS)	$\gamma_{G^*} = 1'00$	$\gamma_{G^*} = 1'00$
PERMANENTE DE VALOR NO CTE (ACC. TERRENO)	$\gamma_{G^*} = 1'00$	$\gamma_{G^*} = 1'00$
VARIABLE	$\gamma_Q = 0'00$	$\gamma_Q = 1'00$

Por otro lado los coeficientes de combinación se han obtenido del epígrafe 4 del DB-SE, en concreto de la tabla 4.2 que se adjunta.

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	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 F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	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

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Para la comprobación de la estabilidad frente a la subpresión se han utilizado los coeficientes de seguridad establecidos en el DB-SE-C, que resultan:

- Acciones estabilizadoras: $\gamma_E = 1{,}10$
- Acciones desestabilizadoras: $\gamma_F = 1{,}00$

4.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para el caso de las estructuras de hormigón, y tal como se indica en el Art 13º de la EHE08 se define combinación de acciones como el conjunto acciones que actúan simultáneamente, para una comprobación determinada.

En concreto para los Estados Límite últimos **(ELU)**:

a) Situación persistente o transitoria.

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot G_{k,j} + \sum_{j\geq 1}\gamma_{G^*,j}\cdot G^*_{k,j} + \gamma_P\cdot P_k + \gamma_{Q,1}\cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{0,i}\cdot Q_{K,i}$$

b) Situaciones accidentales.

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot G_{K,j}+\sum_{j\geq 1}\gamma_{G^*,j}\cdot G^*_{k,j}+\gamma_P\cdot P_k+\gamma_A\cdot A_k+\gamma_{Q,1}\cdot\psi_{1,1}\cdot Q_{k,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{2,i}\cdot Q_{k,i}$$

y para los estados límites de servicio **(ELS)**:

a) Combinación poco probable.

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

b) Combinación frecuente.

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot G_{k,j}+\sum_{j\geq 1}\gamma_{G^*,j}\cdot G^*_{k,j}+\gamma_P\cdot P_k+\gamma_{Q,1}\cdot\psi_{1,1}\cdot Q_{k,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{2,i}\cdot Q_{k,i}$$

c) Combinación cuasipermanente.

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\cdot G_{k,j}+\sum_{j\geq 1}\gamma_{G^*,j}\cdot G^*_{k,j}+\gamma_P\cdot P_k+\sum_{i\geq 1}\gamma_{Q,i}\cdot\psi_{2,i}\cdot Q_{k,i}$$

En los modelos de cálculo se han utilizado las siguientes combinaciones:

- **ELS CUASI**: Estado Límite de Servicio; combinación cuasi-permanente.
- **ELS**: Estado Límite de Servicio, combinación frecuente.
- **ELU**: Estado Límite Último, situación persistente o transitoria.

Para el caso de las estructuras de acero se han utilizado las combinaciones indicadas en el DB-SE-A, que son similares a las planteadas para la estructura de hormigón por la EHE08.

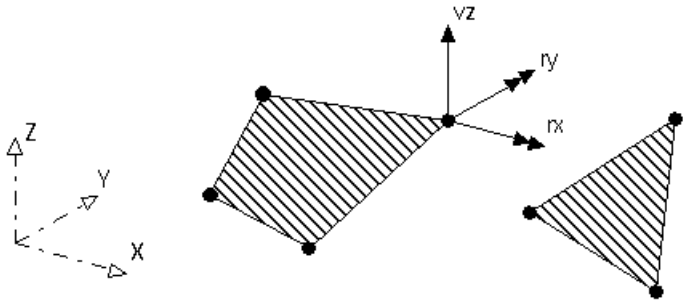
4.7. PROGRAMAS UTILIZADOS

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo losa se ha utilizado el programa de cálculo *CEDRUS-5 de CUBUS AG*.

Éste es un programa de elementos finitos que permite el análisis elástico lineal,

estático y dinámico, de placas (tanto en flexión como con acciones contenidas en el plano de la misma), estando concebido especialmente para losas de hormigón, ya sea armado o pretensado, pero pudiendo utilizarse también en placas metálicas.

El programa utiliza para la modelización de la estructura elementos híbridos triangulares y cuadriláteros de forma arbitraria, con tres grados de libertad de movimiento en los nodos de esquina de los mismos para el caso de placa sometida a flexión: v_z (desplazamiento perpendicular al plano del elemento), r_x y r_y (rotaciones sobre los ejes “x” e “y” contenidos en el plano del elemento).



Tipos de elementos finitos empleados y grados de libertad permitidos por CEDRUS-5

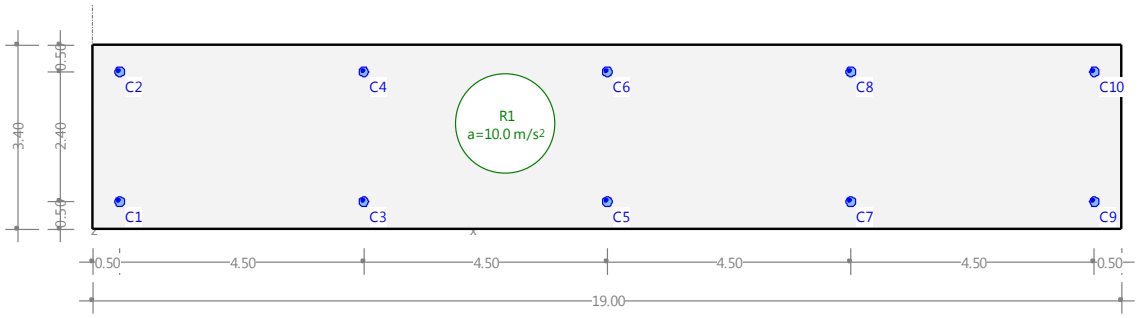
Adicionalmente, el programa permite el dimensionamiento directo de las armaduras de flexión en losas de hormigón armado, a partir de los esfuerzos calculados en E.L.U., mediante la ayuda del postprocesador de secciones FAGUS-5, también de CUBUS-AG.

El programa CEDRUS-5 se ha utilizado para el dimensionado de la losa de cimentación.

4.8. CÁLCULO LOSA DE CIMENTACIÓN

4.8.1. MODELO DE ENTRADA

Para el cálculo de la losa de cimentación se ha generado un modelo mediante el programa CEDRUS 5 tipo losa, apoyada sobre dos líneas de micropilotes.



Planta de losa

1) Geometría

Se introduce una losa de hormigón armado de canto 0,70 m. A continuación se presenta de forma gráfica la geometría considerada para el cálculo:

Los listados de entrada del programa son los siguientes:

DATOS de la ESTRUCTURA

MATERIALES

Id	Material	E [kN/mm²]	ρ [t/m³]	Clase de material	α [‰]	ν
1	Hormigón	33.00	2.50	H300	0.010	0.17
2	Acero para armaduras	210.00	8.00	AEH500	0.012	0.30

ETIQUETAS DE ATRIBUTOS DE MATERIALES: Isótropo

Id	Geometría			Materiales	
	Espesor de la losa [m]	Cota del canto sup. [m]	f_E	Sólido	Armaduras
I1	0.70	0	1.000	Hormigón	Acero para

STRUCTURE DATA

COLUMNS - Structure

Id	Type	Cross section	Geometry dx [m]	dy [m]	Position X [m]	Y [m]	wx [°]
C1	Column	C	0.18	0.18	0.50	0.50	0
C2	Column	C	0.18	0.18	0.50	2.90	0
C3	Column	C	0.18	0.18	5.00	0.50	0
C4	Column	C	0.18	0.18	5.00	2.90	0
C5	Column	C	0.18	0.18	9.50	0.50	0
C6	Column	C	0.18	0.18	9.50	2.90	0
C7	Column	C	0.18	0.18	14.00	0.50	0
C8	Column	C	0.18	0.18	14.00	2.90	0
C9	Column	C	0.18	0.18	18.50	0.50	0
C10	Column	C	0.18	0.18	18.50	2.90	0

COLUMNS - Structure 3D

Id	Height [m]	Geometry Skew x [m]	Skew y [m]	Load transfer with DL	Additional mass [t/m]

C1	10.00	No	0
C2	10.00	No	0
C3	10.00	No	0
C4	10.00	No	0
C5	10.00	No	0
C6	10.00	No	0
C7	10.00	No	0
C8	10.00	No	0
C9	10.00	No	0
C10	10.00	No	0

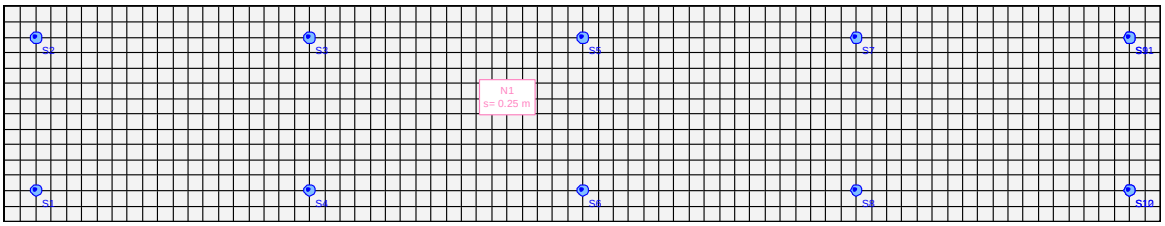
COLUMNS - FE-Model

Id	Type Description	Non lin.	Support Sdz [kN/m]	Srx [kNm]	Sry [kNm]	Support zone du [m]	dv [m]	wu [°]	wv [°]
C1	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C2	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C3	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C4	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C5	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C6	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C7	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C8	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C9	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-
C10	Point	No	blocked	free	free	-	-	-	-

COLUMNS - Cross sections

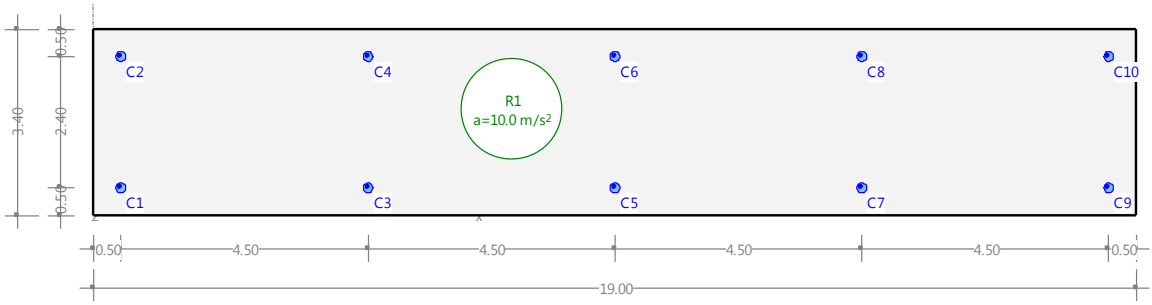
Id	Type	Materials	Parameter [m]	Rolled-steel section
C	Circle	C,R	D=0.18	

La malla de elementos finitos ha sido generada automáticamente por el programa de cálculo. La dimensión máxima fijada para el lado del elemento ha sido 0,25 m.



2) Cargas introducidas en el modelo

Peso propio:



Peso Propio

Dead load (whole structure)

ID	Volume [m³]	Geometry Thickenss [cm]	Area [m²]	Loads Mass [t]	Sub total Load Z [kN]
R1	45.22	70.0	64.60	113.050	-1130.500

Sum Z

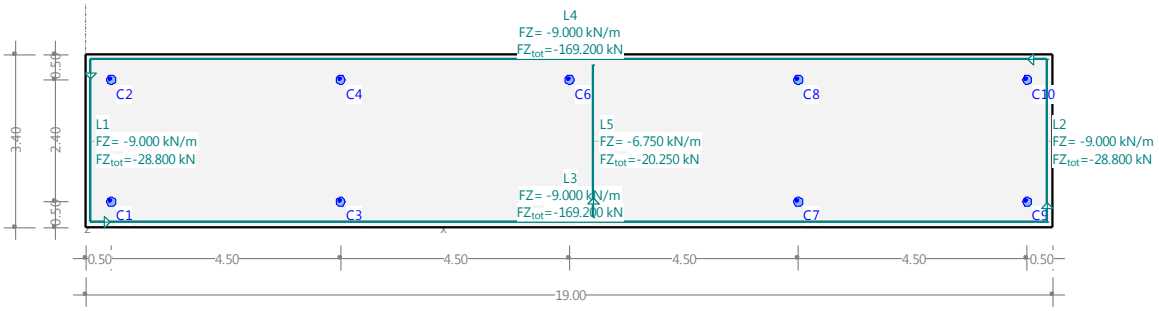
	Total Load [kN]
Total	**-1130.500**

Carga muerta:

Se introduce la carga lineal de los cerramientos de bloques de hormigón, siendo la carga lineal de:

Muros espesor 0,20 m: 12,5 x 0,20 x 3,6 = 9,0 KN/m

Muros espesor 0,15 m: 12,5 x 0,15 x 3,6 = 6,75 KN/m



LC1: Muros de bloque

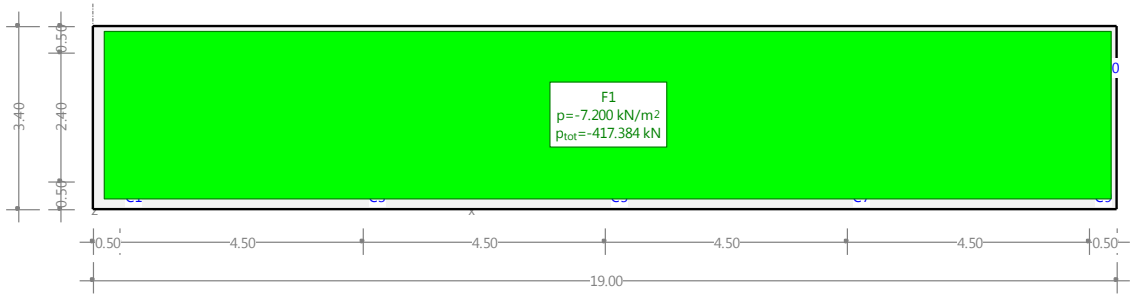
Line load

ID	Geometry X [m]	Y [m]	Length [m]	Loads Ml [kNm/m]	FZ [kN/m]	Sub total Load Z [kN]
L1	0.10	3.30		0	-9.000	
	0.10	0.10	3.20	0	-9.000	-28.800
L2	18.90	0.10		0	-9.000	
	18.90	3.30	3.20	0	-9.000	-28.800
L3	0.10	0.10		0	-9.000	
	18.90	0.10	18.80	0	-9.000	-169.200
L4	18.90	3.30		0	-9.000	
	0.10	3.30	18.80	0	-9.000	-169.200
L5	9.97	0.20		0	-6.750	
	9.97	3.20	3.00	0	-6.750	-20.250

Sum Z

	Total Load [kN]
Total	**-416.250**

Se considera un recrecido de hormigón en masa de 0,30 m de espesor. La carga superficial será de 0,30 x 24 = 7,2 kN/m².



LC2: Relleno hormigon masa

Distributed load (Rectangle)

ID	Geometry X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	Area [m²]	Loads Value [kN/m²]	Sub total Load Z [kN]
F1	0.20	0.20	18.90	3.30	57.97	-7.200	-417.384

Sum Z

	Total Load [kN]
Total	**-417.384**

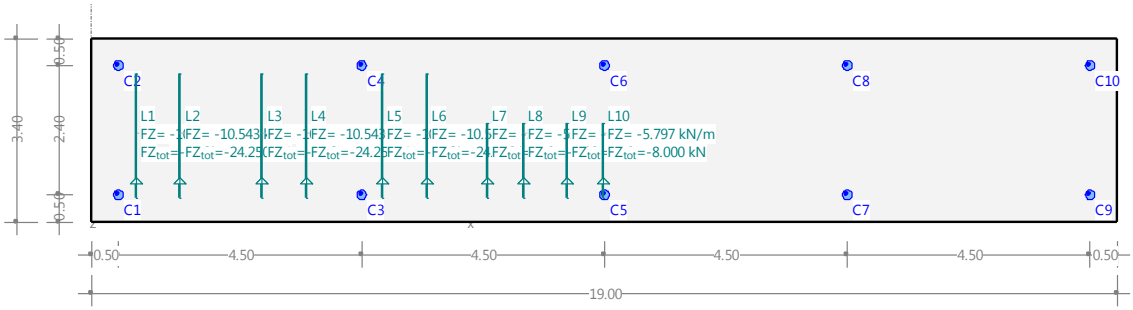
Sobrecargas de uso.

Las cargas de los transformadores que apoyan en la losa son las siguientes:

- ✓ Transformadores: 3 equipos de 48,5 KN
  2 equipos de 16 KN

Se considera que la carga de 50 kN se reparte en dos perfiles apoyados en la losa, contando con una longitud de apoyo de 2,30 m, resultando dos cargas lineales de 10,5 kN/m.

Se considera que la carga de 16 kN se reparte en dos perfiles apoyados en la losa, contando con una longitud de apoyo de 1,38 m, resultando dos cargas lineales de 5,8 kN/m.



LL101: Transformadores

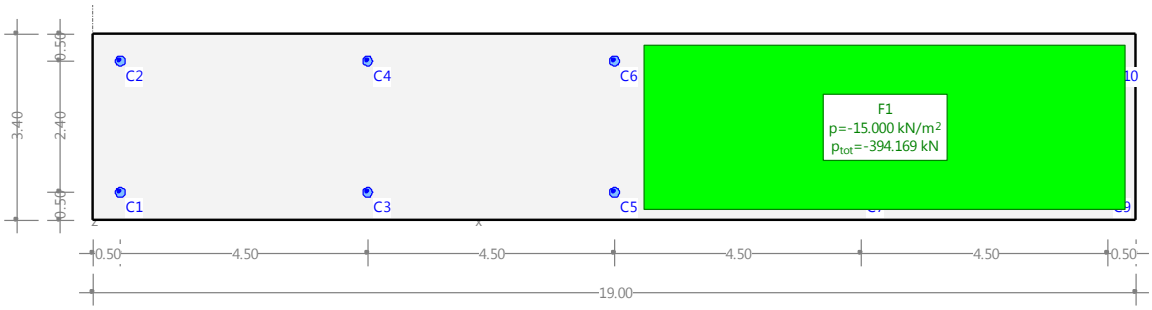
Line load

ID	X [m]	Y [m]	Geometry Length [m]	Loads Ml [kNm/m]	Loads FZ [kN/m]	Sub total Load Z [kN]
L1	0.82	0.45		0	-10.543	
	0.82	2.75	2.30	0	-10.543	-24.250
L2	1.64	0.45		0	-10.543	
	1.64	2.75	2.30	0	-10.543	-24.250
L3	3.16	0.45		0	-10.543	
	3.16	2.75	2.30	0	-10.543	-24.250
L4	3.98	0.45		0	-10.543	
	3.98	2.75	2.30	0	-10.543	-24.250
L5	5.39	0.45		0	-10.543	
	5.39	2.75	2.30	0	-10.543	-24.250
L6	6.21	0.45		0	-10.543	
	6.21	2.75	2.30	0	-10.543	-24.250
L7	7.33	0.45		0	-5.797	
	7.33	1.83	1.38	0	-5.797	-8.000
L8	8.00	0.45		0	-5.797	
	8.00	1.83	1.38	0	-5.797	-8.000
L9	8.80	0.45		0	-5.797	
	8.80	1.83	1.38	0	-5.797	-8.000
L10	9.47	0.45		0	-5.797	
	9.47	1.83	1.38	0	-5.797	-8.000

Sum Z

	Total Load [kN]
Total	**-177.499**

✓ Se considera una carga superficial de 15 KN/m2 en la zona de armarios.



- *LL102: Armarios*

Distributed load (Rectangle)

Geometry	Loads	Sub total

ID	X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	Area [m^2]	Value [kN/m^2]	Load Z [kN]
F1	10.04	0.20	18.80	3.20	26.28	-15.000	-394.169

Sum Z

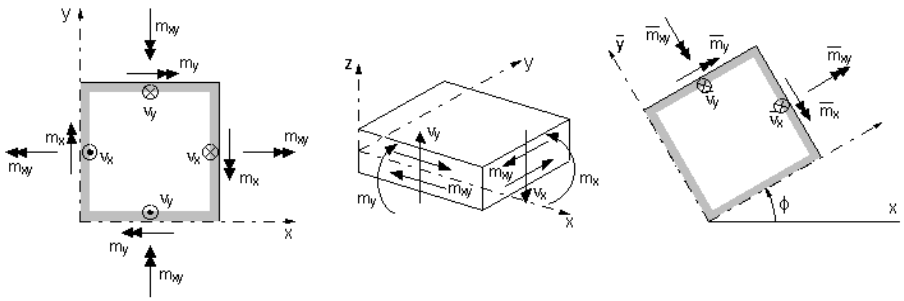
	Total Load [kN]
Total	**-394.169**

4.8.2. SALIDA DE RESULTADOS

1) Secciones de integración

Los datos de salida del cálculo realizado por el programa se han procesado, para la comprobación de los diferentes Estados Límite, mediante la integración de los esfuerzos unitarios de losa en una serie de secciones de cálculo con un ancho representativo, obteniéndose así leyes de esfuerzos análogas a las de una viga para cada una de dichas secciones.

En la figura siguiente se puede contemplar cómo el programa integra los esfuerzos internos al ancho de la sección:

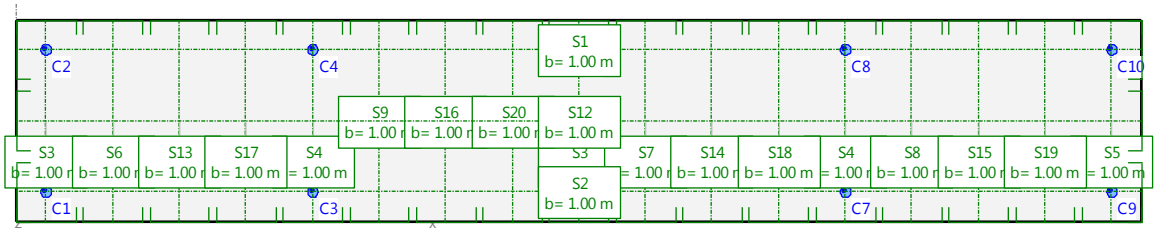


Esfuerzos y criterio de signos

Los momentos flectores obtenidos en cada sección de cálculo integran además los efectos de la torsión en la losa de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$mb_{x+} = Max\ (m_x + m_{xy}\ ,\ m_x - m_{xy})$$
$$mb_{x-} = Min\ (m_x + m_{xy}\ ,\ m_x - m_{xy})$$
$$mb_{y+} = Max\ (m_y + m_{xy}\ ,\ m_y - m_{xy})$$
$$mb_{y-} = Min\ (m_y + m_{xy}\ ,\ m_y - m_{xy})$$

En las figuras siguientes se indica la distribución en planta de estas secciones de cálculo:



Secciones generales

2) Estado límite último de solicitaciones normales

A continuación se incluye la envolvente definida para el dimensionamiento a flexión.

Limit state specification: !Ultimate limit state

Description
Standard design situation: Ultimate limit state type 2 (1B)
Analysis parameter: AP2

Action combinations

No	Action Name	Fac	Action combinations 1	2
1	Dead load	1	1.35	1
2	Superimposed dead loads	1	1.35	1
3	Live load general	1	1.5	1.5

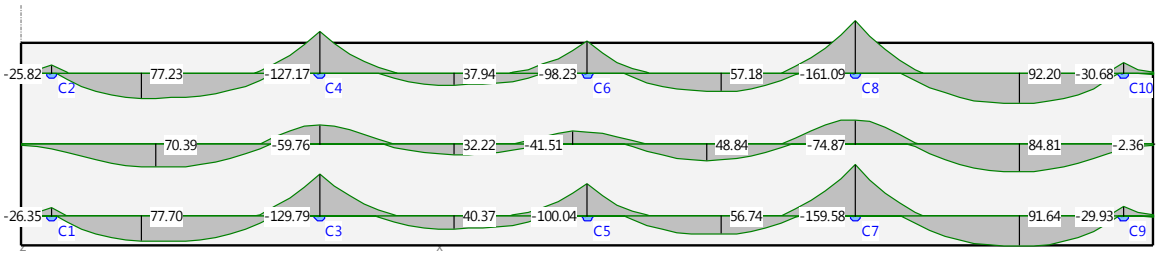
Fac : all combination factors are multiplied by this factor

Load case superpositions for the actions
for limit state specification !Ultimate limit state

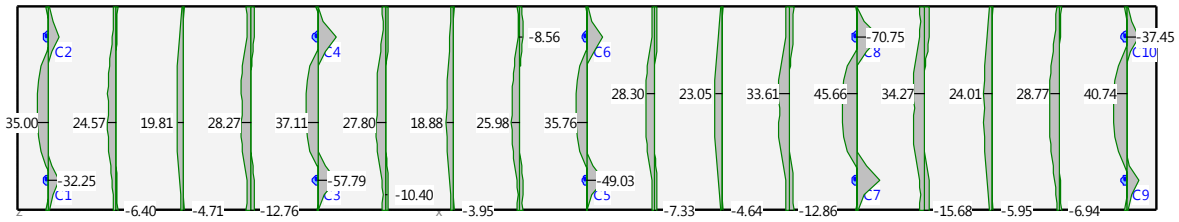
Action	Alt	additive	exclusive	Load case	Factor	Comb.
Dead load		permanent		SW Self weight	1.000	
Superimposed dead loa		permanent		LC1 Muros bloque	1.000	
		permanent		LC2 Relleno hormigon masa	1.000	
Live load general		if critical		LL101 Transformadores	1.000	
		plus where crit		LL102 Armarios	1.000	

Alt : Alternative superposition

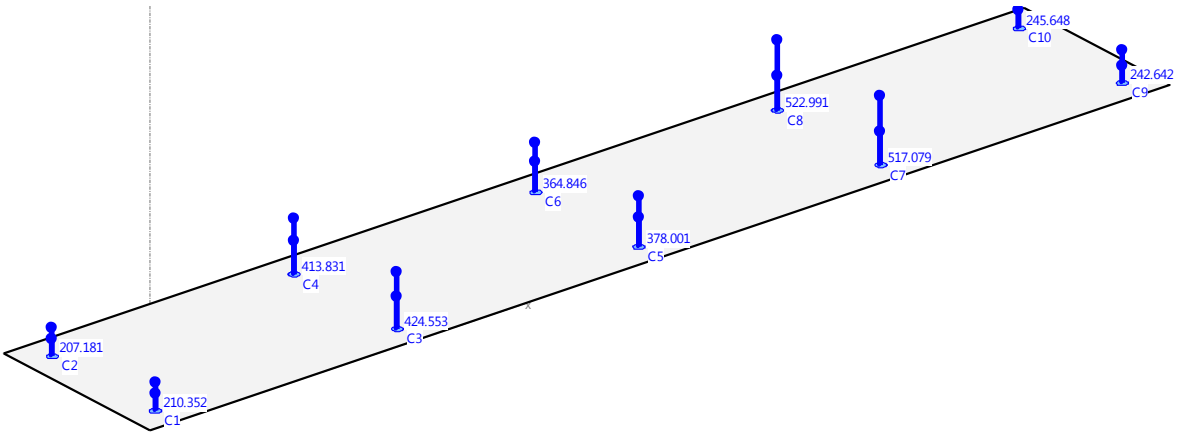
Bajo estas líneas se adjuntan las leyes de momentos flectores obtenidas por el programa con la envolvente anterior:



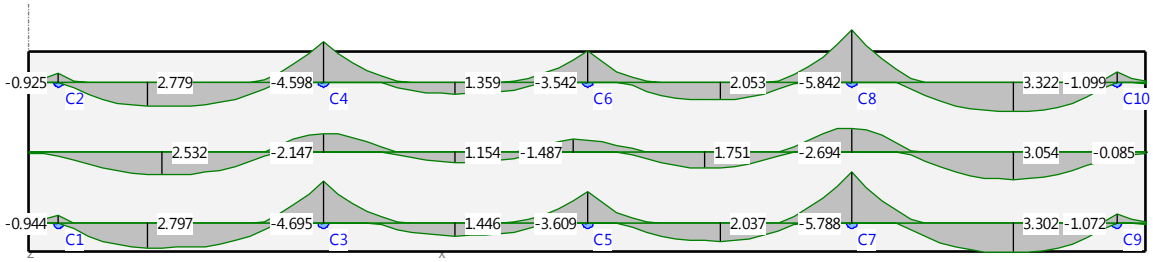
Ley de momentos flectores en dirección X (m·kN). Envolvente ELU



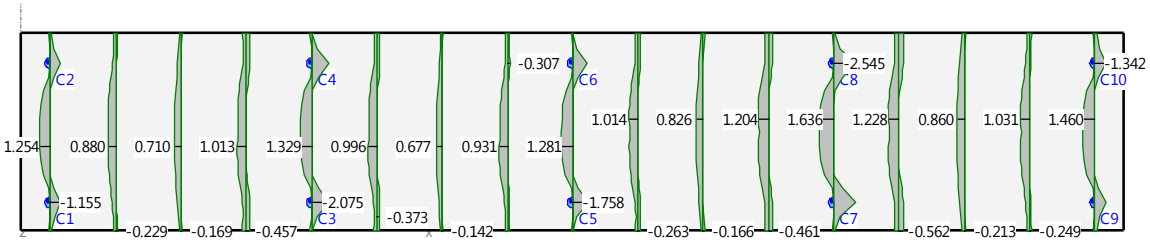
Ley de momentos flectores en dirección Y (m·kN). Envolvente ELU



Reacciones de la losa con los micropilotes. Envolvente ELU



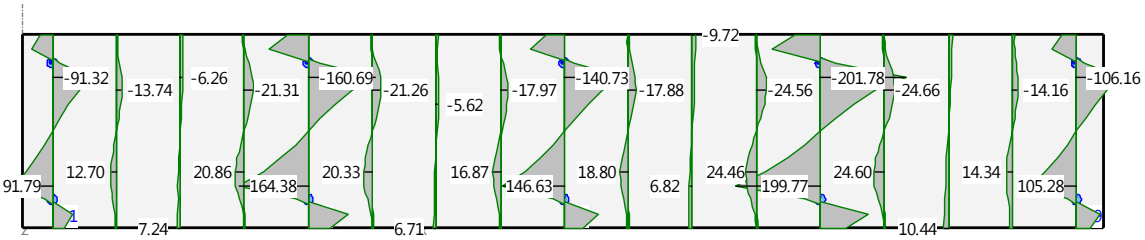
Armado en dirección X (cm²)

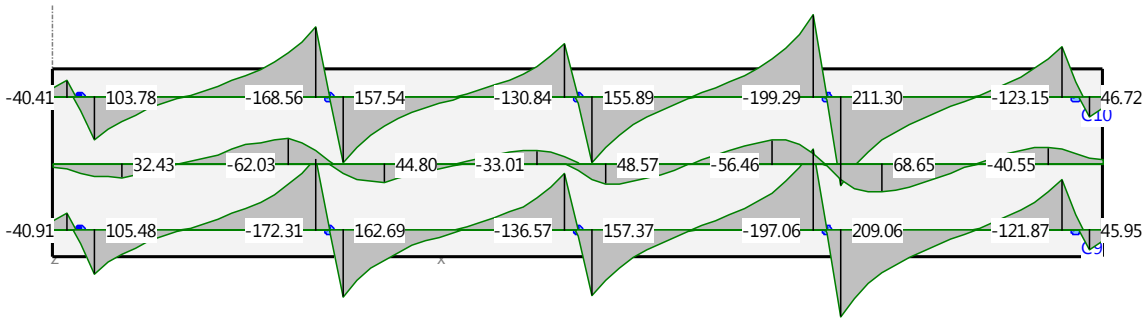


Armado en dirección Y (cm²)

3) Estado Límite Último de Cortante

A continuación se incluye la envolvente definida para el dimensionamiento a cortante, que es la misma que la utilizada en el dimensionamiento a flexión. De estos valores se obtiene la conclusión de que no es necesaria la disposición de armaduras de cortante.





Ley de esfuerzos cortantes (kN). Envolvente ELU

acciona Ingeniería	ELU CORTANTE EN SECCION RECTANGULAR						06/07/2016
	(EHE 08. Artº44)						
1) Datos sección:					Inicializar	Imprimir	
1.a Geometría:							
Canto sección:	c =	0.70	m	Area sección: A =	0.700	m^2	
Ancho sección:	b =	1.00	m	Inercia sección: I =	0.02858	m^4	
Recubrimiento:	r_{nom} =	0.05		Recubrimiento de cálculo:	0.056	m	
1.b Materiales:							
Hormigón:	HA30			γ_c =	1.50		
f_{ck} =	3000.0	T/m^2		f_{cd} =	2000.0	T/m^2	
$E_{c,m,28}$ =	2854216.2	T/m^2		EI =	81583.0	$T{\cdot}m^2$	
Acero:	B500S			γ_s =	1.15		
f_{yk} =	50000	T/m^2		f_{yd} =	43478.3	T/m^2	
E_s =	21000000	T/m^2		$f_{\alpha yd}$ =	40000.0	T/m^2	
1.d Arm. long. traccion.:		Nº de barras:	6.667	Ø12	A_s =	7.53	cm^2
					ρ_L =	1.17	‰
1.e Arm. long. comprimida.:		Nº de barras:	6.667	Ø12	A'_s =	7.53	cm^2
					ρ'_L =	1.17	‰
1.f Esfuerzos sobre la sección:				Cortante en borde apoyo: Q'_d =	20.2	T	
				Cortante a d del borde de apoyo: Q_d =	20.2	T	
Secc. pretensada:	☐ Si			Axil sobre el elemento: N_d =	0.0	T	
				σ_{cd} =	0.0	T/m^2	
				σ'_{cd} =	0.0	T/m^2	

4) Estado Límite de Servicio de fisuración

A continuación se incluye la envolvente definida para el dimensionamiento a fisuración.

Limit state specification: ELS

Description

Standard design situation: Serviceability quasi permanent combination

Analysis parameter: AP1

Action combinations

No	Action Name	Fac	Action combinations 1
1	Dead load	1	1
2	Superimposed dead loads	1	1
3	Live load general	1	1

Fac : all combination factors are multiplied by this factor

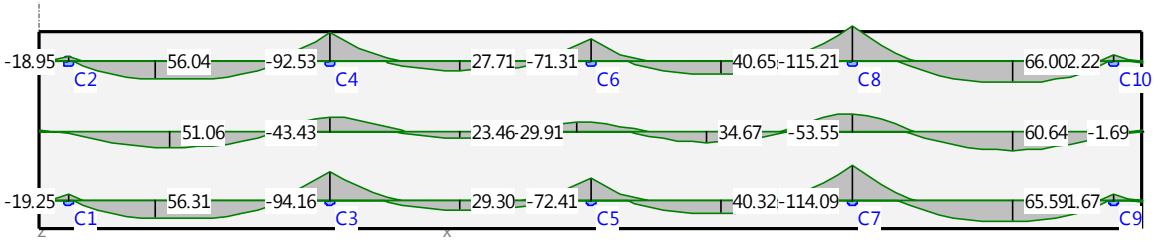
Load case superpositions for the actions

for limit state specification ELS

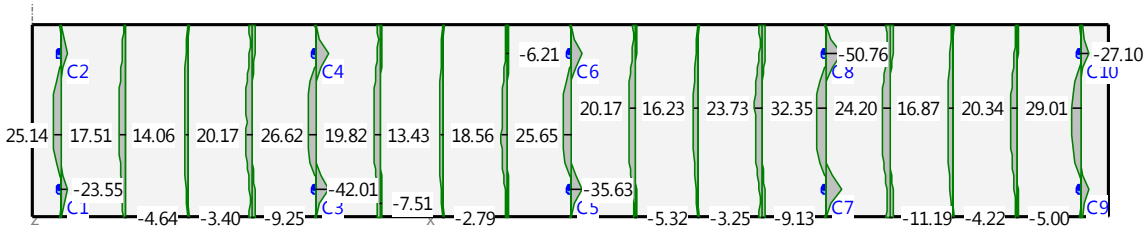
Action	Alt	additive exclusive	Load case	Factor	Comb.
Dead load		permanent	SW Self weight	1.000	
Superimposed dead loa		permanent	LC1 Muros bloque	1.000	
		permanent	LC2 Relleno hormigon masa	1.000	
Live load general		if critical	LL101 Transformadores	1.000	
		plus where crit	LL102 Armarios	1.000	

Alt : Alternative superposition

Bajo estas líneas se adjuntan las leyes de momentos flectores obtenidas por el programa con la envolvente anterior:



Ley de momentos flectores en dirección X (mkN). Envolvente ELU



Ley de momentos flectores en dirección Y (mkN). Envolvente ELU

```
************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
************************************************

Título: FISURACIÓN MÁXIMA
Fecha: 06/07/2016 12:40:38
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.300 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.000, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577
N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.700 m
Recubrimiento 50 mm y diámetro de la barra transvesal 12 mm
Armadura a tracción en capa exterior 7.65 cm², en capa interior 0.00
cm² y total 7.65 cm²
Diámetro equivalente = 0.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.632 m
Inercia bruta = 0.028583 m4 e Inercia fisurada =0.001800 m4
fctm,fl = 2.90 y Mfis = 236.5 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 115.2 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
El momento de fisuración es superior al solicitante, Mfis > Mk, 236.5
mkN > 115.2 mkN
Abertura de fisura wk = 0.000 mm
```

4.9. CÁLCULO DE LOS MICROPILOTES

Cómo se muestra en las reacciones en ELU de la losa inferior en los micropilotes, la máxima reacción es de 523 kN.

El micropilote es de 180 mm de diámetro, con un tubo de diámetro exterior de 60,3 mm y un espesor de 6,3 mm, con lo que el diámetro interior del mismo es de 47,7 mm.

El micropilote está confinado lateralemente y sólo trabaja axialmente, con lo que la capacidad del mismo vendrá determinado por su tope estructural:

Teniendo una resistencia característica de la lechada de 30 MPa, y del tubo de 560 MPa, el tope estructural, para la carga en ELU vendrá determinada por la expresión recogida en el apartado 3.6.1 de la *"Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera"*:

$$N_{c,Rd} = (0{,}85\, A_c f_{cd} + A_s f_{sd} + A_a f_{yd}) \cdot \frac{R}{1{,}20\, F_e}$$

Dónde:

A_c: área de la lechada de cemento: $\frac{\pi}{4}\left[\emptyset^2_{micro} - \left(\emptyset^2_{ext\ tubo} - \emptyset^2_{int\ tubo}\right)\right]$= $\frac{\pi}{4}\left[0{,}18^2 - \left(0{,}0603^2 - 0{,}0477^2\right)\right]$ = 0,0244 m²

f_{cd}: resistencia de diseño de la lechada: 30/1,5 = 20 MPa

A_s: área de las barras de acero corrugado: 0 m²

f_{sd}: resistencia de diseño de las barras de acero corrugado: 500/1.15 = 434,78 MPa ≤ 400 MPa

A_a: área del tubo de acero: $\frac{\pi}{4}\left[\left(\emptyset^2_{ext\ tubo} - \emptyset^2_{int\ tubo}\right)\right] = \frac{\pi}{4}\left[\left(0{,}0603^2 - 0{,}0477^2\right)\right]$ = 0,00107 m²

f_{yd}: resistencia de diseño del tubo de acero: 560/1,10= 509,1 MPa ≤ 400 MPa

R: coeficiente reductor de la capacidad estructural por efectos del pandeo, al considerar que está confinado entre terreno con suficiente capacidad portante o se dispone en el muro de hormigón existente, se adopta el valor 1.

F_e: Coeficiente de influencia del tipo de ejecución, que tiene en cuental la naturaleza del terreno y el sistema de perforación empleado, se adopta el valor de 1,30 (equivalente a un terreno con nivel freático permanentemente bajo la punta del micropilote y perforación sin revestir y sin empleo de lodos).

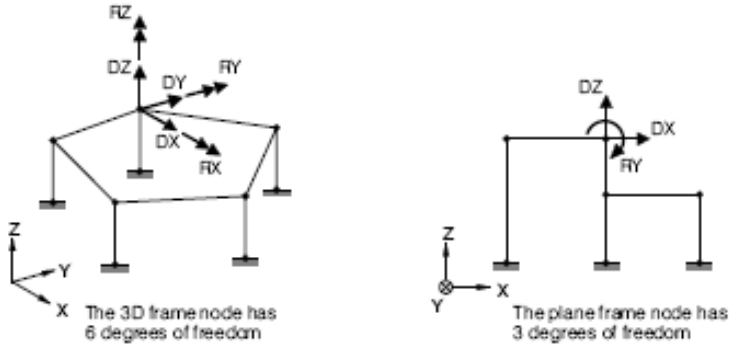
Se obtiene de la expresión la máxima capacidad portante del terreno $N_{c,Rd}$ = 540kN, superior a la solicitación máxima de 523 kN.

4.10. CÁLCULO CUBIERTA METÁLICA

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo losa se ha utilizado el programa de cálculo *STATIK-5 de CUBUS AG*.

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo barra, se ha utilizado el programa de cálculo matricial STATIK-5 de CUBUS AG.

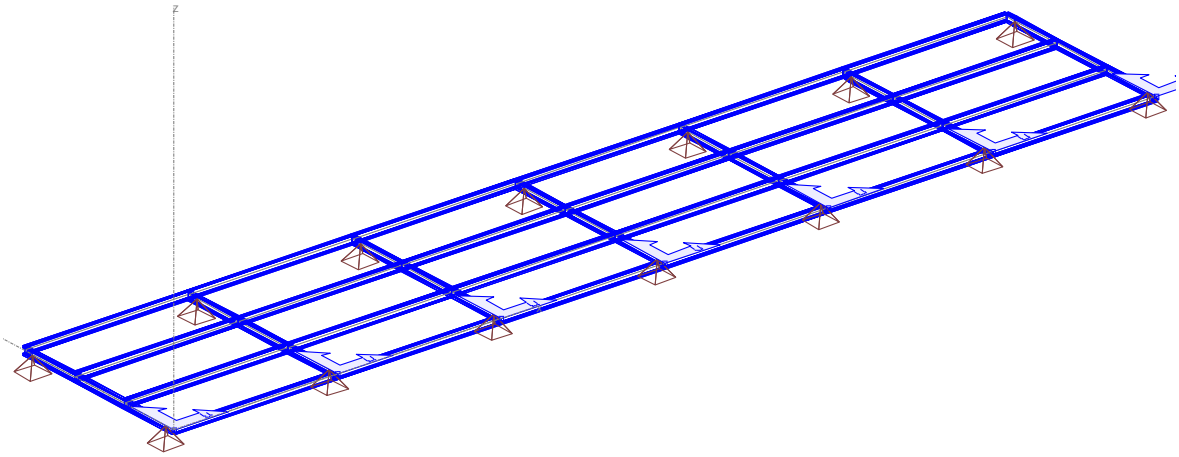
Este programa permite el análisis elástico de cualquier estructura espacial formada por elementos (barras) rectos con sección transversal constante o variable linealmente, de acuerdo con las teorías elástico-lineales de primer o segundo orden. En él las barras están unidas rígidamente por nudos y las condiciones de sustentación son introducidas en los mismos.



Grados de libertad permitidos por el programa STATIK-5

Adicionalmente, el programa permite la obtención de las tensiones normales de los perfiles, que componen la estructura.

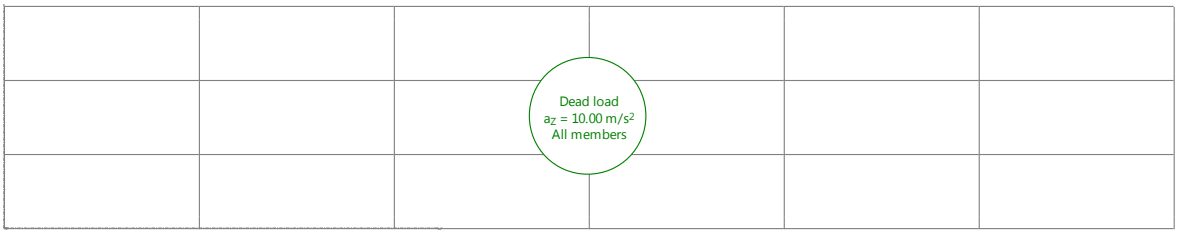
El programa STATIK-5 se ha utilizado para la obtención de esfuerzos en los pórticos ejecutados para los muros



Modelo de cálculo

4.10.1. CARGAS INTRODUCIDAS

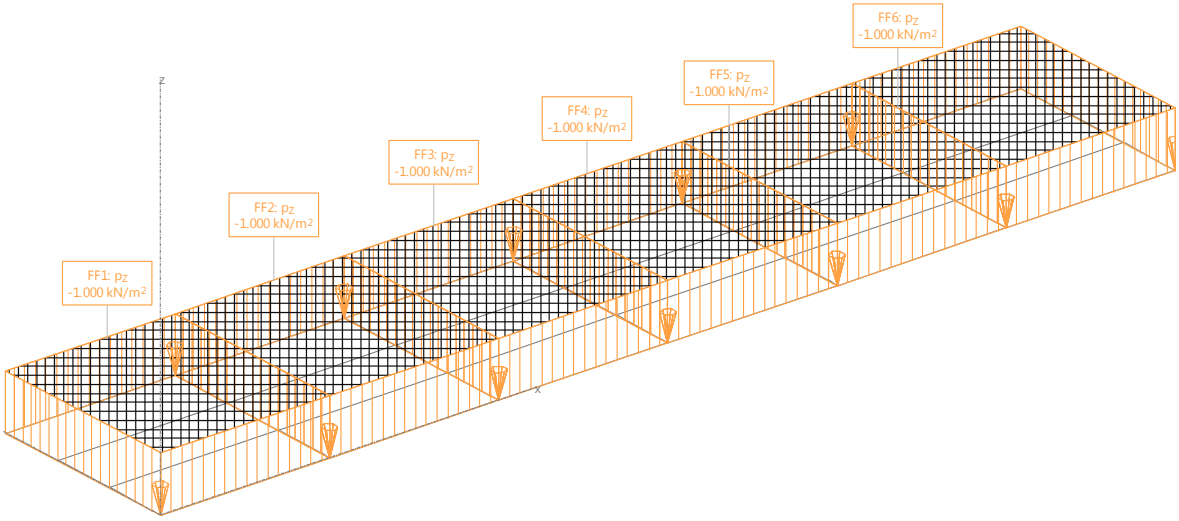
- Perfil IPE-140 0,129 kN/m



Acceleration loads: Dead load

Id	Accelerations a_X [m/s²]	a_Y [m/s²]	a_Z [m/s²]	X_{Sum} [kN]	Y_{Sum} [kN]	Z_{Sum} [kN]
G0 (59 Members, 0 SLA)			10.00	0	0	-13.25

- Cubierta 1,0 kN/m^2 (Peso acabado cubierta ligera)



Surface loading 'CM': PESO CUBIERTA

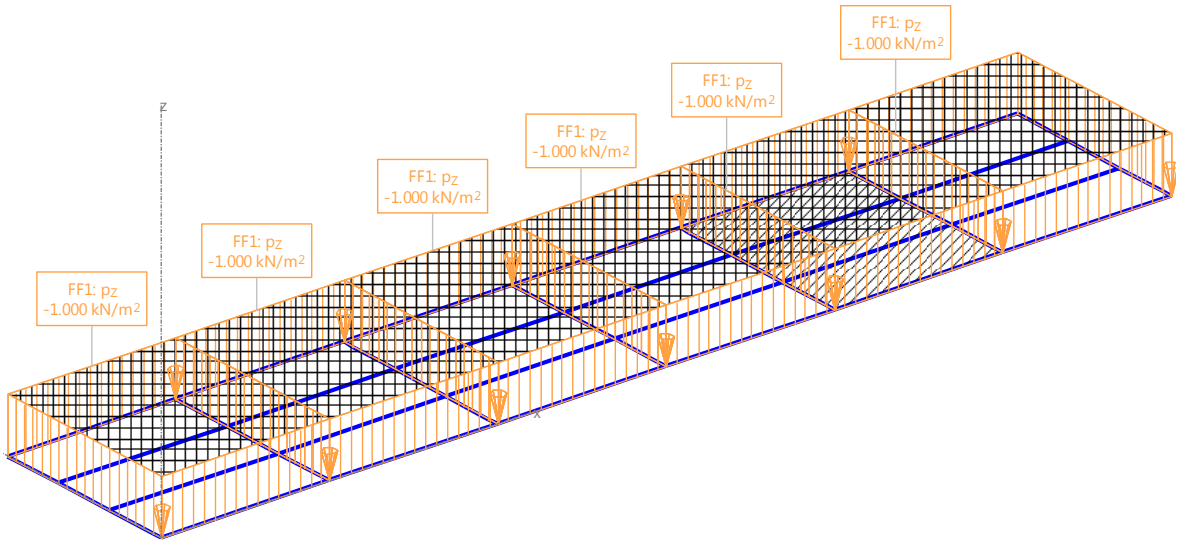
Surface loads

Id	Type	Surface name	Area [m^2]	p [kN/m^2]	p_1 [kN/m^2]	p_2 [kN/m^2]	p_3 [kN/m^2]
FF1	Z Global	Surface1	11.34	-1.000			
FF2	Z Global	Surface2	11.34	-1.000			
FF3	Z Global	Surface3	11.34	-1.000			
FF4	Z Global	Surface4	11.34	-1.000			
FF5	Z Global	Surface5	11.34	-1.000			
FF6	Z Global	Surface6	11.34	-1.000			

Summed load

	X_{Sum} [kN]	Y_{Sum} [kN]	Z_{Sum} [kN]
Summed load for loading CM	0	0	-68.04

- Sobrecarga: 1,0 kN/m^2 (Mantenimiento cubierta, pudiendo actuar o no en cada parte de la cubierta)



Surface loads

Id	Type	Surface name	Area [m^2]	p [kN/m^2]	p_1 [kN/m^2]	p_2 [kN/m^2]	p_3 [kN/m^2]
FF1	Z Global	Surface1	11.34	-1.000			

Surface loads

Id	Type	Surface name	Area [m^2]	p [kN/m^2]	p_1 [kN/m^2]	p_2 [kN/m^2]	p_3 [kN/m^2]
FF1	Z Global	Surface2	11.34	-1.000			

Surface loads

Id	Type	Surface name	Area [m^2]	p [kN/m^2]	p_1 [kN/m^2]	p_2 [kN/m^2]	p_3 [kN/m^2]
FF1	Z Global	Surface3	11.34	-1.000			

Surface loads

Id	Type	Surface name	Area [m^2]	p [kN/m^2]	p_1 [kN/m^2]	p_2 [kN/m^2]	p_3 [kN/m^2]
FF1	Z Global	Surface4	11.34	-1.000			

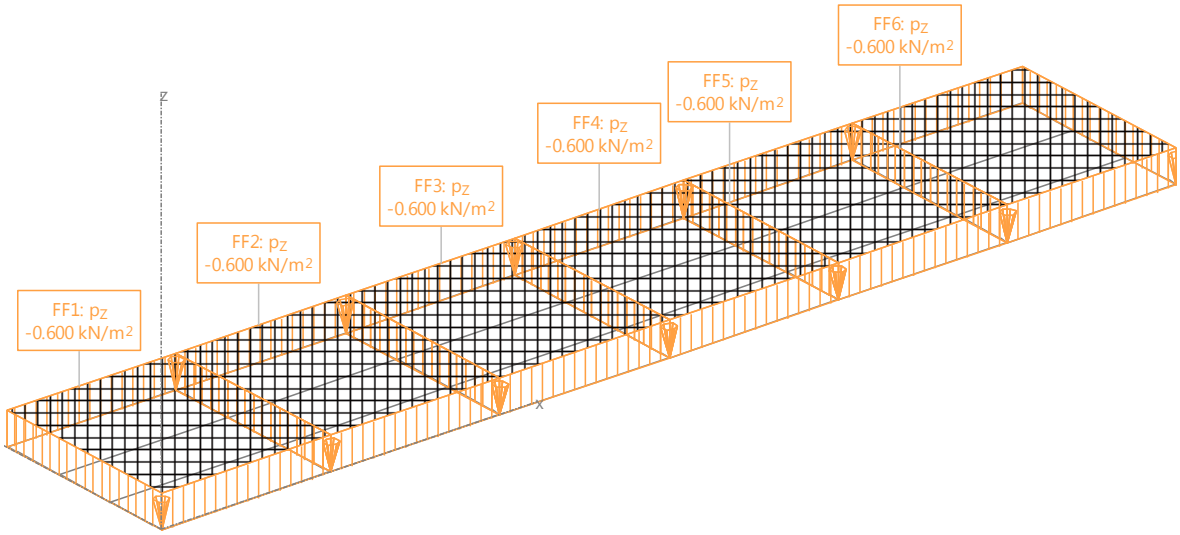
Surface loads

Id	Type	Surface name	Area [m^2]	p [kN/m^2]	p_1 [kN/m^2]	p_2 [kN/m^2]	p_3 [kN/m^2]
FF1	Z Global	Surface5	11.34	-1.000			

Surface loads

Id	Type	Surface name	Area [m^2]	p [kN/m^2]	p_1 [kN/m^2]	p_2 [kN/m^2]	p_3 [kN/m^2]
FF1	Z Global	Surface6	11.34	-1.000			

- Sobrecarga Nieve: 0,6 kN/m^2



Surface loads

Id	Type	Surface name	Area [m^2]	p [kN/m^2]	p_1 [kN/m^2]	p_2 [kN/m^2]	p_3 [kN/m^2]
FF1	Z Global	Surface1	11.34	-0.600			
FF2	Z Global	Surface2	11.34	-0.600			
FF3	Z Global	Surface3	11.34	-0.600			
FF4	Z Global	Surface4	11.34	-0.600			
FF5	Z Global	Surface5	11.34	-0.600			
FF6	Z Global	Surface6	11.34	-0.600			

4.10.2. COMBINACIÓN Y COMPROBACIÓN EN ELU

Limit state specification: ULS

Action combinations

No	Action Name	Fac	Action combinations 1	2	3	4
1	Dead load	1	1.35	1.35	1	1
2	Superimposed dead loads	1	1.35	1.35	1	1
3	Live load general	1	1.5		1.5	
4	Snow load <1000 müM	1	0.75	1.5	0.75	1.5

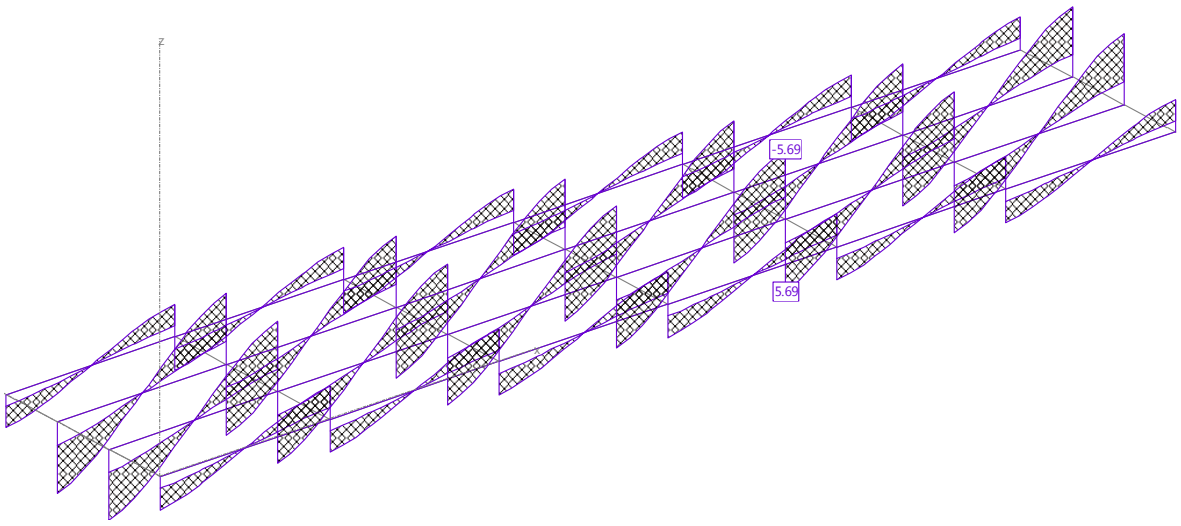
Fac : all combination factors are multiplied by this factor

Loading superpositions for the actions

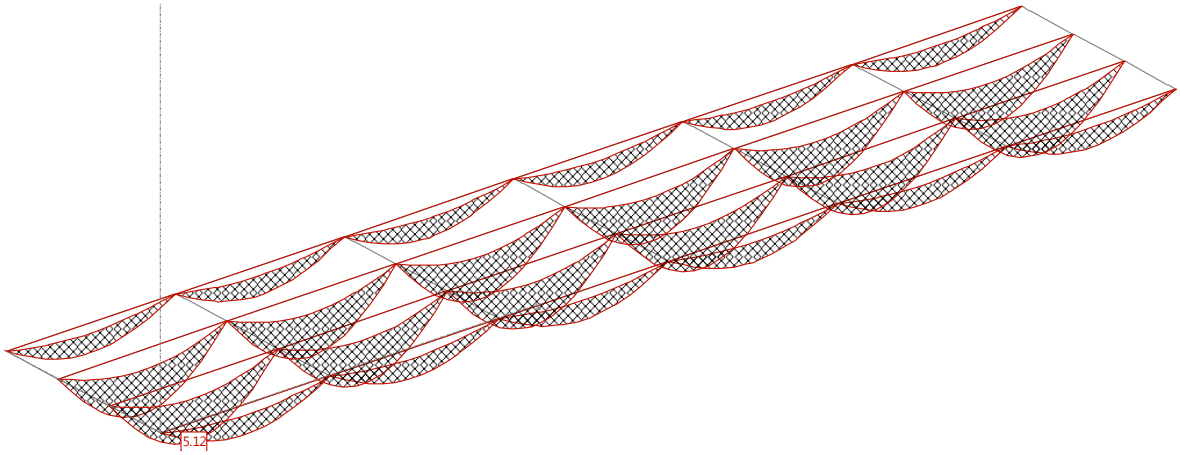
for limit state specification ULS

Action	Alt	additive	exclusive	Loading	Factor	Comb.
Dead load		permanent		SW Self weight	1.000	
Superimposed dead loa		permanent		CM PESO CUBIERTA	1.000	
Live load general		if critical		SC01 SOBRECARGA_CUBIERTA_1	1.000	
		plus where crit		SC02 SOBRECARGA_CUBIERTA_2	1.000	
		plus where crit		SC03 SOBRECARGA_CUBIERTA_3	1.000	
		plus where crit		SC04 SOBRECARGA_CUBIERTA_4	1.000	
		plus where crit		SC05 SOBRECARGA_CUBIERTA_5	1.000	
		plus where crit		SC06 SOBRECARGA_CUBIERTA_6	1.000	
Snow load <1000 müM		if critical		SNW NIEVE	1.000	

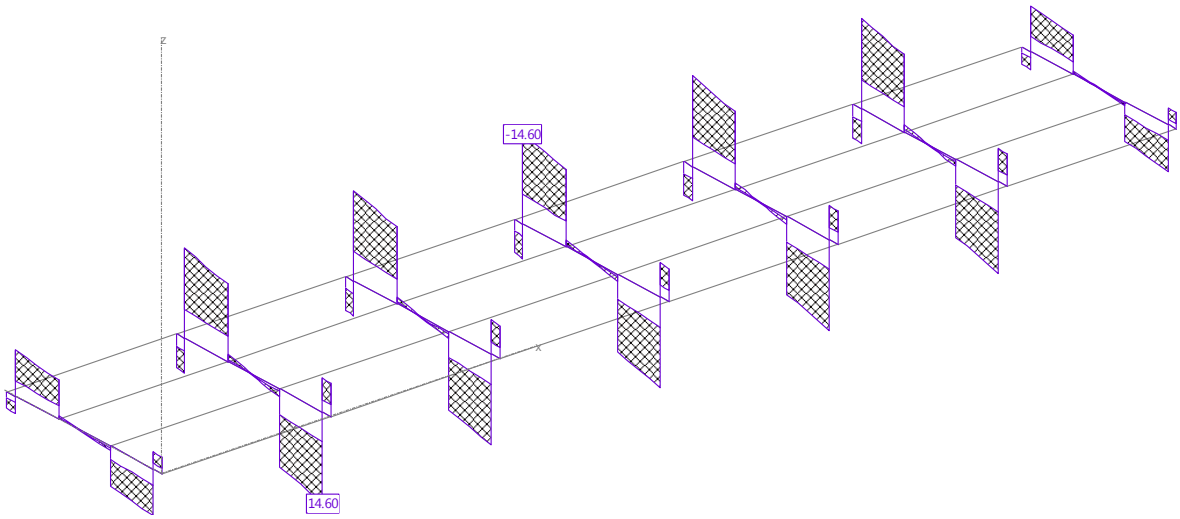
Alt : Alternative superposition



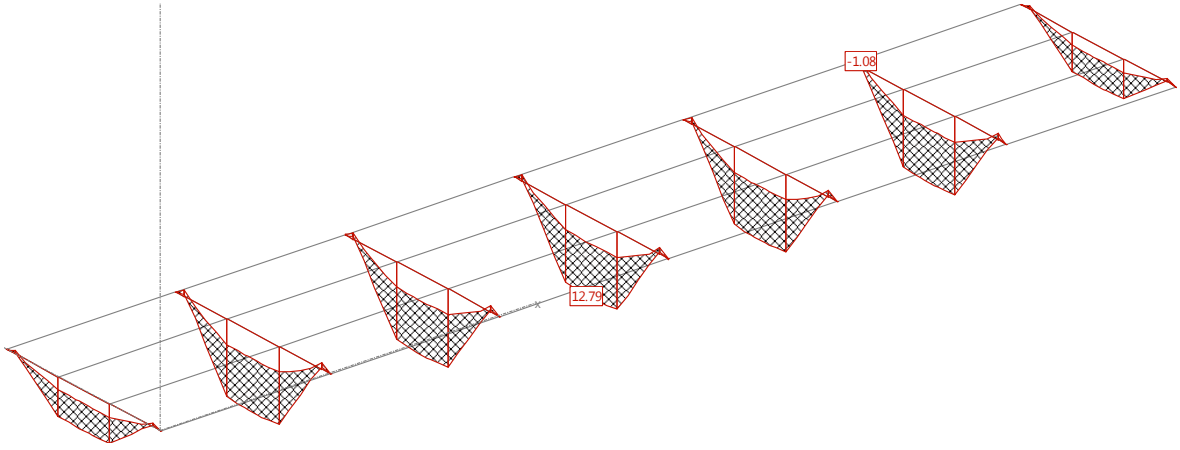
Esfuerzos cortantes en correas (kN)



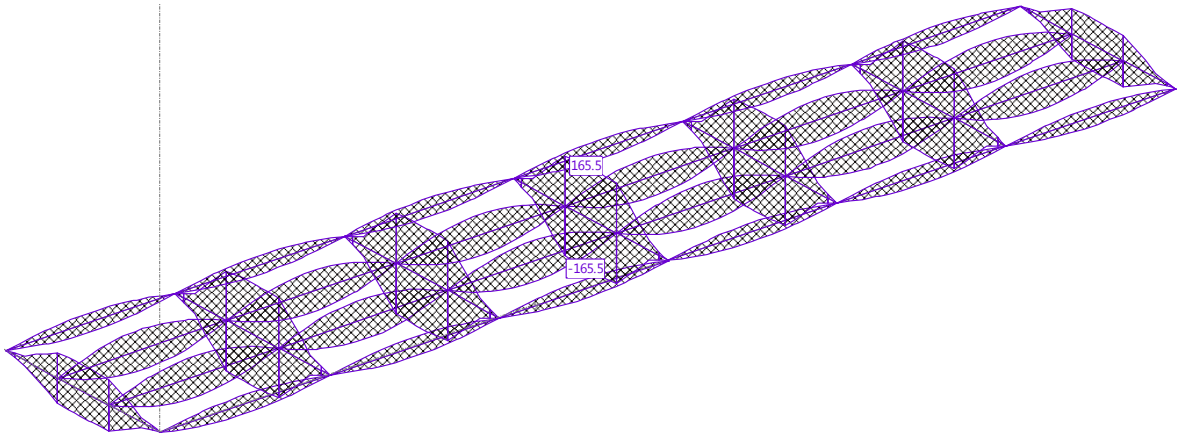
Momentos flectores en correas (m·kN)



Esfuerzos cortantes en vigas (kN)



Esfuerzos flectores en vigas (m·kN)



Tensiones máximas en los perfiles (MPa)

COMPROBACIÓN DE LA CORREA

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha:	07/07/2016					
Título:	CORREA_IPE-140					
Tipo de cálculo:	Sección					

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para secciones doblemente simétricas de clase 1 ó 2 y con alas y almas de espesor constante.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección:	Comercial					
Forma:	Doble T					
Fabricación:	Laminado en caliente					
Grupo:	IPE					
Perfil:	IPE 140					

1.2 Geometría perfil

b (mm) =	73	[ancho sección]				
h (mm) =	140	[canto sección]				
t_f (mm) =	6.9	[espesor ala]				
t_w (mm) =	4.7	[espesor alma]				
r (mm) =	7.0	[radio de acuerdo en perfil comercial]				
h_w (mm) =	112.2					

1.3 Material

Tipo acero:	S 275		E_s (MPa) =	210,000		
f_y (MPa) =	275		ν =	0.30		
f_u (MPa) =	430		G_s (MPa) =	80,769		
ε =	0.92	[√(235 / f_y)]	γ_{M0} =	1.00	[Artículo 15.3]	

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) =	1640	[área]
$A_{v,y}$ (mm²) =	762	[área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) =	1010	[área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10⁶) =	5.41	[inercia flexión eje Y]
i_y (mm) =	57.4	[radio giro eje Y]
$w_{el,y}$ (mm³ 10³) =	71.3	[módulo resistente elástico flexión eje Y]
$w_{pl,y}$ (mm³ 10³) =	88.4	[módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)			
I_z (mm⁴ 10^6) =	0.449	[inercia flexión eje Z]	
i_z (mm) =	16.5	[radio giro eje Z]	
$w_{el,z}$ (mm³ 10^3) =	12.3	[módulo resistente elástico flexión eje Z]	
$w_{pl,z}$ (mm³ 10^3) =	19.2	[módulo resistente plástico flexión eje Z]	
1.4.4 Torsión uniforme			
I_t (mm⁴ 10^6) =	0.0263	[módulo de torsión de Saint Venant]	
1.4.5 Torsión de alabeo			
I_w (mm⁶ 10^{12}) =	0.00	[módulo de alabeo]	
$I_{f,z}$ (mm⁴ 10^6) =	0.22	[inercia de ala respecto flexión eje Z]	
1.5 Geometría de la pieza			
1.5.4 Geometría de la pieza en relación con la torsión			
Cond. contorno:	Giro coartado y alabeo libre en ambos extremos		
1.6 Esfuerzos de cálculo en la sección			
1.5.1 Axil			
N_{Ed} (kN) =	0.0	[tracción positiva]	
1.5.2 Cortante y flexión			
- Flexión de eje Y			
$V_{z,Ed}$ (kN) =	5.7		
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	5.1		
- Flexión de eje Z			
$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0		
$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0		
1.5.3 Torsión			
Tipo de ley:	Constante en x	[Torsión uniforme]	
T_{Ed} (mkN) =	0.0		

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y			*2.1.2 Flexión de eje Z*		
c (mm) =	112.2	[longitud alma]	c (mm) =	112.2	[longitud alma]
t (mm) =	4.7	[espesor alma]	t (mm) =	4.7	[espesor alma]
c / t =	23.9		c / t =	23.9	
Tipo solicitación:	Flexión simple		Tipo solicitación:	Sin solicitación	
Panel pésimo:	Flectado		Panel pésimo:	Sin compresión	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	66.6		$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =		
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	76.7		$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =		
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	114.6		$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =		
Clase sección:	1		Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y			*2.2.2 Flexión de eje Z*		
c (mm) =	27.2	[vuelo ala]	c (mm) =	27.2	[vuelo ala]
t (mm) =	6.9	[espesor ala]	t (mm) =	6.9	[espesor ala]
c / t =	3.9		c / t =	3.9	
Tipo solicitación:	Flexión simple		Tipo solicitación:	Sin solicitación	
Panel pésimo:	Comprimido		Panel pésimo:	Sin compresión	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3		$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =		
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2		$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =		
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9		$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =		
Clase sección:	1		Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección: 1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	112.2	[longitud alma]
t_w (mm) =	4.7	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	2.0	[h_w η /(72 ε)]

El alma de la sección no abolla por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	112.2	[longitud alma]
t_w (mm) =	4.7	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm²) =	527.34	[área alma]
A_{fc} (mm²) =	503.7	[área ala]
$t_{w\,min}$ (mm) =	0.5	[$f_{yf}\, h_w \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\, E)$]

El alma de la sección no abolla

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$w_{t,alma}$ (mm³ 10⁶) =	0.006	[I_t / t_w]
$\tau_{t,alma,Ed}$ (MPa) =	0.0	[$T_{Ed} / w_{t,alma}$]
$w_{t,ala}$ (mm³ 10⁶) =	0.004	[I_t / t_f]
$\tau_{t,ala,Ed}$ (MPa) =	0.0	[$T_{Ed} / w_{t,ala}$]
$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	158.8	[$f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	5.7	
$A_{v,y}$ (mm²) =	762	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	121.0	[$A_{v,y}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[$1 - \sqrt{(1 - 0.8\, \tau_{t,alma,Ed} / \tau_{c,Rd})}$]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	121.0	[$(1 - \rho_{T,z})\, V_{c,z,Rd}$]

Se cumple la comprobación

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,z}$ (mm²) =	1010	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	160.4	[$A_{v,z}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[$1 - \sqrt{(1 - 0.8\, \tau_{t,ala,Ed} / \tau_{c,Rd})}$]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	160.4	[$(1 - \rho_{T,y})\, V_{c,y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

4.3 E.L.U. de Axil (Artículos 34.2 y 34.3)

N_{Ed} (kN) =	0.0	
A (mm²) =	1640	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	451.0	[$A\, f_y / \gamma_{M0}$]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	5.7	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	60.5	
No se reduce resistencia a axil por Vz		
$\rho_{V,z}$ =	0.00	[$(2\, V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]
$N_{(V,T),Rd}$ (kN) =	451.0	[$N_{c,Rd}\, (1 - \rho_{(V,T),z}\, A_{v,y} / A - \rho_{(V,T),y}\, A_{v,z} / A)$]

Se cumple la comprobación

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	80.2	
No se reduce resistencia a axil por Vy		
$\rho_{V,y}$ =	0.00	[$(2\, V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]

4.4 E.L.U. de Flexión (Artículo 34.4)							
4.4.1 Flexión de eje Y				*4.4.2 Flexión de eje Z*			
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	5.1			$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0		
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) =	88.4			$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	19.2		
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	24.3	[$w_{pl,y}$ f_y / γ_{M0}]		$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	5.3	[$w_{pl,z}$ f_y / γ_{M0}]	
- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)				- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)			
$V_{z,Ed}$ (kN) =	5.7			$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0		
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	60.5			0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	80.2		
No se reduce resistencia a flexión por Vz				*No se reduce resistencia a flexión por Vy*			
$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)²]		$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)²]	
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) =	24.3	[$M_{c,y,Rd}$ (1 - $\rho_{V,z}$ $A_{v,y}$²/(4 t_w $w_{pl,y}$))]		$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	5.3	[$M_{c,z,Rd}$ (1 - $\rho_{V,y}$ b^2 t_f /(2 $w_{pl,z}$))]	
- Interacción flector-axil (Artículo 34.7.2)				- Interacción flector-axil (Artículo 34.7.2)			
n =	0.00	[N_{Ed} / $N_{(V,T),Rd}$]		n =	0.00	[N_{Ed} / $N_{(V,T),Rd}$]	
a =	0.39	[(A - 2 b t_f)/A ≤ 0.50]		a =	0.39	[(A - 2 b t_f)/A ≤ 0.50]	
$\rho_{N,y}$ =	0.00	[1 - (1 - n)/(1 - 0.50 a)]		$\rho_{N,z}$ =	0.00	[(n - a)² / (1 - a)² si n > a]	
$M_{(N,V,T),y,Rd}$ (mkN) =	24.3	[$M_{(V,T),y,Rd}$ (1 - $\rho_{N,y}$)]		$M_{(N,V,T),z,Rd}$ (mkN) =	5.3	[$M_{(V,T),z,Rd}$ (1 - $\rho_{N,z}$)]	
4.4.3 Interacción flexión de eje Y - flexión de eje Z (Artículo 34.7.2)							
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	5.1			$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0		
$M_{(N,V,T),y,Rd}$ (mkN) =	24.3			$M_{(N,V,T),z,Rd}$ (mkN) =	5.3		
α =	2.00			β =	1.00		
F =	0.04	[($M_{y,Ed}$ / $M_{(N,V,T),y,Rd}$)$^{\alpha}$ + ($M_{z,Ed}$ / $M_{(N,V,T),z,Rd}$)$^{\beta}$ ≤ 1]					
Se cumple la comprobación							

COMPROBACIÓN DE LA VIGA

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha:	07/07/2016						
Título:	VIGA_IPE-140						
Tipo de cálculo:	Sección						
Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para secciones doblemente simétricas de clase 1 ó 2 y con alas y almas de espesor constante.							
1. Datos de entrada							
1.1 Tipo de sección							
Sección:	Comercial						
Forma:	Doble T						
Fabricación:	Laminado en caliente						
Grupo:	IPE						
Perfil:	IPE 140						
1.2 Geometría perfil							
b (mm) =	73	[ancho sección]					
h (mm) =	140	[canto sección]					
t_f (mm) =	6.9	[espesor ala]					
t_w (mm) =	4.7	[espesor alma]					
r (mm) =	7.0	[radio de acuerdo en perfil comercial]					
h_w (mm) =	112.2						
1.3 Material							
Tipo acero:	S 275			E_s (MPa) =	210,000		
f_y (MPa) =	275			ν =	0.30		
f_u (MPa) =	430			G_s (MPa) =	80,769		
ε =	0.92	[√(235 / f_y)]		γ_{M0} =	1.00	[Artículo 15.3]	
1.4 Características mecánicas de la sección							
1.4.1 Axil y cortante							
A (mm²) =	1640	[área]					
$A_{v,y}$ (mm²) =	762	[área de cortante V_z]					
$A_{v,z}$ (mm²) =	1010	[área de cortante V_y]					
1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)							
I_y (mm⁴ 10^6) =	5.41	[inercia flexión eje Y]					
i_y (mm) =	57.4	[radio giro eje Y]					
$w_{el,y}$ (mm³ 10^3) =	71.3	[módulo resistente elástico flexión eje Y]					
$w_{pl,y}$ (mm³ 10^3) =	88.4	[módulo resistente plástico flexión eje Y]					

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)			
I_z (mm^4 10^6) =	0.449	[inercia flexión eje Z]	
i_z (mm) =	16.5	[radio giro eje Z]	
$w_{el,z}$ (mm^3 10^3) =	12.3	[módulo resistente elástico flexión eje Z]	
$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	19.2	[módulo resistente plástico flexión eje Z]	
1.4.4 Torsión uniforme			
I_t (mm^4 10^6) =	0.0263	[módulo de torsión de Saint Venant]	
1.4.5 Torsión de alabeo			
I_w (mm^6 10^{12}) =	0.00	[módulo de alabeo]	
$I_{f,z}$ (mm^4 10^6) =	0.22	[inercia de ala respecto flexión eje Z]	
1.5 Geometría de la pieza			
1.5.4 Geometría de la pieza en relación con la torsión			
Cond. contorno:	Giro coartado y alabeo libre en ambos extremos		
1.6 Esfuerzos de cálculo en la sección			
1.5.1 Axil			
N_{Ed} (kN) =	0.0	[tracción positiva]	
1.5.2 Cortante y flexión			
- Flexión de eje Y			
$V_{z,Ed}$ (kN) =	0.0		
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	12.8		
- Flexión de eje Z			
$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0		
$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0		
1.5.3 Torsión			
Tipo de ley:	Constante en x	[Torsión uniforme]	
T_{Ed} (mkN) =	0.0		

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y			*2.1.2 Flexión de eje Z*		
c (mm) =	112.2	[longitud alma]	c (mm) =	112.2	[longitud alma]
t (mm) =	4.7	[espesor alma]	t (mm) =	4.7	[espesor alma]
c / t =	23.9		c / t =	23.9	
Tipo solicitación:	Flexión simple		Tipo solicitación:	Sin solicitación	
Panel pésimo:	Flectado		Panel pésimo:	Sin compresión	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	66.6		$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =		
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	76.7		$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =		
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	114.6		$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =		
Clase sección:	1		Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y			*2.2.2 Flexión de eje Z*		
c (mm) =	27.2	[vuelo ala]	c (mm) =	27.2	[vuelo ala]
t (mm) =	6.9	[espesor ala]	t (mm) =	6.9	[espesor ala]
c / t =	3.9		c / t =	3.9	
Tipo solicitación:	Flexión simple		Tipo solicitación:	Sin solicitación	
Panel pésimo:	Comprimido		Panel pésimo:	Sin compresión	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3		$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =		
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2		$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =		
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9		$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =		
Clase sección:	1		Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección: 1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	112.2	[longitud alma]
t_w (mm) =	4.7	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	2.0	[h_w η /(72 ε)]

El alma de la sección no abolla por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	112.2	[longitud alma]
t_w (mm) =	4.7	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm²) =	527.34	[área alma]
A_{fc} (mm²) =	503.7	[área ala]
$t_{w\,min}$ (mm) =	0.5	[$f_{yf}\, h_w \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

El alma de la sección no abolla

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$w_{t,alma}$ (mm³ 10^6) =	0.006	[I_t / t_w]
$\tau_{t,alma,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $w_{t,alma}$]
$w_{t,ala}$ (mm³ 10^6) =	0.004	[I_t / t_f]
$\tau_{t,ala,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $w_{t,ala}$]
$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	158.8	[f_y / ($\sqrt{3}\,\gamma_{M0}$)]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,y}$ (mm²) =	762	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	121.0	[$A_{v,y}\, f_y$ / ($\sqrt{3}\,\gamma_{M0}$)]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[1 - $\sqrt{}$(1 - 0.8 $\tau_{t,alma,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	121.0	[(1 - $\rho_{T,z}$) $V_{c,z,Rd}$]

Se cumple la comprobación

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,z}$ (mm²) =	1010	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	160.4	[$A_{v,z}\, f_y$ / ($\sqrt{3}\,\gamma_{M0}$)]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[1 - $\sqrt{}$(1 - 0.8 $\tau_{t,ala,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	160.4	[(1 - $\rho_{T,y}$) $V_{c,y,Rd}$]

4.3 E.L.U. de Axil (Artículos 34.2 y 34.3)

N_{Ed} (kN) =	0.0	
A (mm²) =	1640	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	451.0	[A f_y / γ_{M0}]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	60.5	

No se reduce resistencia a axil por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)²]
$N_{(V,T),Rd}$ (kN) =	451.0	[$N_{c,Rd}$ (1 - $\rho_{(V,T),z}$ $A_{v,y}$ / A - $\rho_{(V,T),y}$ $A_{v,z}$ / A)]

Se cumple la comprobación

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	80.2	

No se reduce resistencia a axil por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)²]

4.4 E.L.U. de Flexión (Artículo 34.4)

4.4.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	12.8			$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0		
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) =	88.4			$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	19.2		
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	24.3	$[w_{pl,y} f_y / \gamma_{M0}]$		$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	5.3	$[w_{pl,z} f_y / \gamma_{M0}]$	

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	0.0			$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0		
$0.5\ V_{T,z,Rd}$ (kN) =	60.5			$0.5\ V_{T,y,Rd}$ (kN) =	80.2		
No se reduce resistencia a flexión por Vz				*No se reduce resistencia a flexión por Vy*			
$\rho_{V,z}$ =	0.00	$[(2\ V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$		$\rho_{V,y}$ =	0.00	$[(2\ V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$	
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) =	24.3	$[M_{c,y,Rd} (1 - \rho_{V,z} A_{v,y}^2/(4\ t_w\ w_{pl,y}))]$		$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	5.3	$[M_{c,z,Rd} (1 - \rho_{V,y}\ b^2\ t_f/(2\ w_{pl,z}))]$	

- Interacción flector-axil (Artículo 34.7.2)

n =	0.00	$[N_{Ed} / N_{(V,T),Rd}]$		n =	0.00	$[N_{Ed} / N_{(V,T),Rd}]$	
a =	0.39	$[(A - 2\ b\ t_f)/A \leq 0.50]$		a =	0.39	$[(A - 2\ b\ t_f)/A \leq 0.50]$	
$\rho_{N,y}$ =	0.00	$[1 - (1 - n)/(1 - 0.50\ a)]$		$\rho_{N,z}$ =	0.00	$[(n - a)^2 / (1 - a)^2$ si $n > a]$	
$M_{(N,V,T),y,Rd}$ (mkN) =	24.3	$[M_{(V,T),y,Rd} (1 - \rho_{N,y})]$		$M_{(N,V,T),z,Rd}$ (mkN) =	5.3	$[M_{(V,T),z,Rd} (1 - \rho_{N,z})]$	

4.4.3 Interacción flexión de eje Y - flexión de eje Z (Artículo 34.7.2)

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	12.8			$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0		
$M_{(N,V,T),y,Rd}$ (mkN) =	24.3			$M_{(N,V,T),z,Rd}$ (mkN) =	5.3		
α =	2.00			β =	1.00		
F =	0.28	$[(M_{y,Ed} / M_{(N,V,T),y,Rd})^{\alpha} + (M_{z,Ed} / M_{(N,V,T),z,Rd})^{\beta} \leq 1]$					

Se cumple la comprobación

4.10.3. COMBINACIÓN Y COMPROBACIÓN EN ELS

Limit state specification: ELS

Description
Standard design situation: Serviceability, SLS frequent combination

Action combinations

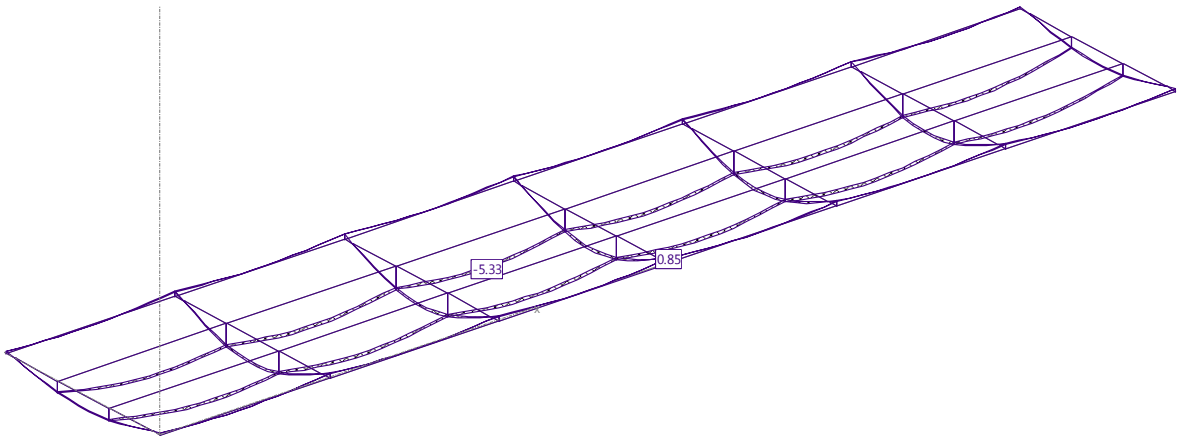
No	Action Name	Fac	Action combinations 1	2
1	Dead load	1	1	1
2	Superimposed dead loads	1	1	1
3	Live load general	1		
4	Snow load <1000 müM	1		0.2

Fac : all combination factors are multiplied by this factor

Loading superpositions for the actions
for limit state specification ELS

Action	Alt	additive	exclusive	Loading	Factor	Comb.
Dead load		permanent		SW Self weight	1.000	
Superimposed dead loa		permanent		CM PESO CUBIERTA	1.000	
Live load general		if critical		SC01 SOBRECARGA_CUBIERTA_1	1.000	
		plus where crit		SC02 SOBRECARGA_CUBIERTA_2	1.000	
		plus where crit		SC03 SOBRECARGA_CUBIERTA_3	1.000	
		plus where crit		SC04 SOBRECARGA_CUBIERTA_4	1.000	
		plus where crit		SC05 SOBRECARGA_CUBIERTA_5	1.000	
		plus where crit		SC06 SOBRECARGA_CUBIERTA_6	1.000	
Snow load <1000 müM		if critical		SNW NIEVE	1.000	

Alt : Alternative superposition



Deformaciones máximas (mm)

Se adopta una limitación de flechas para este perfil de L/300 = 10,7 mm

4.11. MURO DE CONTENCIÓN

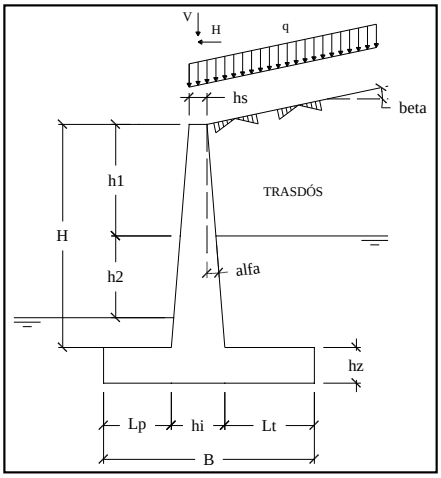
Se adjunta a continuación los cálculos del muro perimetral de contención de tierras de la caseta. El muro es de hormigón armado de 0,25 m de espesor, con un talón de cimentación con el mismo espesor. La altura aproximada del muro es de 1,40 m, desde la coronación del muro del depósito existente hasta la cota actual de relleno de tierras sobre las bóvedas

CÁLCULO DE MUROS EN MÉNSULA

1.- Datos

a) Geometría muro

Altura de cálculo **H** (m)	**1.35**
Canto de zapata **hz** (m)	**0.25**
Canto superior de muro **hs** (m)	**0.25**
Pendiente trasdós 1H:V	**1.00E+07**
Pendiente intradós 1H:V	**1.00E+07**
Canto inferior de muro **hi** (m)	0.25
Longitud puntera **Lp** (m)	**0.00**
Longitud talón **Lt** (m)	**0.65**
Longitud de zapata **B** (m)	0.90
Volumen muro (m³/m)	0.34
Volumen zapata (m³/m)	0.23
Volumen total (m³/m)	0.56
Ángulo trasdós-vertical **alfa** (º)	0.00



b) Terreno

Densidad aparente (t/m³)	**2.00**
Ángulo terreno-horizontal **beta** (º)	**0.00**
Ángulo rozamiento interno **phi** (º)	**30.00**
Rozamieno muro-tierras **delta** (º)	**0.00**

Características del terreno de apoyo de la zapata

Ángulo rozamiento interno **phi** (º)	**33.00**
Rozamiento zapata-tierras **nu**	0.52
Tensión admisible (t/m²)	**20.00**

Coeficientes de empuje sobre el muro

Coeficiente de empuje activo **ka**	0.333
Coeficiente empuje activo hor **kah**	0.333
Coeficiente empuje activo vert **kav**	0.000
Coeficiente empuje pasivo hor **kph**	3.000

Nivel freático

¿Es necesario considerarlo?	**NO**	Ambiente	**IIa, IIb, H**
Profundidad en trasdós **h1** (m)	**1.35** no se considera		
Desfase trasdós-intradós **h2** (m)	**0.00** no se considera		

c) Materiales

fck hormigón (MPa)	**30**	Ec (Mpa)	33620
fyk acero pasivo (MPa)	**500**	Es (Mpa)	200000
		n	5.95

d) Acciones

Sobrecarga uniforme **q** (t/m²)	**1.00**	¿Situación de Sismo? **NO**	
Carga vert en coronación **V** (t/m)	**0.00**		**0.06**
Distancia V-intradós (m)	**0.25**		
Carga hor en coronación **H** (t/m)	**0.00**		

e) Seguridad

Coef mayoración acciones γ_f	**1.50**
Coef minoración resist horm γ_c	**1.50**
Coef minoración resist acero γ_s	**1.15**
Coef seguridad frente a deslizamiento	**1.50**
Coef seguridad frente a vuelco	**1.80**

2.- Resultados

a) Comprobación de Tensiones en Zapata
(no se consideran los efectos favorables de los empujes en el pie ni de la subpresión)

Actualizar los valores de fuerzas y momentos

	Fuerzas y momento en cdg de base de zapata				
	Fuerza (t/m)	Excentricidad (m)	Fuerza hor (t/m)	Fuerza vert (t/m)	Momento (mt/m)
Peso muro	0.84	0.33		0.84	0.27
Peso zapata	0.56	0.00		0.56	0.00
Peso tierras	1.76	-0.13		1.76	-0.22
Emp act hor muro	0.61	0.70	0.61		0.43
Emp act hor zapata (1)	0.23	0.13	0.23		0.03
Emp act hor zapata (2)	0.02	0.08	0.02		0.00
Peso sobrecarga	0.90	0.00		0.90	0.00
Emp sobrec hor muro	0.45	0.93	0.45		0.42
Emp sobrec hor zapata	0.08	0.13	0.08		0.01
			1.39	**4.06**	**0.94**

Tensión máxima (t/m²)	**12.34**	vale
Tensión media (t/m²)	**6.17**	vale
Tensión mínima (t/m²)	0.00	Ley triangular
posición fibra neutra (m)	0.66	

b) Comprobación de Estabilidad Frente al Deslizamiento

b1) Sin considerar empuje pasivo en el pie de la zapata

Fuerza horizontal (t/m)	1.39
Subpresión (t/m)	0.00
Fuerza vertical neta (t/m)	4.06
Rozamiento máximo movilizado (t/m)	2.11
Coeficiente seguridad disponible	**1.52** vale

b1) Considerando empuje pasivo en el pie de la zapata

Fuerza horizontal (t/m)	1.39
Rozamiento máximo movilizado (t/m)	2.30
Coeficiente seguridad disponible	**1.66** vale

c) Comprobación de Estabilidad Frente al Vuelco
(no se considera el efecto favorable de los empuies, pasivo e hidrostático, en el pie)

Actualizar los valores de fuerzas y momentos

		Momento en eje de giro		
	Fuerza (t/m)	Carácter	Excentricidad (m)	Momento (mt/m)
Peso muro	0.84	Estabilizador	0.13	0.11
Peso zapata	0.56	Estabilizador	0.45	0.25
Peso tierras	1.76	Estabilizador	0.58	1.01
Emp act hor muro	0.61	Volcador	0.70	0.43
Emp act hor zapata (1)	0.23	Volcador	0.13	0.03
Emp act hor zapata (2)	0.02	Volcador	0.08	0.00
Peso sobrecarga	0.90	Estabilizador	0.45	0.41
Emp sobrec hor muro	0.45	Volcador	0.93	0.42
Emp sobrec hor zapata	0.08	Volcador	0.13	0.01

Momento volcador (mt/m)	0.88
Momento estabilizador (mt/m)	1.77
Coeficiente seguridad disponible	**2.01** vale

e) Dimensionamiento del Talón de la Zapata

e1) Armadura de Cara Superior

Teoría de flexión:

M tierras (mt/m	0.79
sigma2 (t/m²)	8.36
R2 (t/m)	1.86
Excentric. (m)	0.15
M presión (mt/n	0.28
Md (mt/m)	0.76
Uo (t/m)	340
As (cm²)	**0.88**

Armadura necesaria por cálculo (cm²)	0.88		
Cuantía mínima (cm²)	4.60		
Armadura requerida (cm²)	**4.60**	Se dispone de	ϕ 12 cada 0.200 m

e2) Armadura de Cortante

$f_{y\alpha,d}$ (Mpa)	400
sigma 3 (t/m²)	3.90
V tierras (t/m)	1.50
Vd (t/m)	1.64
Vu1 (t/m)	120.00
ξ	2.00
ρ_l	0.0028
Vu2 (t/m)	9.79 No es Necesaria Armadura de Cortante

Armadura necesaria por cálculo (cm²)	
Cuantía mínima (cm²)	
Armadura requerida (cm²)	**0.00**

e3) Comprobación de la Fisuración en el Talón

w_{max} (mm)	0.3			
β	**1.7**			
s_m (mm)	151.94			
f_{ctm} (MPa)	289.65			
Mfis (t·m/m)	3.02	→	σ_{sr} (t/m²)	28253.70
Mk (t·m/m)	0.51	→	σ_s (t/m²)	4768.34
x (m)	0.03			
Ifis (m4)	0.0001			
ε_{sm}	0.00010			
w_k (mm)	0.02			

e) Dimensionamiento del Alzado del Muro

e1) Armadura Vertical (calculada en el trasdós del muro)

	Momento en cdg de base de muro		
	Fuerza hor (t/m	Excentricidad (m)	Momento (mt/m)
Empuje activo horizontal terreno	0.61	0.45	0.27
Empuje activo horizontal sobrecarga q	0.45	0.68	0.30
Carga horizontal en coronación	0.00	1.35	0.00
			0.58

Md (mt/m)	0.87
Uo (t/m)	340
As (cm²)	**1.00**

Armadura necesaria por cálculo (cm²)	1.00		
Cuantía mínima (cm²)	4.60		
Armadura requerida (cm²)	**4.60**	Se dispone de	ϕ 12 cada 0.200 m

e2) Armadura Horizontal

¿Juntas cada 7.50 m como máx?	**NO**	
Cuantía mínima total (cm²)	8.00	
Armadura requerida total (cm²)	**8.00**	Repartida en ambas caras

e3) Armadura de Cortante en el Arranque del Muro

$f_{y\alpha,d}$ (Mpa)	400
Vd (t/m)	1.59
Vu1 (t/m)	120.00
ξ	2.00
ρ_l	0.0028
Vu2 (t/m)	9.79 No es Necesaria Armadura de Cortante

Armadura necesaria por cálculo (cm²)			
Cuantía mínima (cm²)	0.00		
Armadura requerida (cm²)	**0.00**		

e4) Comprobación de la Fisuración en el Arranque del Muro

w_{max} (mm)	0.3		
β	**1.7**		
s_m (mm)	151.94		
f_{ctm} (t/m²)	289.65		
Mfis (t·m/m)	3.02	→ σ_{sr} (t/m²)	28253.72
Mk (t·m/m)	0.58	→ σ_s (t/m²)	5404.40
x (m)	0.03		
Ifis (m4)	0.0001		
ε_{sm}	0.00011		
w_k (mm)	0.03		

5. APOYOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

5.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Los apoyos se han dispuesto sobre la red interior del depósito atendiendo a criterios de optimización del funcionamiento de las tuberías como vigas.

En fase de construcción será de aplicación la señalización corporativa vigente en el momento de ejecución de las obras, en el caso de que ésta cambie.

Los apoyos deslizantes se han diseñado con dos tipologías, según fuesen apoyos que puedan estar sujetos a tracciones, o no. Si los apoyos pueden sufrir tracciones, restringen el movimiento vertical de las tuberías. En caso contrario, no es necesario disponer nada para impedir el movimiento vertical. El deslizamiento se produce en la base de los apoyos, y no en la interfase entre tubería y cuna, y se consigue a través de una placa de acero (inoxidable o acero al carbono, según el tipo de tubería) que sirve de apoyo, convenientemente rigidizada, a la cuna que soporta a la tubería. Esta placa de acero apoya a su vez sobre una segunda placa de acero inoxidable anclada convenientemente sobre una losa de hormigón armado preexistente.

Existen también apoyos fijos, que coaccionan los movimientos horizontales y verticales. El esquema del apoyo es similar al del apoyo deslizante, con una cuna (en este caso camisa) que va conectada mediante rigidizadores a una placa de acero. Pero en este caso se coloca una única placa de acero inoxidable anclada convenientemente sobre una losa de hormigón armado.

5.2. NORMAS Y RECOMENDACIONES EMPLEADAS

Las acciones y combinaciones de cargas a considerar en el diseño de los diferentes elementos estructurales se ha realizado siguiendo las especificaciones de la normativa vigente y de bibliografía ampliamente aceptada. Las principales referencias son:

- AWWA M-11 Steel Pipe - A guide for Design and Installation.
- UNE-ENV 1993-1-1 EUROCÓDIGO 3 Proyecto de Estructuras de Acero.
- EAE Instrucción de acero estructural
- EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural.
- RPM-95 Recomendaciones para el Proyecto de Puentes Metálicos para Carreteras.

- Eurocódigo EN 1993-1-8 : 2005

5.3. MATERIALES

En el diseño de los apoyos y de las tuberías se han considerado los siguientes tipos de acero:

- UNE-EN-10025-S275JR para las chapas empleadas en los apoyos de tuberías de acero al carbono, así como para las cunas, rigidizadores y chapas verticales usadas para los apoyos de dichas tuberías. Se definen a continuación el límite elástico y tensión de rotura:
  - f_y = 235 N/mm^2
  - f_u = 360 N/mm^2
- AISI-316L, acero inoxidable, para las placas de anclaje de los apoyos y de deslizamiento de los apoyos deslizantes, así como para las cunas, rigidizadores y chapas verticales usadas para los apoyos de tuberías de acero inoxidable. Se define a continuación el límite elástico y tensión de rotura:
  - f_y = 220 N/mm^2
  - f_u = 520 N/mm^2

  Nota: Valores medios para EN 1.4404, equivalente a AISI 316L.

  Las características comunes a los diferentes tipos de acero son:
- Módulo de deformación longitudinal: E = 210.000 N/mm^2
- Módulo de elasticidad transversal: G = 81.000 N/mm^2
- Peso específico: ρ = 78,50 kN/m^3
- Coeficiente de Poisson: ν = 0,30
- Coeficiente de dilatación térmica: α= 0,000012 °C^{-1}

5.3.1. VALORES DE CÁLCULO

Atendiendo a los criterios usuales de ingeniería hidráulica se ha procedido a

minorar el límite elástico del acero que forma las tuberías, no mayorando el efecto de las acciones.

Los valores empleados han sido los siguientes:

Acero al carbono S235:

- Presiones de servicio $\frac{f_y}{2,15} = \frac{235}{2,15} = 109\ N/mm^2$

- Presiones máximas transitorias $\frac{f_y}{1,875} = \frac{235}{1,875} = 125\ N/mm^2$

Acero inoxidable AISI 316L:

- Presiones de servicio $\frac{f_y}{2,15} = \frac{220}{2,15} = 102\ N/mm^2$

- Presiones máximas transitorias $\frac{f_y}{1,875} = \frac{220}{1,875} = 117\ N/mm^2$

5.4. ACCIONES CONSIDERADAS

5.4.1. VALORES CARACTERÍSTICOS

Tanto las acciones permanentes como las variables se definen como se indica seguidamente:

a.) Acciones permanentes de valor constante

a.1.) Peso propio

- Chapas de acero 7,85 t/m^3

a.2.) Carga muerta

- Agua en el interior de las tuberías 1,00 t/m^3

b.) Acciones variables.

b.1.) Presión hidráulica

b.2.) Variación de temperatura. Se ha considerado una variación máxima de temperatura de +-15ºC.

Existe distinción entre tuberías en bombeo de trasvase y tuberías en bombeo en línea. La presión en cada tubería depende de la cota del eje de la misma, así como de la circulación hidrálica considerada. Se consideran presiones en los codos, para los casos de carga que corresponda. A continuación se muestra una tabla con las líneas piezométricas máximas para cada situación.

LÍNEAS PIEZOMÉTRICAS MÁXIMAS EN BOMBEO EN LÍNEA		
	A) ASPIRACIÓN	
RÉGIMEN ESTACIONARIO	Línea piezométrica	773.00 m.s.n.m.
GOLPE DE ARIETE	Línea piezométrica	784.23 m.s.n.m.
	B) IMPULSIÓN	
RÉGIMEN ESTACIONARIO	Línea piezométrica	785.00 m.s.n.m.
GOLPE DE ARIETE	Línea piezométrica	789.38 m.s.n.m.

LÍNEAS PIEZOMÉTRICAS MÁXIMAS EN BOMBEO DE TRASVASE		
A) ASPIRACIÓN		
RÉGIMEN ESTACIONARIO	Línea piezométrica	695.90 m.s.n.m.
GOLPE DE ARIETE	Línea piezométrica	700.00 m.s.n.m.
B) IMPULSIÓN		
RÉGIMEN ESTACIONARIO	Línea piezométrica	792.60 m.s.n.m.
GOLPE DE ARIETE	Línea piezométrica	817.66 m.s.n.m.

5.4.2. HIPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CÁLCULO

HIPÓTESIS SIMPLES DE ACCIONES

Nombre	Descripción
Dead Load	**P**eso **P**ropio
Carga Muerta	Peso de equipos y válvulas
Agua	Peso del agua en el interior de la tubería
TEMP+	**T**emperatura asciende 15ºC
TEMP-	**T**emperatura desciende 15ºC
LCT1	**"Load Case Trasvase 1"**. Bombeo de trasvase. Aspiración, régimen estacionario.
LCT2	**"Load Case Trasvase 2"**. Bombeo de trasvase. Aspiración, golpe de ariete.
LCT3	**"Load Case Trasvase 3"**. Bombeo de trasvase. Impulsión, régimen estacionario.

HIPÓTESIS SIMPLES DE ACCIONES

LCT4	**"Load Case Trasvase 4"**. Bombeo de trasvase. Impulsión, golpe de ariete.
LCL1	**"Load Case Línea 1"**. Bombeo en línea. Aspiración, régimen estacionario.
LCL2	**"Load Case Línea 2"**. Bombeo en línea. Aspiración, golpe de ariete.
LCL3	**"Load Case Línea 3"**. Bombeo en línea. Impulsión, régimen estacionario.
LCL4	**"Load Case Línea 4"**. Bombeo en línea. Impulsión, golpe de ariete.

Se han realizado múltiples combinaciones de cálculo consistentes en emplear en todas ellas la hipótesis simple PP+CM y añadiendo una hipótesis simple de LCT así como otra hipótesis simple LCL, y adicionalmente aplicar la hipótesis simple TEMP+, o TEMP-. Se ha considerado también la actuación de PP+CM+TEMP. En total se han analizado 33 posibles combinaciones de cálculo.

COMB100: PP+CM+LCT1+LCL1+TEMP+
COMB101: PP+CM+LCT1+LCL2+TEMP+
COMB102: PP+CM+LCT1+LCL3+TEMP+
COMB103: PP+CM+LCT1+LCL4+TEMP+

COMB104: PP+CM+LCT2+LCL1+TEMP+
COMB105: PP+CM+LCT2+LCL2+TEMP+
COMB106: PP+CM+LCT2+LCL3+TEMP+
COMB107: PP+CM+LCT2+LCL4+TEMP+

COMB108: PP+CM+LCT3+LCL1+TEMP+
COMB109: PP+CM+LCT3+LCL2+TEMP+
COMB110: PP+CM+LCT3+LCL3+TEMP+
COMB111: PP+CM+LCT3+LCL4+TEMP+

COMB112: PP+CM+LCT4+LCL1+TEMP+

COMB113: PP+CM+LCT4+LCL2+TEMP+

COMB114: PP+CM+LCT4+LCL3+TEMP+

COMB115: PP+CM+LCT4+LCL4+TEMP+

COMB116: PP+CM+TEMP+

COMB117: PP+CM+LCT1+LCL1+TEMP-

COMB118: PP+CM+LCT1+LCL2+TEMP-

COMB119: PP+CM+LCT1+LCL3+TEMP-

COMB120: PP+CM+LCT1+LCL4+TEMP-

COMB121: PP+CM+LCT2+LCL1+TEMP-

COMB122: PP+CM+LCT2+LCL2+TEMP-

COMB123: PP+CM+LCT2+LCL3+TEMP-

COMB124: PP+CM+LCT2+LCL4+TEMP-

COMB125: PP+CM+LCT3+LCL1+TEMP-

COMB126: PP+CM+LCT3+LCL2+TEMP-

COMB127: PP+CM+LCT3+LCL3+TEMP-

COMB128: PP+CM+LCT3+LCL4+TEMP-

COMB129: PP+CM+LCT4+LCL1+TEMP-

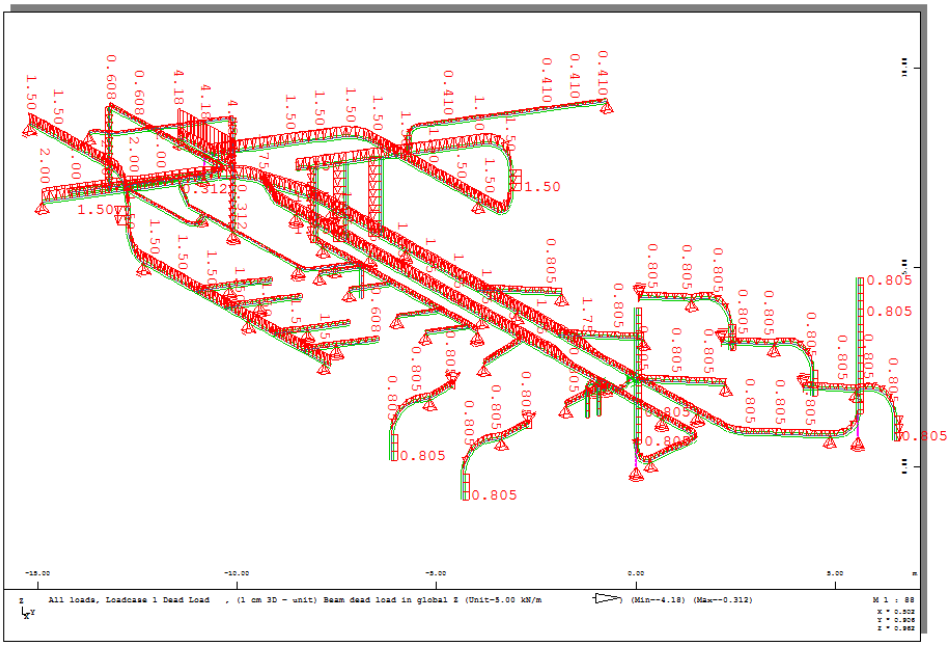
COMB130: PP+CM+LCT4+LCL2+TEMP-

COMB131: PP+CM+LCT4+LCL3+TEMP-

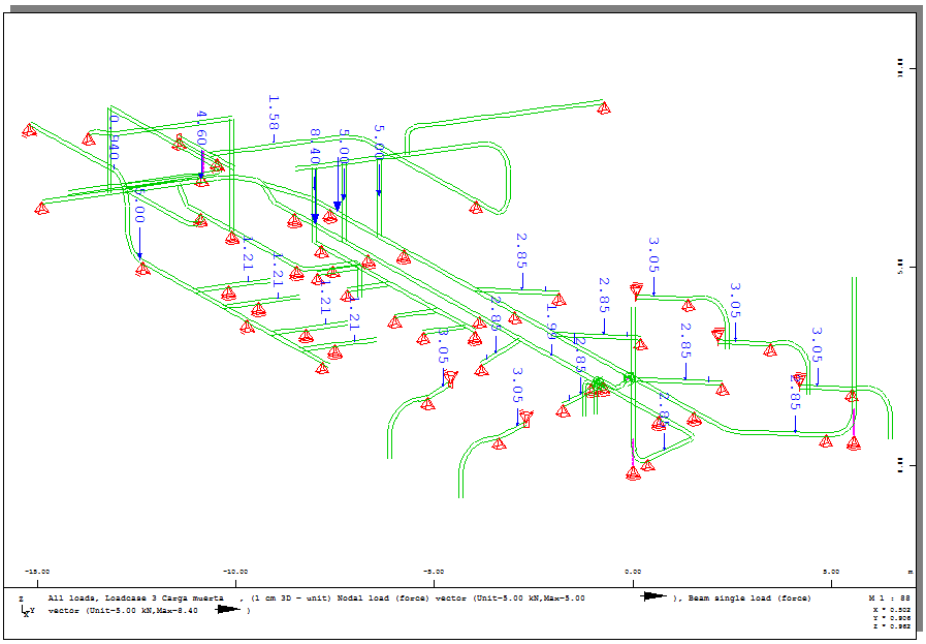
COMB132: PP+CM+LCT4+LCL4+TEMP-

A continuación se muestran varios casos de carga introducidos en el modelo:

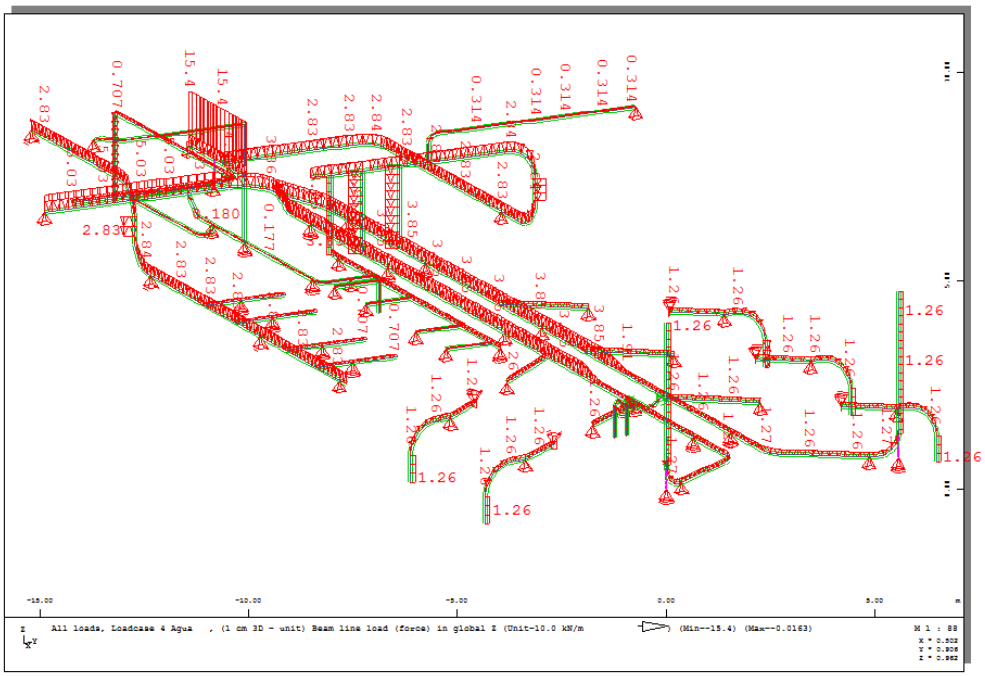
PESO PROPIO



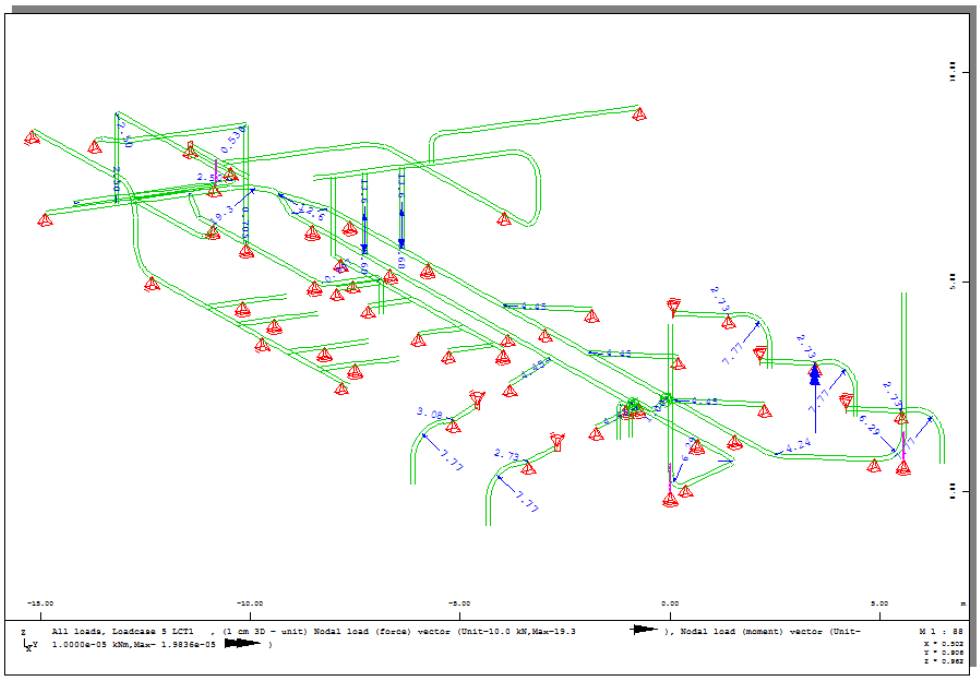
CARGA MUERTA



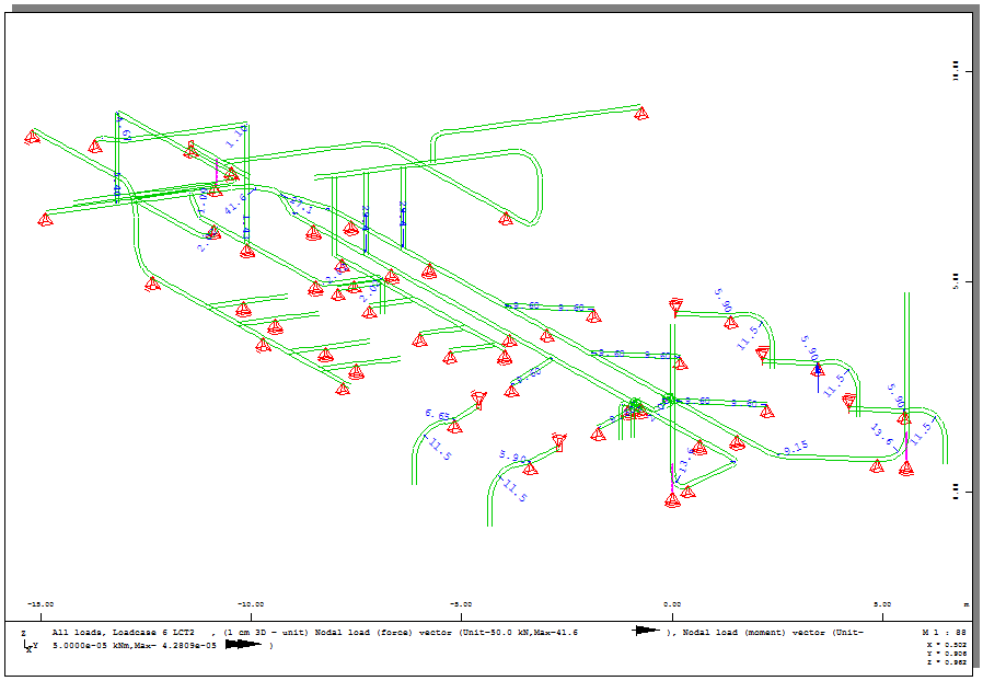
PESO DEL AGUA



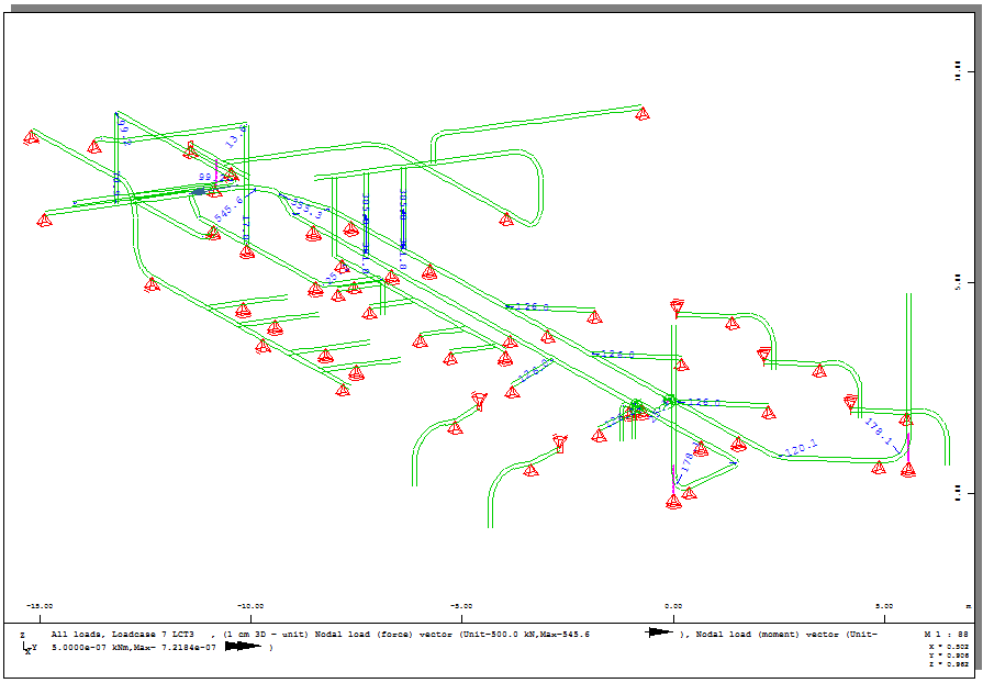
LCT1



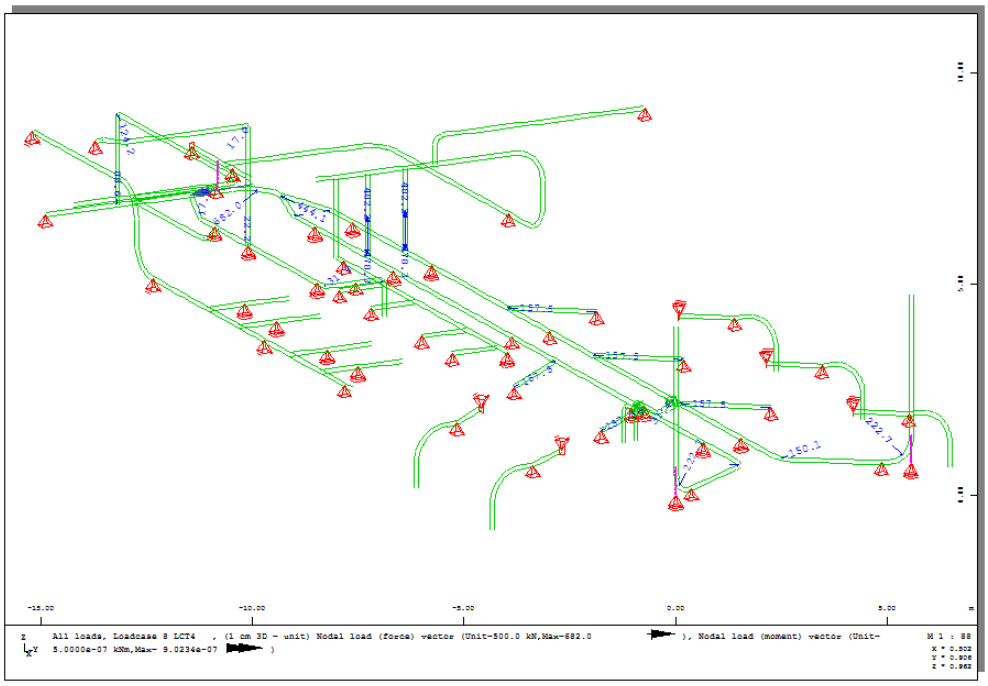
LCT2


All loads, Loadcase 6 LCT2 , (1 cm 3D - unit) Nodal load (force) vector (Unit=50.0 kN,Max=41.6
), Nodal load (moment) vector (Unit=
5.0000e-05 kNm,Max= 4.2809e-05
M 1 : 88

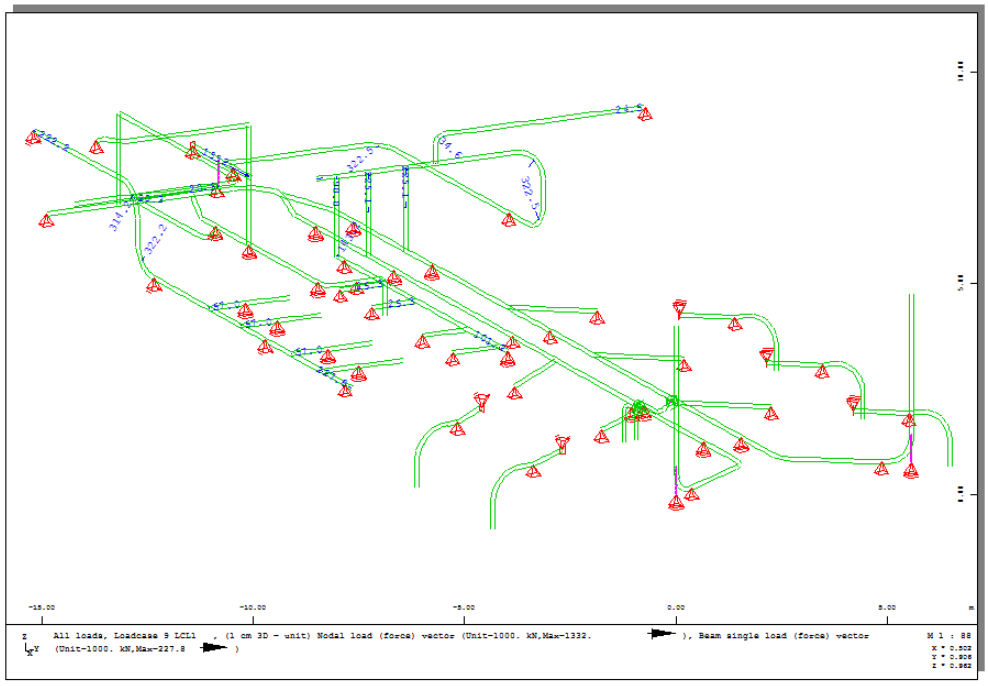
LCT3


All loads, Loadcase 7 LCT3 , (1 cm 3D - unit) Nodal load (force) vector (Unit=500.0 kN,Max=545.6
), Nodal load (moment) vector (Unit=
5.0000e-07 kNm,Max= 7.2184e-07
M 1 : 88

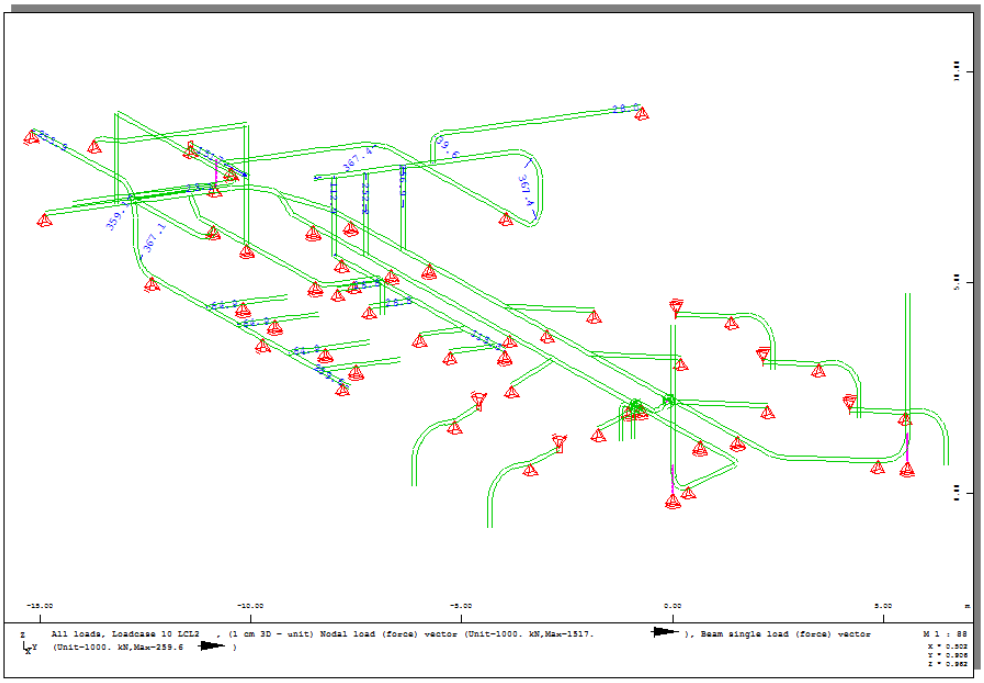
LCT4


All loads, Loadcase 8 LCT4 , (1 cm 3D - unit) Nodal load (force) vector (Unit=500.0 kN,Max=682.0), Nodal load (moment) vector (Unit=
5.0000e-07 kNm,Max= 9.0234e-07)

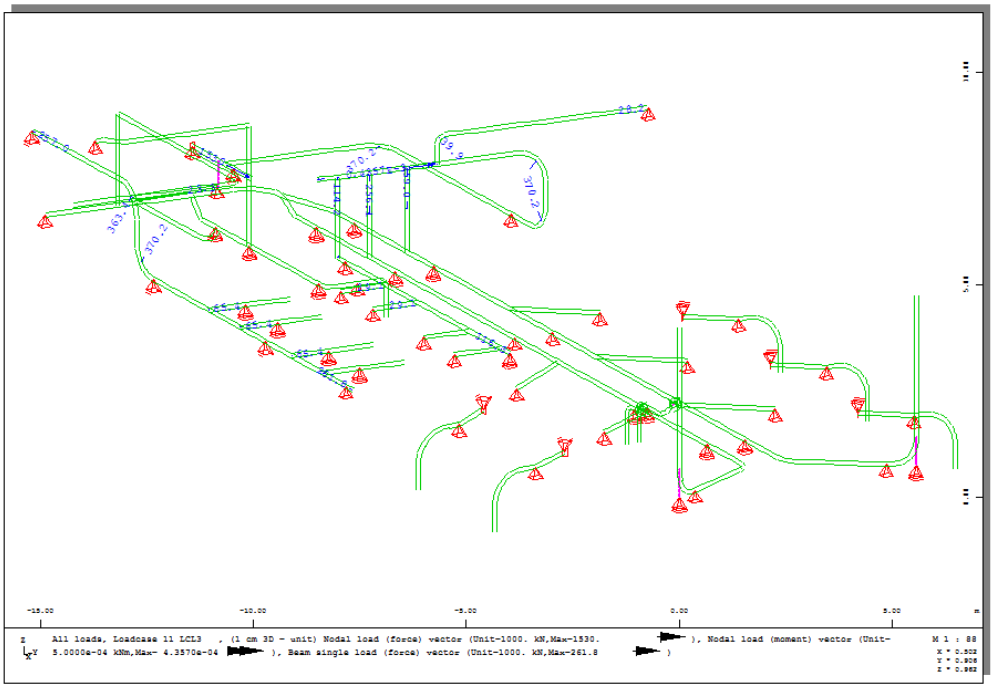
LCL1


All loads, Loadcase 9 LCL1 , (1 cm 3D - unit) Nodal load (force) vector (Unit=1000. kN,Max=1332.), Beam single load (force) vector
(Unit=1000. kN,Max=227.8)

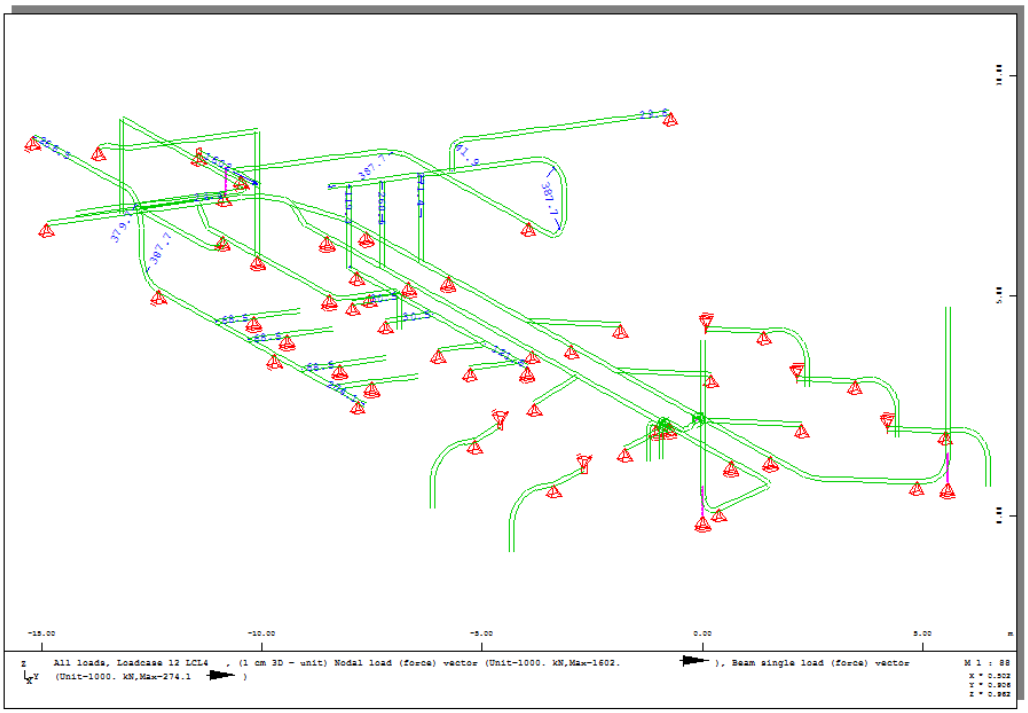
LCL2


All loads, Loadcase 10 LCL2 , (1 cm 3D - unit) Nodal load (force) vector (Unit-1000. kN,Max-1517.
), Beam single load (force) vector
(Unit-1000. kN,Max-259.6
)
M 1 : 88

LCL3


All loads, Loadcase 11 LCL3 , (1 cm 3D - unit) Nodal load (force) vector (Unit-1000. kN,Max-1530.
), Nodal load (moment) vector (Unit-
5.0000e-04 kNm,Max- 4.3570e-04
), Beam single load (force) vector (Unit-1000. kN,Max-261.8
)
M 1 : 88

LCL4


All loads, Loadcase 12 LCL4 , (1 cm 3D = unit) Nodal load (force) vector (Unit=1000. kN,Max=1602.
), Beam single load (force) vector
(Unit=1000. kN,Max=274.1
-15.00
-10.00
-5.00
0.00
5.00

5.5. FUNCIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS COMO VIGA

5.5.1. PROCEDIMIENTO

Para la realización de las comprobaciones del funcionamiento como viga de las tuberías se ha realizado un modelo de cálculo de tipo “Análisis de elementos finitos 3d” de elementos finitos tipo barra. A cada uno de estos elementos finitos se le ha asignado las características mecánicas de las secciones representadas por ellos. Asimismo se ha dotado al modelo de las restricciones de movimientos adecuadas para representar las condiciones de apoyo reales que quiere darse a este sistema de tuberías.

El cálculo realizado ha sido de tipo elástico y lineal.

El programa de cálculo empleado para la realización del modelo ha sido el *SOFiSTiK 2016*, apoyado del *SOFiPLUS 2016* de *SOFISTIK A.G.*

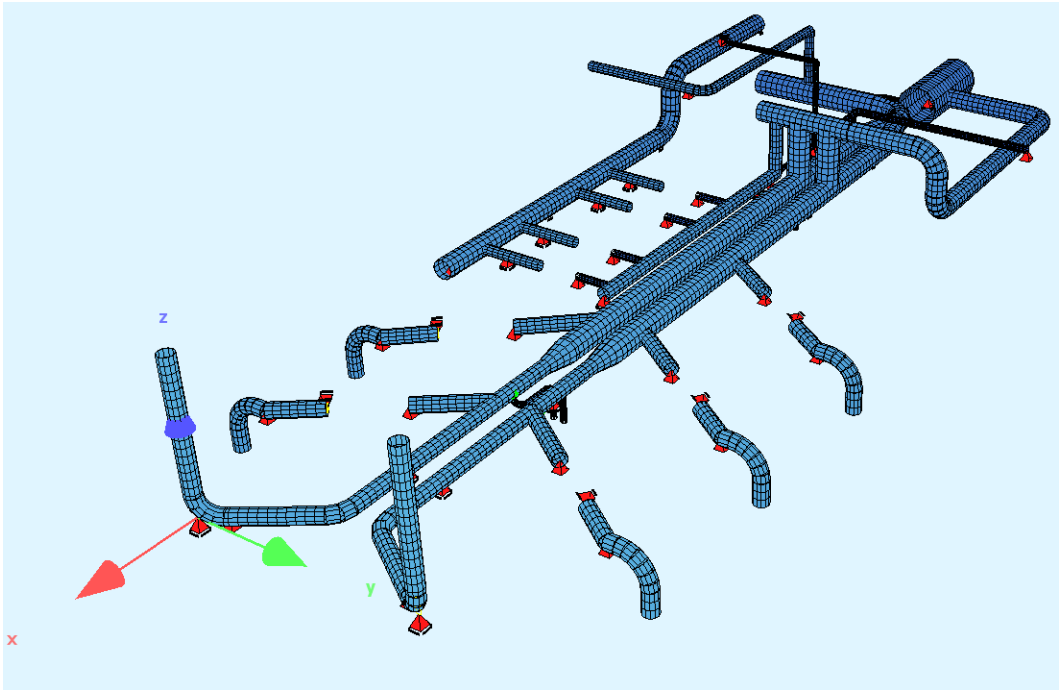
Se adjuntan los listados de entrada de datos y salida de resultados del modelo de cálculo. Asimismo se incluyen en dicho apartado una serie de esquemas con la numeración de nudos, barras, secciones e hipótesis simples consideradas.

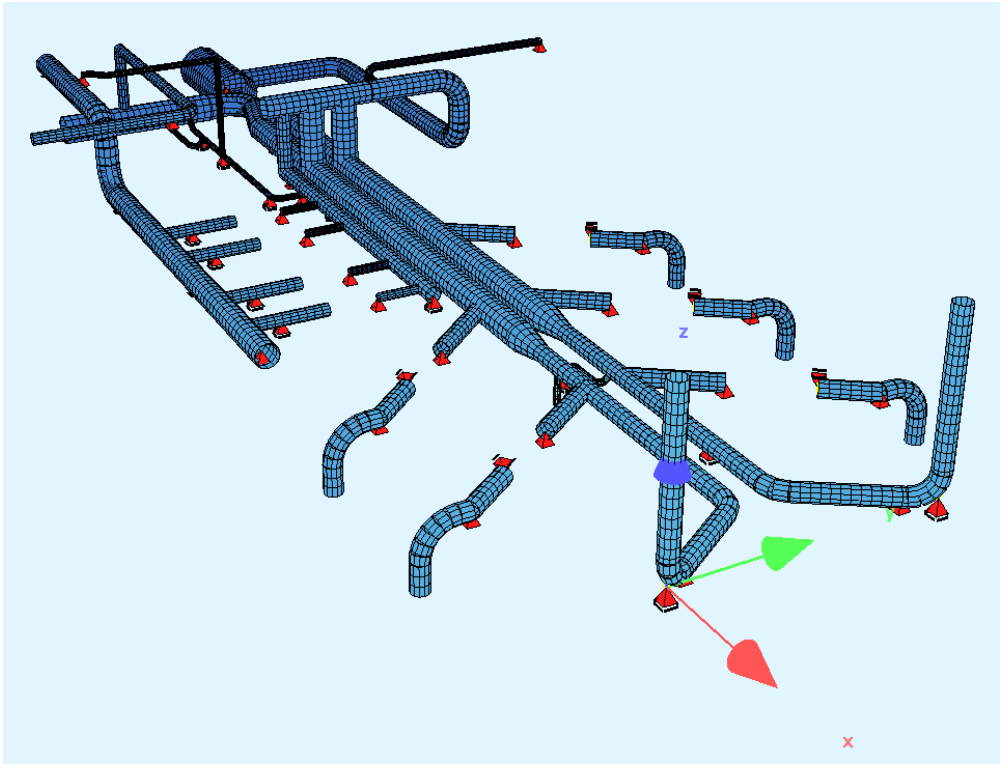
Del propio modelo se han podido obtener las tensiones generadas por los esfuerzos. A estas tensiones se debe añadir la tensión circunferencial generada por la presión interior, determinándose la tensión de comparación de Von Mises y verificando que es inferior a los límites admisibles. En nuestro caso concreto la tensión máxima admisible es de 125,3 N/mm^2 y se ha operado con presiones máximas transitorias, ya que se ha apreciado que es más limitativa esta situación que la alternativa de considerar presiones de servicio y restringir la tensión máxima admisible a 109,3 N/mm^2.

5.5.2. COMPROBACIONES

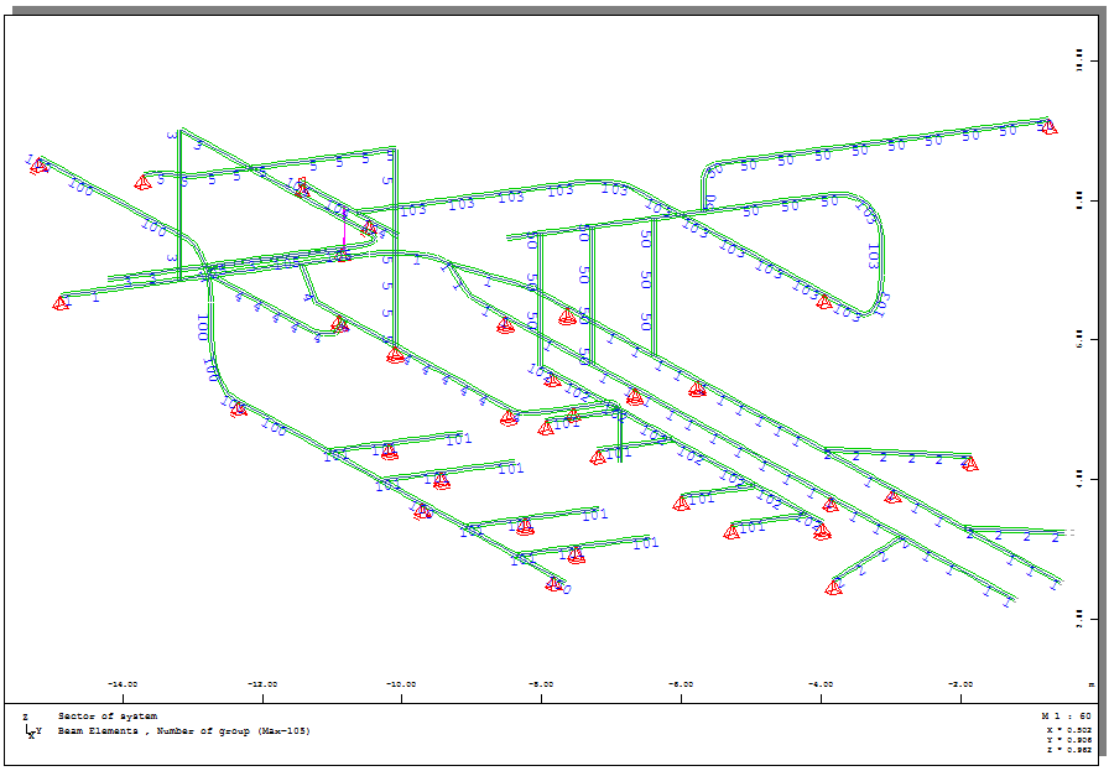
Se incluye en las siguientes páginas un listado con las comprobaciones realizadas. Primero se va a mostrar una imagen del modelo, así como los diferentes grupos realizados en función del tipo de tubería y su posición

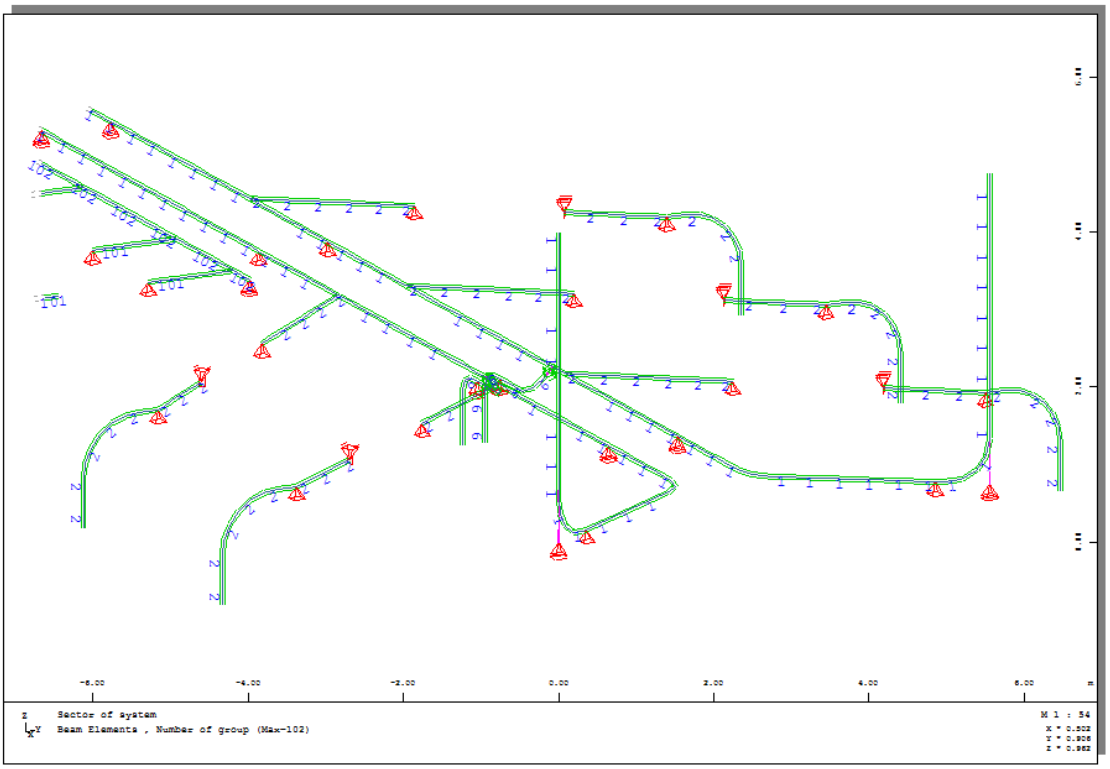
Modelo sofistik, vistas 3d

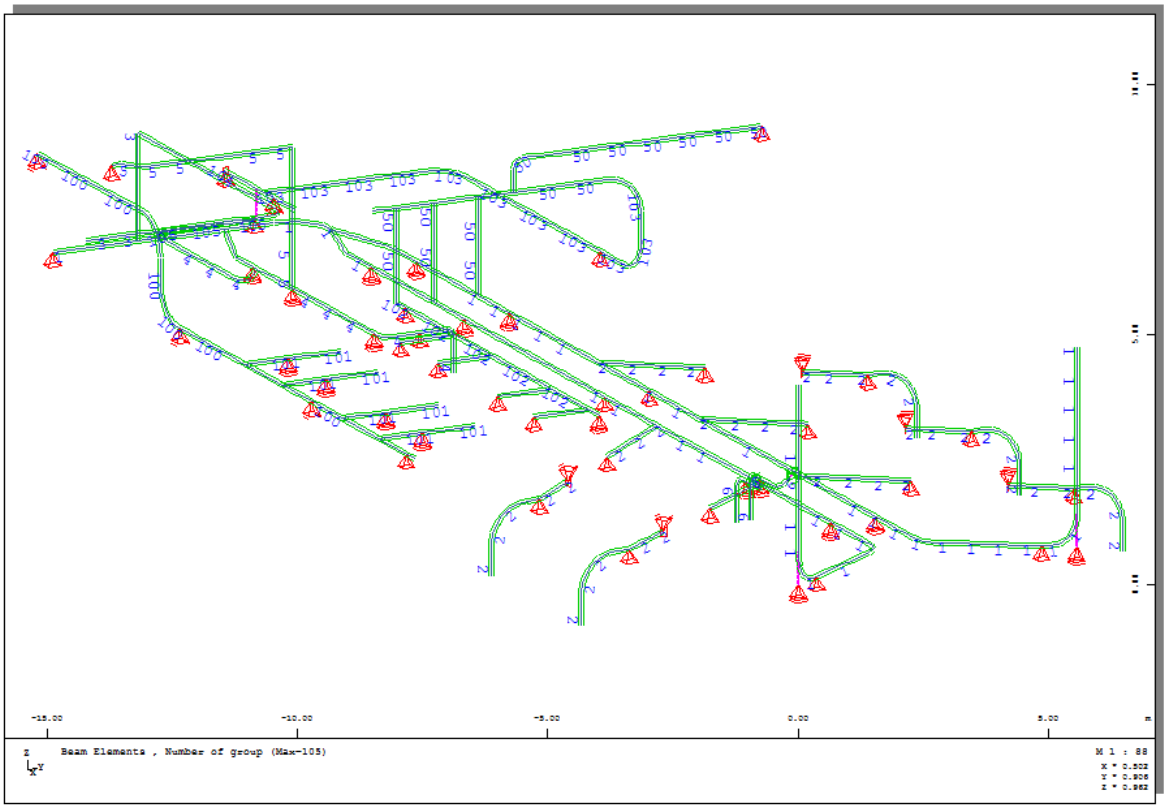




Modelo de cálculo, grupos







Todas las comprobaciones tando de las tuberías, apoyos y anclajes se realizan en el apéndice 2.

6. CÁLCULO ARQUETAS Y OBRAS DE CONEXIÓN

6.1. NORMATIVA

Para la elaboración del proyecto se emplean las normas y recomendaciones enumeradas a continuación.

6.1.1. NORMAS DE ACCIONES

[1] Ministerio de Vivienda. "Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad estructural: Bases de cálculo y acciones en la edificación".
[2] IAP: Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera.

6.1.2. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN

[3] EHE - 08 Instrucción de hormigón estructural. 2008.
[4] NCSE 02.- Norma de construcción Sismorresistente: Parte general y edificación
[5] “Guía de cimentaciones en obras de carreteras”. Ministerio de Fomento, 2004.
[6] Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero.

6.2. BASES DE PROYECTO

6.2.1. CRITERIOS DE SEGURIDAD

Para justificar la seguridad de las estructuras, objeto de este Anejo y su aptitud en servicio, se utilizará el método de los estados límites.

Los estados límites se clasifican en:

- Estados Límite de Servicio.
- Estados Límite Últimos.

Estados Límite de Servicio (E.L.S.)

Se consideran los siguientes:

- E.L.S. de fisuración del hormigón traccionado.
- E.L.S. de fisuración del hormigón comprimido.
- E.L.S. de deformaciones.

Estados límite últimos (E.L.U.)

Los Estados Límite Últimos que se deben considerar son los siguientes:

- E.L.U. de rotura, por deformación plástica excesiva, inestabilidad local o pérdida de estabilidad de una parte o de la totalidad de la estructura.

6.2.2. VALORES CARACTERÍSTICO DE LAS ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en las instrucciones o recomendaciones enumeradas en 3.1. y 3.2.

1) Acciones permanentes

Se refiere a los pesos de los elementos que constituyen la obra, y se supone que actúan en todo momento, siendo constante en magnitud y posición. Están formadas por el peso propio y la carga muerta.

Peso propio

La carga correspondiente al peso propio de los elementos se deduce de la geometría teórica de la estructura, considerando para la densidad los siguientes valores:

- Hormigón armado y pretensado 25 kN/m^3
- Acero de armar y estructural 78,5 kN/m^3

Carga muerta

Son las debidas a los elementos no resistentes, y que en este caso son:

- Zonas de relleno de hormigón no estructural 25 kN/m^3
- Zonas de relleno de tierras 20 kN/m^3
- Zonas de relleno de firme 24 kN/m^3

Acciones debidas al terreno.

El terreno está compuesto por dos estratos:

1. Rellenos antrópicos.

Espesor = 6,00 metros.
Peso específico aparente = 20,00 kN/m^3.
Cohesión efectiva = 0,00 kp/cm^2.
Ángulo de rozamiento efectivo = 32º.
Módulo de deformación = 9 MPa.
Módulo de balasto horizontal = 10.000 kN/m^3.
Módulo de balasto vertical = 15.000 kN/m^3.

2. Arena de miga.

Espesor = 9,00 metros.
Peso específico aparente = 21,00 kN/m^3.
Cohesión efectiva = 0,06 kp/cm^2.
Ángulo de rozamiento efectivo = 38º.
Módulo de deformación = 45 MPa.
Módulo de balasto horizontal = 100.000 kN/m^3.
Módulo de balasto vertical = 120.000 kN/m^3.

En este apartado se consideran las acciones originadas por el terreno natural o de relleno, sobre los elementos en contacto con él.

La acción del terreno sobre la estructura es doble: peso sobre elementos horizontales y empuje sobre elementos verticales.

El peso se determinará aplicando al volumen de terreno que gravita sobre la superficie del elemento horizontal, el peso específico del relleno vertido y compactado. Se considera la densidad indicada anteriormente.

El empuje es función de las características del terreno y de la interacción terreno-estructura, de acuerdo con la formulación que se describe más adelante.

En el caso en que exista una incertidumbre sobre la posible actuación del empuje de tierras, deberá no considerarse en los casos en que su actuación sea favorable para el efecto en estudio.

- Empuje activo

A efectos del cálculo de estabilidad y tensiones en el terreno, se considera una ley triangular, actuando sobre un plano vertical desde la parte final del talón. La ley de empujes es efectiva desde la superficie del terreno. Los coeficientes de empuje considerados han sido los que proporciona el Estado de Rankine:

$$\lambda_h = \cos^2\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}} \quad \Rightarrow \text{Coef . de empuje horizontal}$$

$$\lambda_v = \text{sen}\,\beta\cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}} \Rightarrow \text{Coef . de empuje vertical}$$

Siendo:

φ Ángulo de rozamiento interno del relleno

β Ángulo que forma el talud de coronación con la horizontal

A efectos del cálculo estructural de los alzados, se considera una ley triangular actuando desde la sección inferior del mismo hasta su coronación. Se admite que el relleno del trasdós es de la suficiente calidad como para suponer que el empuje es el correspondiente al Estado de Coulomb, con un ángulo de rozamiento tierras-muro de δ.

$$\lambda_h = \frac{\text{sen}^2(\alpha+\varphi)}{\text{sen}^2\alpha\left[1+\sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi+\delta)\,\text{sen}(\varphi-\beta)}{\text{sen}(\alpha+\delta)\,\text{sen}(\alpha-\beta)}}\right]^2} \Rightarrow \text{Coef . de empuje horizontal}$$

Siendo:

δ Ángulo de rozamiento tierras-muro

α Ángulo que forma el trasdós con la horizontal

- Empuje pasivo

Para la evaluación del empuje pasivo se supone una ley triangular actuando desde la parte superior de la puntera, sin tener en cuenta, por tanto, el relleno situado sobre la misma.

$$\lambda_h = 0{,}5\,\frac{1+\text{sen}\,\varphi}{1-\text{sen}\,\varphi} \Rightarrow \text{Coef . de empuje horizontal}$$

Debido a la incertidumbre de la actuación de esta carga, en general no es considerado el empuje pasivo salvo que sea de carácter desfavorable.

2) Acciones variables

- SOBRECARGAS DE USO.

  4 KN/m^2

3) Acciones accidentales.

Acciones sísmicas.

En la localidad de Tres Cantos (Madrid), según NCSE 02.- Norma de construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02) [4] no es necesario considerar la acción sísmica.

6.2.3. VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el "Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad estructural: Bases de cálculo y acciones en la edificación" [1].

Las acciones se definen en su magnitud por sus valores representativos.

Una misma acción puede tener un único o varios valores representativos, según se indica a continuación, en función del tipo de acción.

1) Acciones permanentes (G)

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico G_k.

2) Acciones variables (Q)

Cada una de las acciones variables puede considerarse con los siguientes valores representativos:

- Valor característico Q_k: valor de la acción cuando actúa aisladamente, que ha sido definido en el apartado Valores Característicos de las Acciones.
- Valor de combinación ψ_0 Q_k: valor de la acción cuando actúa en compañía de alguna otra acción variable.
- Valor frecuente ψ_1 Q_k: valor de la acción que es sobrepasado durante un período de corta duración respecto a la vida útil del puente.
- Valor casi-permanente ψ_2 Q_k: valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil del puente.

Los valores de los coeficientes ψ en el caso del " Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad estructural: Bases de cálculo y acciones en la edificación" [1] son los que se indican en la siguiente tabla:

3) Acciones accidentales (A)

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	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 F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	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

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Para las acciones accidentales se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico A_k.

6.2.4. VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el "Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad estructural: Bases de cálculo y acciones en la edificación" [1].

Los valores de cálculo de las diferentes acciones son los obtenidos aplicando el

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

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
	Variable	1,50	0
		desestabilizadora	estabilizadora
Estabilidad	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

[1] Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

correspondiente coeficiente parcial de seguridad γ a los valores representativos de las acciones, definidos en el apartado anterior.

1) Estados Límite Últimos (E.L.U.)

En el caso del "Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad estructural: Bases de cálculo y acciones en la edificación" [1]:

2) Estados Límite de Servicio (E.L.S.)

Para los coeficientes parciales de seguridad γ se tomarán valores unitarios.

6.2.5. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el "Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad estructural: Bases de cálculo y acciones en la edificación" [1] según el elemento en estudio.

Las hipótesis de carga a considerar se formarán combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación pueda ser simultánea, según los criterios generales que se indican a continuación.

1) Estados Límite Últimos

Situaciones persistentes y transitorias.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizará de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}\,G_{k,j}+\sum_{i\geq 1}\gamma_{G^*,i}\,G^*_{k,i}+\gamma_{Q,1}\,Q_{k,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\,\Psi_{0,i}\,Q_{k,i}$$

Dónde:

$G_{k.j}$ valor representativo de cada acción permanente.

$G^*_{k,i}$ valor representativo de cada acción permanente de valor no constante.

$Q_{k,1}$ valor representativo (valor característico) de la acción variable dominante.

$\gamma_{0,i}\,Q_{k,i}$ valores representativos (valores de combinación) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante.

2) Situaciones accidentales

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}+\sum_{i\geq 1}\gamma_{G^*,i}\,G^*_{k,i}+\gamma_{Q,1}\,\psi_{1,1}\,Q_{k,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\,\psi_{2,i}\,Q_{k,i}+A_k$$

Donde:

$G_{k,j}$; $G^*_{k,i}$ valores representativos de las acciones

$\psi_{1,1}\,Q_{k,1}$ valor representativo (valor frecuente) de la acción variable dominante

$\psi_{2,1}\,Q_{k,j}$ valores representativos (valores casi-permanentes) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante y la acción accidental

A_k valor representativo (valor característico) de la acción accidental

3) Estados Límite de Servicio

Para estos estados se consideran únicamente las situaciones persistentes y transitorias, excluyéndose las accidentales.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizará de acuerdo con el siguiente criterio:

- Combinación característica (poco probable o rara):

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{G^*,i}\, G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1}\, Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i}\, \psi_{0,i}\, Q_{k,i}$$

- Combinación frecuente:

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{G^*,i}\, G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1}\, \psi_{1,1}\, Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i}\, \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

- Combinación casi-permanente:

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{G^*,i}\, G^*_{k,i} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i}\, \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

6.2.6. CRITERIOS DE DURABILIDAD

Las estructuras proyectadas deben ser construidas y utilizadas de forma que mantengan sus condiciones de seguridad, funcionalidad y aspecto, ajustándose a los costes de conservación y explotación previstos.

Elementos de hormigón

En el proyecto y en la ejecución se deben contemplar las indicaciones relativas a la durabilidad contenidas en la «Instrucción de hormigón estructural», EHE - 08 [3]. Elementos durables no se consiguen sólo a través de un adecuado proyecto y una cuidada ejecución, de la misma importancia es un mantenimiento adecuado de los elementos.

Se tendrá en cuenta no sólo la durabilidad del acero estructural y del hormigón frente a las acciones físicas y al ataque químico, sino también la corrosión que puede

afectar a las armaduras metálicas, debiéndose, por tanto, prestar especial atención a los recubrimientos de las armaduras principales y estribos. Los hormigones deberán ser muy homogéneos, compactos e impermeables.

Elementos metálicos

Se dispondrán agujeros pequeños en la chapa inferior de aquellas vigas de sección cerrada, de tal manera que permitan la salida del agua de filtración o procedente de lluvias que ocurran durante el proceso de construcción. También servirán para asegurar la salida del aire caliente hacia el exterior, tomándose medidas para evitar que por dichos orificios penetren al interior aves u otros animales.

Toda superficie de vigas, pilas y correas deberá ir protegida con pintura anticorrosión.

En las superficies exteriores de vigas, pilas y correas, la pintura será además del color indicado en planos, o que elija la propiedad.

El incremento de espesores en superficies inaccesibles se establece en función del ambiente.

Inspección y mantenimiento

El proyecto se ha redactado suponiendo que las estructuras estarán adecuadamente inspeccionadas y mantenidas.

Se deben contemplar también las indicaciones relativas al mantenimiento contenidas en la «Instrucción de hormigón estructural» (EHE) [3] y “Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero” [6].

6.3. MATERIALES

6.3.1. HORMIGÓN

Resistencia a compresión

Se consideran las siguientes resistencias características:

- Hormigón en toda la obra HA-30/B/20/IIb+Qa
- Hormigón de limpieza HL-150/B/20
- Hormigón no estructural, para rellenos HNE-15/B/20

Módulo de elasticidad

Para tener en cuenta la variación del módulo de elasticidad con el tiempo se ha considerado la siguiente expresión:

$$E_c(t) = E_{c,28}\sqrt{e^{s\left(1-\sqrt{\frac{28}{t}}\right)}}$$

Siendo:

$E_c(t)$ módulo de elasticidad en el instante t

$E_{c,28}$ módulo de elasticidad a los 28 días

t instante considerado, expresado en días, a partir de la fecha de hormigonado

s parámetro función del tipo de cemento:

- 0,20 para cementos de alta resistencia con endurecimiento rápido.
- 0,25 para cementos de resistencia normal con endurecimiento normal.
- 0,38 para cementos con endurecimiento lento.

Para $E_{c,28}$ se toma el valor:

$$E_{c,28} = 8500\sqrt[3]{fck + 8}$$

Con f_{ck} y $E_{c,28}$ en [N/mm²].

6.3.2. ACERO DE ARMAR

Resistencia

Para todos los elementos estructurales, se considera acero B-500 S de 500 N/mm^2 de límite elástico.

Módulo de elasticidad

Se toma E_s = 200.000 N/mm^2

6.3.3. ACERO ESTRUCTURAL

Resistencia

Para todos los elementos estructurales, se considera acero S275 JR de 275 N/mm^2 de límite elástico.

Módulo de elasticidad

Se toma E_s = 200.000 N/mm^2

6.3.4. NIVELES DE CONTROL

El control de calidad de los elementos de hormigón armado abarca el control de materiales y el control de la ejecución.

1) Elementos de hormigón armado

Control de materiales

El control de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes, así como el control del acero de armar se efectuará según lo establecido en la «Instrucción de

hormigón estructural», EHE.

El fin del control es verificar que la obra terminada tienen las características de calidad especificadas en el proyecto, que son las generales de la Instrucción EHE. Existen diferentes niveles de control La realización del control se adecuará al nivel adoptado en el proyecto.

Control de la ejecución

El control de la calidad de la ejecución de los elementos de hormigón se efectuará según lo establecido en la Instrucción EHE.

Existen diferentes niveles de control. La realización del control se adecuará al nivel adoptado para la elaboración del proyecto.

Niveles de control

En el proyecto se adoptan los siguientes niveles de control según la definición de EHE:

- **Acero de armar y pretensado**

  Todos los casos: Normal

- **Hormigón**

  Todos los casos: Estadístico

- **Ejecución**

  Todos los casos: Intenso

Corresponde a la Dirección de Obra la responsabilidad de la realización de los controles anteriormente definidos.

2) Elementos de acero estructural

Control de materiales.

El control de la calidad del acero estructural se efectuará según lo establecido en “Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero” [6].

El fin del control es verificar que la obra terminada tienen las características de calidad especificadas en el proyecto.

Control de la ejecución.

El control de la calidad de la ejecución de los elementos de hormigón se efectuará según lo establecido en “Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero” [5].

Existen diferentes niveles de control. La realización del control se adecuará al nivel adoptado para la elaboración del proyecto.

En lo referente a los controles a realizar, frecuencia etc, se tomará como modelo lo indicado en el artículo 11.2 de la RPX-95, y para el control de las uniones soldadas se tomará como modelo la tabla indicada en el artículo 11.2.3. de la RPX.

Niveles de control.

En el proyecto se adoptan los siguientes niveles de control según la definición de EHE:

- **Acero estructural**

  Perfiles: Estadístico

- **Ejecución**

  Todos los casos: Normal

Corresponde a la Dirección de Obra la responsabilidad de la realización de los controles anteriormente definido

6.4. CÁLCULOS MECANIZADOS

En los cálculos realizados en el dimensionamiento de todos los elementos de la estructura en estudio se han utilizado las siguientes herramientas.

6.4.1. PRONTUARIO INFORMÁTICO DEL HORMIGÓN EHE

Se trata de una herramienta informática bastante general en cuanto al hormigón armado. Permite diseñar secciones a cualquier estado límite, además de comprobar otros temas como durabilidad, sistemas constructivos, etc.

En este caso ha sido empleada para cálculo y comprobación de secciones rectangulares y circulares.

6.4.2. PROGRAMA SAP 2000 V14

SAP 2000 es un programa genérico de elementos finitos que permite el análisis de estructuras bidimensionales o tridimensionales. Los modelos pueden estar formados por elementos finitos tipo placa (shell), o elementos barra tipo viga (frame).

6.4.3. ESTRATEGIA DE CÁLCULO

Al objeto de tener un control sobre todos los resultados se han seguido los siguientes pasos:

Se han calculado las armaduras mínimas geométricas y mecánicas de todos los elementos.

Se han dividido las estructuras en elementos individuales sencillos, losas de cubierta o de fondo y muros de sótano o contención.

Una vez predimensionados los elementos se ha procedido al cálculo espacial de las estructuras mediante SAP 2000 para prevenir posibles zonas en las que la separación en elementos simples no permite modelar.

7. PERFORACIONES EN MUROS EXISTENTES PARA EL PASO DE TUBERÍAS O HUECOS DE PASO DE PERSONAS

7.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

La normativa utilizada en el desarrollo de los siguientes cálculos ha sido la siguiente:

- ✓ *"EHE08. Instrucción de Hormigón Estructural"*. Ministerio de Fomento. 2008.
- ✓ *"Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. IAP 2011"*. Ministerio de Fomento.
- ✓ CTE. DB-SE-AE. *"Acciones en la edificación"*. Ministerio de la vivienda. 2006.
- ✓ CTE. DB-SE. *"Seguridad estructural "*. Ministerio de la vivienda. 2006.
- ✓ CTE. DB-SE-A "Seguridad estructural. Acero ". Ministerio de la Vivienda. 2006.
- ✓ *"Norma de construcción sismorresistente NCSE-02. Edificación"*. 2002.
- ✓ *"EAE. Instrucción de Acero Estructural". Ministerio de Fomento. Junio 2011.*
- ✓ *UNE-ENV 1993-1-1: 1992. "Eurocódigo EC-3. Proyecto de estructuras de acero".*

7.2. MATERIALES

Se consideran los siguientes materiales:

- Acero S 275: 275 N/mm^2 / 430 N/mm^2

Los aceros laminados indicados anteriormente deberán cumplir las condiciones de ductilidad siguientes:

- La relación entre la tensión de rotura y el límite elástico, en valores de ensayo, no debe ser inferior que 1'20.

- El alargamiento en rotura en una probeta de sección original A_o, medida sobre una longitud de 5'65 $A_o^{1/2}$, debe ser superior al 15%.
- La relación entre las deformaciones correspondientes a la tensión de rotura y al límite elástico debe ser superior a 20.

Las demás características del acero estructural serán las siguientes:

- Módulo de elasticidad: E_s = 210000 N/mm^2
- Módulo de elasticidad transversal: G = 80770 N/mm^2
- Coeficiente de Poisson: v = 0'30
- Coeficiente de dilatación lineal: α = 12 x 10-6 ($^oC^{-1}$)
- Densidad: γ = 78,5 KN / m³

Como diagrama tensión-deformación de cálculo se ha adoptado el diagrama bilineal con rama horizontal a partir del límite elástico.

Como condiciones de durabilidad del acero estructural se establecen las siguientes:

- Estructura en clase de exposición C2, vida útil 50 años y durabilidad media del sistema de pintura (5-15 años) según EAE.
- Se limpiará la superficie de la perfilería y chapas con chorro de arena de grado SA 2 ½ según Norma UNE-EN ISO 8504.
- El sistema de pintura según UNE-EN ISO 12944-5 Anexo A Tipo 5.2.10 o similar.

7.3. NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES

El control de la calidad del acero estructural se efectuará según lo establecido en la *"Instrucción de Acero Estructural EAE"*. El fin de estos controles es verificar que la obra terminada tiene las características de calidad especificadas en el proyecto, que son las generales de la instrucción EAE.

Se han adoptado los siguientes niveles de control de materiales y ejecución:

- Acero estructural: Normal
- Ejecución: Intenso

Corresponde a la Dirección de Obra la responsabilidad de la realización de los controles anteriormente definidos. Estos controles están en acuerdo recíproco con los coeficientes parciales de seguridad adoptados para los cálculos justificativos de la seguridad estructural.

Los coeficientes parciales de seguridad adoptados para la resistencia de materiales han sido:

- Acero estructural (secciones): $\gamma_{M0} = 1,05$
- Acero estructural (inestabilidad): $\gamma_{M1} = 1,05$

7.4. ACCIONES CONSIDERADAS

Para la evaluación de las acciones que dimensionan los perfiles metálicos, se tienen en cuenta únicamente las acciones que no están presentes permanentemente, puesto que estas, en el momento de realizar los agujeros, se redistribuirán en los muros buscando las zonas de paso.

Estas cargas una vez evaluadas, se deben trasladar a la cara superior de los dinteles de los pórticos, con una cierta abertura, que se ha realizado con una inclinación de 30º

7.4.1. MURO A

En este muro hay que tener en cuenta las cargas que transmite el puente grúa, y las sobrecargas de la losa superior:

HUECOS 1 y 2		γ [kN/m³]	$L_{derecha}$ [m]	$L_{izquierda}$ [m]	Canto [m]	Carga [kN/m]
Sobrecarga parte superior:		5.00	2.66	2.00	1.00	11.65
		γ [kN/m³]	$L_{derecha}$ [m]	ancho [m]	Canto [m]	Carga [kN]
- CARGAS puntuales:	Máx. Puente grúa					50.20
	Mín. Puente grúa					12.40
	Media Puente grúa					31.30
- CARGAS puntuales:	Máx. Puente grúa	50.20	2.19			22.92
	Mín. Puente grúa	12.40	2.19			5.66
	Media Puente grúa	31.30	2.19			14.29

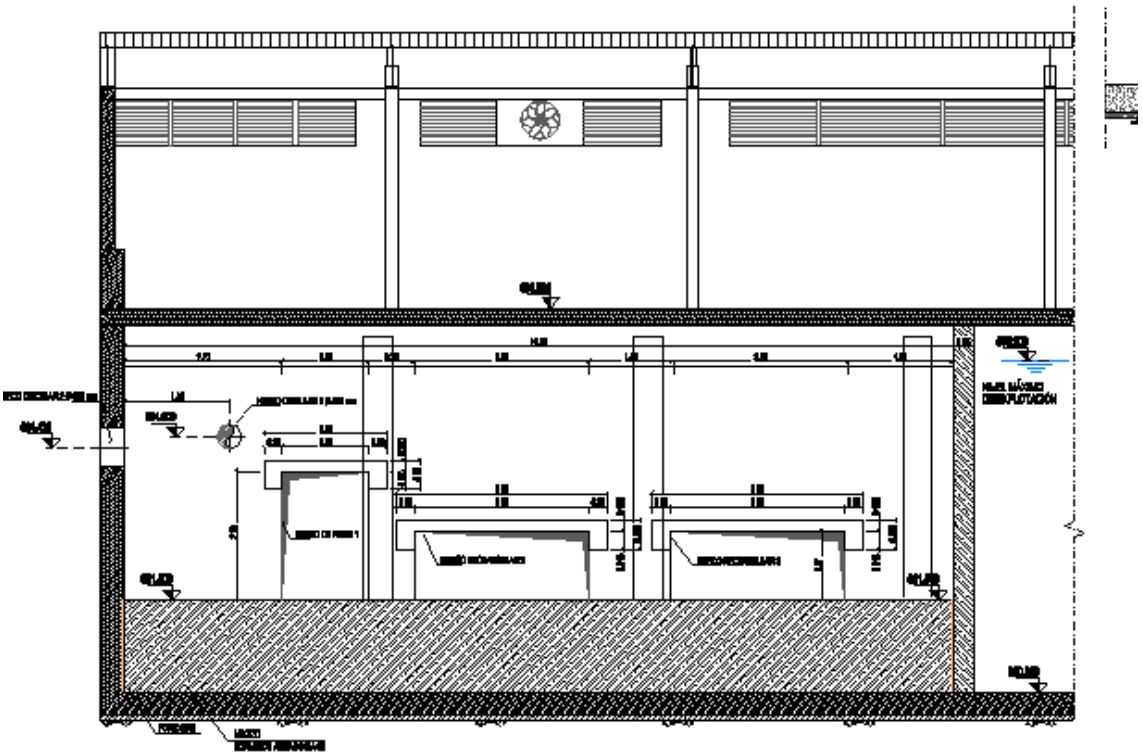
HUECO DE PASO 1		γ [kN/m³]	$L_{derecha}$ [m]	$L_{izquierda}$ [m]	Canto [m]	Carga [kN/m]
Sobrecarga parte superior:		5.00	2.66	2.00	1.00	11.65

		γ [kN/m³]	$L_{derecha}$ [m]	ancho [m]	Canto [m]	Carga [kN]
- CARGAS puntuales:	Máx. Puente grúa					22.92
	Mín. Puente grúa					5.66
	Media Puente grúa					14.30
- CARGAS puntuales:	Máx. Puente grúa	22.92	1.00			22.92
	Mín. Puente grúa	5.66	1.00			5.66
	Media Puente grúa	14.30	1.00			14.30

HUECO 3		γ [kN/m³]	$L_{derecha}$ [m]	$L_{izquierda}$ [m]	Canto [m]	Carga [kN/m]
- CARGAS en áreas:						
	Sobrecarga parte superior	5.00	0.00	2.34	1.00	5.84
- CARGAS lineales:	Apoyo de losa cota 696.699		CARGA YA MAYORADA			58.37
						231.44
						88.80

		γ [kN/m³]	$L_{derecha}$ [m]	ancho [m]	Canto [m]	Carga [kN]
- CARGAS puntuales:	Viga Transversal 0.50x0.70	0.00	4.39	0.50	0.70	0.00
	Máx. Puente grúa					100.00
	Mín. Puente grúa					20.00
	Media Puente grúa					60.00
	Carretón					55.00
- CARGAS lineales:	Apoyo de losa cota 696.69	CARGA YA MAYORADA		58.37	2.66	155.27
				231.44	2.29	530.00
				88.80	2.69	238.88

Abertura de las cargas puntuales		Carga [kN]	L [m]			Carga [kN/m]
	Viga Transversal 0.50x0.70	0.00	3.55			0.00
	Máx. Puente grúa	100.00	3.55			28.17
	Mín. Puente grúa	20.00	3.55			5.63
	Media Puente grúa	60.00	3.55			16.90
	Carretón	55.00	3.95			13.92
- CARGAS lineales:	Apoyo de losa cota 696.69	155.27	4.51			34.46
		530.00	5.9839			88.57
		238.88	5.7839			41.30



Alzado del muro A

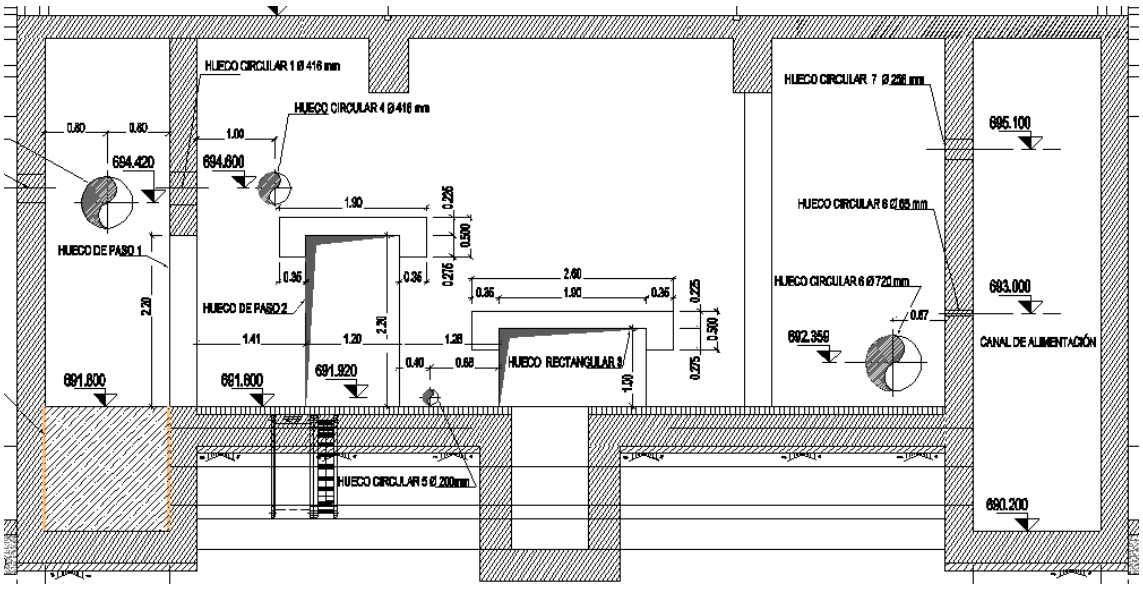
7.4.3. MURO B

En el muro B hay que tener en cuenta a parte de las anteriores, las cargas que transmite la losa de la arqueta de conexión de red, calculada en el apéndice 1

HUECO DE PASO 2		γ [kN/m³]	$L_{derecha}$ [m]	$L_{izquierda}$ [m]	Canto [m]	Carga [kN/m]
- CARGAS en áreas:	PP losa de cubierta:					
	Sobrecarga parte superior	5.00	0.00	2.34	1.00	5.84
- CARGAS lineales:	Apoyo de losa cota 696.699		CARGA YA MAYORADA			58.37
						231.44
						88.80

		γ [kN/m³]	$L_{derecha}$ [m]	ancho [m]	Canto [m]	Carga [kN]
- CARGAS puntuales:	Viga Transversal 0.50x0.7(	0.00	4.39	0.50	0.70	0.00
	Máx. Puente grúa					100.00
	Mín. Puente grúa					20.00
	Media Puente grúa					60.00
	Carretón					55.00
- CARGAS lineales:	Apoyo de losa cota 696.69	CARGA YA MAYORADA		58.37	2.66	155.27
				231.44	2.29	530.00
				88.80	2.69	238.88

Abertura de las cargas puntuales		Carga [kN]	L [m]		Carga [kN/m]
	Viga Transversal 0.50x0.7(	0.00	2.16		0.00
	Máx. Puente grúa	100.00	2.16		46.31
	Mín. Puente grúa	20.00	2.16		9.26
	Media Puente grúa	60.00	2.16		27.79
	Carretón	55.00	0.00		0.00
- CARGAS lineales:	Apoyo de losa cota 696.69	155.27	3.81		40.73
		530.00	4.5982		115.26



Alzado muro B

7.5. COEFICIENTES DE MAYORACIÓN Y COMBINACIÓN

Se han considerado los siguientes coeficientes de mayorarción de acciones recogidos en el artículo 12 de la EAE

Tipo de acción	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1{,}00$	$\gamma_G = 1{,}35$	$\gamma_G = 1{,}00$	$\gamma_G = 1{,}00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$	$\gamma_{G^*} = 1{,}50$	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$
Variable	$\gamma_Q = 0{,}00$	$\gamma_Q = 1{,}50$	$\gamma_Q = 0{,}00$	$\gamma_Q = 1{,}00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1{,}00$	$\gamma_A = 1{,}00$

siendo para el caso de los Estados Límite de Servicio (E.L.S.) los coeficientes empleados los siguientes:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1{,}00$	$\gamma_G = 1{,}00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$
Variable	$\gamma_Q = 0{,}00$	$\gamma_Q = 1{,}00$

7.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para el caso de las estructuras de hormigón, y tal como se indica en el Art 13º de la EAE se define combinación de acciones como el conjunto acciones que actúan simultáneamente, para una comprobación determinada.

En concreto para los Estados Límite últimos **(ELU)**:

En situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

En situaciones accidentales:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

En situaciones en las que actúa la acción sísmica:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

y para los estados límites de servicio **(ELS)**:

Combinación poco probable:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinación frecuente:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinación cuasi-permanente:

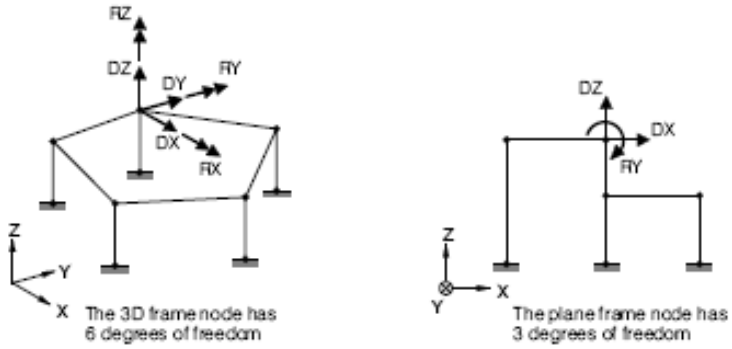
$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

7.8. PROGRAMAS UTILIZADOS

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo losa se ha utilizado el programa de cálculo *STATIK-5 de CUBUS AG*.

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo barra, se ha utilizado el programa de cálculo matricial STATIK-5 de CUBUS AG.

Este programa permite el análisis elástico de cualquier estructura espacial formada por elementos (barras) rectos con sección transversal constante o variable linealmente, de acuerdo con las teorías elástico-lineales de primer o segundo orden. En él las barras están unidas rígidamente por nudos y las condiciones de sustentación son introducidas en los mismos.



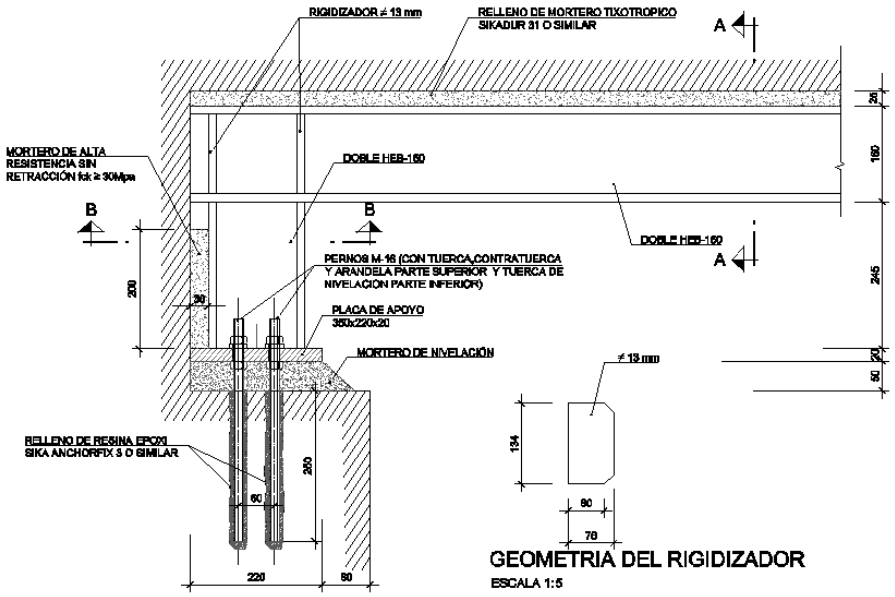
Grados de libertad permitidos por el programa STATIK-5

Adicionalmente, el programa permite la obtención de las tensiones normales de los perfiles, que componen la estructura.

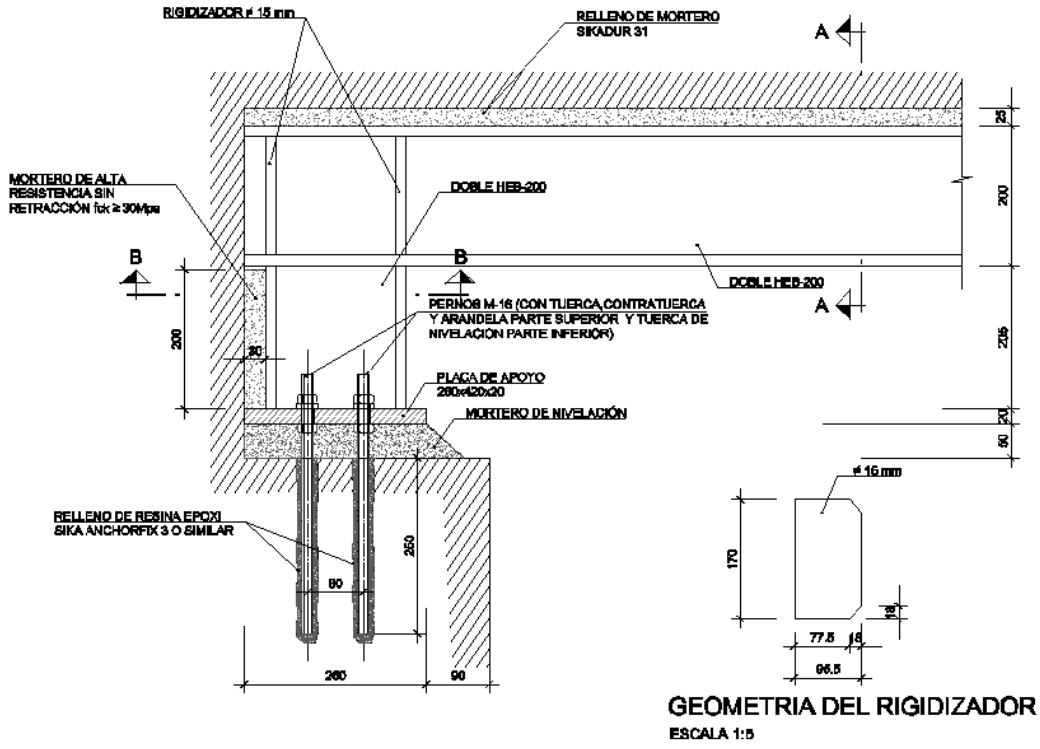
El programa STATIK-5 se ha utilizado para la obtención de esfuerzos en los pórticos ejecutados para los muros

7.9. MURO A

En el muro A se dan tres huecos a realizar, de los cuales el 1 y el 2 son idénticos, y el hueco de paso 1 tiene menor ancho pero la altura es mayor. En vista de las cargas actuantes se determinan las pésimas para el hueco 1 y 2 y el hueco de paso.



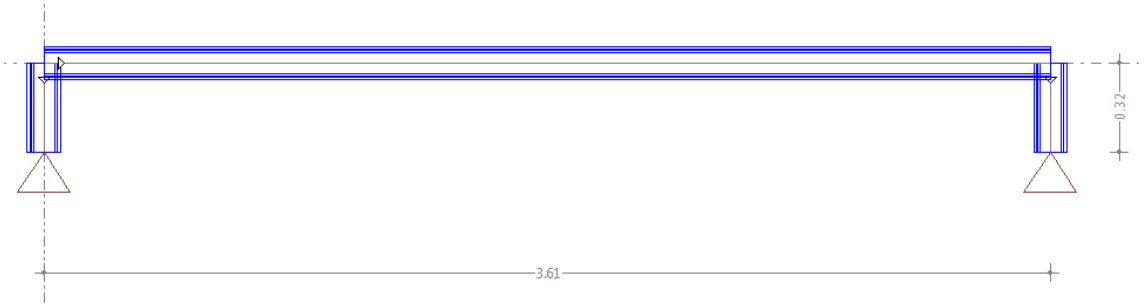
Solución propuesta para el muro A



Solución propuesta para el muro B

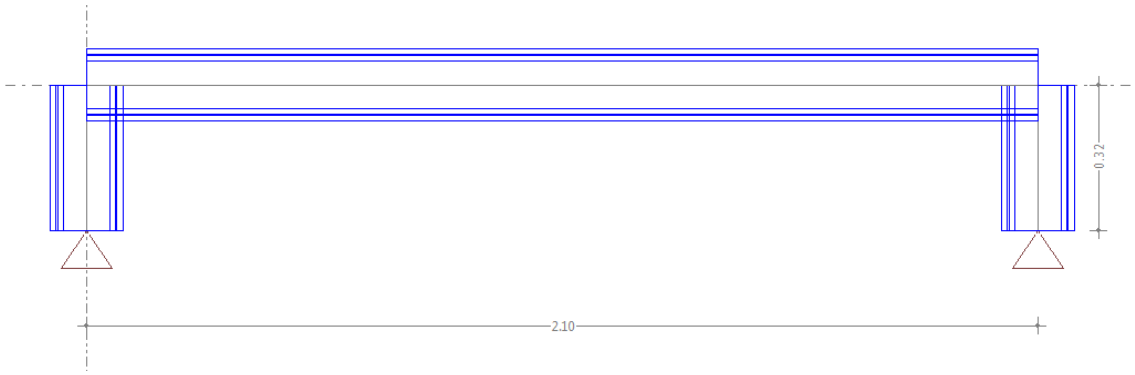
7.9.2. MODELO DE ENTRADA

Hueco 1 y 2



Alzado de la estructura de refuerzo

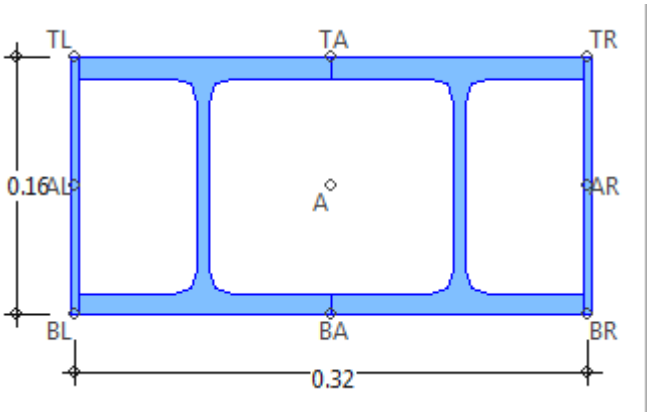
Hueco de paso 1



Alzado de la estructura de refuerzo

7.9.3. SECCIÓN UTILIZADA

Se introduce una doble sección de HEB-160, con placas laterales de 5 mm de espesor, de manera que formen una sección en forma de cajón cerrado.



Sección utilizada

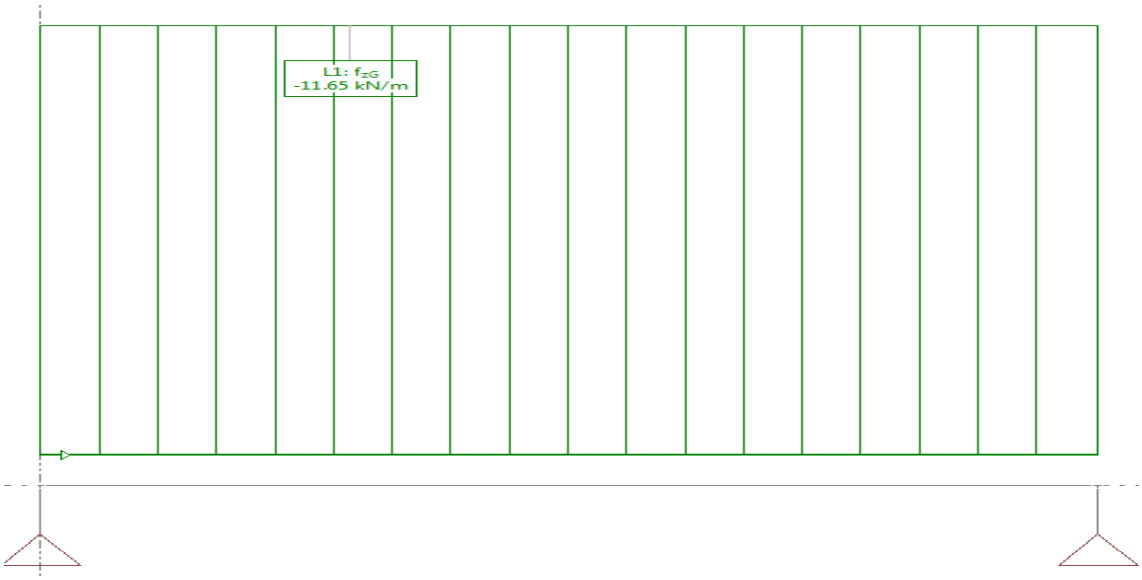
7.9.4. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO

7.9.4.1. Huecos 1 y 2

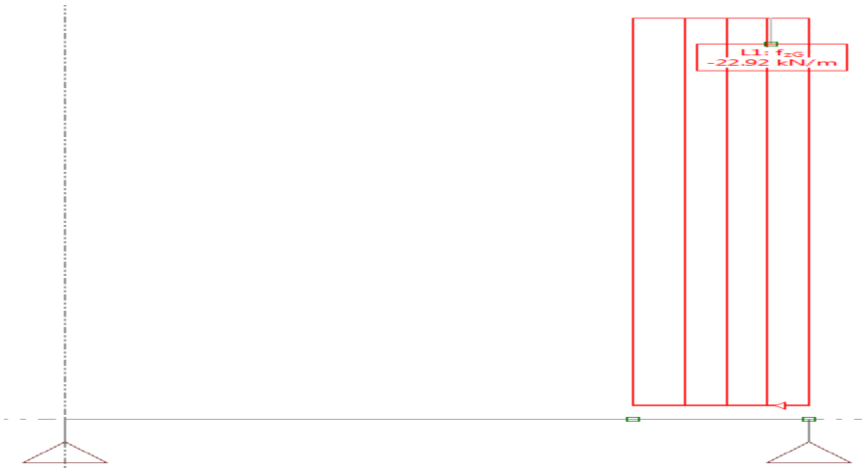
A parte del peso propio se introducen las siguientes cargas:

Sobrecarga de Equipos

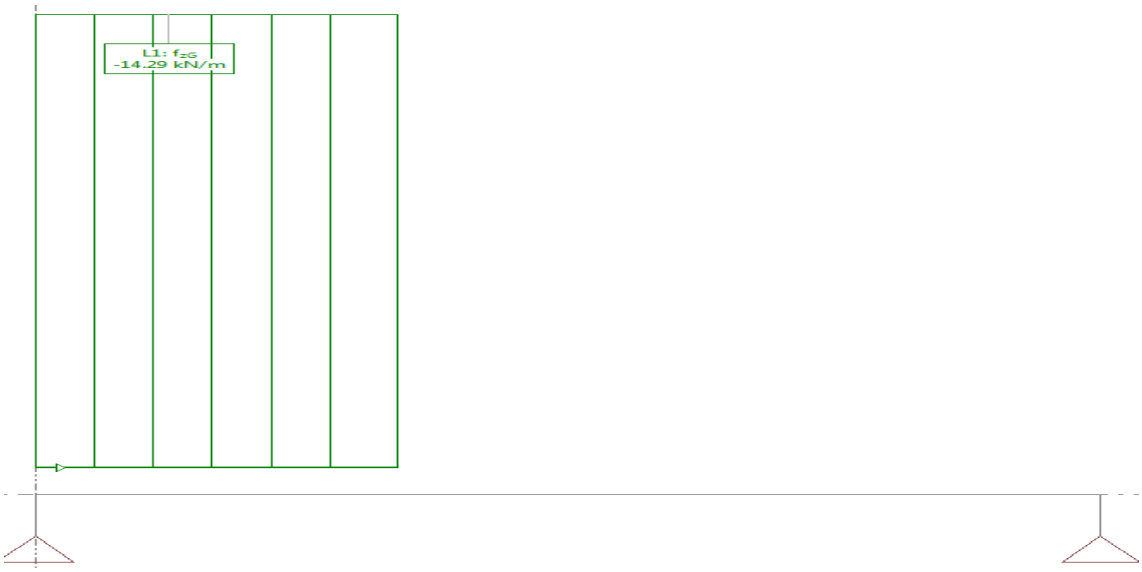
Se presenta sólo el más desfavorable



Diferentes posiciones de la carga en el puente grúa: Se combinan entre los dos puentes grúas que pueden afectar a estos refuerzos, con las cargas máximas o mínimas lo más cercanas a los apoyos de las vigas carrileras:



El valor de esta carga se hace variar en los tres valores indicados en las acciones, con el valor máximo, mínimo y medio.

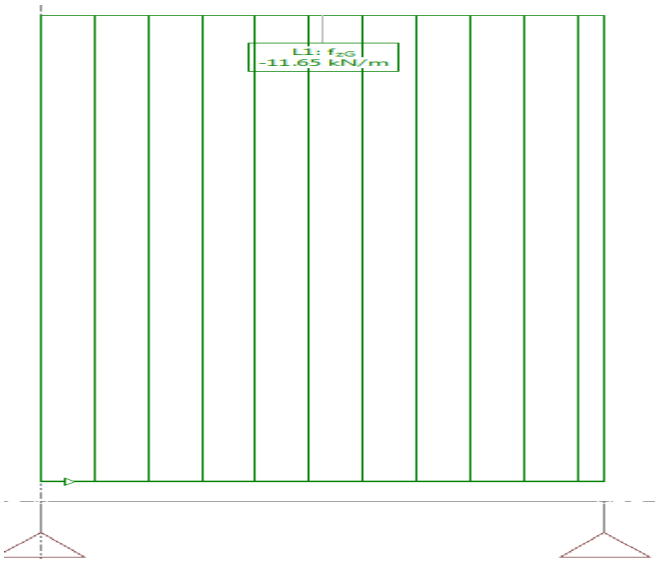


El valor de esta carga se hace variar en los tres valores indicados en las acciones, con el valor máximo, mínimo y medio.

7.9.4.2. Hueco de paso 1:

A parte del peso propio se introducen las siguientes cargas;

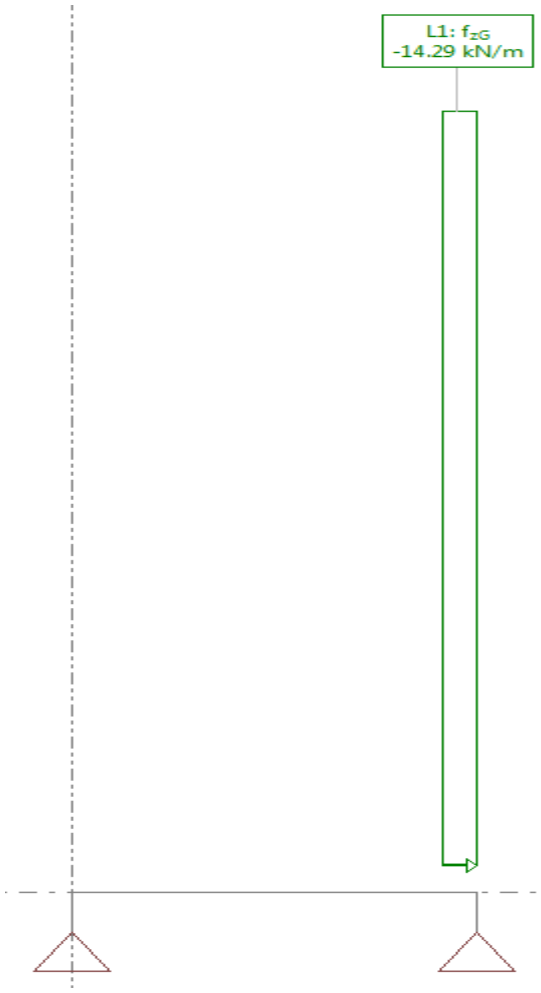
Sobrecarga de equipos



Diferentes posiciones de la carga en el puente grúa: Se combinan entre los dos

puentes grúas que pueden afectar a estos refuerzos, con las cargas máximas o mínimas lo más cercanas a los apoyos de las vigas carrileras:

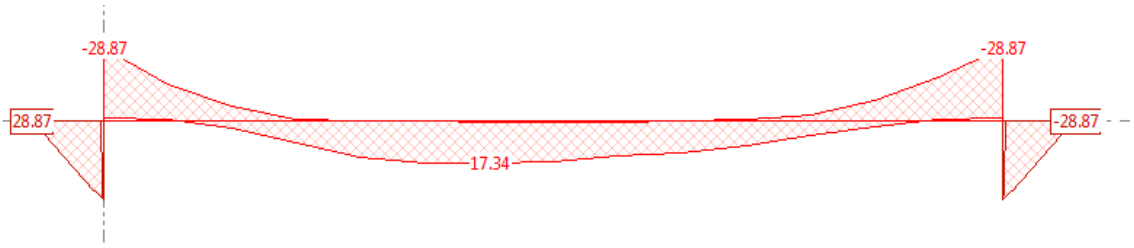
El valor de esta carga se hace variar en los tres valores indicados en las acciones, con el valor máximo, mínimo y medio.



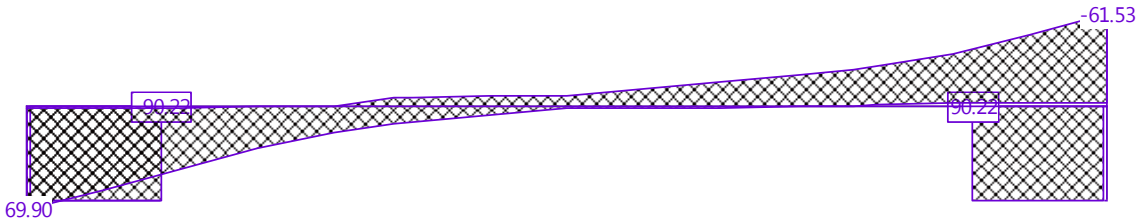
7.9.5. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se incluyen las leyes de momentos flectores, cortantes y axiles, de ambas estructuras para la situación de ELU en situación persistente o transitoria, así como la deformación para ELS:

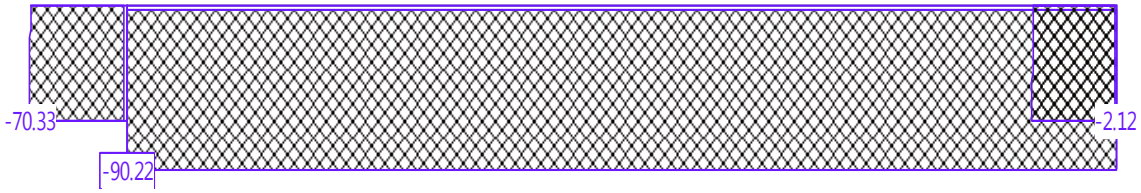
7.9.5.1. Huecos 1 y 2



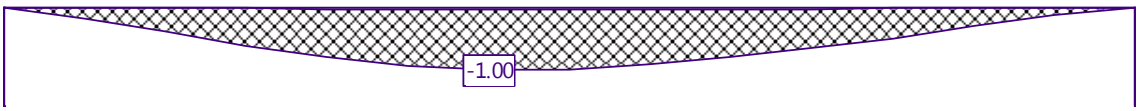
Ley de momentos flectores (m·kN)



Ley de cortantes (kN)

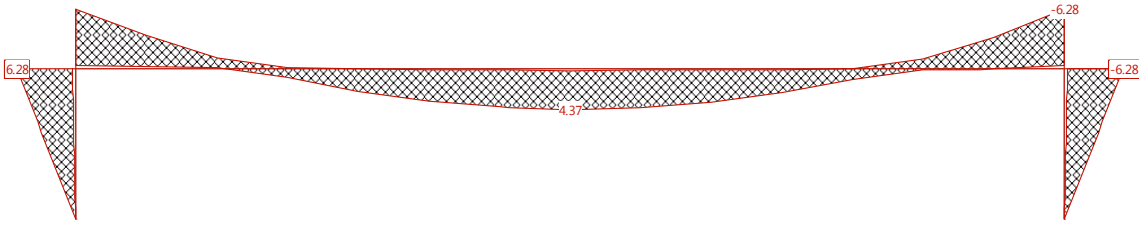


Ley de axiles (kN)

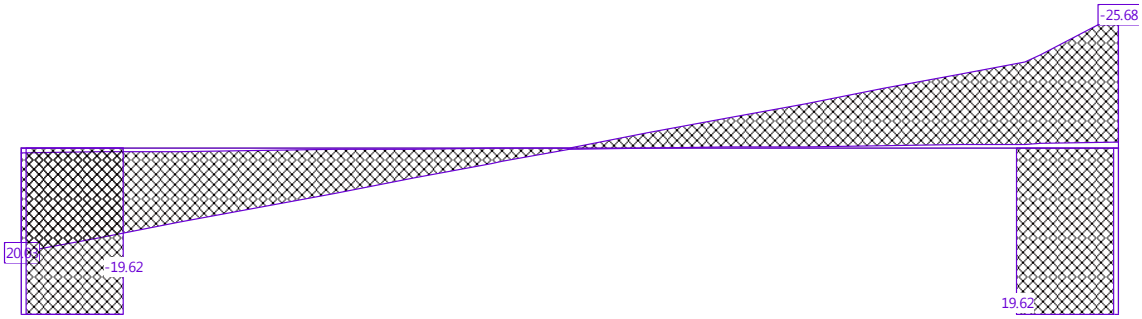


Deformaciones máximas en ELS (mm)

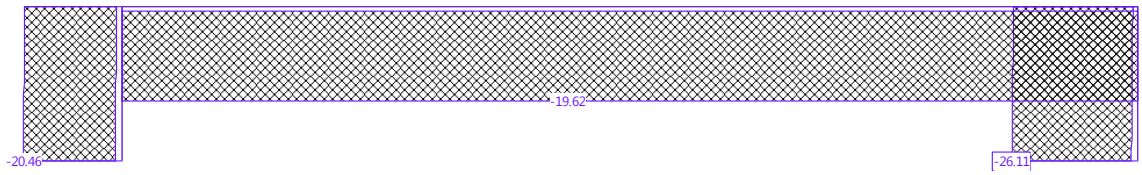
7.9.5.2. Huecos de paso 1



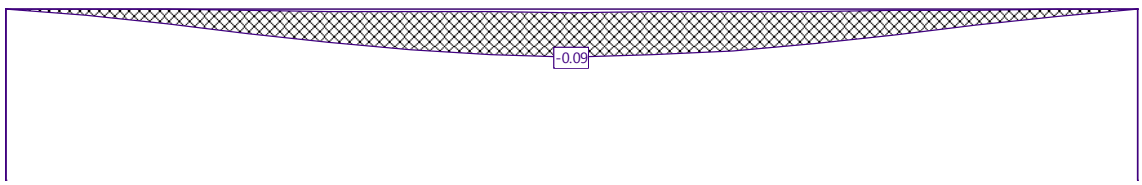
Ley de momentos flectores (m·kN)



Ley de cortantes (kN)



Ley de axiles (kN)



Deformaciones máximas en ELS (mm)

7.9.6. COMPROBACIONES REALIZADAS

Se adjunta la comprobación más desfavorable de todos los esfuerzos obtenidos en los anteriores

7.9.6.1. Huecos 1 y 2:

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección:	Comercial
Forma:	Doble T
Fabricación:	Laminado en caliente
Grupo:	HEB
Perfil:	HEB 160

1.2 Geometría perfil

b (mm) =	160	[ancho sección]
h (mm) =	160	[canto sección]
t_f (mm) =	13.0	[espesor ala]
t_w (mm) =	8.0	[espesor alma]
r (mm) =	15.0	[radio de acuerdo en perfil comercial]
h_w (mm) =	104.0	

1.3 Material

Tipo acero:	S 275		E_s (MPa) =	210,000	
f_y (MPa) =	275		ν =	0.30	
f_u (MPa) =	430		G_s (MPa) =	80,769	
ε =	0.92	[√(235 / f_y)]	γ_{M0} =	1.05	[Artículo 15.3]
Tipo construcción:	Edificación		γ_{M1} =	1.05	[Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) =	10860	[área]
$A_{v,y}$ (mm²) =	3520	[área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) =	4160	[área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10^6) =	49.8	[inercia flexión eje Y]
i_y (mm) =	67.8	[radio giro eje Y]
$w_{el,y}$ (mm³ 10^3) =	622	[módulo resistente elástico flexión eje Y]
$w_{pl,y}$ (mm³ 10^3) =	708	[módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm⁴ 10^6) =	8.89	[inercia flexión eje Z]
i_z (mm) =	40.5	[radio giro eje Z]
$w_{el,z}$ (mm³ 10^3) =	111	[módulo resistente elástico flexión eje Z]
$w_{pl,z}$ (mm³ 10^3) =	170	[módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 10^6) = 0.332 [módulo de torsión de Saint Venant]

1.4.5 Torsión de alabeo

I_w (mm^6 10^{12}) = 0.05 [módulo de alabeo]
$I_{f,z}$ (mm^4 10^6) = 4.44 [inercia de ala respecto flexión eje Z]

1.5 Geometría de la pieza

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) = 3.4
Tipo pieza: Intraslacional
β_y = 1.0
$L_{cr,y}$ (m) = 3.4 [longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) = 3.4
Tipo pieza: Intraslacional
β_z = 1.0
$L_{cr,z}$ (m) = 3.4 [longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.5.3 Geometría de la pieza en relación con el pandeo lateral

Longitud (m) = 3.4
k = 1.0 [coeficiente de longitud eficaz respecto a giro de ala comprimida en su plano]
k_w = 1.0 [coeficiente de longitud eficaz respecto a alabeo]

1.5.4 Geometría de la pieza en relación con la torsión

Longitud (m) = 3.4
Cond. contorno: Giro coartado y alabeo libre en ambos extremos
L_{et} (m) = 3.4 [longitud eficaz a torsión]
y_0 (mm) = 0.0 [distancia G - CEC]
i_0 (mm) = 79.0 [$\sqrt{(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2)}$]
β_T = 1.0 [1 - (y_0 / i_0)^2]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) = -90.2 [tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) = 69.9
Tipo de carga: Carga transversal
Aplicación carga: Ala comprimida z_g (mm) = 80
$M_{y,Ed}$ (mkN) = -28.9 [M máximo]
C_1 = 1.05 C_2 = 1.56
C_{My} = 1.00

Tipo de carga: Carga transversal
C_{Mz} = 1.00

1.5.3 Torsión

Tipo de ley: Constante en x [Torsión uniforme]
T_{Ed} (mkN) = 0.0

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	104.0	[longitud alma]
t (mm) =	8.0	[espesor alma]
c / t =	13.0	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	104.0	[longitud alma]
t (mm) =	8.0	[espesor alma]
c / t =	13.0	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	61.0	[vuelo ala]
t (mm) =	13.0	[espesor ala]
c / t =	4.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	61.0	[vuelo ala]
t (mm) =	13.0	[espesor ala]
c / t =	4.7	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección:	1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	104.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	8.0	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.9	[h_w η /(72 ε)]

El alma de la sección no abolla por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	104.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	8.0	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm²) =	832	[área alma]
A_{fc} (mm²) =	2080	[área ala]
$t_{w\,min}$ (mm) =	0.7	[$f_{yf}\, h_w \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

El alma de la sección no abolla

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$w_{t,alma}$ (mm³ 10⁶) =	0.042	[I_t / t_w]
$\tau_{t,alma,Ed}$ (MPa) =	0.0	[$T_{Ed} / w_{t,alma}$]
$w_{t,ala}$ (mm³ 10⁶) =	0.026	[I_t / t_f]
$\tau_{t,ala,Ed}$ (MPa) =	0.0	[$T_{Ed} / w_{t,ala}$]
$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[$f_y / (\sqrt{3}\,\gamma_{M0})$]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	69.9	
$A_{v,y}$ (mm²) =	3520	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	532.3	[$A_{v,y}\, f_y / (\sqrt{3}\,\gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[$1 - \sqrt{(1 - 0.8\,\tau_{t,alma,Ed} / \tau_{c,Rd})}$]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	532.3	[$(1 - \rho_{T,z})\, V_{c,z,Rd}$]

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,z}$ (mm²) =	4160	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	629.0	[$A_{v,z}\, f_y / (\sqrt{3}\,\gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[$1 - \sqrt{(1 - 0.8\,\tau_{t,ala,Ed} / \tau_{c,Rd})}$]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	629.0	[$(1 - \rho_{T,y})\, V_{c,y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) = -90.2
A (mm²) = 10860
$N_{c,Rd}$ (kN) = -2844.3 [$A f_y / \gamma_{M1}$]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) = 69.9
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) = 266.1

No se reduce resistencia a axil por Vz

$\rho_{V,z}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.0
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) = 314.5

No se reduce resistencia a axil por Vy

$\rho_{V,y}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]

$N_{(V,T),Rd}$ (kN) = -2844.3 [$N_{c,Rd} (1 - \rho_{(V,T),z} A_{v,y} / A - \rho_{(V,T),y} A_{v,z} / A)$]

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) = -9197 [$\pi^2 E_s I_y / L_{cr,y}^2$]
λ_y = 0.57 [$\sqrt{(A f_y / N_{cr,y})}$]
Curva pandeo = b
α_y = 0.34
ϕ_y = 0.73 [$0.5 (1 + \alpha_y (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2)$]
χ_y = 0.85 [$1 / (\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)})$]

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) = -1642 [$\pi^2 E_s I_z / L_{cr,z}^2$]
λ_y = 1.35 [$\sqrt{(A f_y / N_{cr,z})}$]
Curva pandeo = c
α_y = 0.49
ϕ_y = 1.69 [$0.5 (1 + \alpha_z (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2)$]
χ_z = 0.37 [$1 / (\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)})$]

- Reducción pandeo por torsión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,T,1}$ (kN) = -4299 [$G_s It / i_0^2$]
$N_{cr,T,2}$ (kN) = -1422 [$\pi^2 E_s I_w / (L_{et}^2 i_0^2)$]
$N_{cr,T}$ (kN) = -5721 [$N_{cr,T,1} + N_{cr,T,2}$]
λ_T = 0.72 [$\sqrt{(A f_y / N_{cr,T})}$]
Curva pandeo = c
α_T = 0.49
ϕ_T = 0.89 [$0.5 (1 + \alpha_T (\lambda_T - 0.2) + \lambda_T^2)$]
χ_T = 0.71 [$1 / (\phi_T + \sqrt{(\phi_T^2 - \lambda_T^2)})$]

- Reducción pandeo por torsión y flexión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,TF,1}$ (kN) = -14919 [$N_{cr,y} + N_{cr,T}$]
$N_{cr,TF,2}$ (kN) = -3476 [$\sqrt{((N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 \beta_T N_{cr,y} N_{cr,T})}$]
$N_{cr,TF}$ (kN) = -5721 [$(N_{cr,TF,1} - N_{cr,TF,2}) / (2 \beta_T)$]
λ_{TF} = 0.72 [$\sqrt{(A f_y / N_{cr,TF})}$]
Curva pandeo = c
α_{TF} = 0.49
ϕ_{TF} = 0.89 [$0.5 (1 + \alpha_{TF} (\lambda_{TF} - 0.2) + \lambda_{TF}^2)$]
χ_{TF} = 0.71 [$1 / (\phi_{TF} + \sqrt{(\phi_{TF}^2 - \lambda_{TF}^2)})$]

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) = -1049.2 [$\min (\chi_y; \chi_z; \chi_T; \chi_{TF}) N_{(V,T),Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	-28.9	
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) =	708	
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	-185.4	[$w_{pl,y}$ f_y / γ_{M1}]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	69.9	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	266.1	

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)²]
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) =	-185.4	[$M_{c,y,Rd}$ (1 - $\rho_{V,z}$ $A_{v,y}$²/(4 t_w $w_{pl,y}$))]

- Reducción pandeo lateral (Artículo 35.2.2)

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2} \left[\sqrt{\frac{k^2 I_w}{k_w^2 I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} - (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right]$$

M_{cr} (mkN) =	-117.3	[expresión F.4 EC-3]
λ_{LT} =	1.29	[√($w_{pl,y}$ f_y / M_{cr})]
Curva pandeo =	a	
α_{LT} =	0.21	
ϕ_{LT} =	1.44	[0.5 (1 + α_{LT} (λ_{LT} - 0.2) + λ_{LT}²)]
χ_{LT} =	0.48	[1 / (ϕ_{LT} + √(ϕ_{LT}² - λ_{LT}²))]
$M_{b,Rd}$ (mkN) =	-88.4	[χ_{LT} $M_{(V,T),y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	
$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	170	
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	44.5	[$w_{pl,z}$ f_y / γ_{M1}]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	314.5	

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)²]
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	44.5	[$M_{c,z,Rd}$ (1 - $\rho_{V,y}$ b^2 t_f /(2 $w_{pl,z}$))]

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) =	-90.2		
$N_{b,Rd}$ (kN) =	-1049.2		
$N_{cr,y}$ (kN) =	-9197	$N_{cr,z}$ (kN) =	-1642
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	-28.9	$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0
$M_{b,Rd}$ (kN) =	-88.4	$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	44.5
C_{My} =	1.00	C_{Mz} =	1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T),z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.42

Se cumple la comprobación

La reacción horizontal del marco metálico será contra el muro existente, por lo que se rellenarán 30 mm entre el muro y el perfil metálico vertical de manera que absorba la reacción horizontal.

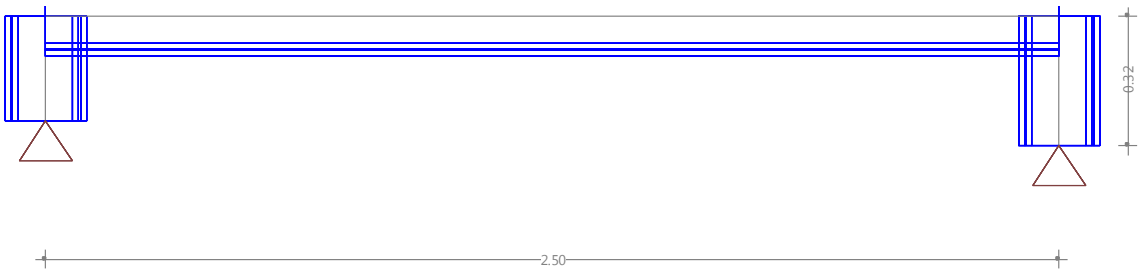
Esta reacción máxima es de 124.62 kN, que con una superficie de apoyo 0.20x0.32 da una tensión máxima de compresión de 2 MPa, valor muy bajo para cualquier resistencia del hormigón del muro.

7.11. MURO B

En el muro B se tienen que realizar tres huecos a realizar, uno para paso de tuberías, *hueco 3*, y un hueco de paso de personas, *hueco de paso 2*.

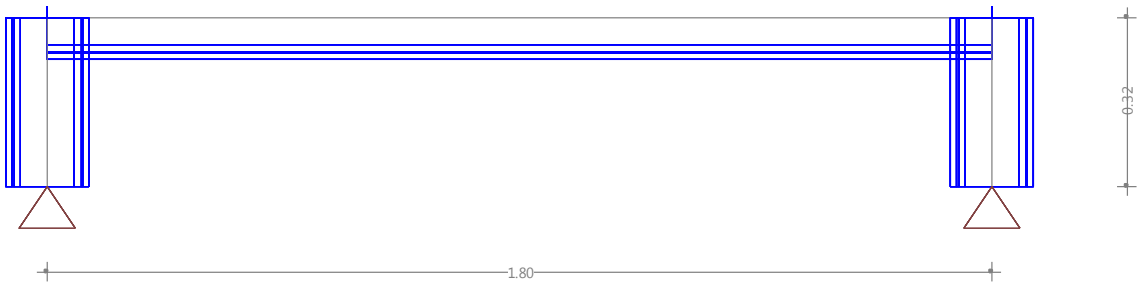
7.11.1. MODELO DE ENTRADA

Hueco 3



Alzado de la estructura de refuerzo

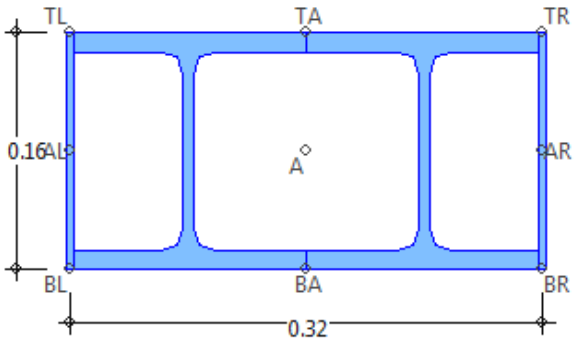
Hueco de paso 2



Alzado de la estructura de refuerzo

7.11.2. SECCIÓN UTILIZADA

Se introduce una doble sección de HEB-200, con placas laterales de 5 mm de espesor, de manera que formen una sección en forma de cajón cerrado.

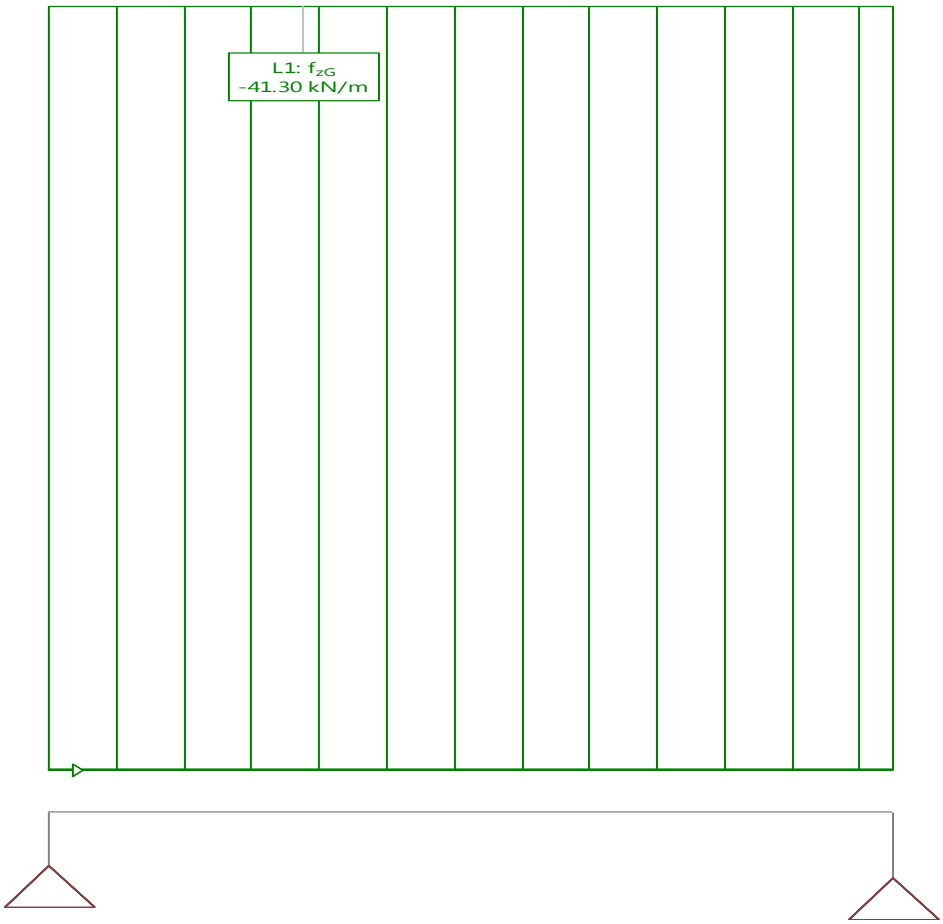


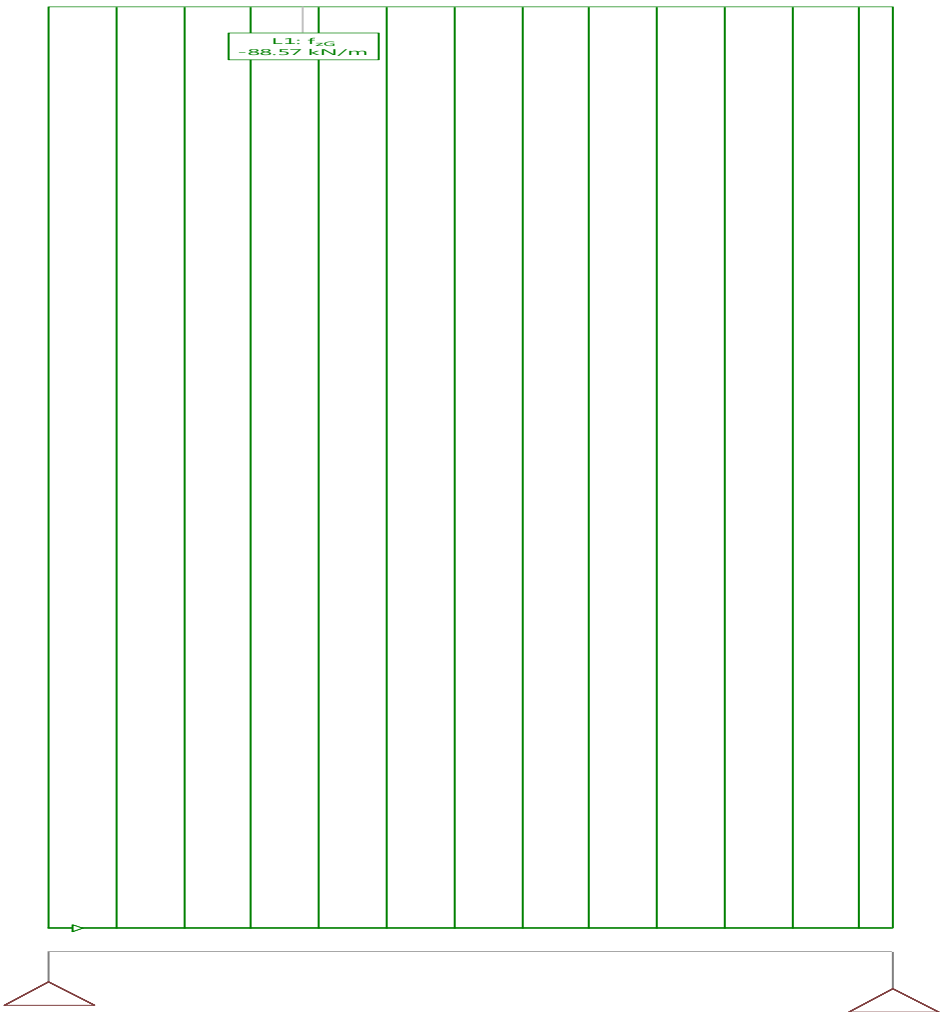
Sección utilizada

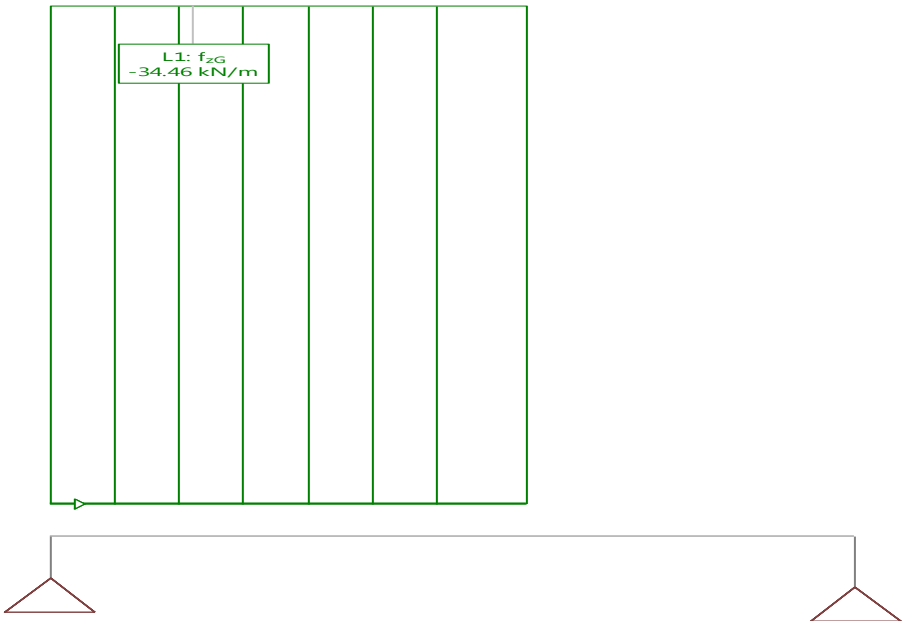
7.11.3. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO

7.11.3.1.Hueco 3

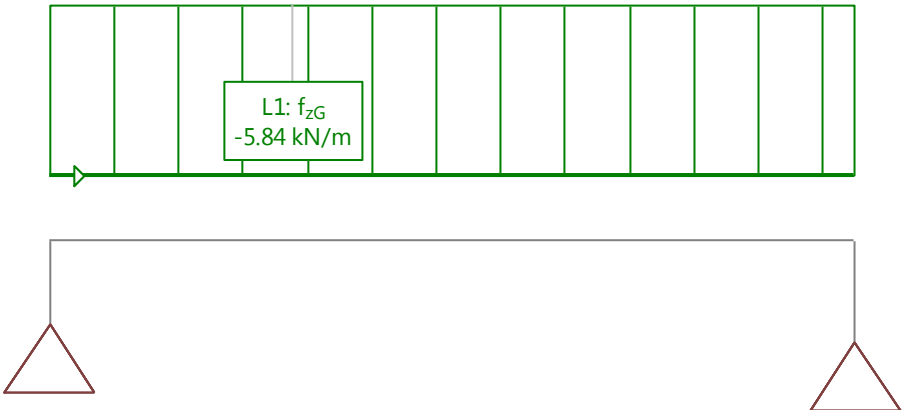
Cargas de la cubierta de la arqueta de Red, estas cargas ya son mayoradas




L1: fzG
-88.57 kN/m

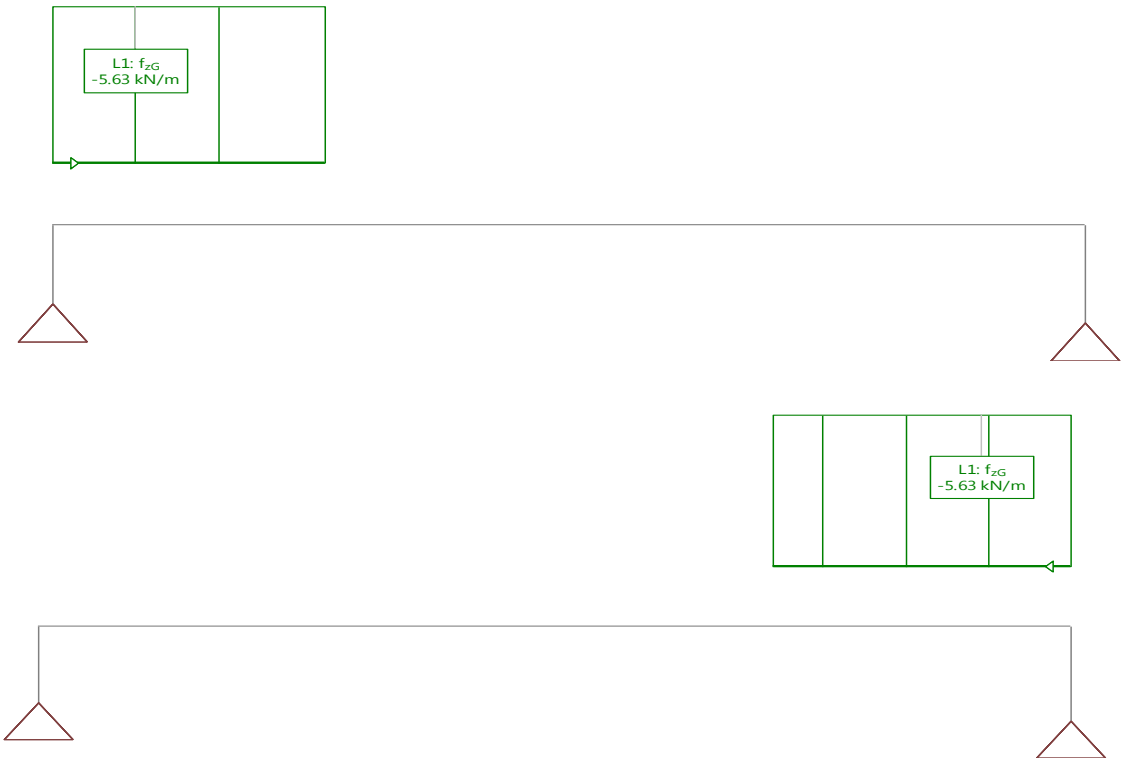

L1: fzG
-34.46 kN/m

Sobrecarga de equipos



Diferentes posiciones de la carga en el puente grúa: Se combinan entre los dos puentes grúas que pueden afectar a estos refuerzos, con las cargas máximas o mínimas lo más cercanas a los apoyos de las vigas carrileras:

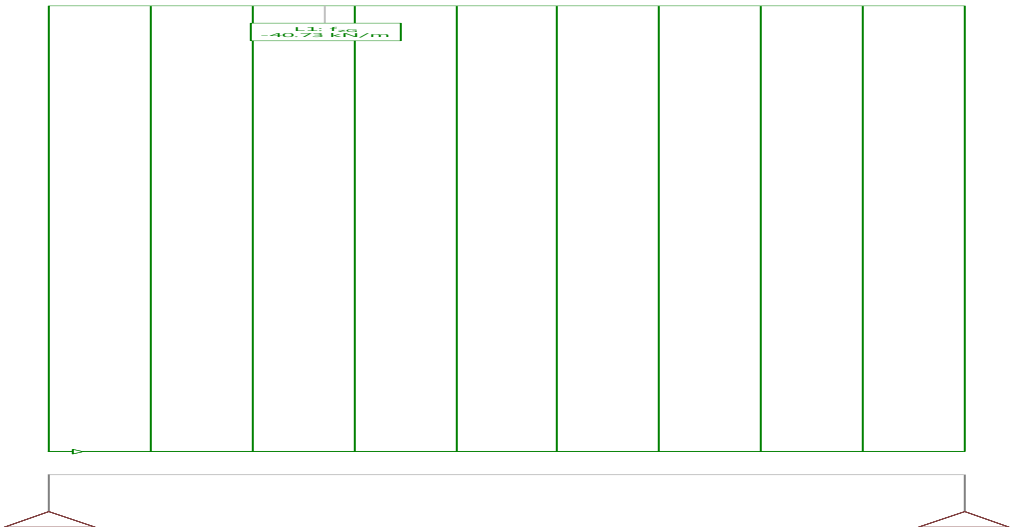
El valor de esta carga se hace variar en los tres valores indicados en las acciones, con el valor máximo, mínimo y medio.

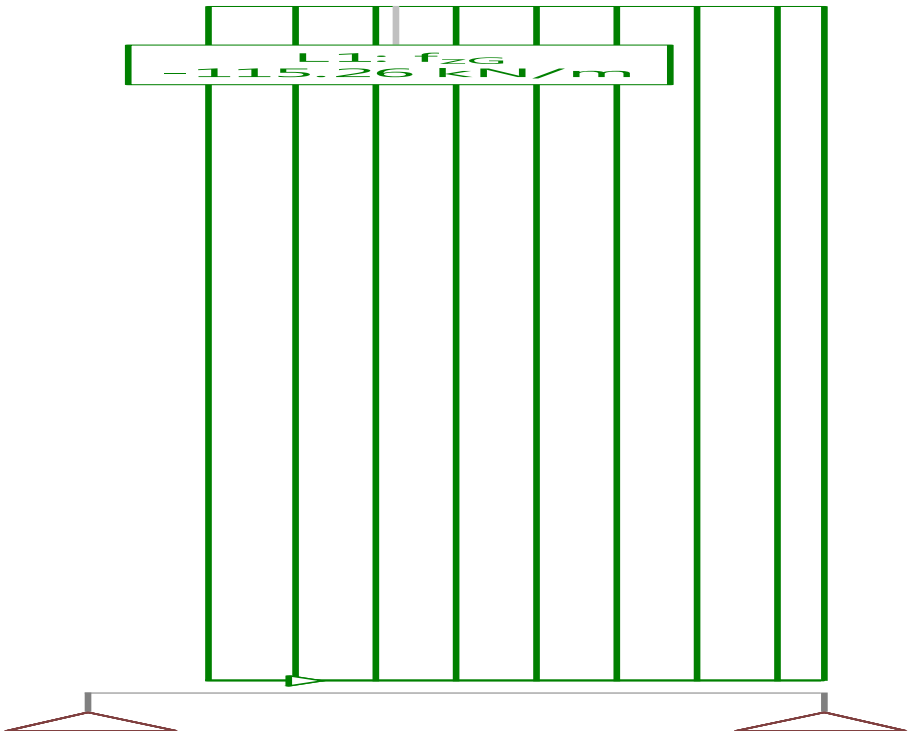


El valor de esta carga se hace variar en los tres valores indicados en las acciones, con el valor máximo, mínimo y medio.

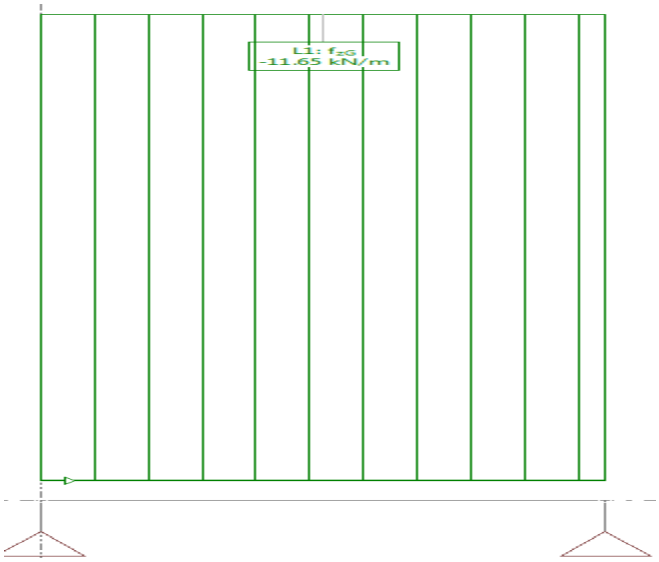
7.11.3.2.Hueco de paso 2:

Cargas de la cubierta de la arqueta de Red, estas cargas ya son mayoradas

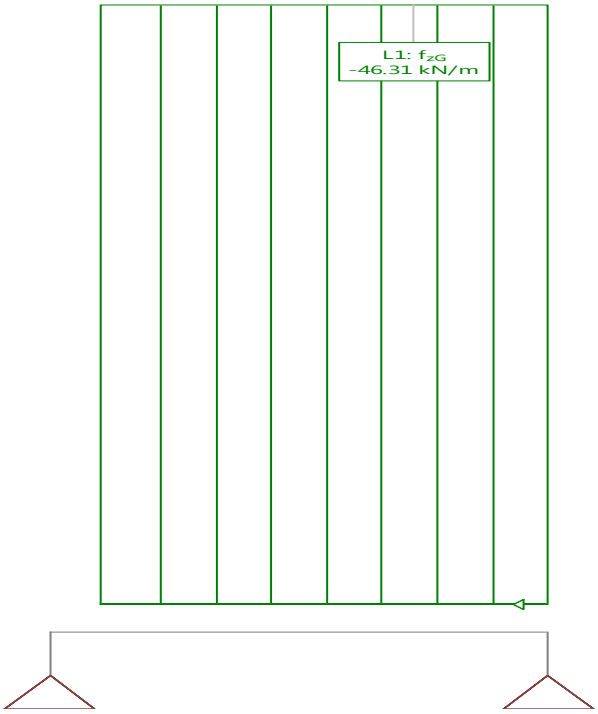




Sobrecarga de equipos



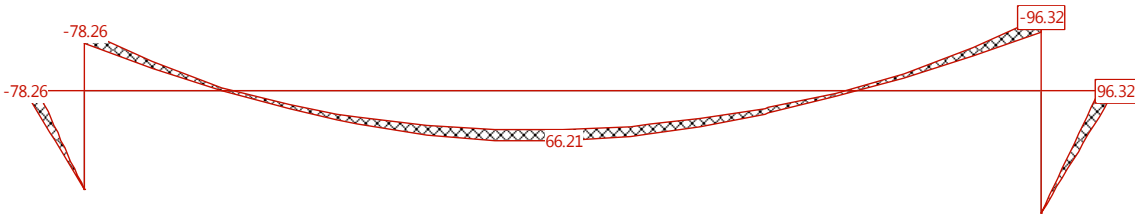
Diferentes posiciones de la carga en el puente grúa:



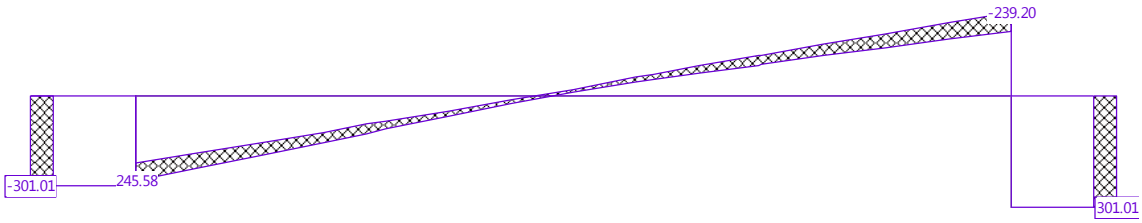
7.11.4. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se incluyen las leyes de momentos flectores, cortantes y axiles, de ambas estructuras para la situación de ELU en situación persistente o transitoria, así como la deformación para ELS:

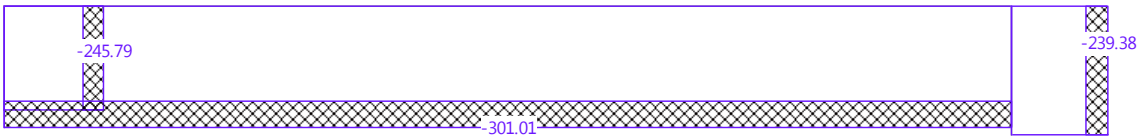
7.11.4.1.Hueco 3



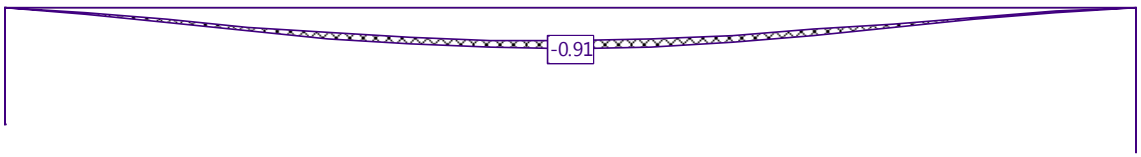
Ley de momentos flectores (m·kN)



Ley de cortantes (kN)

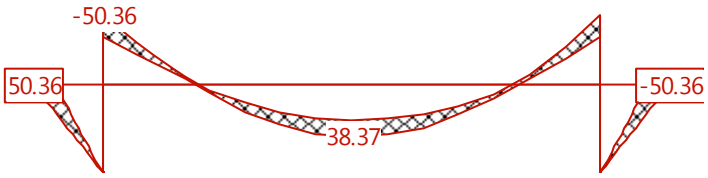


Ley de axiles (kN)

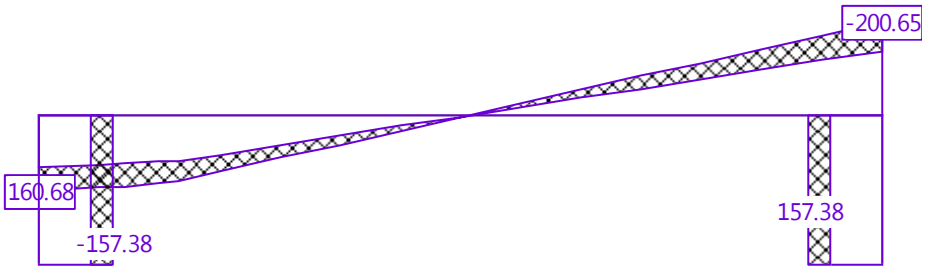


Deformaciones máximas en ELS (mm)

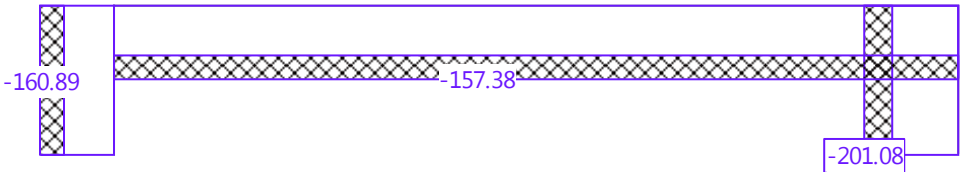
7.11.4.2.Huecos de paso 1



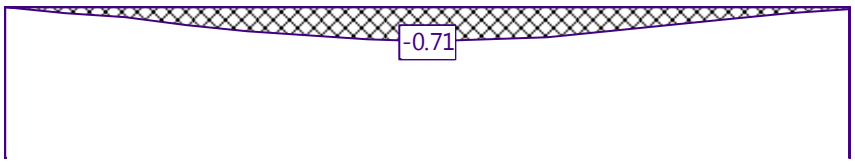
Ley de momentos flectores (m·kN)



Ley de cortantes (kN)



Ley de axiles (kN)



Deformaciones máximas en ELS (mm)

7.11.5. COMPROBACIONES REALIZADAS

Se adjunta la comprobación más desfavorable de todos los esfuerzos obtenidos en los anteriores

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección:	Comercial
Forma:	Doble T
Fabricación:	Laminado en caliente
Grupo:	HEB
Perfil:	HEB 200

1.2 Geometría perfil

b (mm) =	200	[ancho sección]
h (mm) =	200	[canto sección]
t_f (mm) =	15.0	[espesor ala]
t_w (mm) =	9.0	[espesor alma]
r (mm) =	18.0	[radio de acuerdo en perfil comercial]
h_w (mm) =	134.0	

1.3 Material

Tipo acero:	S 275		E_s (MPa) =	210,000
f_y (MPa) =	275		ν =	0.30
f_u (MPa) =	430		G_s (MPa) =	80,769
ε =	0.92	[√(235 / f_y)]	γ_{M0} =	1.05
Tipo construcción:	Obra civil		γ_{M1} =	1.05

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) =	15620	[área]
$A_{v,y}$ (mm²) =	4980	[área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) =	6000	[área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10^6) =	114	[inercia flexión eje Y]
i_y (mm) =	85.4	[radio giro eje Y]
$w_{el,y}$ (mm³ 10^3) =	1140	[módulo resistente elástico flexión eje Y]
$w_{pl,y}$ (mm³ 10^3) =	1284	[módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm⁴ 10^6) =	20	[inercia flexión eje Z]
i_z (mm) =	50.7	[radio giro eje Z]
$w_{el,z}$ (mm³ 10^3) =	200	[módulo resistente elástico flexión eje Z]
$w_{pl,z}$ (mm³ 10^3) =	306	[módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm⁴ 10^6) =	0.634	[módulo de torsión de Saint Venant]

1.4.5 Torsión de alabeo

I_w (mm⁶ 10^{12}) =	0.17	[módulo de alabeo]
$I_{f,z}$ (mm⁴ 10^6) =	10.00	[inercia de ala respecto flexión eje Z]

1.5 Geometría de la pieza

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) = 2.5
Tipo pieza: Intraslacional
β_y = 1.0
$L_{cr,y}$ (m) = 2.5 [longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) = 2.5
Tipo pieza: Intraslacional
β_z = 1.0
$L_{cr,z}$ (m) = 2.5 [longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.5.3 Geometría de la pieza en relación con el pandeo lateral

Longitud (m) = 2.5
k = 1.0 [coeficiente de longitud eficaz respecto a giro de ala comprimida en su plano]
k_w = 1.0 [coeficiente de longitud eficaz respecto a alabeo]

1.5.4 Geometría de la pieza en relación con la torsión

Longitud (m) = 2.5
Cond. contorno: Giro coartado y alabeo libre en ambos extremos
L_{et} (m) = 2.5 [longitud eficaz a torsión]
y_0 (mm) = 0.0 [distancia G - CEC]
i_0 (mm) = 99.3 [$\sqrt{(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2)}$]
β_T = 1.0 [1 - (y_0 / i_0)^2]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) = -301.0 [tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) = 245.8
Tipo de carga: Carga transversal
Aplicación carga: Ala comprimida
z_g (mm) = 100
$M_{y,Ed}$ (mkN) = 96.3 [M máximo]
C_1 = 1.05
C_2 = 1.56
C_{My} = 1.00

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.0
Tipo de carga: Carga transversal
$M_{z,Ed}$ (mkN) = 0.0 [M máximo]
C_{Mz} = 1.00

1.5.3 Torsión

Tipo de ley:	Constante en x	[Torsión uniforme]
T_{Ed} (mkN) =	0.0	

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	134.0	[longitud alma]
t (mm) =	9.0	[espesor alma]
c / t =	14.9	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	134.0	[longitud alma]
t (mm) =	9.0	[espesor alma]
c / t =	14.9	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	77.5	[vuelo ala]
t (mm) =	15.0	[espesor ala]
c / t =	5.2	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	77.5	[vuelo ala]
t (mm) =	15.0	[espesor ala]
c / t =	5.2	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección:	1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	134.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	9.0	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	2.4	[h_w η /(72 ε)]

El alma de la sección no abolla por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	134.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	9.0	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm²) =	1206	[área alma]
A_{fc} (mm²) =	3000	[área ala]
$t_{w\,min}$ (mm) =	0.9	[$f_{yf}\, h_w \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

El alma de la sección no abolla

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$w_{t,alma}$ (mm³ 10^6) =	0.070	[I_t / t_w]
$\tau_{t,alma,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $w_{t,alma}$]
$w_{t,ala}$ (mm³ 10^6) =	0.042	[I_t / t_f]
$\tau_{t,ala,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $w_{t,ala}$]
$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[f_y / ($\sqrt{3}\,\gamma_{M0}$)]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	245.8	
$A_{v,y}$ (mm²) =	4980	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	753.0	[$A_{v,y}\, f_y$ / ($\sqrt{3}\,\gamma_{M0}$)]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[1 - $\sqrt{}$(1 - 0.8 $\tau_{t,alma,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	753.0	[(1 - $\rho_{T,z}$) $V_{c,z,Rd}$]

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,z}$ (mm²) =	6000	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	907.3	[$A_{v,z}\, f_y$ / ($\sqrt{3}\,\gamma_{M0}$)]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[1 - $\sqrt{}$(1 - 0.8 $\tau_{t,ala,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	907.3	[(1 - $\rho_{T,y}$) $V_{c,y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) =	-301.0	
A (mm²) =	15620	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	-4091.0	[A f_y / γ_{M1}]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	245.8		$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	376.5		0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	453.6	
No se reduce resistencia a axil por Vz			*No se reduce resistencia a axil por Vy*		
$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)²]	$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)²]
$N_{(V,T),Rd}$ (kN) =	-4091.0	[$N_{c,Rd}$ (1 - $\rho_{(V,T),z}$ $A_{v,y}$ / A - $\rho_{(V,T),y}$ $A_{v,z}$ / A)]			

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) =	-37805	[π² E_s I_y / $L_{cr,y}$²]
λ_y =	0.34	[√(A f_y / $N_{cr,y}$)]
Curva pandeo =	b	
α_y =	0.34	
ϕ_y =	0.58	[0.5 (1 + α_y (λ_y - 0.2) + λ_y²)]
χ_y =	0.95	[1 / (ϕ_y + √(ϕ_y² - λ_y²))]

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) =	-6632	[π² E_s I_z / $L_{cr,z}$²]
λ_y =	0.80	[√(A f_y / $N_{cr,z}$)]
Curva pandeo =	c	
α_y =	0.49	
ϕ_y =	0.97	[0.5 (1 + α_z (λ_z - 0.2) + λ_z²)]
χ_z =	0.66	[1 / (ϕ_z + √(ϕ_z² - λ_z²))]

- Reducción pandeo por torsión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,T,1}$ (kN) =	-5192	[G_s It / $i_0$²]
$N_{cr,T,2}$ (kN) =	-5753	[π² E_s I_w / (L_{et}² $i_0$²)]
$N_{cr,T}$ (kN) =	-10945	[$N_{cr,T,1}$ + $N_{cr,T,2}$]
λ_T =	0.63	[√(A f_y / $N_{cr,T}$)]
Curva pandeo =	c	
α_T =	0.49	
ϕ_T =	0.80	[0.5 (1 + α_T (λ_T - 0.2) + λ_T²)]
χ_T =	0.77	[1 / (ϕ_T + √(ϕ_T² - λ_T²))]

- Reducción pandeo por torsión y flexión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,TF,1}$ (kN) =	-48749	[$N_{cr,y}$ + $N_{cr,T}$]
$N_{cr,TF,2}$ (kN) =	-26860	[√(($N_{cr,y}$ + $N_{cr,T}$)² - 4 β_T $N_{cr,y}$ $N_{cr,T}$)]
$N_{cr,TF}$ (kN) =	-10945	[($N_{cr,TF,1}$ - $N_{cr,TF,2}$) / (2 β_T)]
λ_{TF} =	0.63	[√(A f_y / $N_{cr,TF}$)]
Curva pandeo =	c	
α_{TF} =	0.49	
ϕ_{TF} =	0.80	[0.5 (1 + α_{TF} (λ_{TF} - 0.2) + λ_{TF}²)]
χ_{TF} =	0.77	[1 / (ϕ_{TF} + √(ϕ_{TF}² - λ_{TF}²))]

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) =	-2696.6	[min (χ_y; χ_z; χ_T; χ_{TF}) $N_{(V,T),Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	96.3	
$w_{pl,y}$ (mm³ 10^3) =	1284	
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	336.3	$[w_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	245.8	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	376.5	

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	$[(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) =	336.3	$[M_{c,y,Rd} (1 - \rho_{V,z} A_{v,y}^2/(4 t_w w_{pl,y}))]$

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	
$w_{pl,z}$ (mm³ 10^3) =	306	
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	80.1	$[w_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	453.6	

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	$[(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	80.1	$[M_{c,z,Rd} (1 - \rho_{V,y} b^2 t_f/(2 w_{pl,z}))]$

- Reducción pandeo lateral (Artículo 35.2.2)

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2}\left[\sqrt{\frac{k^2 I_w}{k_w^2 I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} - (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g\right]$$

M_{cr} (mkN) =	315.5	[expresión F.4 EC-3]
λ_{LT} =	1.06	$[\sqrt{(w_{pl,y} f_y / M_{cr})}]$
Curva pandeo =	a	
α_{LT} =	0.21	
ϕ_{LT} =	1.15	$[0.5 (1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2)]$
χ_{LT} =	0.63	$[1 / (\phi_{LT} + \sqrt{(\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)})]$
$M_{b,Rd}$ (mkN) =	210.2	$[\chi_{LT} M_{(V,T),y,Rd}]$

Se cumple la comprobación

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) =	-301.0		
$N_{b,Rd}$ (kN) =	-2696.6		
$N_{cr,y}$ (kN) =	-37805	$N_{cr,z}$ (kN) =	-6632
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	96.3	$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0
$M_{b,Rd}$ (kN) =	210.2	$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	80.1
C_{My} =	1.00	C_{Mz} =	1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T),z,Rd}} \le 1.00$$

F = 0.57

Se cumple la comprobación

La reacción horizontal del marco metálico será contra el muro existente, por lo que se rellenarán 30 mm entre el muro y el perfil metálico vertical de manera que absorba la reacción horizontal.

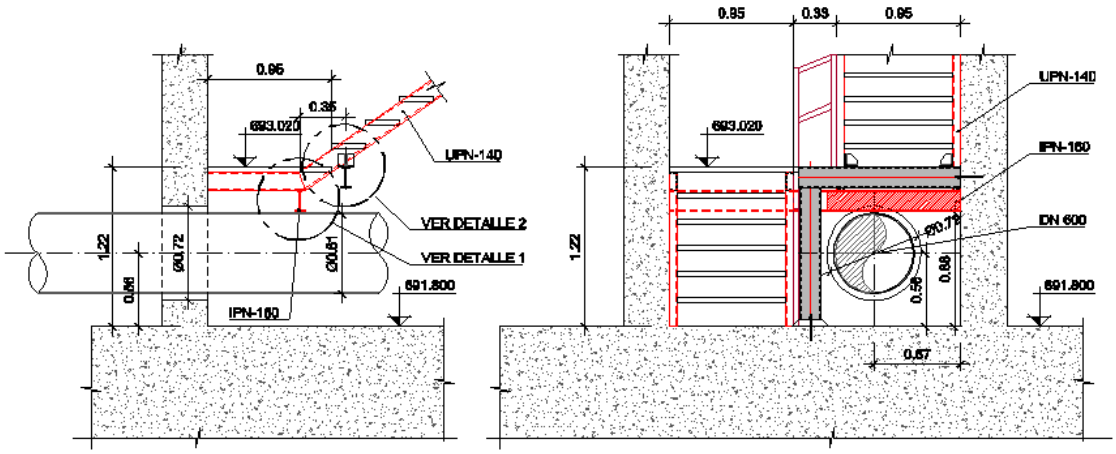
Esta reacción máxima es de 301.01 kN, que con una superficie de apoyo 0.20x0.40 da una tensión máxima de compresión de 3.8 MPa, valor muy bajo para cualquier resistencia del hormigón del muro.

8. MODIFICACIÓN DE LA ESCALERA EXISTENTE

El nuevo trazado de tubería interfiere con un perfil de apoyo de la escalera, que hace que sea necesario buscar una nueva solución para poder acceder a la zona inferior. La tubería pasa por debajo del tramo intermedio de las escaleras.

La escalera se divide en tres tramos o zancas. La primera de ellas parte de la zona inferior del depósito, a cota 691.800 y llega al primero de los rellanos. Es denominado como TRAMO 1. Este tramo tiene el perfil de apoyo que interfiere con la tubería. Para solucionarlo se propone realizar un apoyo del perfil de la escalera en un pilar que llegue al suelo, de manera que no sea necesario el tramo del perfil que interfiere con la tubería para el apoyo de este tramo. El perfil que interfiere es un IPN-160, si el pilar de apoyo se considera colocar otro perfil de la misma sección.

La segunda zanca o TRAMO 2 va entre rellanos, y es la zona del perfil de apoyo del tramo el que interfiere con la nueva tubería. Se soluciona apoyando el perfil longitudinal del tramo de escaleras en un nuevo perfil por encima del anterior, que salve la tubería y apoye en otro pilar, que en planta no es coincidente con el pilar del TRAMO 1. Los perfiles nuevos a poner, tanto para el apoyo como el del pilar, serán IPN-160.



Vista de las actuaciones a realizar en la escalera

Con la solución descrita anteriormente tanto para el TRAMO 1 como para el TRAMO 2, hace posible la utilización de la escalera en todo momento, salvo cuando se actúe en la misma, es decir, cuando se esté soldando o se realice el corte del perfil metálico de la escalera. Son momentos puntuales en los que se debe evitar el uso de la misma, con lo que no es necesario una escalera temporal que de servicio.

8.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

La normativa utilizada en el desarrollo de los siguientes cálculos ha sido la siguiente:

- ✓ CTE. DB-SE-AE. *"Acciones en la edificación"*. Ministerio de la vivienda. 2006.
- ✓ CTE. DB-SE. *"Seguridad estructural "*. Ministerio de la vivienda. 2006.
- ✓ CTE. DB-SE-A "Seguridad estructural. Acero ". Ministerio de la Vivienda. 2006.
- ✓ *"Norma de construcción sismorresistente NCSE-02. Edificación"*. 2002.
- ✓ *"EAE. Instrucción de Acero Estructural". Ministerio de Fomento. Junio 2011.*
- ✓ *UNE-ENV 1993-1-1: 1992. "Eurocódigo EC-3. Proyecto de estructuras de acero".*

8.2. MATERIALES

Se consideran los siguientes materiales:

- Acero S 275: 275 N/mm^2 / 430 N/mm^2

Los aceros laminados indicados anteriormente deberán cumplir las condiciones de ductilidad siguientes:

- La relación entre la tensión de rotura y el límite elástico, en valores de ensayo, no debe ser inferior que 1'20.
- El alargamiento en rotura en una probeta de sección original A_o, medida sobre una longitud de 5'65 $A_o^{1/2}$, debe ser superior al 15%.
- La relación entre las deformaciones correspondientes a la tensión de rotura y al límite elástico debe ser superior a 20.

Las demás características del acero estructural serán las siguientes:

- Módulo de elasticidad: E_s = 210000 N/mm^2

- Módulo de elasticidad transversal: G = 80770 N/mm^2
- Coeficiente de Poisson: v = 0'30
- Coeficiente de dilatación lineal: α = 12 x 10-6 (ºC^{-1})
- Densidad: γ = 78,5 KN / m³

Como diagrama tensión-deformación de cálculo se ha adoptado el diagrama bilineal con rama horizontal a partir del límite elástico.

Como condiciones de durabilidad del acero estructural se establecen las siguientes:

- Estructura en clase de exposición C2, vida útil 50 años y durabilidad media del sistema de pintura (5-15 años) según EAE.
- Se limpiará la superficie de la perfilería y chapas con chorro de arena de grado SA 2 ½ según Norma UNE-EN ISO 8504.
- El sistema de pintura según UNE-EN ISO 12944-5 Anexo A Tipo 5.2.10 o similar.

8.3. NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES

El control de la calidad del acero estructural se efectuará según lo establecido en la *"Instrucción de Acero Estructural EAE"*. El fin de estos controles es verificar que la obra terminada tiene las características de calidad especificadas en el proyecto, que son las generales de la instrucción EAE.

Se han adoptado los siguientes niveles de control de materiales y ejecución:

- Acero estructural: Normal
- Ejecución: Intenso

Corresponde a la Dirección de Obra la responsabilidad de la realización de los controles anteriormente definidos. Estos controles están en acuerdo recíproco con los coeficientes parciales de seguridad adoptados para los cálculos justificativos de la seguridad estructural.

Los coeficientes parciales de seguridad adoptados para la resistencia de materiales han sido:

- Acero estructural (secciones): $\gamma_{M0} = 1,05$
- Acero estructural (inestabilidad): $\gamma_{M1} = 1,05$

8.4. ACCIONES CONSIDERADAS

8.4.1. PESO PROPIO

Se considera un peso específico del acero de 78,50 kN/m³

8.4.2. CARGA MUERTA DE BARANDILLAS Y PELDAÑOS

Se considera una carga muerta de 0,50 kN/m² debido a los peldaños y de 0.20 kN/m, debido a la barandilla.

8.4.3. SOBRECARGA DE ESCALERAS

Se considera una sobrecarga de 5 kN/m² en cada zona.

8.5. COEFICIENTES DE MAYORACIÓN Y COMBINACIÓN

Se han considerado los siguientes coeficientes de mayorarción de acciones recogidos en el artículo 12 de la EAE

Tipo de acción	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

siendo para el caso de los Estados Límite de Servicio (E.L.S.) los coeficientes empleados los siguientes:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

Por otro lado los coeficientes de combinación se han obtenido del epígrafe 4 del DB-SE, en concreto de la tabla 4.2 que se adjunta.

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	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 F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	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

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

8.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para el caso de las estructuras de hormigón, y tal como se indica en el Art 13º de la EAE se define combinación de acciones como el conjunto acciones que actúan simultáneamente, para una comprobación determinada.

En concreto para los Estados Límite últimos **(ELU)**:

En situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

En situaciones accidentales:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

En situaciones en las que actúa la acción sísmica:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

y para los estados límites de servicio **(ELS)**:

Combinación poco probable:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinación frecuente:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinación cuasi-permanente:

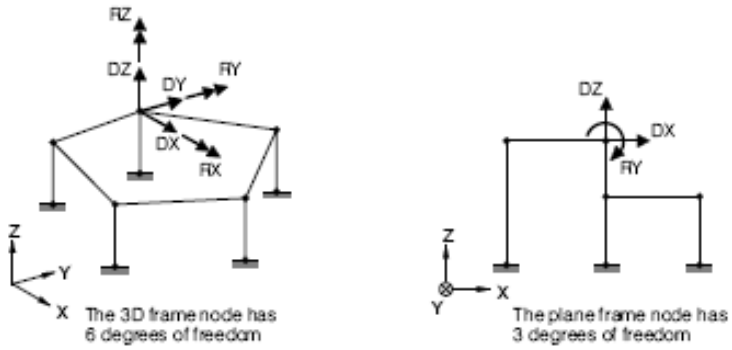
$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

8.8. PROGRAMAS UTILIZADOS

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo losa se ha utilizado el programa de cálculo *STATIK-5 de CUBUS AG*.

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo barra, se ha utilizado el programa de cálculo matricial STATIK-5 de CUBUS AG.

Este programa permite el análisis elástico de cualquier estructura espacial formada por elementos (barras) rectos con sección transversal constante o variable linealmente, de acuerdo con las teorías elástico-lineales de primer o segundo orden. En él las barras están unidas rígidamente por nudos y las condiciones de sustentación son introducidas en los mismos.



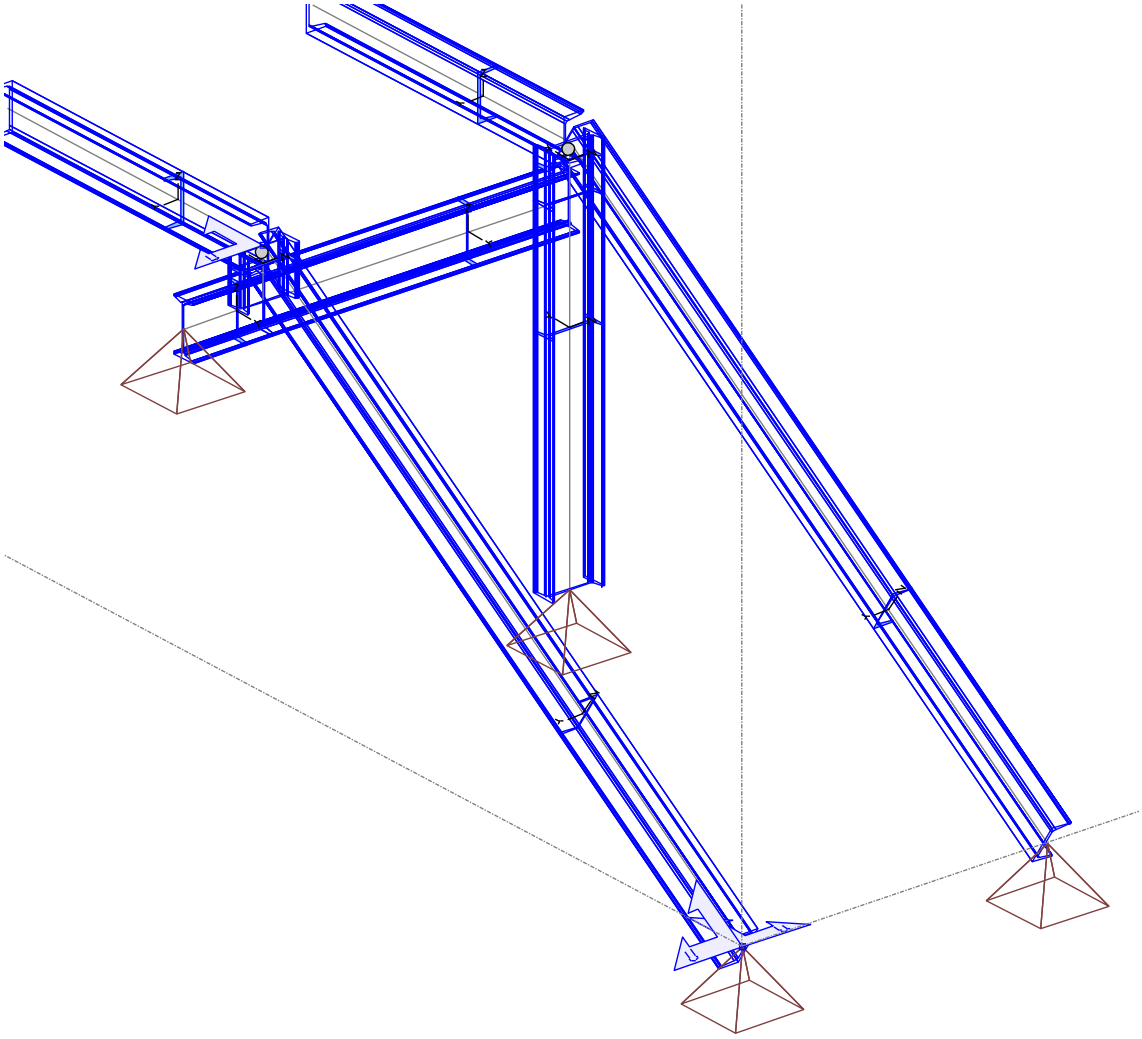
Grados de libertad permitidos por el programa STATIK-5

Adicionalmente, el programa permite la obtención de las tensiones normales de los perfiles, que componen la estructura.

El programa STATIK-5 se ha utilizado para la obtención de esfuerzos en los pórticos ejecutados para los muros

8.10. TRAMO 1

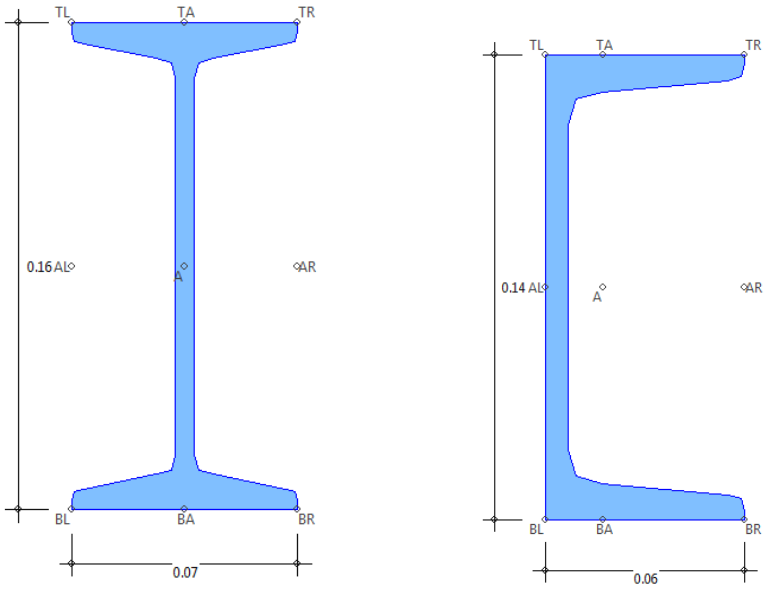
8.10.1. MODELO DE ENTRADA



Vista de la estructura de la escalera

8.10.2. SECCIONES UTILIZADAS

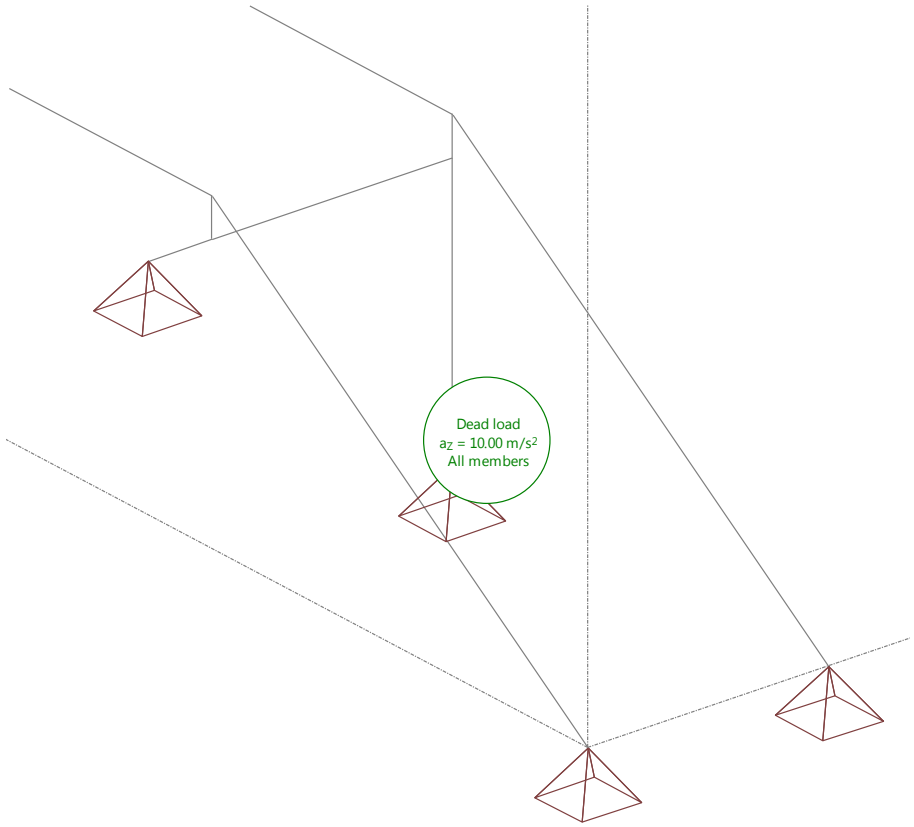
Los perfiles longitudinales de apoyo de los escalones se consideran UPN-140, mientras que el resto de vigas y pilares se dimensionan con IPN-160



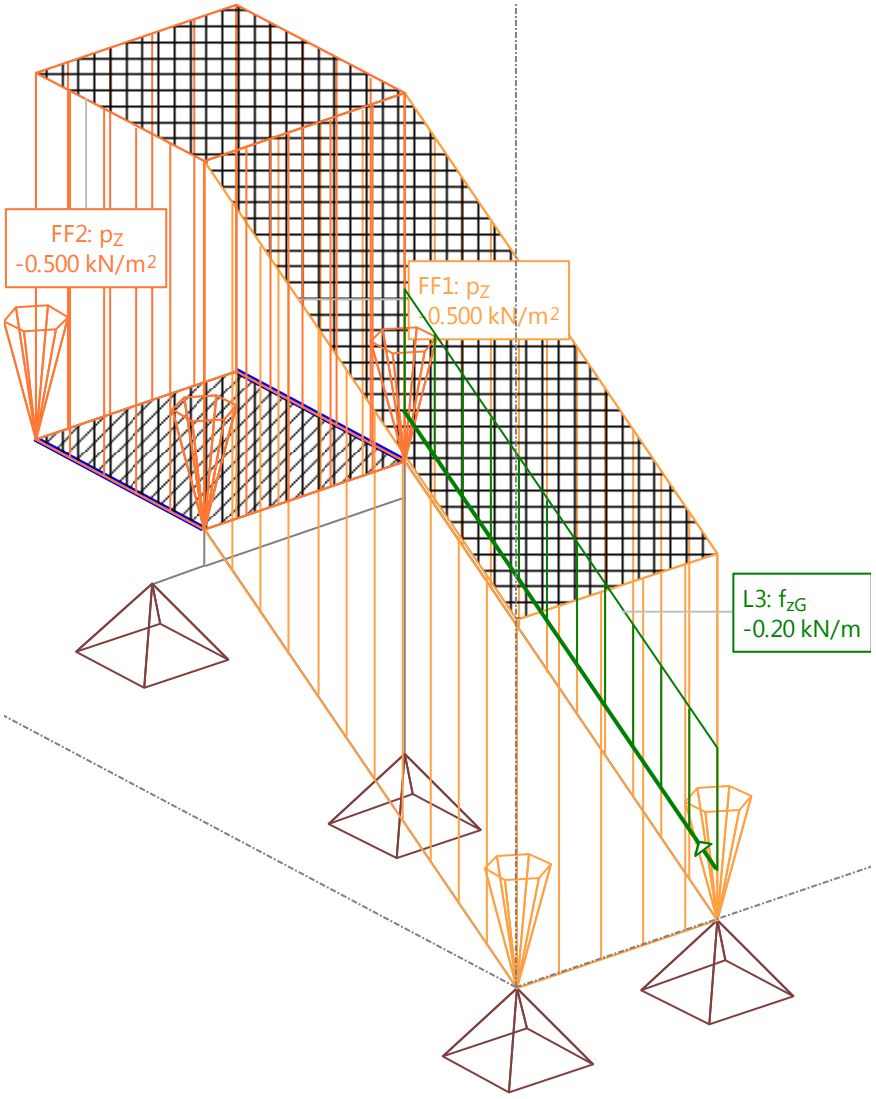
Secciones utilizadas

8.10.3. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO

8.10.3.1.Peso propio

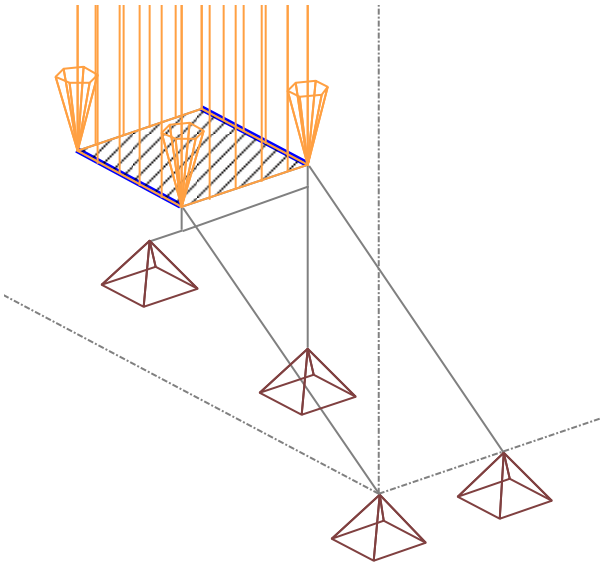


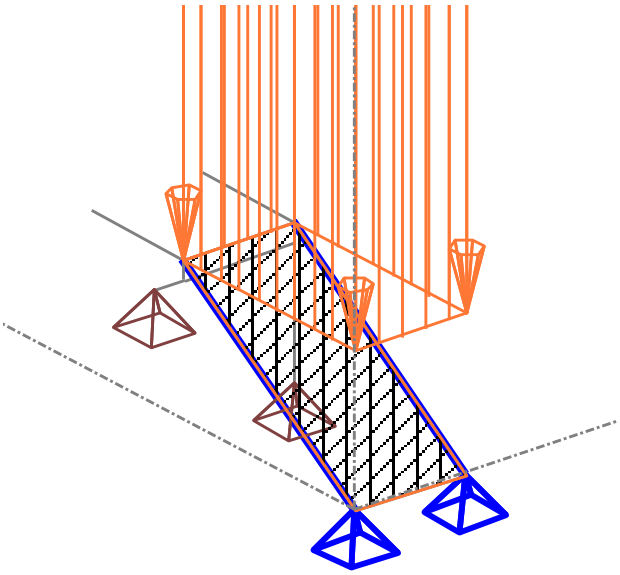
8.10.3.3.Carga Muerta de Barandilla y Peldaños



8.10.3.5.Sobrecarga de la escalera

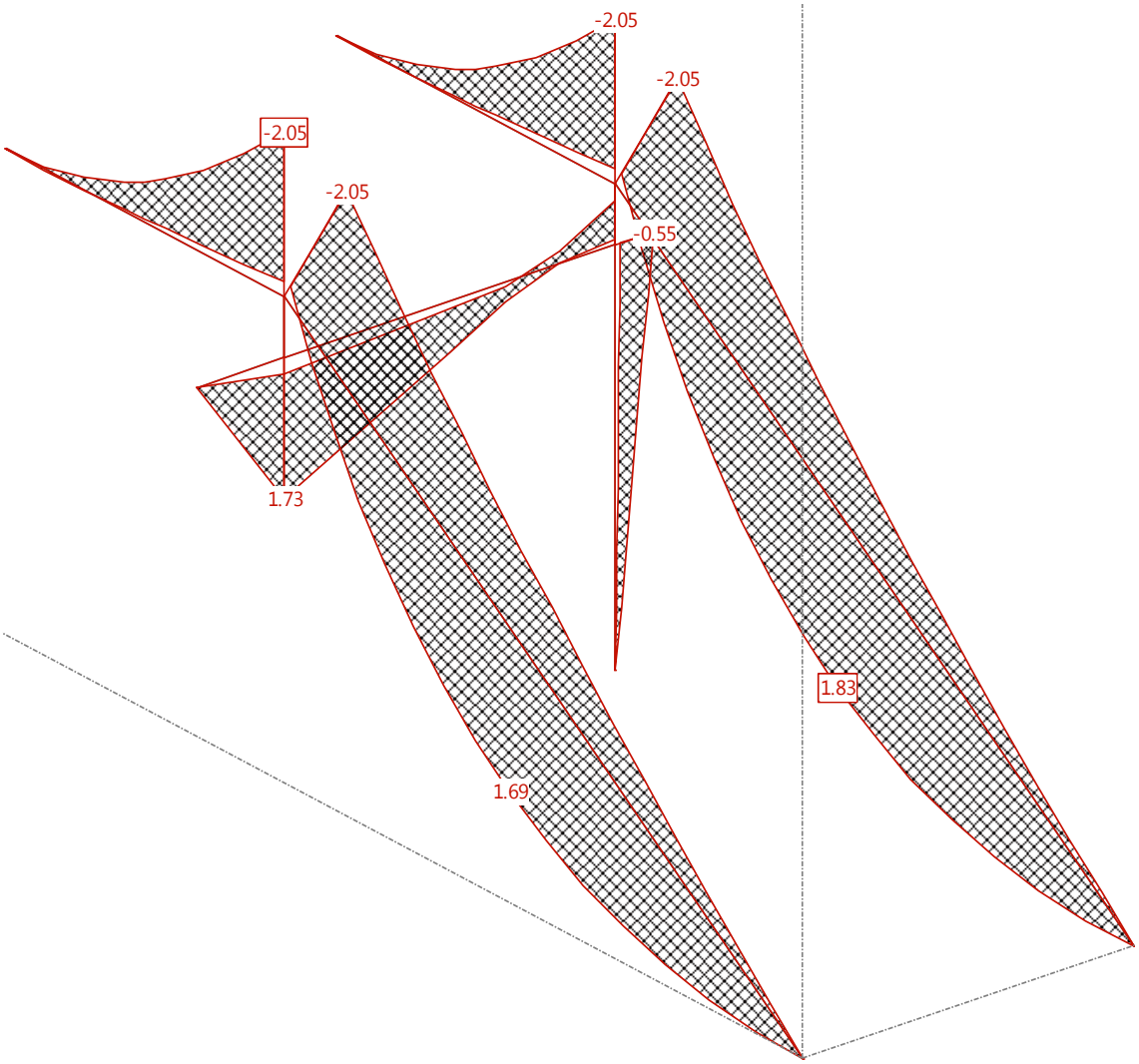
Se considera una sobrecarga de 5 kN/m² en cada zona, dependiendo de la zona más desfavorable.



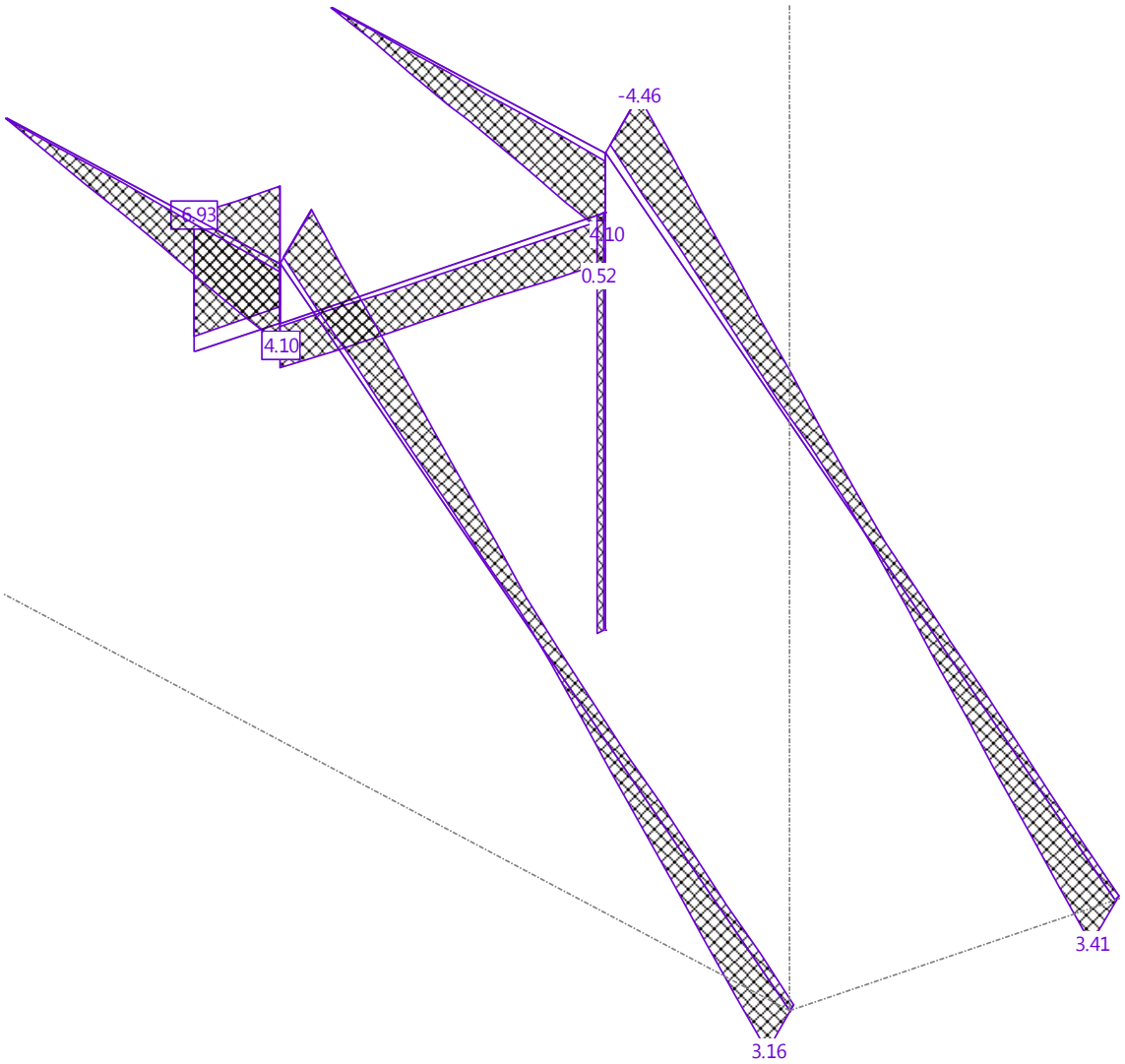


8.10.4. RESULTADOS OBTENIDOS

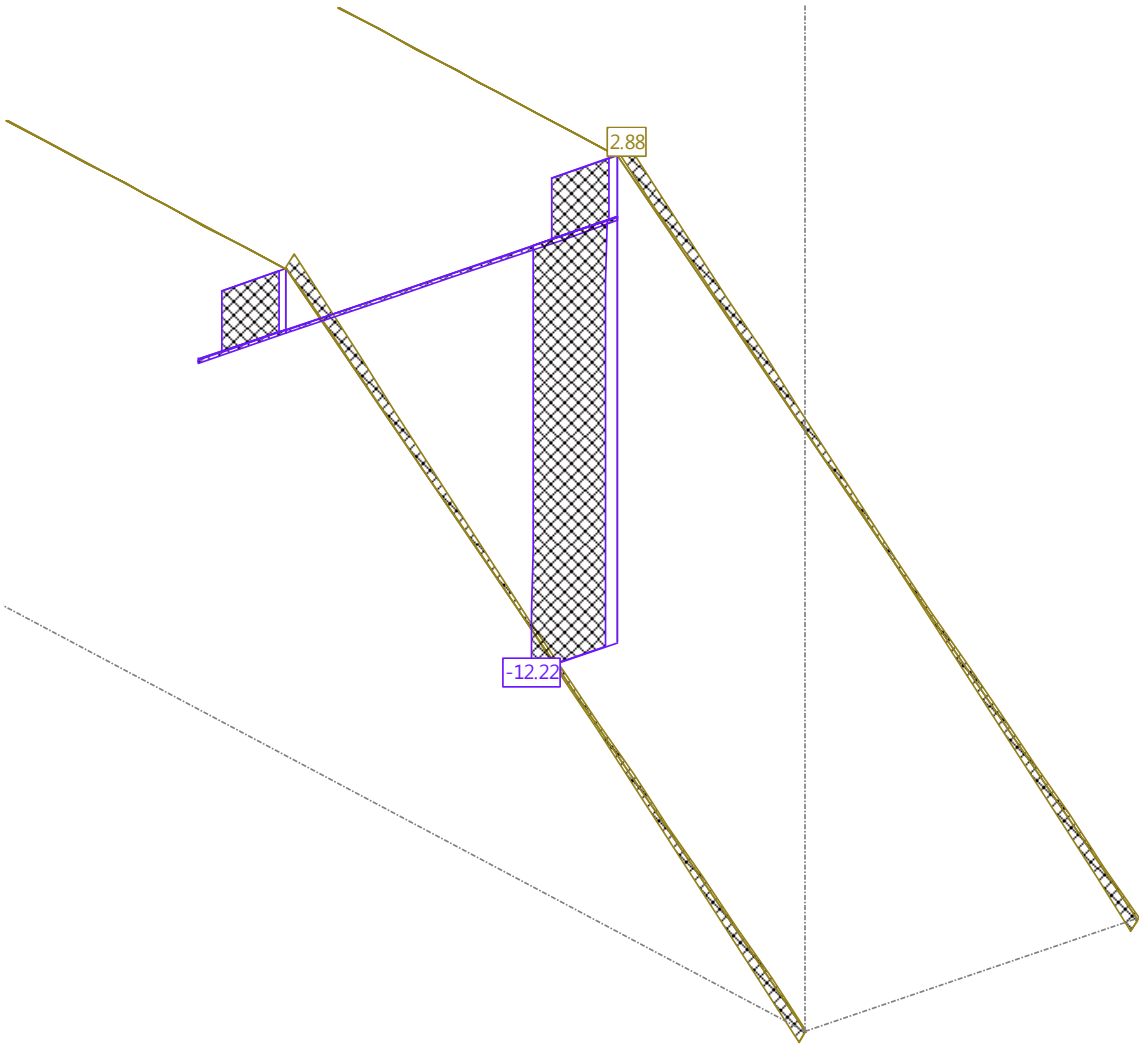
A continuación se incluyen las leyes de momentos flectores, cortantes y axiles, de ambas estructuras para la situación de ELU en situación persistente o transitoria, así como la deformación para ELS:



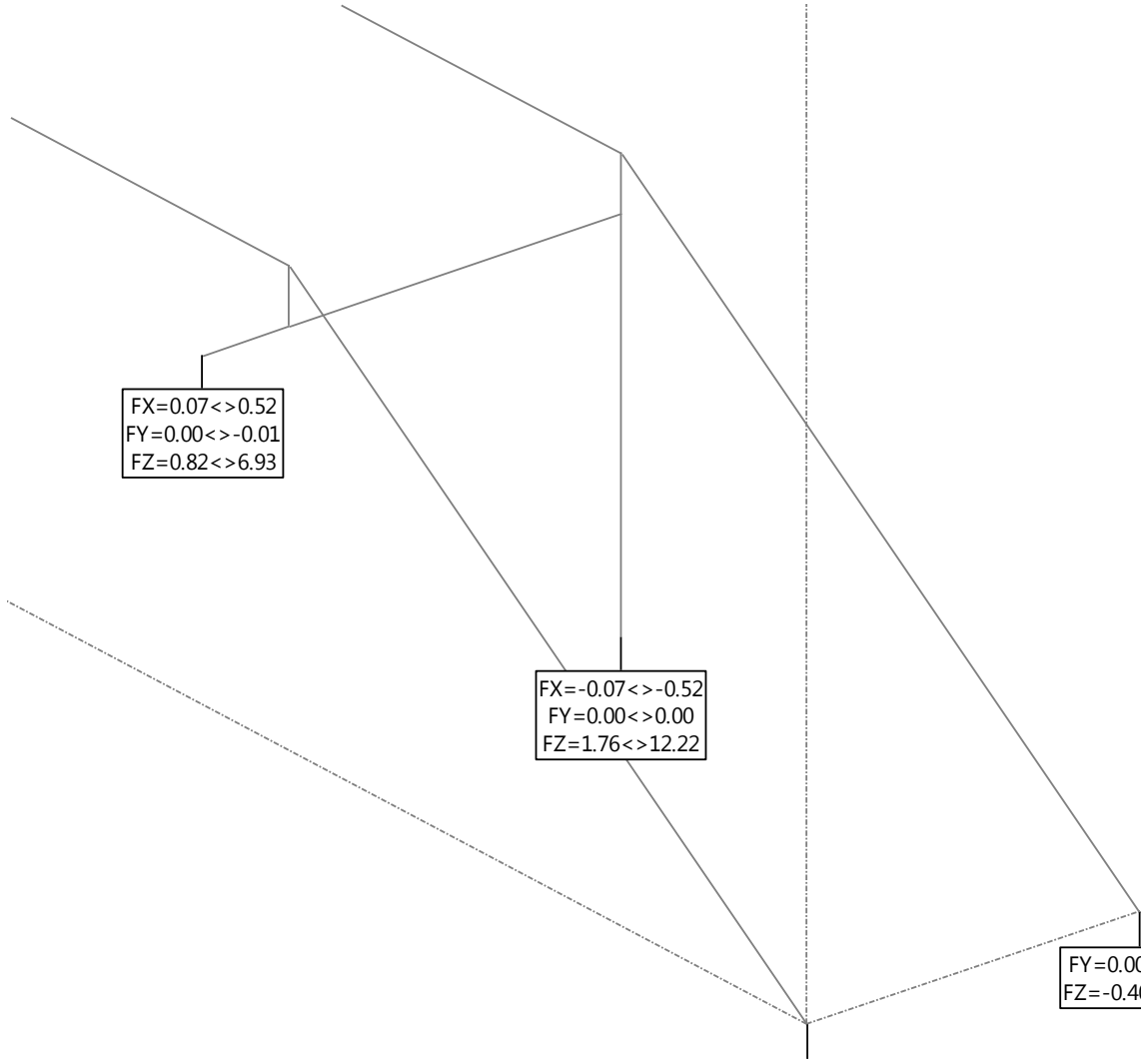
Ley de momentos flectores (m·kN)



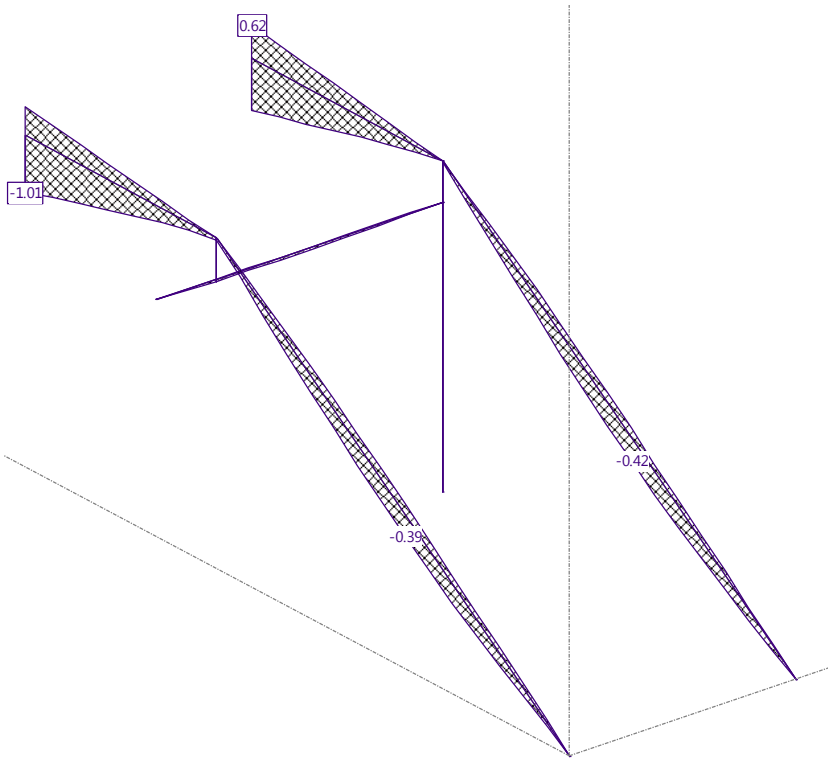
Ley de cortantes (kN)



Ley de axiles (kN)



Reacciones (kN)

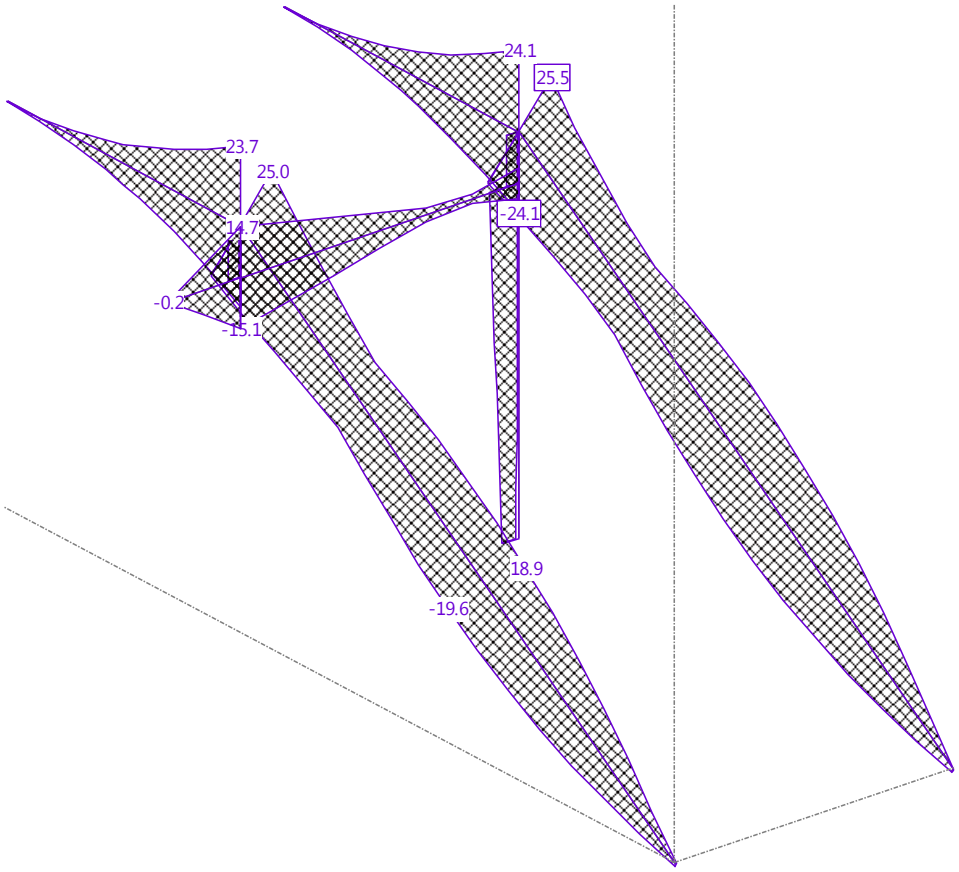


Deformaciones máximas en ELS (mm)

Estas deformaciones para la situación frecuente de la combinación de cargas, es muy inferior al Límite establecido de L/300 (7,4 mm)

8.10.5. COMPROBACIONES REALIZADAS

A continuación se muestran las tensiones normales máximas obtenidas para el ELU:



Tensiones normales (MPa)

Como se puede comprobar las tensiones máximas son muy bajas, por lo que la nueva configuración de la escalera no afecta a la capacidad estructural de la misma.

A continuación se incluye la comprobación del dintel y del pilar de apoyo:

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha: 05/05/2016
Título: Dintel Escalera Tramo 1
Tipo de cálculo: Pieza

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para piezas con sección constante doblemente simétrica, de clase 1 ó 2 y con alas y almas de sección constante, sometidas a un esfuerzo axil de compresión uniforme a lo largo de la pieza y a sus correspondientes esfuerzos concomitantes de flexión, cortante y torsión.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección: Armada
Forma: Doble T
Fabricación: Laminado en caliente
Grupo: -
Perfil: -

1.2 Geometría perfil

b (mm) = 74 [ancho sección]
h (mm) = 160 [canto sección]
t_f (mm) = 9.5 [espesor ala]
t_w (mm) = 6.3 [espesor alma]
h_w (mm) = 141.0

Nota : Se supone, en el cálculo de h_w, que el perfil armado está consitituido por chapas soldadas a tope con penetración completa y preparación de bordes.

1.3 Material

Tipo acero: S 275
f_y (MPa) = 275
f_u (MPa) = 430
ε = 0.92 [√(235 / f_y)]
Tipo construcción: Obra civil

E_s (MPa) = 210,000
ν = 0.30
G_s (MPa) = 80,769
γ_{M0} = 1.05 [Artículo 15.3]
γ_{M1} = 1.05 [Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) = 2280 [área]
$A_{v,y}$ (mm²) = 1083 [área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) = 1406 [área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10^n) = 9.4 [inercia flexión eje Y]
i_y (mm) = 64.0 [radio giro eje Y]
$W_{el,y}$ (mm³ 10^3) = 117.0 [módulo resistente elástico flexión eje Y]
$W_{pl,y}$ (mm³ 10^3) = 136.0 [módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm^4 10^6) =	0.5	[inercia flexión eje Z]
i_z (mm) =	15.5	[radio giro eje Z]
$W_{el,z}$ (mm^3 10^3) =	14.8	[módulo resistente elástico flexión eje Z]
$W_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	24.9	[módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 10^6) =	0.066	[módulo de torsión de Saint Venant]

1.4.5 Torsión de alabeo

I_w (mm^6 10^{12}) =	0.00	[módulo de alabeo]
$I_{f,z}$ (mm^4 10^6) =	0.32	[inercia de ala respecto flexión eje Z]

1.5 Geometría de la pieza

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) =	1.2	
Tipo pieza:	Traslacional	
β_y =	1.0	
$L_{cr,y}$ (m) =	1.2	[longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) =	1.2	
Tipo pieza:	Traslacional	
β_z =	1.0	
$L_{cr,z}$ (m) =	1.2	[longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.5.3 Geometría de la pieza en relación con el pandeo lateral

Longitud (m) =	1.2	
k =	1.0	[coeficiente de longitud eficaz respecto a giro de ala comprimida en su plano]
k_w =	1.0	[coeficiente de longitud eficaz respecto a alabeo]

1.5.4 Geometría de la pieza en relación con la torsión

Longitud (m) =	1.2	
Cond. contorno:	Giro coartado y alabeo libre en ambos extremos	
L_{et} (m) =	1.2	[longitud eficaz a torsión]
y_O (mm) =	0.0	[distancia G - CEC]
i_O (mm) =	65.9	[$\sqrt{(i_y^2 + i_z^2 + y_O^2)}$]
β_T =	1.0	[1 - (y_O / i_O)^2]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) =	-0.5	[tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	6.9			
Tipo de carga:	Carga transversal			
Aplicación carga:	Ala comprimida		z_g (mm) =	80
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	1.7	[M máximo]		
C_1 =	1.05		C_2 =	1.56
C_{My} =	1.00			

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
Tipo de carga:	Momento extremos	
$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	[M máximo]
C_{Mz} =	1.00	[0.6 + 0.4 ψz ≥ 0.4]

1.5.3 Torsión

Tipo de ley:	Constante en x	[Torsión uniforme]
T_{Ed} (mkN) =	0.0	

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	141.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.3	[espesor alma]
c / t =	22.4	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	141.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.3	[espesor alma]
c / t =	22.4	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	33.9	[vuelo ala]
t (mm) =	9.5	[espesor ala]
c / t =	3.6	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{\text{lim clase 1}}$ =	8.3	
$c / t_{\text{lim clase 2}}$ =	9.2	
$c / t_{\text{lim clase 3}}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	33.9	[vuelo ala]
t (mm) =	9.5	[espesor ala]
c / t =	3.6	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{\text{lim clase 1}}$ =	8.3	
$c / t_{\text{lim clase 2}}$ =	9.2	
$c / t_{\text{lim clase 3}}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección: 1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	141.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.3	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\,min}$ (mm) =	2.5	[h_w η /(72 ε)]

El alma de la sección no abolla por cortante
Sólo es necesario disponer rigidizadores en apoyos y en zonas de introducción de cargas

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.6)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	141.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.3	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm^2) =	888.3	[área alma]
A_{fc} (mm^2) =	703	[área ala]
$t_{w\,min}$ (mm) =	0.5	[f_{yf} h_w √(A_{fc} /A_w)/(k E)]

El alma de la sección no abolla

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$W_{t,alma}$ (mm^3 10^6) =	0.010	$[I_t / t_w]$
$\tau_{t,alma,Ed}$ (MPa) =	0.0	$[T_{Ed} / W_{t,alma}]$
$W_{t,ala}$ (mm^3 10^6) =	0.007	$[I_t / t_f]$
$\tau_{t,ala,Ed}$ (MPa) =	0.0	$[T_{Ed} / W_{t,ala}]$
$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	$[f_y / (\sqrt{3}\ \gamma_{M0})]$

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	6.9	
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1083	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	163.8	$[A_{v,y}\ f_y / (\sqrt{3}\ \gamma_{M0})]$

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	$[1 - \sqrt{(1 - 0.8\ \tau_{t,alma,Ed} / \tau_{c,Rd})}]$
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	163.8	$[(1 - \rho_{T,z})\ V_{c,z,Rd}]$

Se cumple la comprobación

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1406	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	212.6	$[A_{v,z}\ f_y / (\sqrt{3}\ \gamma_{M0})]$

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	$[1 - \sqrt{(1 - 0.8\ \tau_{t,ala,Ed} / \tau_{c,Rd})}]$
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	212.6	$[(1 - \rho_{T,y})\ V_{c,y,Rd}]$

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) =	-0.5	
A (mm^2) =	2280	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	-597.1	$[A\ f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	6.9	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	81.9	
No se reduce resistencia a axil por Vz		
$\rho_{V,z}$ =	0.00	$[(2\ V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$N_{[V,T],Rd}$ (kN) =	-597.1	$[N_{c,Rd}\ (1 - \rho_{[V,T],z}\ A_{v,y} / A - \rho_{[V,T],y}\ A_{v,z} / A)]$

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) =	-13458	$[\pi^2\ E_s\ I_y / L_{cr,y}^2]$
λ_y =	0.22	$[\sqrt{(A\ f_y / N_{cr,y})}]$
Curva pandeo =	b	
α_y =	0.34	
ϕ_y =	0.53	$[0.5\ (1 + \alpha_y\ (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2)]$
χ_y =	0.99	$[1 / (\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)})]$

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	106.3	
No se reduce resistencia a axil por Vy		
$\rho_{V,y}$ =	0.00	$[(2\ V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) =	-787	$[\pi^2\ E_s\ I_z / L_{cr,z}^2]$
λ_y =	0.89	$[\sqrt{(A\ f_y / N_{cr,z})}]$
Curva pandeo =	c	
α_y =	0.49	
ϕ_y =	1.07	$[0.5\ (1 + \alpha_z\ (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2)]$
χ_z =	0.60	$[1 / (\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)})]$

- Reducción pandeo por torsión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,T,1}$ (kN) =	-1222	$[G_s\ It / i_0^2]$
$N_{cr,T,2}$ (kN) =	-1041	$[\pi^2\ E_s\ I_w / (L_{et}^2\ i_0^2)]$
$N_{cr,T}$ (kN) =	-2264	$[N_{cr,T,1} + N_{cr,T,2}]$
λ_T =	0.53	$[\sqrt{(A\ f_y / N_{cr,T})}]$
Curva pandeo =	c	
α_T =	0.49	
ϕ_T =	0.72	$[0.5\ (1 + \alpha_T\ (\lambda_T - 0.2) + \lambda_T^2)]$
χ_T =	0.83	$[1 / (\phi_T + \sqrt{(\phi_T^2 - \lambda_T^2)})]$

- Reducción pandeo por torsión y flexión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,TF,1}$ (kN) =	-15721	$[N_{cr,y} + N_{cr,T}]$
$N_{cr,TF,2}$ (kN) =	-11194	$[\sqrt{((N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4\ \beta_T\ N_{cr,y}\ N_{cr,T})}]$
$N_{cr,TF}$ (kN) =	-2264	$[(N_{cr,TF,1} - N_{cr,TF,2}) / (2\ \beta_T)]$
λ_{TF} =	0.53	$[\sqrt{(A\ f_y / N_{cr,TF})}]$
Curva pandeo =	c	
α_{TF} =	0.49	
ϕ_{TF} =	0.72	$[0.5\ (1 + \alpha_{TF}\ (\lambda_{TF} - 0.2) + \lambda_{TF}^2)]$
χ_{TF} =	0.83	$[1 / (\phi_{TF} + \sqrt{(\phi_{TF}^2 - \lambda_{TF}^2)})]$

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) =	-361.0	$[\min(\chi_y; \chi_z; \chi_T; \chi_{TF})\ N_{(V,T),Rd}]$

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	1.7	
$w_{pl,y}$ ($mm^3\ 10^3$) =	136	
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	35.6	$[w_{pl,y}\ f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	6.9	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	81.9	

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	$[(2\ V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) =	35.6	$[M_{c,y,Rd}\ (1 - \rho_{V,z}\ A_{v,y}^2 / (4\ t_w\ w_{pl,y}))]$

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	
$w_{pl,z}$ ($mm^3\ 10^3$) =	24.9	
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	6.5	$[w_{pl,z}\ f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	106.3	

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	$[(2\ V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	6.5	$[M_{c,z,Rd}\ (1 - \rho_{V,y}\ b^2\ t_f / (2\ w_{pl,z}))]$

- Reducción pandeo lateral (Artículo 35.2.2)

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2}\left[\sqrt{\frac{k^2 I_w}{k_w^2 I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} - (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g\right]$$

M_{cr} (mkN) =	35.1	[expresión F.4 EC-3]
λ_{LT} =	1.03	$[\sqrt{(w_{pl,y}\ f_y / M_{cr})}]$
Curva pandeo =	d	
α_{LT} =	0.76	
ϕ_{LT} =	1.35	$[0.5\ (1 + \alpha_{LT}\ (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2)]$
χ_{LT} =	0.45	$[1 / (\phi_{LT} + \sqrt{(\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)})]$
$M_{b,Rd}$ (mkN) =	16.1	$[\chi_{LT}\ M_{(V,T),y,Rd}]$

Se cumple la comprobación

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) =	-0.5		
$N_{b,Rd}$ (kN) =	-361.0		
$N_{cr,y}$ (kN) =	-13458	$N_{cr,z}$ (kN) =	-787
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	1.7	$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0
$M_{b,Rd}$ (kN) =	16.1	$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	6.5
C_{My} =	1.00	C_{Mz} =	1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T),z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.11

Se cumple la comprobación

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha: 05/05/2016
Título: Pilar Escalera Tramo 1
Tipo de cálculo: Pieza

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para piezas con sección constante doblemente simétrica, de clase 1 ó 2 y con alas y almas de sección constante, sometidas a un esfuerzo axil de compresión uniforme a lo largo de la pieza y a sus correspondientes esfuerzos concomitantes de flexión, cortante y torsión.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección: Armada
Forma: Doble T
Fabricación: Laminado en caliente
Grupo: -
Perfil: -

1.2 Geometría perfil

b (mm) = 74 [ancho sección]
h (mm) = 160 [canto sección]
t_f (mm) = 9.5 [espesor ala]
t_w (mm) = 6.3 [espesor alma]
h_w (mm) = 141.0

Nota : Se supone, en el cálculo de h_w, que el perfil armado está consitituido por chapas soldadas a tope con penetración completa y preparación de bordes.

1.3 Material

Tipo acero: S 275
f_y (MPa) = 275
f_u (MPa) = 430
ε = 0.92 [√(235 / f_y)]
Tipo construcción: Obra civil

E_s (MPa) = 210,000
ν = 0.30
G_s (MPa) = 80,769
γ_{M0} = 1.05 [Artículo 15.3]
γ_{M1} = 1.05 [Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) = 2280 [área]
$A_{v,y}$ (mm²) = 1083 [área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) = 1406 [área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10^n) = 9.4 [inercia flexión eje Y]
i_y (mm) = 64.0 [radio giro eje Y]
$W_{el,y}$ (mm³ 10^3) = 117.0 [módulo resistente elástico flexión eje Y]
$W_{pl,y}$ (mm³ 10^3) = 136.0 [módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm^4 10^6) =	0.5	[inercia flexión eje Z]
i_z (mm) =	15.5	[radio giro eje Z]
$W_{el,z}$ (mm^3 10^3) =	14.8	[módulo resistente elástico flexión eje Z]
$W_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	24.9	[módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 10^6) =	0.066	[módulo de torsión de Saint Venant]

1.4.5 Torsión de alabeo

I_w (mm^6 10^{12}) =	0.00	[módulo de alabeo]
$I_{f,z}$ (mm^4 10^6) =	0.32	[inercia de ala respecto flexión eje Z]

1.5 Geometría de la pieza

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) =	1.4	
Tipo pieza:	Traslacional	
β_y =	1.0	
$L_{cr,y}$ (m) =	1.4	[longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) =	1.4	
Tipo pieza:	Traslacional	
β_z =	1.0	
$L_{cr,z}$ (m) =	1.4	[longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.5.3 Geometría de la pieza en relación con el pandeo lateral

Longitud (m) =	1.4	
k =	1.0	[coeficiente de longitud eficaz respecto a giro de ala comprimida en su plano]
k_w =	1.0	[coeficiente de longitud eficaz respecto a alabeo]

1.5.4 Geometría de la pieza en relación con la torsión

Longitud (m) =	1.4	
Cond. contorno:	Giro coartado y alabeo libre en ambos extremos	
L_{et} (m) =	1.4	[longitud eficaz a torsión]
y_O (mm) =	0.0	[distancia G - CEC]
i_O (mm) =	65.9	[$\sqrt{(i_y^2 + i_z^2 + y_O^2)}$]
β_T =	1.0	[1 - (y_O / i_O)^2]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) =	-12.2	[tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	0.5			
Tipo de carga:	Momento extremos			
Aplicación carga:	Centro de gravedad		z_g (mm) =	0
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	-0.6	[M máximo]		
C_1 =	1.88	[1.88 - 1.40 ψy + 0.52 ψy²]	C_2 =	0.00
C_{My} =	1.00	[0.6 + 0.4 ψy ≥ 0.4]		

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
Tipo de carga:	Momento extremos	
$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	[M máximo]
C_{Mz} =	1.00	[0.6 + 0.4 ψz ≥ 0.4]

1.5.3 Torsión

Tipo de ley:	Constante en x	[Torsión uniforme]
T_{Ed} (mkN) =	0.0	

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	141.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.3	[espesor alma]
c / t =	22.4	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	141.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.3	[espesor alma]
c / t =	22.4	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	33.9	[vuelo ala]
t (mm) =	9.5	[espesor ala]
c / t =	3.6	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	33.9	[vuelo ala]
t (mm) =	9.5	[espesor ala]
c / t =	3.6	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección: 1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	141.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.3	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\,min}$ (mm) =	2.5	[h_w η /(72 ε)]

El alma de la sección no abolla por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	141.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.3	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm^2) =	888.3	[área alma]
A_{fc} (mm^2) =	703	[área ala]
$t_{w\,min}$ (mm) =	0.5	[f_{yf} h_w √(A_{fc} /A_w)/(k E)]

El alma de la sección no abolla

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$W_{t,alma}$ (mm^3 10^6) =	0.010	[I_t / t_w]
$\tau_{t,alma,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $W_{t,alma}$]
$W_{t,ala}$ (mm^3 10^6) =	0.007	[I_t / t_f]
$\tau_{t,ala,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $W_{t,ala}$]
$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[f_y / (√3 γ_{M0})]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	0.5	
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1083	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	163.8	[$A_{v,y}$ f_y / (√3 γ_{M0})]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[1 - √(1 - 0.8 $\tau_{t,alma,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	163.8	[(1 - $\rho_{T,z}$) $V_{c,z,Rd}$]

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1406	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	212.6	[$A_{v,z}$ f_y / (√3 γ_{M0})]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[1 - √(1 - 0.8 $\tau_{t,ala,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	212.6	[(1 - $\rho_{T,y}$) $V_{c,y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) =	-12.2	
A (mm^2) =	2280	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	-597.1	[A f_y / γ_{M1}]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	0.5	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	81.9	

No se reduce resistencia a axil por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$N_{(V,T),Rd}$ (kN) =	-597.1	[$N_{c,Rd}$ (1 - $\rho_{(V,T),z}$ $A_{v,y}$ / A - $\rho_{(V,T),y}$ $A_{v,z}$ / A)]

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) =	-9887	[π^2 E_s I_y / $L_{cr,y}^2$]
λ_y =	0.25	[√(A f_y / $N_{cr,y}$)]
Curva pandeo =	b	
α_y =	0.34	
ϕ_y =	0.54	[0.5 (1 + α_y (λ_y - 0.2) + λ_y^2)]
χ_y =	0.98	[1 / (ϕ_y + √(ϕ_y^2 - λ_y^2))]

Se reduce resistencia a axil por Vy

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	106.3	
$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) =	-578	[π^2 E_s I_z / $L_{cr,z}^2$]
λ_y =	1.04	[√(A f_y / $N_{cr,z}$)]
Curva pandeo =	c	
α_y =	0.49	
ϕ_y =	1.25	[0.5 (1 + α_z (λ_z - 0.2) + λ_z^2)]
χ_z =	0.52	[1 / (ϕ_z + √(ϕ_z^2 - λ_z^2))]

- Reducción pandeo por torsión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,T,1}$ (kN) =	-1222	[G_s It / i_0^2]
$N_{cr,T,2}$ (kN) =	-765	[π^2 E_s I_w / (L_{et}^2 i_0^2)]
$N_{cr,T}$ (kN) =	-1987	[$N_{cr,T,1}$ + $N_{cr,T,2}$]
λ_T =	0.56	[v(A f_y / $N_{cr,T}$)]
Curva pandeo =	c	
α_T =	0.49	
ϕ_T =	0.75	[0.5 (1 + α_T (λ_T - 0.2) + λ_T^2)]
χ_T =	0.81	[1 / (ϕ_T + v(ϕ_T^2 - λ_T^2))]

- Reducción pandeo por torsión y flexión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,TF,1}$ (kN) =	-11875	[$N_{cr,y}$ + $N_{cr,T}$]
$N_{cr,TF,2}$ (kN) =	-7900	[v(($N_{cr,y}$ + $N_{cr,T}$)^2 - 4 β_T $N_{cr,y}$ $N_{cr,T}$)]
$N_{cr,TF}$ (kN) =	-1987	[($N_{cr,TF,1}$ - $N_{cr,TF,2}$) / (2 β_T)]
λ_{TF} =	0.56	[v(A f_y / $N_{cr,TF}$)]
Curva pandeo =	c	
α_{TF} =	0.49	
ϕ_{TF} =	0.75	[0.5 (1 + α_{TF} (λ_{TF} - 0.2) + λ_{TF}^2)]
χ_{TF} =	0.81	[1 / (ϕ_{TF} + v(ϕ_{TF}^2 - λ_{TF}^2))]

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) =	-308.4	[min (χ_y; χ_z; χ_T; χ_{TF}) $N_{(V,T),Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	-0.6	
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) =	136	
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	-35.6	[$w_{pl,y}$ f_y / γ_{M1}]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	0.5	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	81.9	

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) =	-35.6	[$M_{c,y,Rd}$ (1 - $\rho_{V,z}$ $A_{v,y}^2$/(4 t_w $w_{pl,y}$))]

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	
$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	24.9	
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	6.5	[$w_{pl,z}$ f_y / γ_{M1}]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	106.3	

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	6.5	[$M_{c,z,Rd}$ (1 - $\rho_{V,y}$ b^2 t_f /(2 $w_{pl,z}$))]

- Reducción pandeo lateral (Artículo 35.2.2)

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2}\left[\sqrt{\frac{k^2 I_w}{k_w^2 I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} - (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g\right]$$

M_{cr} (mkN) =	-132.8	[expresión F.4 EC-3]
λ_{LT} =	0.53	[v($w_{pl,y}$ f_y / M_{cr})]
Curva pandeo =	d	
α_{LT} =	0.76	
ϕ_{LT} =	0.77	[0.5 (1 + α_{LT} (λ_{LT} - 0.2) + λ_{LT}^2)]
χ_{LT} =	0.76	[1 / (ϕ_{LT} + v(ϕ_{LT}^2 - λ_{LT}^2))]
$M_{b,Rd}$ (mkN) =	-27.0	[χ_{LT} $M_{(V,T),y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) = -12.2
$N_{b,Rd}$ (kN) = -308.4
$N_{cr,y}$ (kN) = -9887
$M_{y,Ed}$ (mkN) = -0.6
$M_{b,Rd}$ (kN) = -27.0
C_{My} = 1.00

$N_{cr,z}$ (kN) = -578
$M_{z,Ed}$ (mkN) = 0.0
$M_{(V,T)z,Rd}$ (mkN) = 6.5
C_{Mz} = 1.00

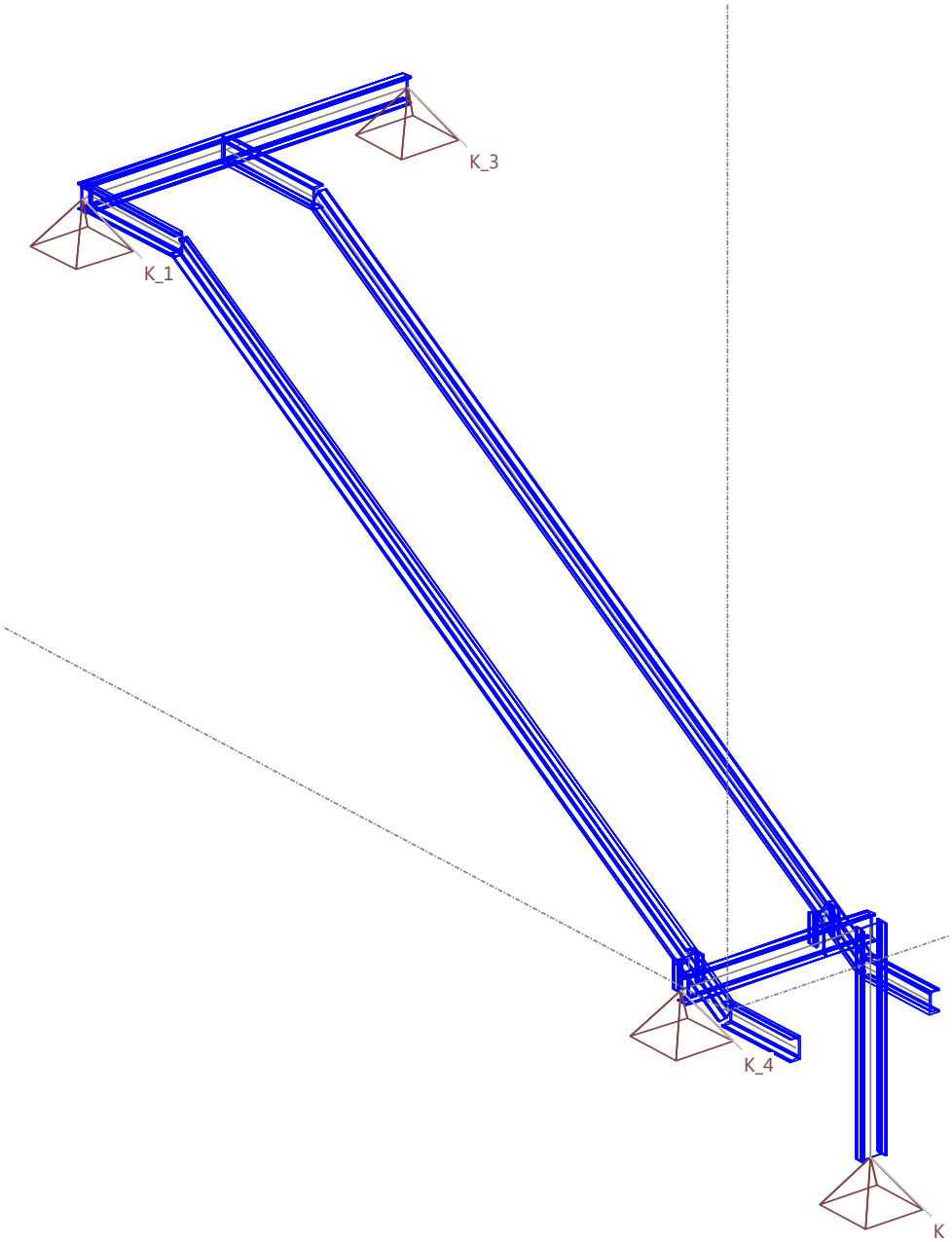
$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T)z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.06

Se cumple la comprobación

8.11. TRAMO 2

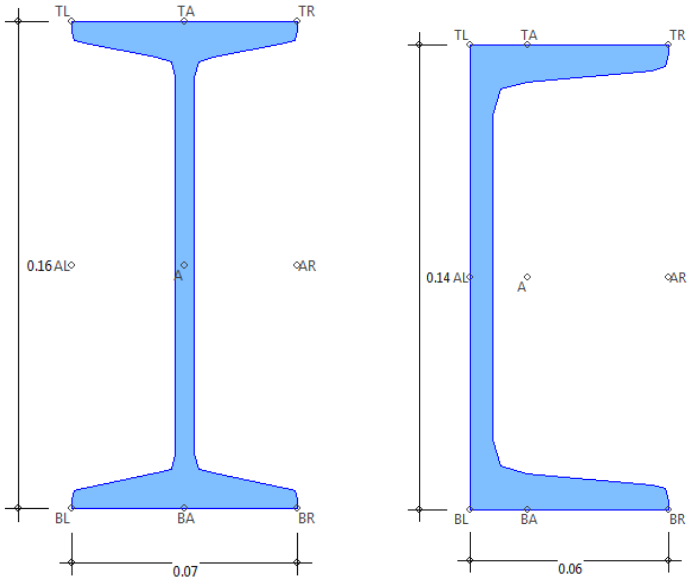
8.11.1. MODELO DE ENTRADA



Vista de la estructura de la escalera

8.11.3. SECCIONES UTILIZADAS

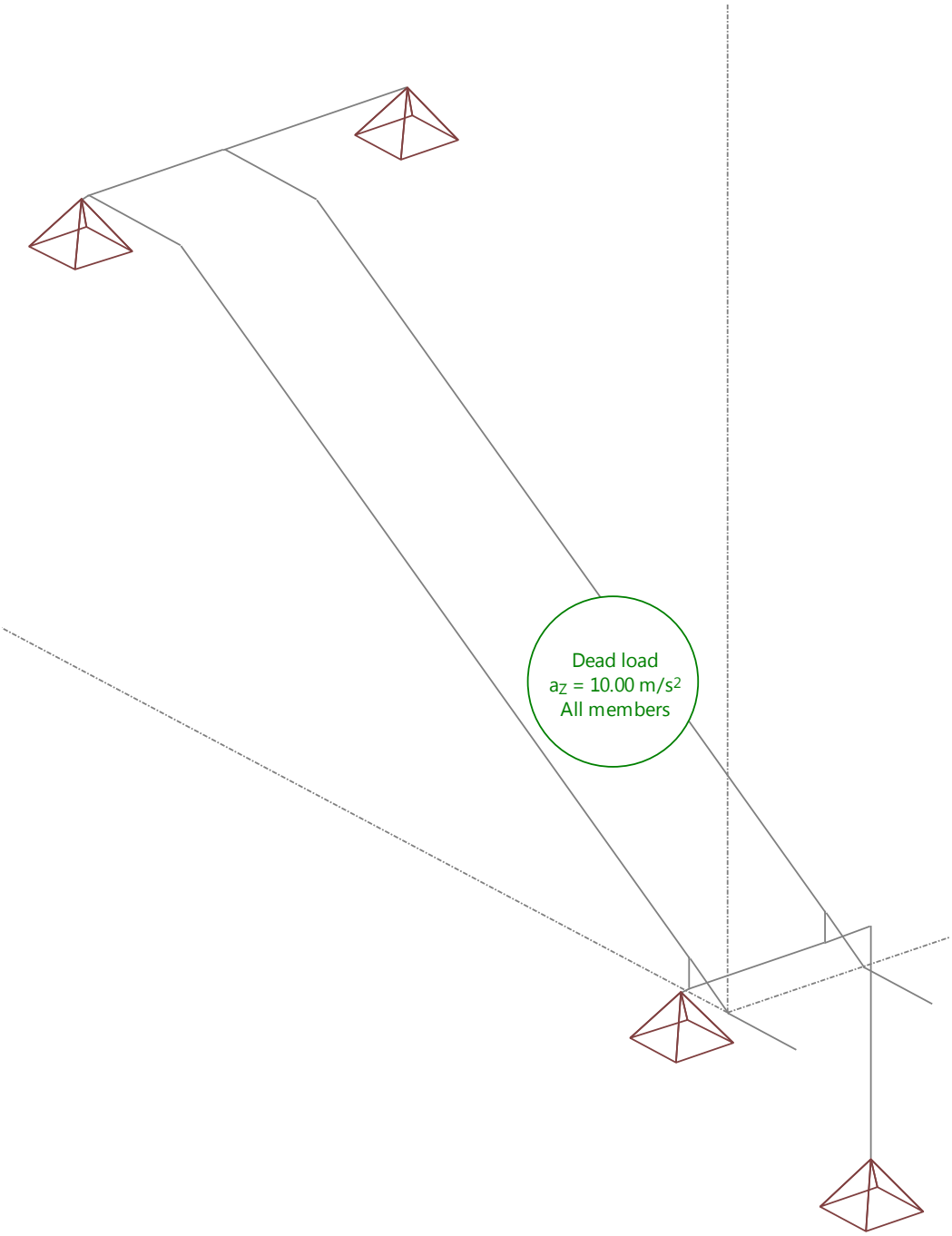
Los perfiles longitudinales de apoyo de los escalones se consideran UPN-140, mientras que el resto de vigas y pilares se dimensionan con IPN-160



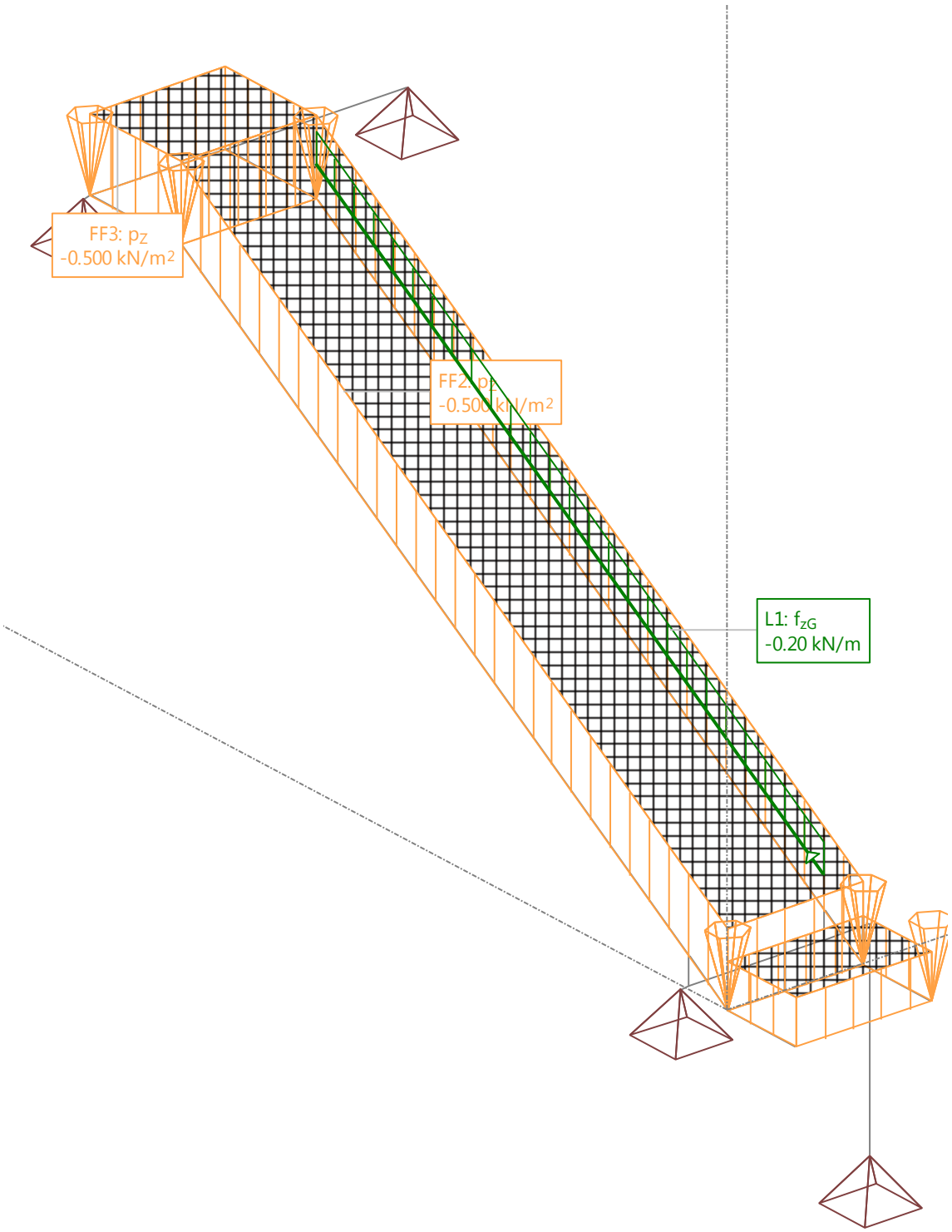
Secciones utilizadas

8.11.5. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO

8.11.5.1.Peso propio

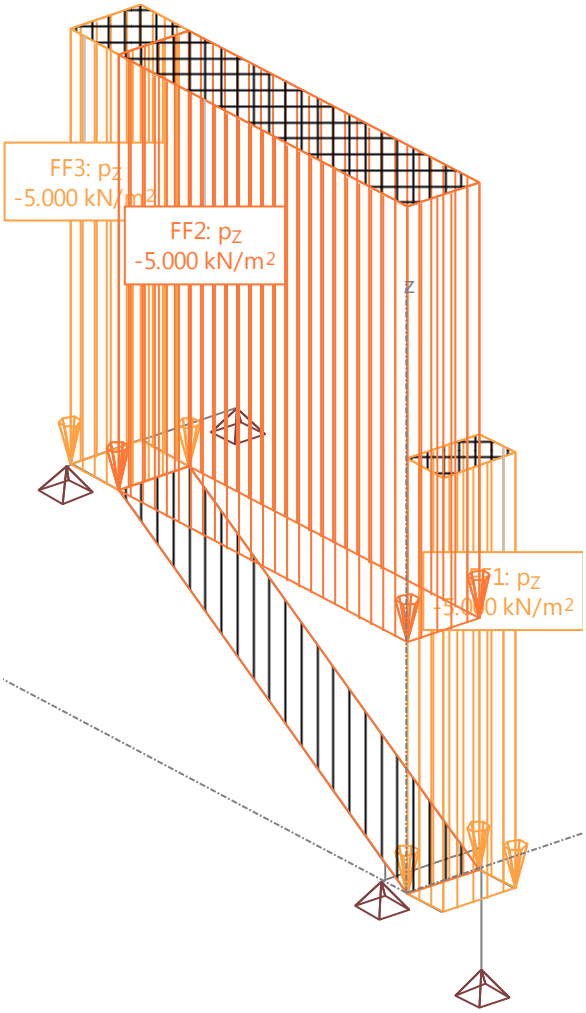


8.11.5.3.Carga Muerta de Barandilla y Peldaños



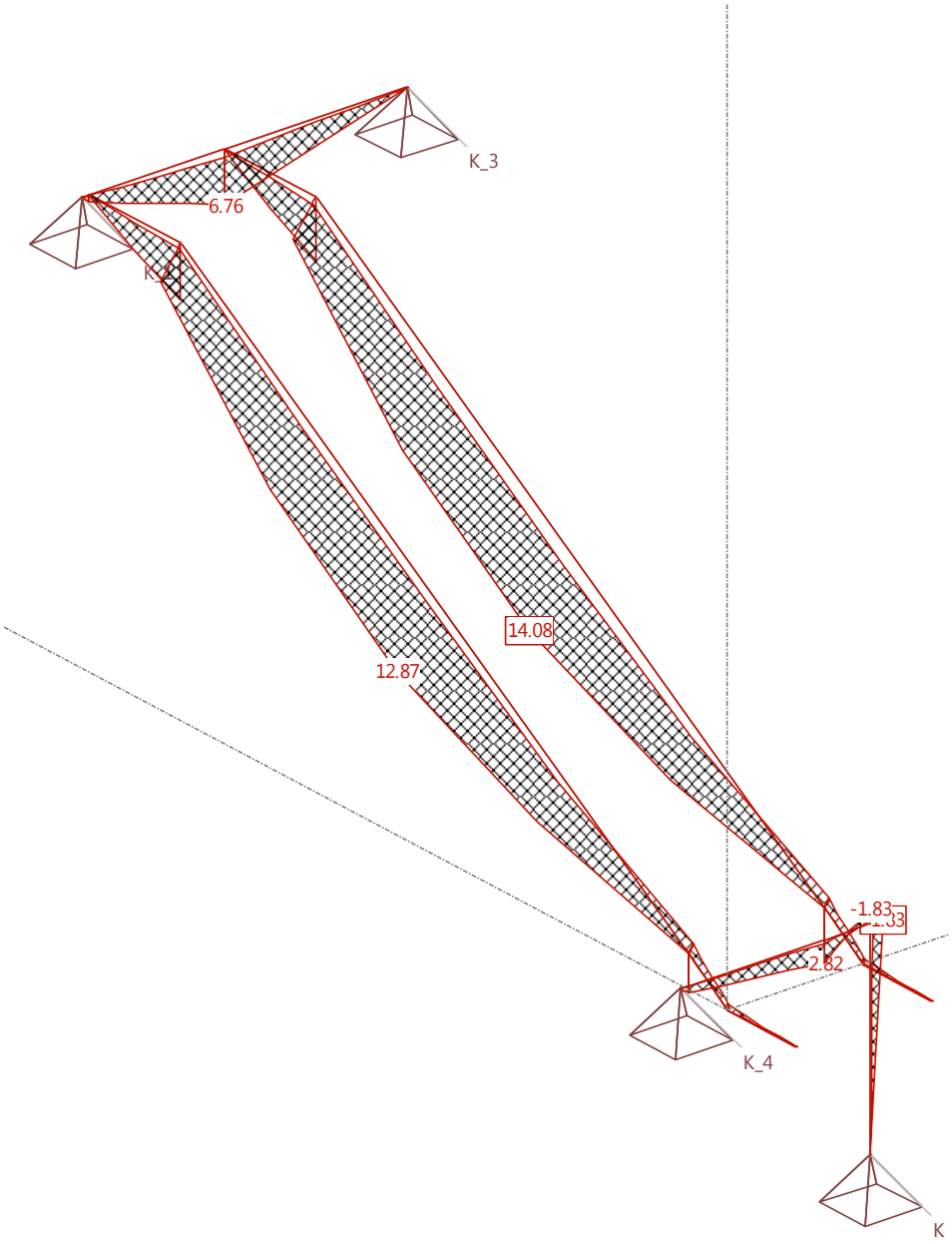
8.11.5.5.Sobrecarga de la escalera

Se considera una sobrecarga de 5 kN/m² en cada zona, dependiendo de la zona más desfavorable.

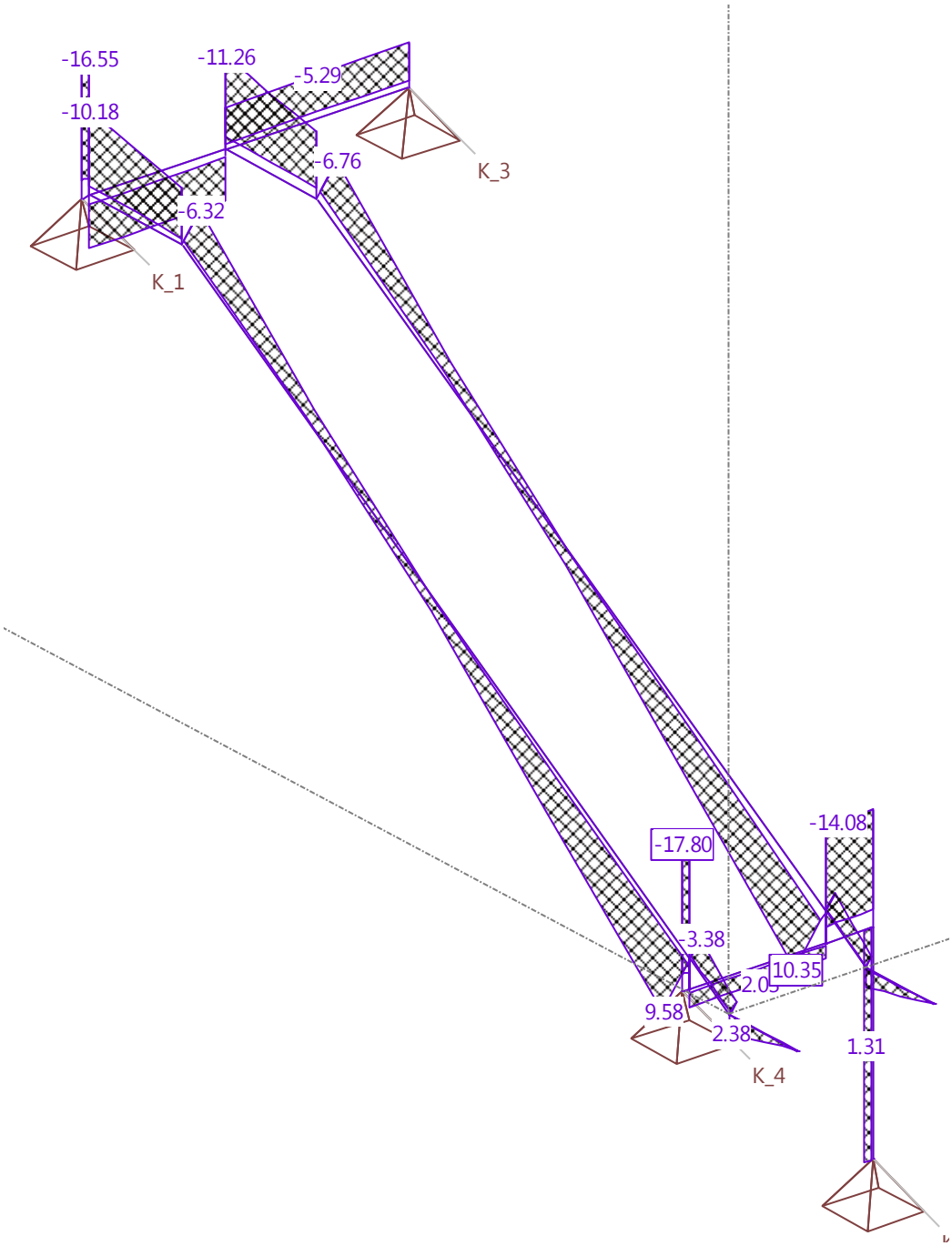


8.11.6. RESULTADOS OBTENIDOS

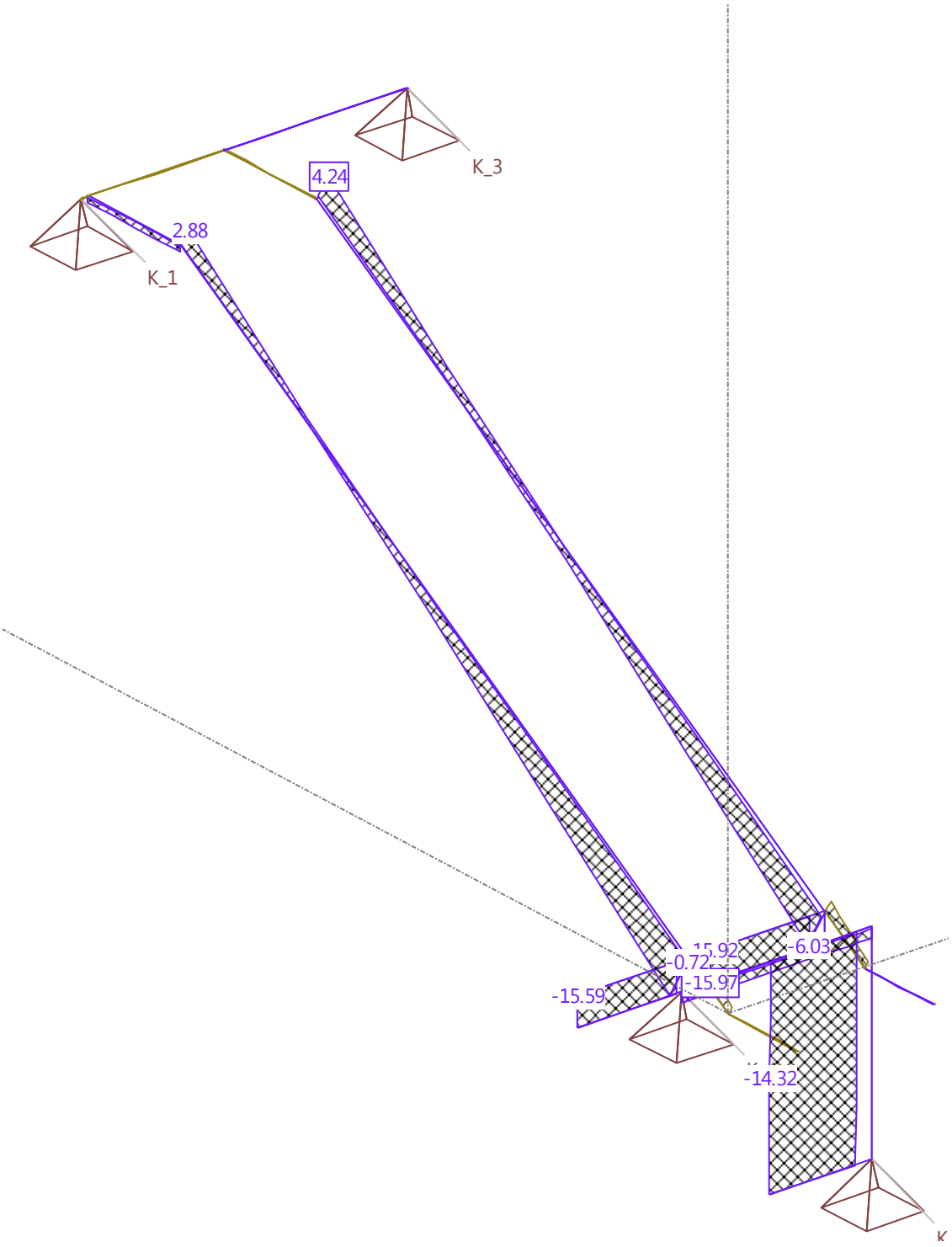
A continuación se incluyen las leyes de momentos flectores, cortantes y axiles, de ambas estructuras para la situación de ELU en situación persistente o transitoria, así como la deformación para ELS:



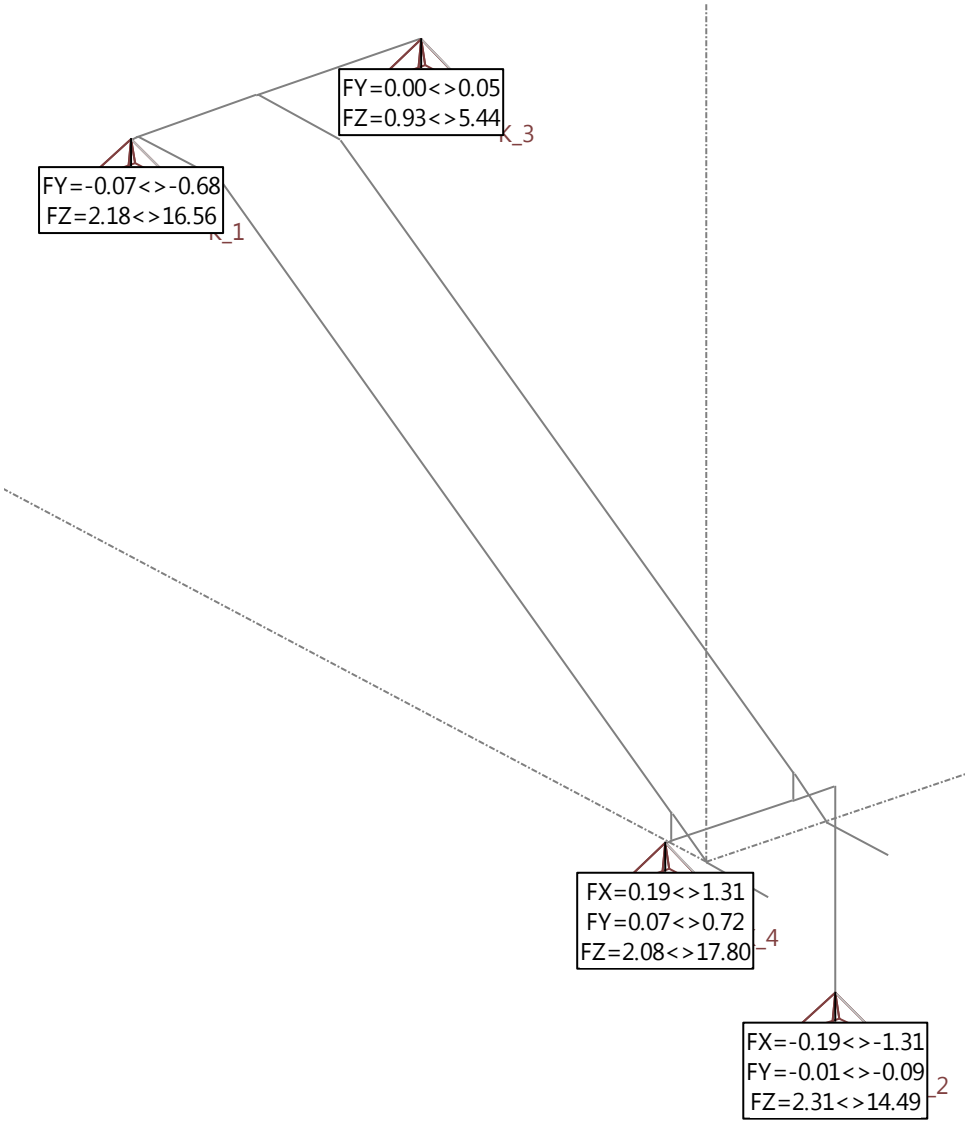
Ley de momentos flectores (m·kN)



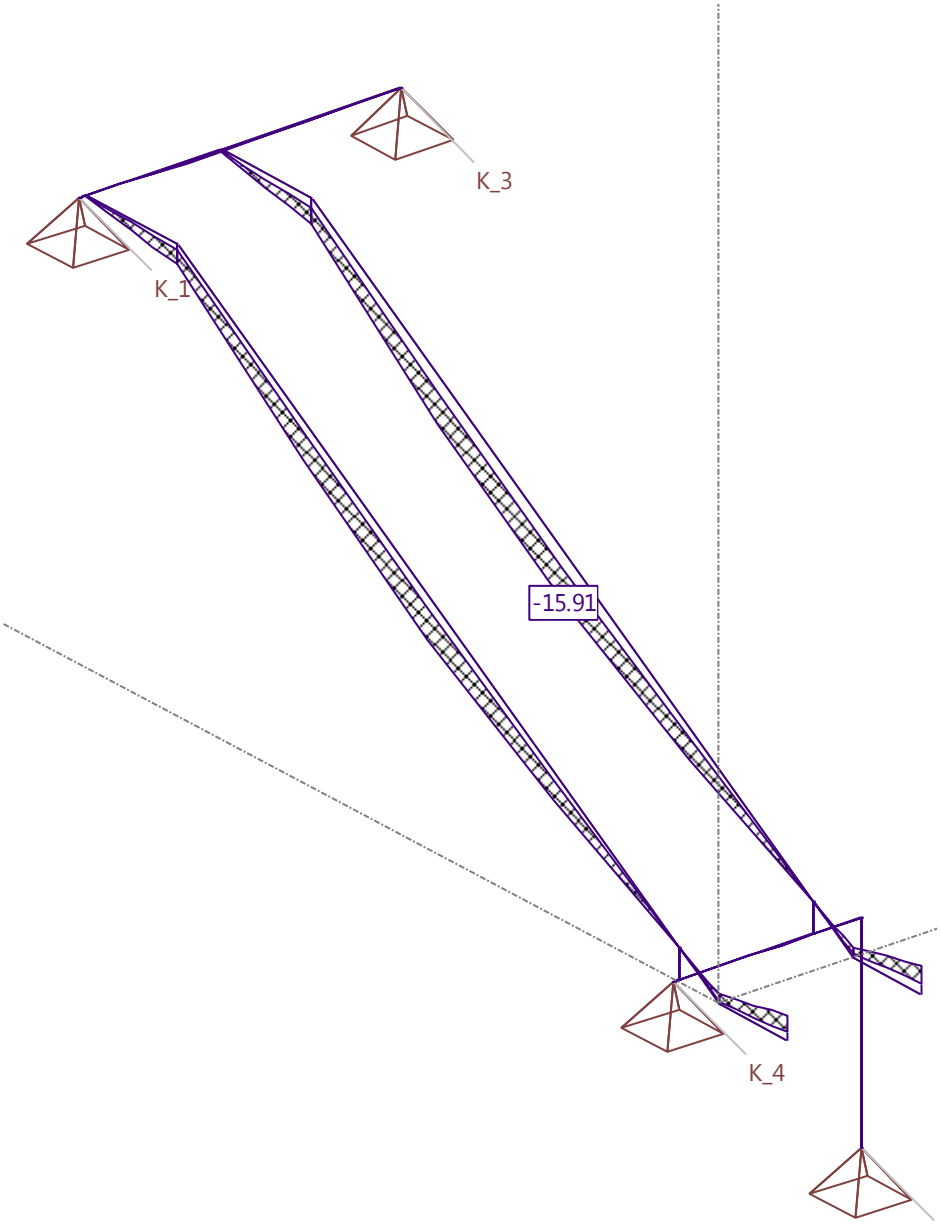
Ley de cortantes (kN)



Ley de axiles (kN)



Reacciones máximas (kN)

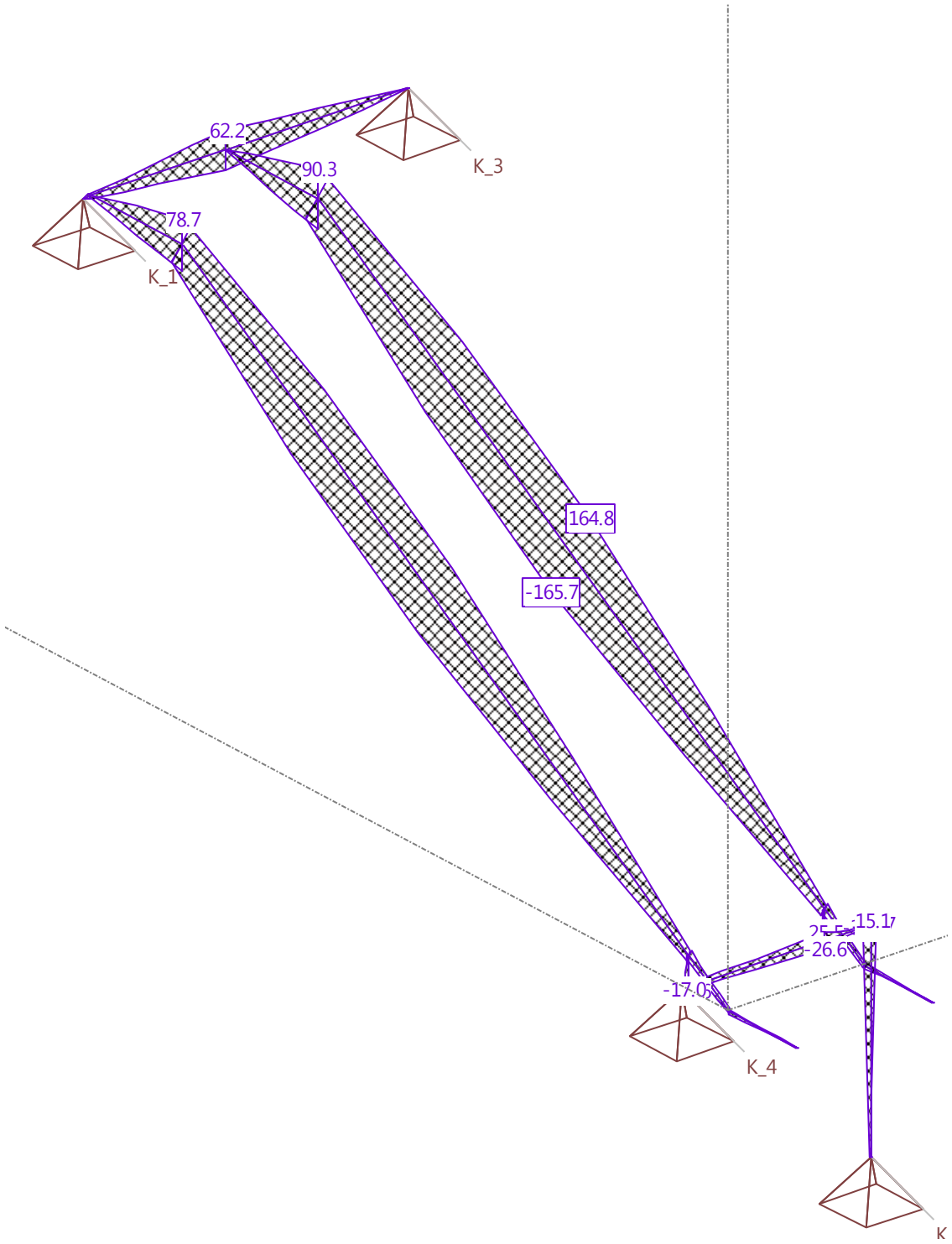


Deformaciones máximas en ELS (mm)

Estas deformaciones para la situación frecuente de la combinación de cargas, es muy inferior al Límite establecido de L/300 (20 mm)

8.11.7. COMPROBACIONES REALIZADAS

A continuación se muestran las tensiones normales máximas obtenidas para el ELU:



Tensiones normales (MPa)

Como se puede comprobar por las tensiones máximas, por lo que la nueva configuración de la escalera no afecta a la capacidad estructural de la misma.

A continuación se incluye la comprobación del dintel y del pilar de apoyo:

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha: 05/05/2016
Título: Dintel Escalera Tramo 2
Tipo de cálculo: Pieza

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para piezas con sección constante doblemente simétrica, de clase 1 ó 2 y con alas y almas de sección constante, sometidas a un esfuerzo axil de compresión uniforme a lo largo de la pieza y a sus correspondientes esfuerzos concomitantes de flexión, cortante y torsión.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección: Armada
Forma: Doble T
Fabricación: Laminado en caliente
Grupo: -
Perfil: -

1.2 Geometría perfil

b (mm) = 74 [ancho sección]
h (mm) = 160 [canto sección]
t_f (mm) = 9.5 [espesor ala]
t_w (mm) = 6.3 [espesor alma]
h_w (mm) = 141.0

Nota : Se supone, en el cálculo de h_w, que el perfil armado está consitituido por chapas soldadas a tope con penetración completa y preparación de bordes.

1.3 Material

Tipo acero: S 275
f_y (MPa) = 275
f_u (MPa) = 430
ε = 0.92 [√(235 / f_y)]
Tipo construcción: Obra civil

E_s (MPa) = 210,000
ν = 0.30
G_s (MPa) = 80,769
γ_{M0} = 1.05 [Artículo 15.3]
γ_{M1} = 1.05 [Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) = 2280 [área]
$A_{v,y}$ (mm²) = 1083 [área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) = 1406 [área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10^n) = 9.4 [inercia flexión eje Y]
i_y (mm) = 64.0 [radio giro eje Y]
$W_{el,y}$ (mm³ 10^3) = 117.0 [módulo resistente elástico flexión eje Y]
$W_{pl,y}$ (mm³ 10^3) = 136.0 [módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm^4 10^6) =	0.5	[inercia flexión eje Z]
i_z (mm) =	15.5	[radio giro eje Z]
$W_{el,z}$ (mm^3 10^3) =	14.8	[módulo resistente elástico flexión eje Z]
$W_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	24.9	[módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 10^6) =	0.066	[módulo de torsión de Saint Venant]

1.4.5 Torsión de alabeo

I_w (mm^6 10^{12}) =	0.00	[módulo de alabeo]
$I_{f,z}$ (mm^4 10^6) =	0.32	[inercia de ala respecto flexión eje Z]

1.5 Geometría de la pieza

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) =	1.6	
Tipo pieza:	Traslacional	
β_y =	1.0	
$L_{cr,y}$ (m) =	1.6	[longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) =	1.6	
Tipo pieza:	Traslacional	
β_z =	1.0	
$L_{cr,z}$ (m) =	1.6	[longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.5.3 Geometría de la pieza en relación con el pandeo lateral

Longitud (m) =	1.6	
k =	1.0	[coeficiente de longitud eficaz respecto a giro de ala comprimida en su plano]
k_w =	1.0	[coeficiente de longitud eficaz respecto a alabeo]

1.5.4 Geometría de la pieza en relación con la torsión

Longitud (m) =	1.6	
Cond. contorno:	Giro coartado y alabeo libre en ambos extremos	
L_{et} (m) =	1.6	[longitud eficaz a torsión]
y_0 (mm) =	0.0	[distancia G - CEC]
i_0 (mm) =	65.9	[$\sqrt{(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2)}$]
β_T =	1.0	[1 - (y_0 / i_0)^2]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) =	-1.3	[tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	17.8			
Tipo de carga:	Carga transversal			
Aplicación carga:	Ala comprimida		z_g (mm) =	80
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	2.8	[M máximo]		
C_1 =	1.05		C_2 =	1.56
C_{My} =	1.00			

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
Tipo de carga:	Momento extremos	
$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	[M máximo]
C_{Mz} =	1.00	[0.6 + 0.4 ψz ≥ 0.4]

1.5.3 Torsión

Tipo de ley:	Constante en x	[Torsión uniforme]
T_{Ed} (mkN) =	0.0	

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	141.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.3	[espesor alma]
c / t =	22.4	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	141.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.3	[espesor alma]
c / t =	22.4	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	33.9	[vuelo ala]
t (mm) =	9.5	[espesor ala]
c / t =	3.6	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	33.9	[vuelo ala]
t (mm) =	9.5	[espesor ala]
c / t =	3.6	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección: 1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	141.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.3	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\,min}$ (mm) =	2.5	[h_w η /(72 ε)]

El alma de la sección no abolla por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	141.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.3	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm^2) =	888.3	[área alma]
A_{fc} (mm^2) =	703	[área ala]
$t_{w\,min}$ (mm) =	0.5	[f_{yf} h_w √(A_{fc} /A_w)/(k E)]

El alma de la sección no abolla

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$W_{t,alma}$ (mm^3 10^6) =	0.010	[I_t / t_w]
$\tau_{t,alma,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $W_{t,alma}$]
$W_{t,ala}$ (mm^3 10^6) =	0.007	[I_t / t_f]
$\tau_{t,ala,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $W_{t,ala}$]
$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[f_y / (√3 γ_{M0})]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	17.8	
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1083	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	163.8	[$A_{v,y}$ f_y / (√3 γ_{M0})]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[1 - √(1 - 0.8 $\tau_{t,alma,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	163.8	[(1 - $\rho_{T,z}$) $V_{c,z,Rd}$]

Se cumple la comprobación

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1406	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	212.6	[$A_{v,z}$ f_y / (√3 γ_{M0})]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[1 - √(1 - 0.8 $\tau_{t,ala,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	212.6	[(1 - $\rho_{T,y}$) $V_{c,y,Rd}$]

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) =	-1.3	
A (mm^2) =	2280	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	-597.1	[A f_y / γ_{M1}]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	17.8	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	81.9	
No se reduce resistencia a axil por Vz		
$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$N_{(V,T),Rd}$ (kN) =	-597.1	[$N_{c,Rd}$ (1 - $\rho_{(V,T),z}$ $A_{v,y}$ / A - $\rho_{(V,T),y}$ $A_{v,z}$ / A)]

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	106.3	
No se reduce resistencia a axil por Vy		
$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) =	-7570	[π^2 E_s I_y / $L_{cr,y}^2$]
λ_y =	0.29	[√(A f_y / $N_{cr,y}$)]
Curva pandeo =	b	
α_y =	0.34	
ϕ_y =	0.56	[0.5 (1 + α_y (λ_y - 0.2) + λ_y^2)]
χ_y =	0.97	[1 / (ϕ_y + √(ϕ_y^2 - λ_y^2))]

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) =	-443	[π^2 E_s I_z / $L_{cr,z}^2$]
λ_y =	1.19	[√(A f_y / $N_{cr,z}$)]
Curva pandeo =	c	
α_y =	0.49	
ϕ_y =	1.45	[0.5 (1 + α_z (λ_z - 0.2) + λ_z^2)]
χ_z =	0.44	[1 / (ϕ_z + √(ϕ_z^2 - λ_z^2))]

- Reducción pandeo por torsión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,T,1}$ (kN) =	-1222	$[G_s\ It / i_0^2]$
$N_{cr,T,2}$ (kN) =	-586	$[\pi^2\ E_s\ I_w / (L_{et}^2\ i_0^2)]$
$N_{cr,T}$ (kN) =	-1808	$[N_{cr,T,1} + N_{cr,T,2}]$
λ_T =	0.59	$[\sqrt{(A\ f_y / N_{cr,T})}]$
Curva pandeo =	c	
α_T =	0.49	
ϕ_T =	0.77	$[0.5\ (1 + \alpha_T\ (\lambda_T - 0.2) + \lambda_T^2)]$
χ_T =	0.79	$[1 / (\phi_T + \sqrt{(\phi_T^2 - \lambda_T^2)})]$

- Reducción pandeo por torsión y flexión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,TF,1}$ (kN) =	-9378	$[N_{cr,y} + N_{cr,T}]$
$N_{cr,TF,2}$ (kN) =	-5762	$[\sqrt{((N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4\ \beta_T\ N_{cr,y}\ N_{cr,T})}]$
$N_{cr,TF}$ (kN) =	-1808	$[(N_{cr,TF,1} - N_{cr,TF,2}) / (2\ \beta_T)]$
λ_{TF} =	0.59	$[\sqrt{(A\ f_y / N_{cr,TF})}]$
Curva pandeo =	c	
α_{TF} =	0.49	
ϕ_{TF} =	0.77	$[0.5\ (1 + \alpha_{TF}\ (\lambda_{TF} - 0.2) + \lambda_{TF}^2)]$
χ_{TF} =	0.79	$[1 / (\phi_{TF} + \sqrt{(\phi_{TF}^2 - \lambda_{TF}^2)})]$

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) =	-261.9	$[\min(\chi_y; \chi_z; \chi_T; \chi_{TF})\ N_{(V,T),Rd}]$

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	2.8	
$w_{pl,y}$ ($mm^3\ 10^3$) =	136	
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	35.6	$[w_{pl,y}\ f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	17.8	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	81.9	

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	$[(2\ V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) =	35.6	$[M_{c,y,Rd}\ (1 - \rho_{V,z}\ A_{v,y}^2 / (4\ t_w\ w_{pl,y}))]$

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	
$w_{pl,z}$ ($mm^3\ 10^3$) =	24.9	
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	6.5	$[w_{pl,z}\ f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	106.3	

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	$[(2\ V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	6.5	$[M_{c,z,Rd}\ (1 - \rho_{V,y}\ b^2\ t_f / (2\ w_{pl,z}))]$

- Reducción pandeo lateral (Artículo 35.2.2)

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2}\left[\sqrt{\frac{k^2 I_w}{k_w^2 I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} - (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g\right]$$

M_{cr} (mkN) =	26.7	[expresión F.4 EC-3]
λ_{LT} =	1.18	$[\sqrt{(w_{pl,y}\ f_y / M_{cr})}]$
Curva pandeo =	d	
α_{LT} =	0.76	
ϕ_{LT} =	1.57	$[0.5\ (1 + \alpha_{LT}\ (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2)]$
χ_{LT} =	0.38	$[1 / (\phi_{LT} + \sqrt{(\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)})]$
$M_{b,Rd}$ (mkN) =	13.6	$[\chi_{LT}\ M_{(V,T),y,Rd}]$

Se cumple la comprobación

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) =	-1.3		
$N_{b,Rd}$ (kN) =	-261.9		
$N_{cr,y}$ (kN) =	-7570	$N_{cr,z}$ (kN) =	-443
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	2.8	$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0
$M_{b,Rd}$ (kN) =	13.6	$M_{(V,T)z,Rd}$ (mkN) =	6.5
C_{My} =	1.00	C_{Mz} =	1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T)z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.21

Se cumple la comprobación

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha: 05/05/2016
Título: Pilar Escalera Tramo 2
Tipo de cálculo: Pieza

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para piezas con sección constante doblemente simétrica, de clase 1 ó 2 y con alas y almas de sección constante, sometidas a un esfuerzo axil de compresión uniforme a lo largo de la pieza y a sus correspondientes esfuerzos concomitantes de flexión, cortante y torsión.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección: Armada
Forma: Doble T
Fabricación: Laminado en caliente
Grupo: -
Perfil: -

1.2 Geometría perfil

b (mm) = 74 [ancho sección]
h (mm) = 160 [canto sección]
t_f (mm) = 9.5 [espesor ala]
t_w (mm) = 6.3 [espesor alma]
h_w (mm) = 141.0

Nota : Se supone, en el cálculo de h_w, que el perfil armado está consitituido por chapas soldadas a tope con penetración completa y preparación de bordes.

1.3 Material

Tipo acero: S 275
f_y (MPa) = 275
f_u (MPa) = 430
ε = 0.92 [√(235 / f_y)]
Tipo construcción: Obra civil

E_s (MPa) = 210,000
ν = 0.30
G_s (MPa) = 80,769
γ_{M0} = 1.05 [Artículo 15.3]
γ_{M1} = 1.05 [Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) = 2280 [área]
$A_{v,y}$ (mm²) = 1083 [área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) = 1406 [área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10^n) = 9.4 [inercia flexión eje Y]
i_y (mm) = 64.0 [radio giro eje Y]
$W_{el,y}$ (mm³ 10^3) = 117.0 [módulo resistente elástico flexión eje Y]
$W_{pl,y}$ (mm³ 10^3) = 136.0 [módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm^4 10^6) =	0.5	[inercia flexión eje Z]
i_z (mm) =	15.5	[radio giro eje Z]
$W_{el,z}$ (mm^3 10^3) =	14.8	[módulo resistente elástico flexión eje Z]
$W_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	24.9	[módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 10^6) =	0.066	[módulo de torsión de Saint Venant]

1.4.5 Torsión de alabeo

I_w (mm^6 10^{12}) =	0.00	[módulo de alabeo]
$I_{f,z}$ (mm^4 10^6) =	0.32	[inercia de ala respecto flexión eje Z]

1.5 Geometría de la pieza

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) =	1.6	
Tipo pieza:	Traslacional	
β_y =	1.0	
$L_{cr,y}$ (m) =	1.6	[longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) =	1.6	
Tipo pieza:	Traslacional	
β_z =	1.0	
$L_{cr,z}$ (m) =	1.6	[longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.5.3 Geometría de la pieza en relación con el pandeo lateral

Longitud (m) =	1.6	
k =	1.0	[coeficiente de longitud eficaz respecto a giro de ala comprimida en su plano]
k_w =	1.0	[coeficiente de longitud eficaz respecto a alabeo]

1.5.4 Geometría de la pieza en relación con la torsión

Longitud (m) =	1.6	
Cond. contorno:	Giro coartado y alabeo libre en ambos extremos	
L_{et} (m) =	1.6	[longitud eficaz a torsión]
y_0 (mm) =	0.0	[distancia G - CEC]
i_0 (mm) =	65.9	[$V(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2)$]
β_T =	1.0	[1 - (y_0 / i_0)^2]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) =	-14.5	[tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	1.3			
Tipo de carga:	Momento extremos			
Aplicación carga:	Centro de gravedad		z_g (mm) =	0
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	1.8	[M máximo]		
C_1 =	1.88	[1.88 - 1.40 ψy + 0.52 ψy^2]	C_2 =	0.00
C_{My} =	1.00	[0.6 + 0.4 ψy ≥ 0.4]		

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
Tipo de carga:	Momento extremos	
$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	[M máximo]
C_{Mz} =	1.00	[0.6 + 0.4 ψz ≥ 0.4]

1.5.3 Torsión

Tipo de ley:	Constante en x	[Torsión uniforme]
T_{Ed} (mkN) =	0.0	

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	141.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.3	[espesor alma]
c / t =	22.4	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	141.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.3	[espesor alma]
c / t =	22.4	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	33.9	[vuelo ala]
t (mm) =	9.5	[espesor ala]
c / t =	3.6	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	33.9	[vuelo ala]
t (mm) =	9.5	[espesor ala]
c / t =	3.6	
Tipo solicitación:	Compresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	8.3	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	9.2	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	12.9	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección: 1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	141.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.3	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\,min}$ (mm) =	2.5	[h_w η /(72 ε)]

El alma de la sección no abolla por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	141.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.3	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm^2) =	888.3	[área alma]
A_{fc} (mm^2) =	703	[área ala]
$t_{w\,min}$ (mm) =	0.5	[f_{yf} h_w √(A_{fc} /A_w)/(k E)]

El alma de la sección no abolla

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$W_{t,alma}$ (mm^3 10^6) =	0.010	[I_t / t_w]
$\tau_{t,alma,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $W_{t,alma}$]
$W_{t,ala}$ (mm^3 10^6) =	0.007	[I_t / t_f]
$\tau_{t,ala,Ed}$ (MPa) =	0.0	[T_{Ed} / $W_{t,ala}$]
$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[f_y / (√3 γ_{M0})]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	1.3	
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1083	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	163.8	[$A_{v,y}$ f_y / (√3 γ_{M0})]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[1 - √(1 - 0.8 $\tau_{t,alma,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	163.8	[(1 - $\rho_{T,z}$) $V_{c,z,Rd}$]

Se cumple la comprobación

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1406	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	212.6	[$A_{v,z}$ f_y / (√3 γ_{M0})]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[1 - √(1 - 0.8 $\tau_{t,ala,Ed}$ / $\tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	212.6	[(1 - $\rho_{T,y}$) $V_{c,y,Rd}$]

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) =	-14.5	
A (mm^2) =	2280	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	-597.1	[A f_y / γ_{M1}]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	1.3	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	81.9	

No se reduce resistencia a axil por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$N_{[V,T],Rd}$ (kN) =	-597.1	[$N_{c,Rd}$ (1 - $\rho_{[V,T],z}$ $A_{v,y}$ / A - $\rho_{[V,T],y}$ $A_{v,z}$ / A)]

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) =	-7570	[π^2 E_s I_y / $L_{cr,y}^2$]
λ_y =	0.29	[√(A f_y / $N_{cr,y}$)]
Curva pandeo =	b	
α_y =	0.34	
ϕ_y =	0.56	[0.5 (1 + α_y (λ_y - 0.2) + λ_y^2)]
χ_y =	0.97	[1 / (ϕ_y + √(ϕ_y^2 - λ_y^2))]

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.0

0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) = 106.3

No se reduce resistencia a axil por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) =	-443	[π^2 E_s I_z / $L_{cr,z}^2$]
λ_y =	1.19	[√(A f_y / $N_{cr,z}$)]
Curva pandeo =	c	
α_y =	0.49	
ϕ_y =	1.45	[0.5 (1 + α_z (λ_z - 0.2) + λ_z^2)]
χ_z =	0.44	[1 / (ϕ_z + √(ϕ_z^2 - λ_z^2))]

- Reducción pandeo por torsión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,T,1}$ (kN) =	-1222	[G_s It / i_0^2]
$N_{cr,T,2}$ (kN) =	-586	[π^2 E_s I_w / (L_{et}^2 i_0^2)]
$N_{cr,T}$ (kN) =	-1808	[$N_{cr,T,1}$ + $N_{cr,T,2}$]
λ_T =	0.59	[v(A f_y / $N_{cr,T}$)]
Curva pandeo =	c	
α_T =	0.49	
ϕ_T =	0.77	[0.5 (1 + α_T (λ_T - 0.2) + λ_T^2)]
χ_T =	0.79	[1 / (ϕ_T + v(ϕ_T^2 - λ_T^2))]

- Reducción pandeo por torsión y flexión (artículo 35.1.4)

$N_{cr,TF,1}$ (kN) =	-9378	[$N_{cr,y}$ + $N_{cr,T}$]
$N_{cr,TF,2}$ (kN) =	-5762	[v(($N_{cr,y}$ + $N_{cr,T}$)^2 - 4 β_T $N_{cr,y}$ $N_{cr,T}$)]
$N_{cr,TF}$ (kN) =	-1808	[($N_{cr,TF,1}$ - $N_{cr,TF,2}$) / (2 β_T)]
λ_{TF} =	0.59	[v(A f_y / $N_{cr,TF}$)]
Curva pandeo =	c	
α_{TF} =	0.49	
ϕ_{TF} =	0.77	[0.5 (1 + α_{TF} (λ_{TF} - 0.2) + λ_{TF}^2)]
χ_{TF} =	0.79	[1 / (ϕ_{TF} + v(ϕ_{TF}^2 - λ_{TF}^2))]

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) =	-261.9	[min (χ_y; χ_z; χ_T; χ_{TF}) $N_{(V,T),Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	1.8	
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) =	136	
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	35.6	[$w_{pl,y}$ f_y / γ_{M1}]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	1.3	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	81.9	

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) =	35.6	[$M_{c,y,Rd}$ (1 - $\rho_{V,z}$ $A_{v,y}^2$/(4 t_w $w_{pl,y}$))]

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0	
$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	24.9	
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	6.5	[$w_{pl,z}$ f_y / γ_{M1}]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	106.3	

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	6.5	[$M_{c,z,Rd}$ (1 - $\rho_{V,y}$ b^2 t_f /(2 $w_{pl,z}$))]

- Reducción pandeo lateral (Artículo 35.2.2)

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2}\left[\sqrt{\frac{k^2 I_w}{k_w^2 I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} - (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g\right]$$

M_{cr} (mkN) =	110.8	[expresión F.4 EC-3]
λ_{LT} =	0.58	[v($w_{pl,y}$ f_y / M_{cr})]
Curva pandeo =	d	
α_{LT} =	0.76	
ϕ_{LT} =	0.81	[0.5 (1 + α_{LT} (λ_{LT} - 0.2) + λ_{LT}^2)]
χ_{LT} =	0.72	[1 / (ϕ_{LT} + v(ϕ_{LT}^2 - λ_{LT}^2))]
$M_{b,Rd}$ (mkN) =	25.8	[χ_{LT} $M_{(V,T),y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) =	-14.5		
$N_{b,Rd}$ (kN) =	-261.9		
$N_{cr,y}$ (kN) =	-7570	$N_{cr,z}$ (kN) =	-443
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	1.8	$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.0
$M_{b,Rd}$ (kN) =	25.8	$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	6.5
C_{My} =	1.00	C_{Mz} =	1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T),z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.13

Se cumple la comprobación

PERNOS DE CONEXIÓN

γ_{M2} =	**1.25**	
Diámetro:	**12**	mm
Área:	84.00	mm²
d_0:	13	mm
Acero:	**8.8**	
f_{yb} =	640	MPa
f_{ub} =	800	MPa

PLACA

Acero:	**275**	MPa		
f_u =	**430**	MPa		
espesor:	**8**	mm	α:	0.980769231
e1:	**90**	mm	β:	2.5
e2:	**20**	mm		
p2	**48**	mm		

Pernos en la placa: **2**

N_d:	**1.31**	kN
$V_{d,x}$:	**0.72**	kN
$V_{d,y}$:	**17.8**	kN
V_d:	17.81	kN

Aplastamiento de placa

$F_{b,Rd}$:	80.97230769	kN	>	8.91 CUMPLE

Punzonamiento de la placa

$B_{p,Rd}$:	67.43617126	kN	>	0.655 CUMPLE

t_{min} para no comprobar: 3.72 mm

Cortante del Perno

$F_{v,Rd}$:	32.256	kN	>	8.91 CUMPLE

Esfuerzos normales del perno

$F_{t,Rd}$:	48.384	kN	>	0.655 CUMPLE

Interacción cortante-tracción

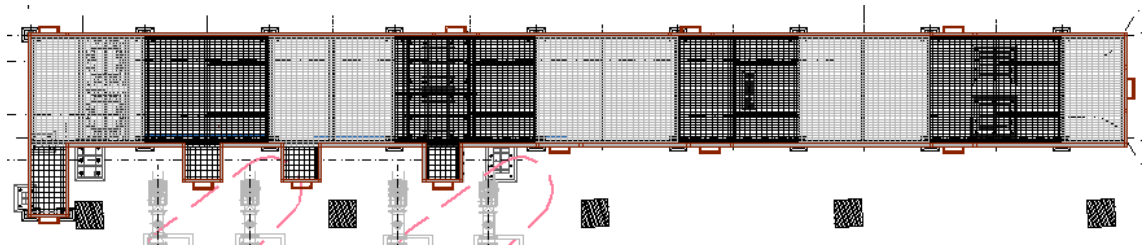
$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1$$

0.29 CUMPLE

9. PLATAFORMAS METÁLICAS AUXILIARES

Se distinguen dos plataformas diferentes a diseñar.

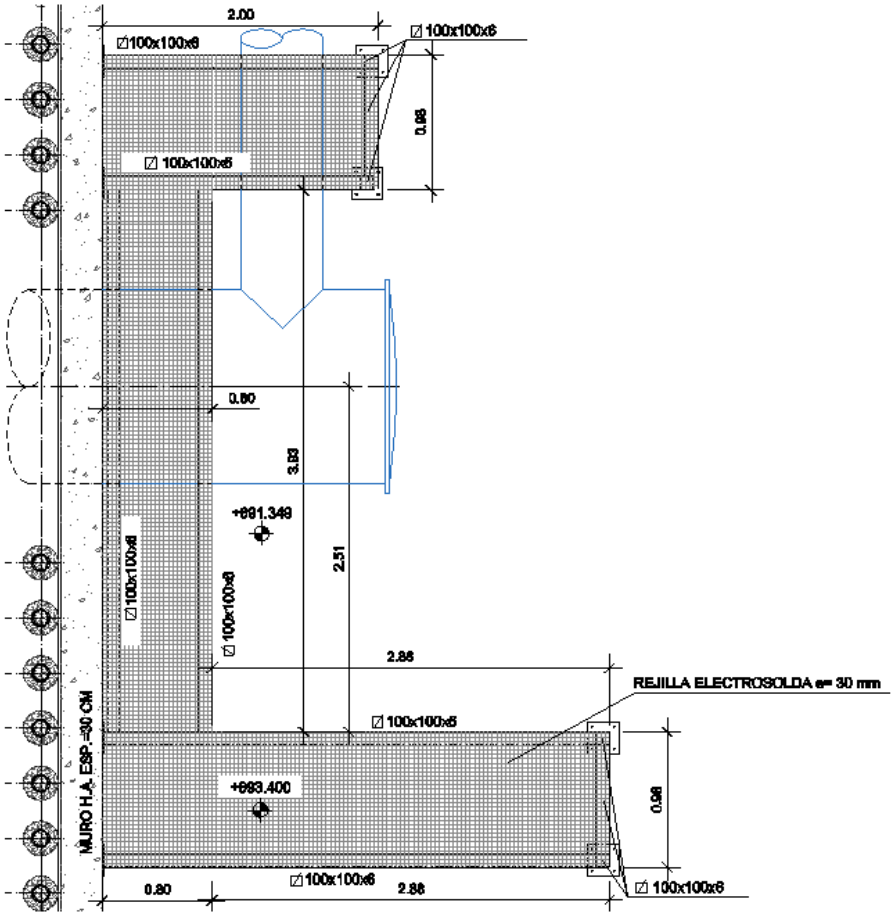
La primera de ellas es la que está ubicada dentro del depósito, y que se dispone encima de las tuberías nuevas de 700 mm de diámetro nominal. Esta nueva plataforma deberá dar acceso para la inspección y mantenimiento de válvulas, bombas, bridas, etc., instaladas en el circuito de las tuberías. Esta plataforma deberá soportar la carga de los equipos de manera provisional, hasta que sea elevada con el puente grúa de 10 toneladas del forjado superior.



Vista en planta de la plataforma

En esa plataforma se podrán apoyar los diferentes equipos y elementos del bombeo mediante un palet plástico de alta resistencia quitando la rejilla tipo tramex de la parte derecha de los módulos 1, 2, 4 o 4, pero sólo apoyando un elemento en toda la plataforma. Este pallet tendrá que soportar el peso máximo de los equipos apoyado en los extremos con un ancho 1,0 m.

La segunda se ubica en la arqueta de conexión con la red del canal de Isabel II



Vista en planta de la plataforma

9.1. NORMATIVA DE APLICACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

La normativa utilizada en el desarrollo de los siguientes cálculos ha sido la siguiente:

- ✓ CTE. DB-SE-AE. *"Acciones en la edificación"*. Ministerio de la vivienda. 2006.
- ✓ CTE. DB-SE. *"Seguridad estructural "*. Ministerio de la vivienda. 2006.
- ✓ CTE. DB-SE-A "Seguridad estructural. Acero ". Ministerio de la Vivienda. 2006.
- ✓ *"Norma de construcción sismorresistente NCSE-02. Edificación"*. 2002.
- ✓ *"EAE. Instrucción de Acero Estructural". Ministerio de Fomento. Junio*

2011.

✓ *UNE-ENV 1993-1-1: 1992. "Eurocódigo EC-3. Proyecto de estructuras de acero".*

9.2. MATERIALES

Se consideran los siguientes materiales:

- Acero S 275: 275 N/mm^2 / 430 N/mm^2

Los aceros laminados indicados anteriormente deberán cumplir las condiciones de ductilidad siguientes:

- La relación entre la tensión de rotura y el límite elástico, en valores de ensayo, no debe ser inferior que 1'20.
- El alargamiento en rotura en una probeta de sección original A_o, medida sobre una longitud de 5'65 $A_o^{1/2}$, debe ser superior al 15%.
- La relación entre las deformaciones correspondientes a la tensión de rotura y al límite elástico debe ser superior a 20.

Las demás características del acero estructural serán las siguientes:

- Módulo de elasticidad: E_s = 210000 N/mm^2
- Módulo de elasticidad transversal: G = 80770 N/mm^2
- Coeficiente de Poisson: v = 0'30
- Coeficiente de dilatación lineal: α = 12 x 10-6 (ºC^{-1})
- Densidad: γ = 78,5 KN / m³

Como diagrama tensión-deformación de cálculo se ha adoptado el diagrama bilineal con rama horizontal a partir del límite elástico.

Como condiciones de durabilidad del acero estructural se establecen las siguientes:

- Estructura en clase de exposición C2, vida útil 50 años y durabilidad media del sistema de pintura (5-15 años) según EAE.

- Se limpiará la superficie de la perfilería y chapas con chorro de arena de grado SA 2 ½ según Norma UNE-EN ISO 8504.
- El sistema de pintura según UNE-EN ISO 12944-5 Anexo A Tipo 5.2.10 o similar.

9.3. NIVEL DE CONTROL Y COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES

El control de la calidad del acero estructural se efectuará según lo establecido en la *"Instrucción de Acero Estructural EAE"*. El fin de estos controles es verificar que la obra terminada tiene las características de calidad especificadas en el proyecto, que son las generales de la instrucción EAE.

Se han adoptado los siguientes niveles de control de materiales y ejecución:

- Acero estructural: Normal
- Ejecución: Intenso

Corresponde a la Dirección de Obra la responsabilidad de la realización de los controles anteriormente definidos. Estos controles están en acuerdo recíproco con los coeficientes parciales de seguridad adoptados para los cálculos justificativos de la seguridad estructural.

Los coeficientes parciales de seguridad adoptados para la resistencia de materiales han sido:

- Acero estructural (secciones): $\gamma_{M0} = 1,05$
- Acero estructural (inestabilidad): $\gamma_{M1} = 1,05$ (edificación)

9.4. ACCIONES CONSIDERADAS

9.4.1. PESO PROPIO

Se considera un peso específico del acero de 78,50 kN/m³

9.4.2. CARGA MUERTA DE BARANDILLAS Y DE LA REJILLA TIPO TRAMEX

Se considera una carga muerta de 0.20 kN/m, debido a la barandilla, y una

sobrecarga superficial de 0.30 kN/m² debido a la rejilla tipo tramex.

9.4.3. SOBRECARGA

Se considera una sobrecarga de 5 kN/m² en diferentes posiciones y alternandose entre ellas, en función de cómo sea más desfavorable

9.5. COEFICIENTES DE MAYORACIÓN Y COMBINACIÓN

Se han considerado los siguientes coeficientes de mayorarción de acciones recogidos en el artículo 12 de la EAE

Tipo de acción	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1{,}00$	$\gamma_G = 1{,}35$	$\gamma_G = 1{,}00$	$\gamma_G = 1{,}00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$	$\gamma_{G^*} = 1{,}50$	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$
Variable	$\gamma_Q = 0{,}00$	$\gamma_Q = 1{,}50$	$\gamma_Q = 0{,}00$	$\gamma_Q = 1{,}00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1{,}00$	$\gamma_A = 1{,}00$

siendo para el caso de los Estados Límite de Servicio (E.L.S.) los coeficientes empleados los siguientes:

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1{,}00$	$\gamma_G = 1{,}00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$	$\gamma_{G^*} = 1{,}00$
Variable	$\gamma_Q = 0{,}00$	$\gamma_Q = 1{,}00$

Por otro lado los coeficientes de combinación se han obtenido del epígrafe 4 del DB-SE, en concreto de la tabla 4.2 que se adjunta.

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	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 F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	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

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

9.6. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para el caso de las estructuras de hormigón, y tal como se indica en el Art 13º de la EAE se define combinación de acciones como el conjunto acciones que actúan simultáneamente, para una comprobación determinada.

En concreto para los Estados Límite últimos **(ELU)**:

En situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

En situaciones accidentales:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

En situaciones en las que actúa la acción sísmica:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

y para los estados límites de servicio **(ELS)**:

Combinación poco probable:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinación frecuente:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinación cuasi-permanente:

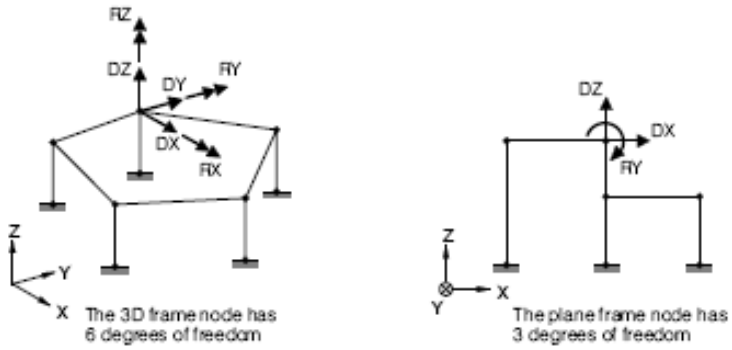
$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j\geq 1} \gamma_{G^*,j} G^*_{k,j} + \sum_{i\geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

9.8. PROGRAMAS UTILIZADOS

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo losa se ha utilizado el programa de cálculo *STATIK-5 de CUBUS AG*.

Para el análisis de esfuerzos y movimientos en elementos estructurales tipo barra, se ha utilizado el programa de cálculo matricial STATIK-5 de CUBUS AG.

Este programa permite el análisis elástico de cualquier estructura espacial formada por elementos (barras) rectos con sección transversal constante o variable linealmente, de acuerdo con las teorías elástico-lineales de primer o segundo orden. En él las barras están unidas rígidamente por nudos y las condiciones de sustentación son introducidas en los mismos.



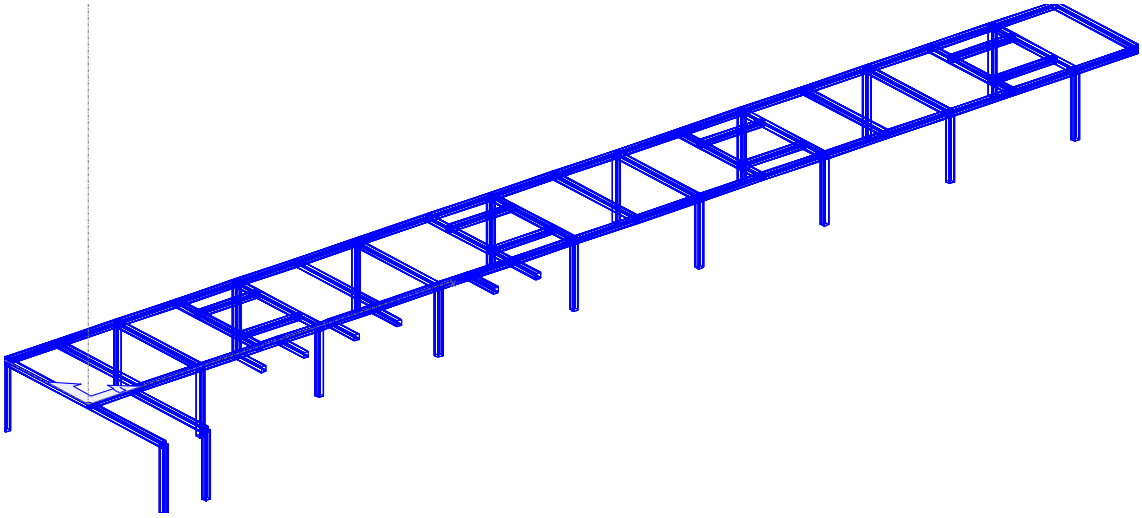
Grados de libertad permitidos por el programa STATIK-5

Adicionalmente, el programa permite la obtención de las tensiones normales de los perfiles, que componen la estructura.

El programa STATIK-5 se ha utilizado para la obtención de esfuerzos en los pórticos ejecutados para los muros

9.10. PLATAFORMA 1

9.10.1. MODELO DE ENTRADA

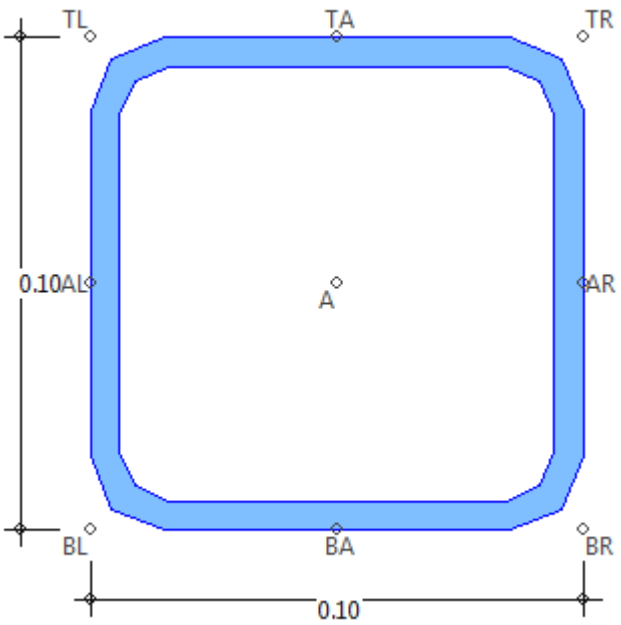


Vista de la estructura de la plataforma

Cómo se puede apreciar en la vista anterior, se disponene de dos barras intermedias en el módulo de manera que quitando la rejilla tipo Tramex que tenga encima se pueda poner un palet de diemensiones 1200·1000 mm con capacidad de 5 toneladas para que descansen los equipos provisionalmente hasta que sean retirados por el puente grúa del forjado superior.

9.10.2. SECCIONES UTILIZADAS

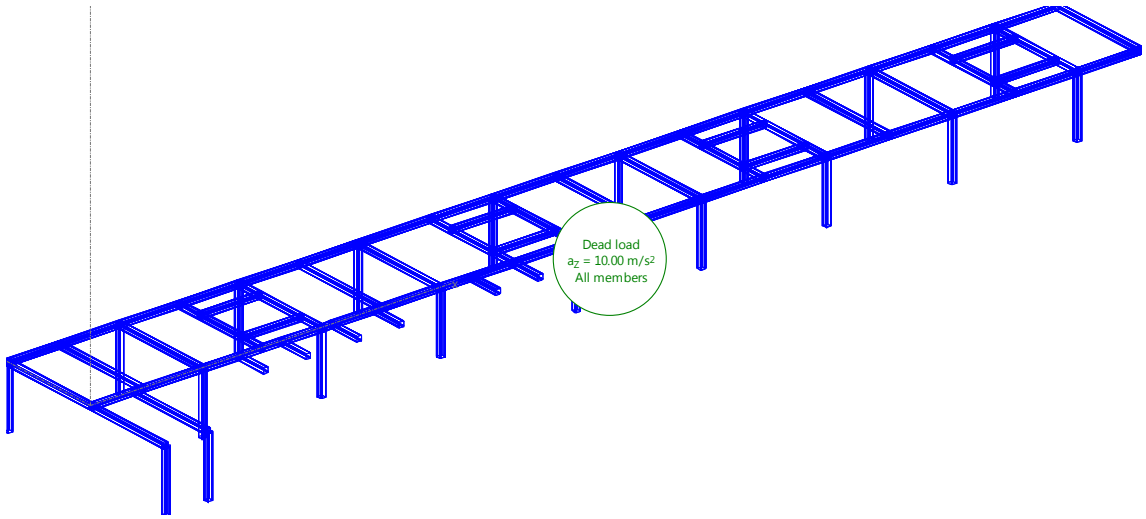
Toda la estructura de la plataforma se ha dimensionado con un perfil tubular de sección cuadrada de 100 mm de lado, con un espesor de 6 mm.



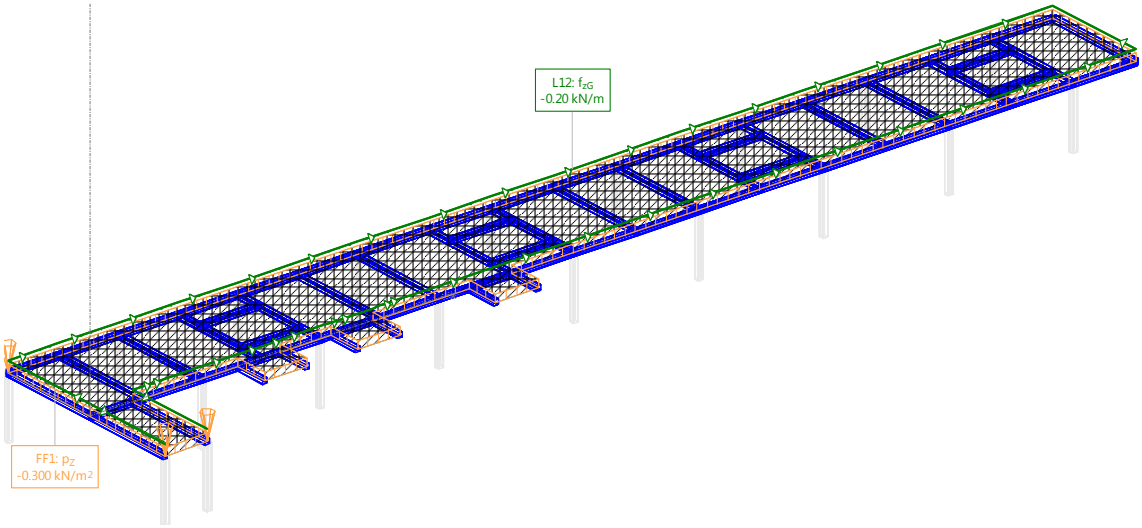
Sección utilizada

9.10.3. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO

9.10.3.1.Peso propio

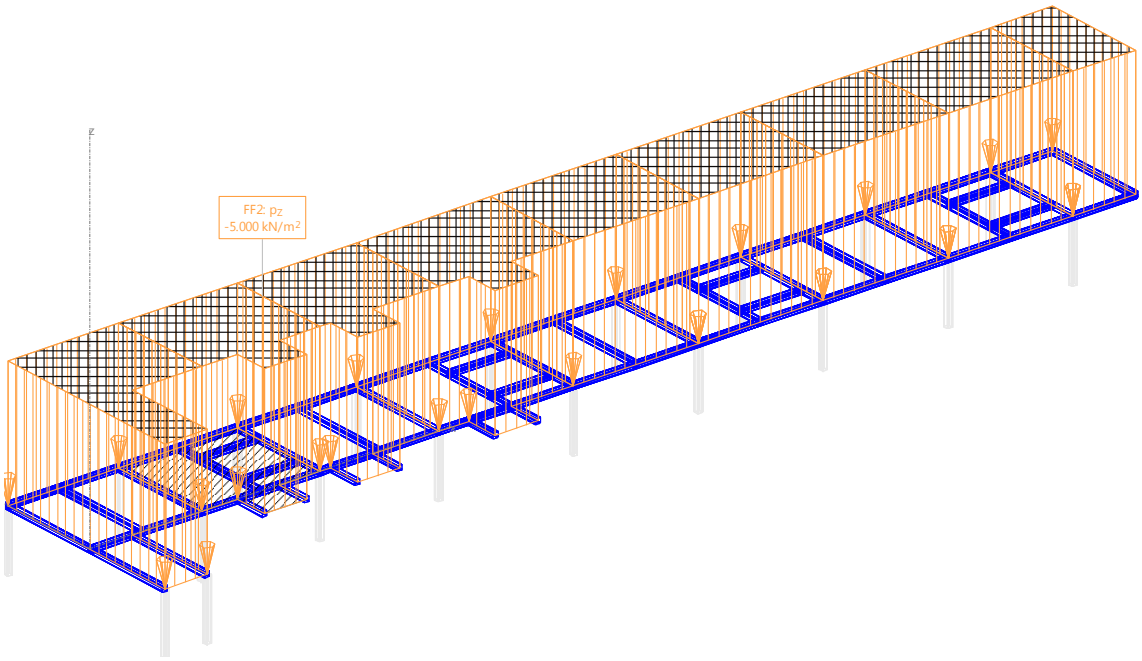


9.10.3.2.Carga Muerta de Barandilla y rejilla tipo Tramex



9.10.3.3.Sobrecarga

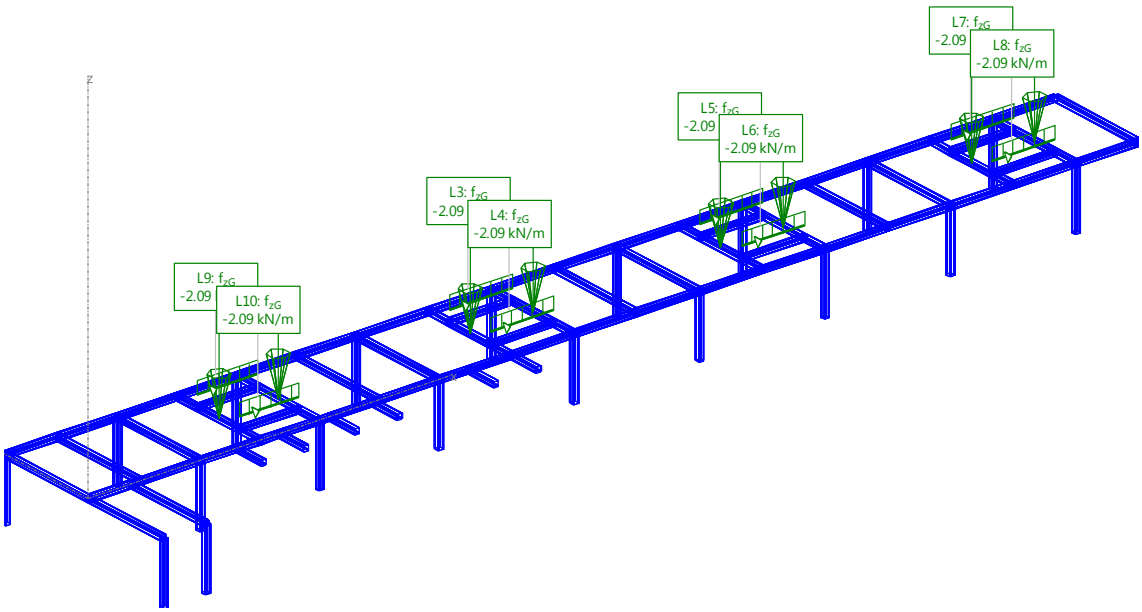
Se considera una sobrecarga de 5 kN/m² en cada zona de la rejilla, actuando en combinación con el resto de ellas.



9.10.3.4.Sobrecarga de equipos.

Se considera un peso máximo de 2 toneladas del motor que se coloca, (los equipos deberán ser desmontados en las piezas más pequeñas y menos pesadas posibles, de manera que la máxima no superior las dimensiones del palet, ni sea superior a las 2 toneladas). No se podrá acopiar más de una pieza en la plataforma, aunque sean en posiciones diferentes, y la plataforma no deberá soportar ninguna sobrecarga más.

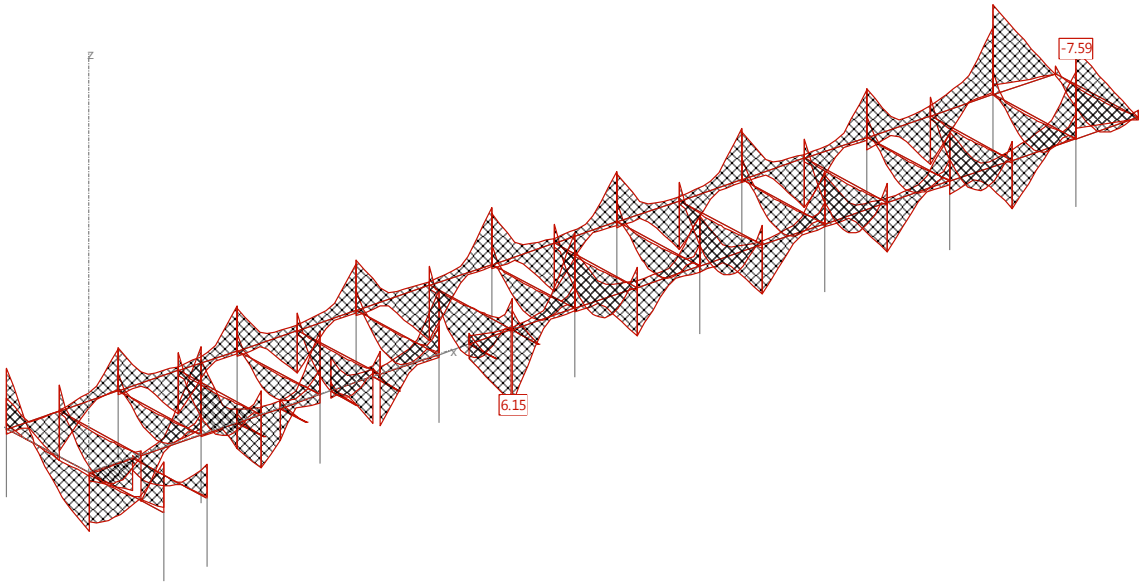
A continuación se muestran las posiciones en las que se puede disponer los equipos temporalmente sobre el palet (la carga máxima de 2 toneladas se ha distribuido desigualmente y siempre de manera desfavorable).



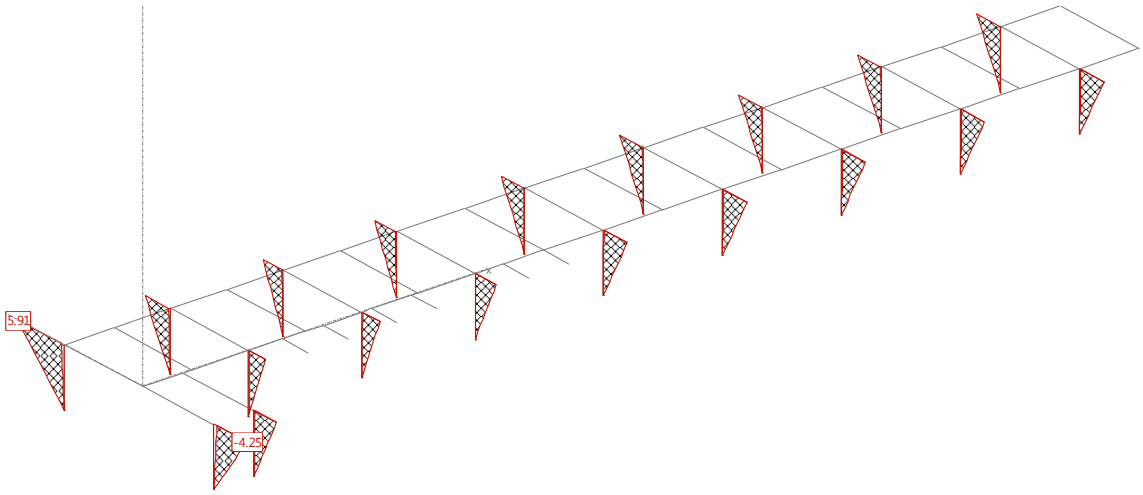
Cada una de las posiciones indica una posición de la carga de los equipos pero que es excluyente del resto.

9.10.4. RESULTADOS OBTENIDOS

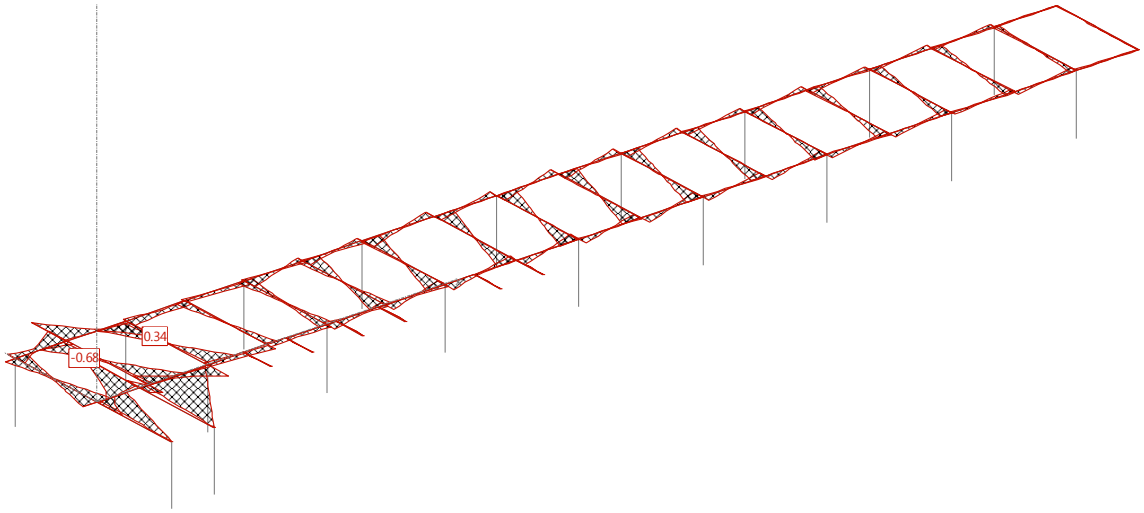
A continuación se incluyen las leyes de momentos flectores, cortantes y axiles, para la situación de ELU en situación persistente o transitoria, así como la deformación para ELS:



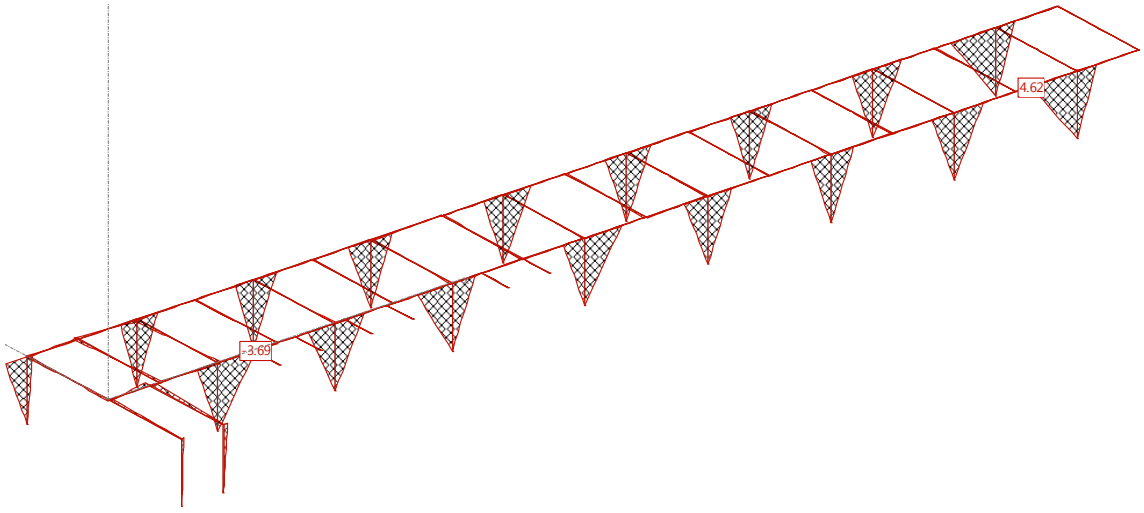
Ley de momentos flectores My en las barras horizontales (m·kN)



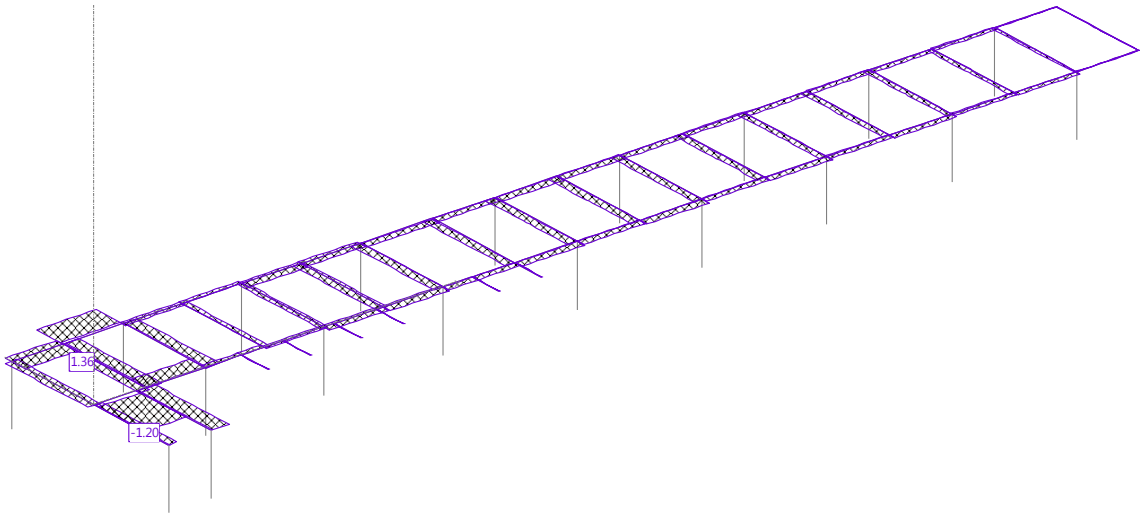
Ley de momentos flectores My en los pilares (m·kN)



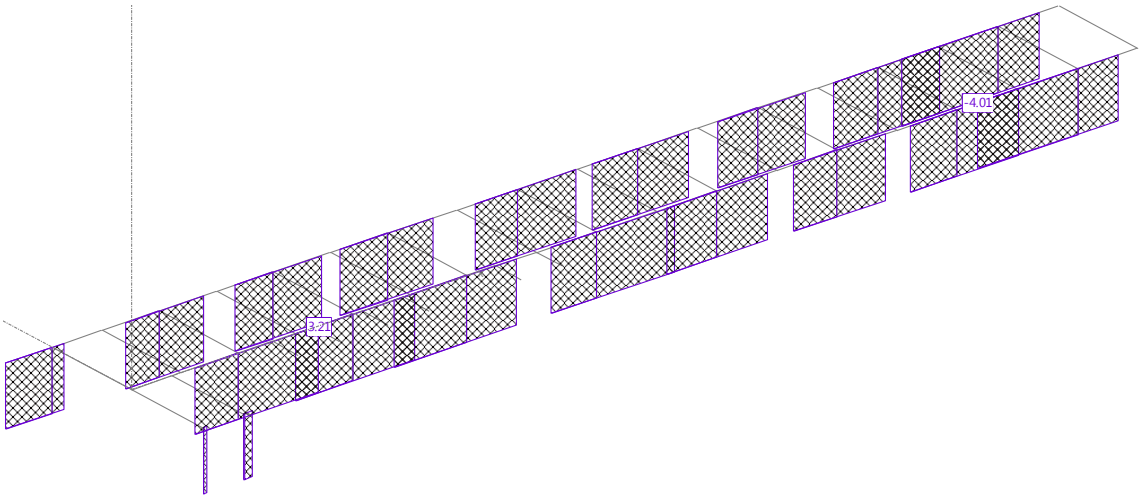
Ley de momentos flectores Mz en las barras horizontales (m·kN)



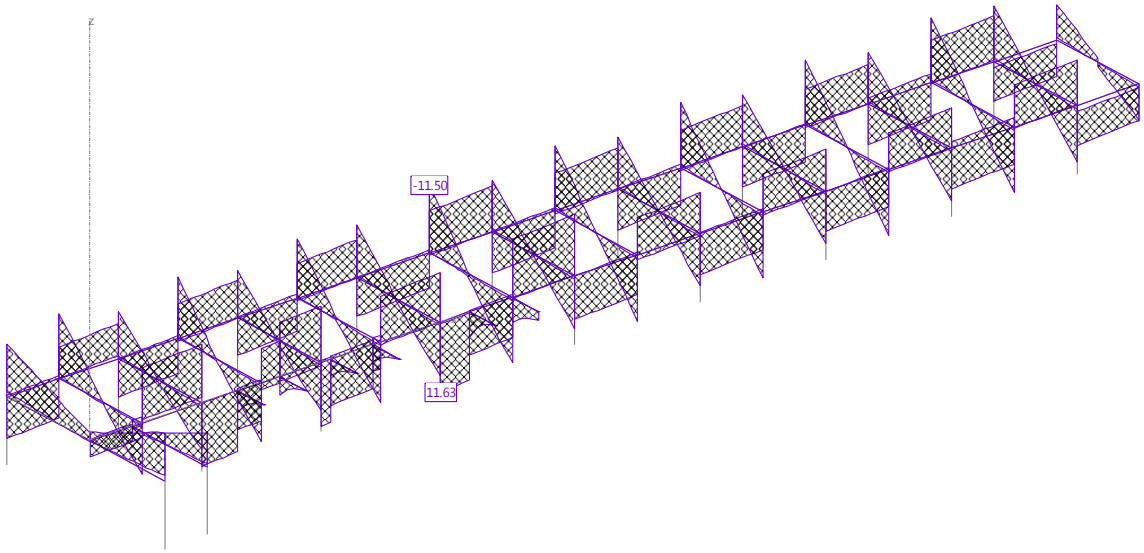
Ley de momentos flectores Mz en los pilares (m·kN)



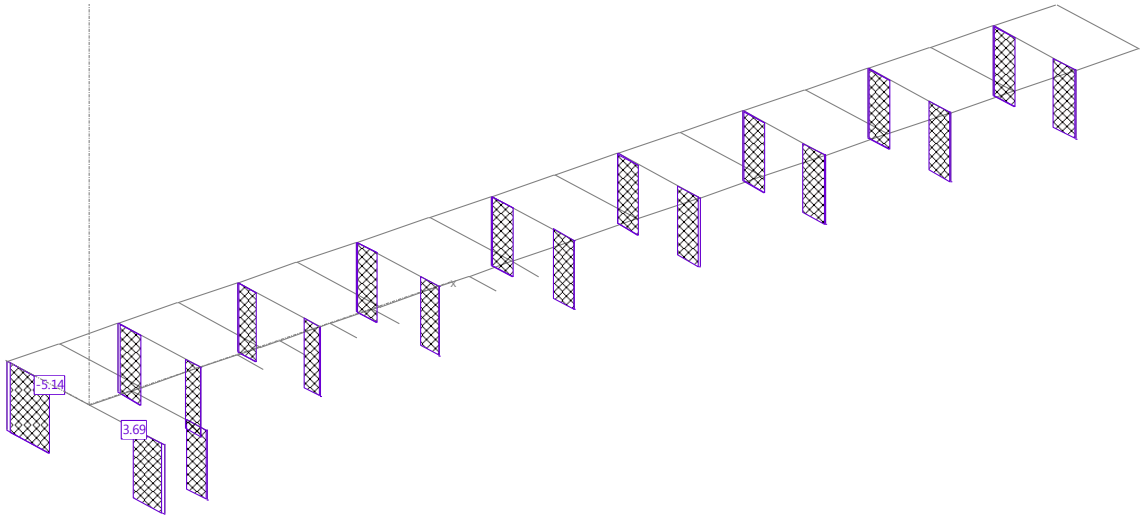
Ley de cortantes Vy en las barras horizontales (kN)



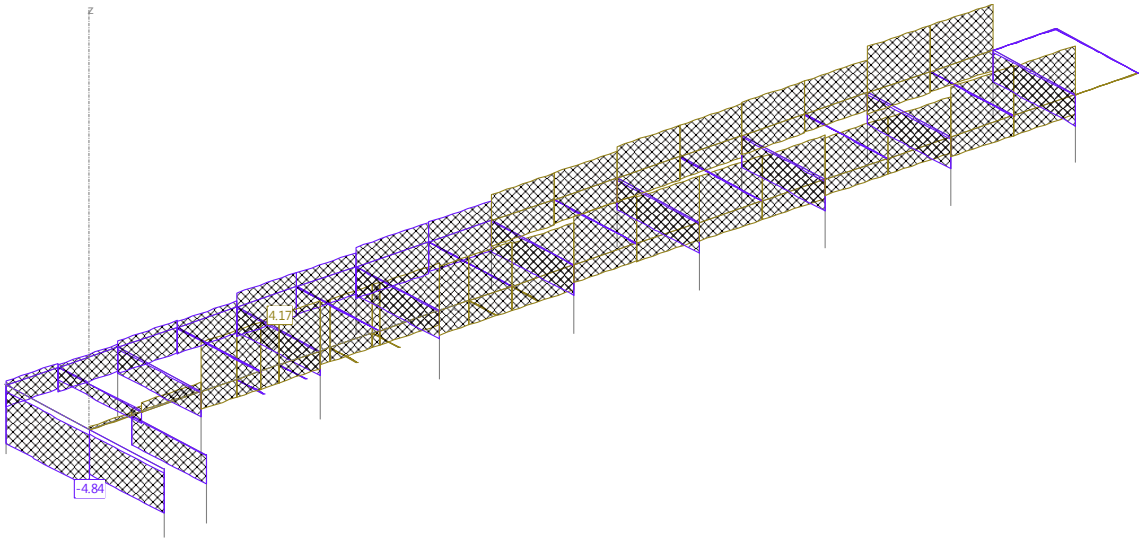
Ley de cortantes Vy en los pilares (kN)



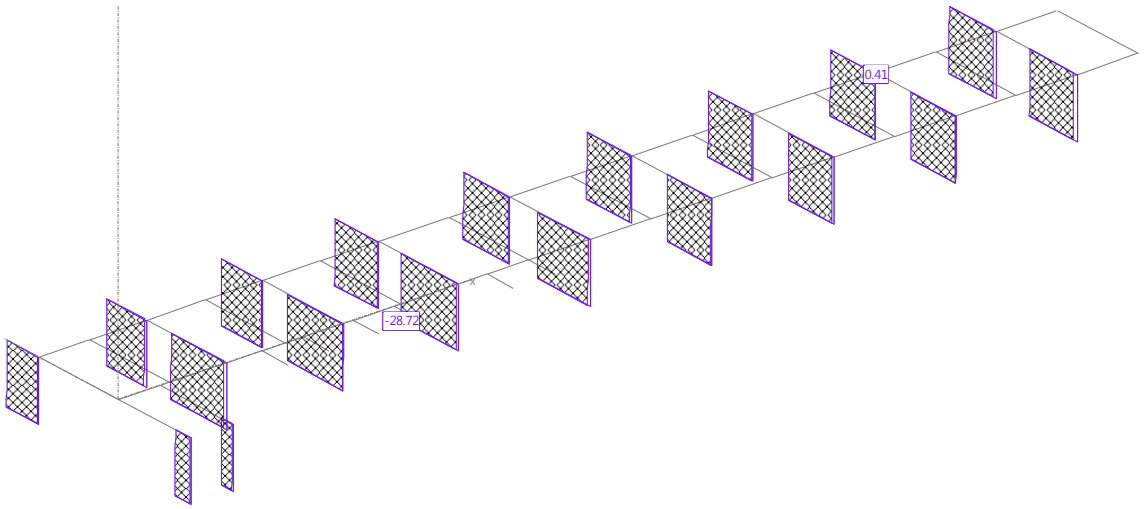
Ley de cortantes Vz en barras horizontales (kN)



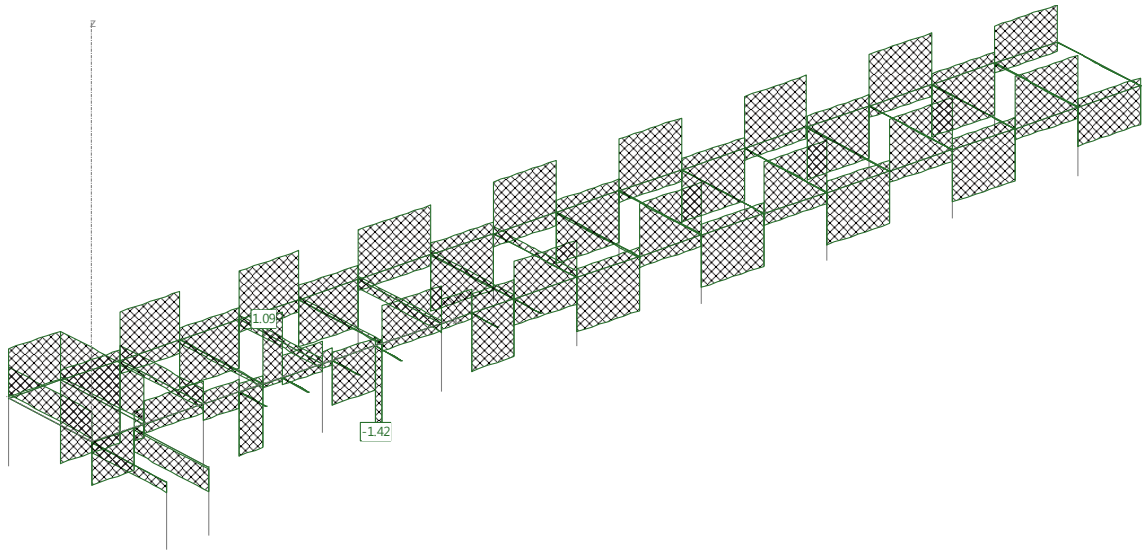
Ley de cortantes Vz en pilares (kN)



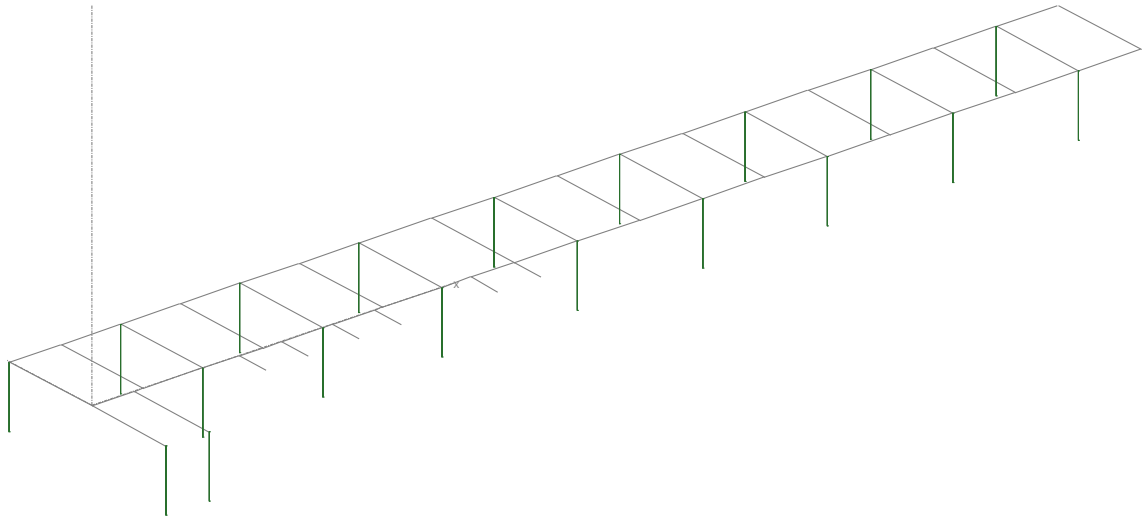
Ley de axiles en barras horizontales (kN)



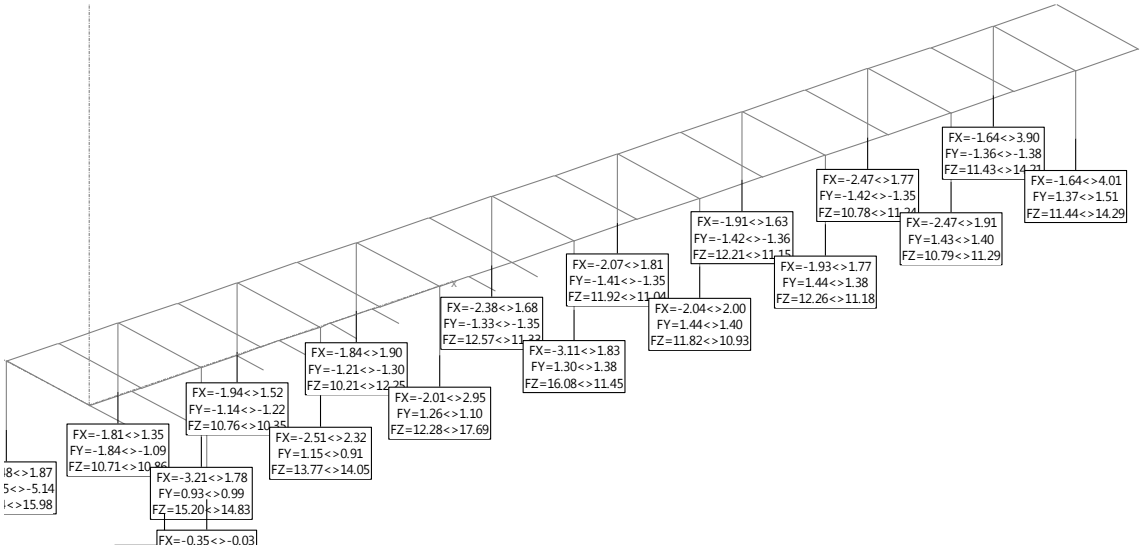
Ley de axiles en pilares (kN)



Ley de torsores en barras horizontales (m·kN)

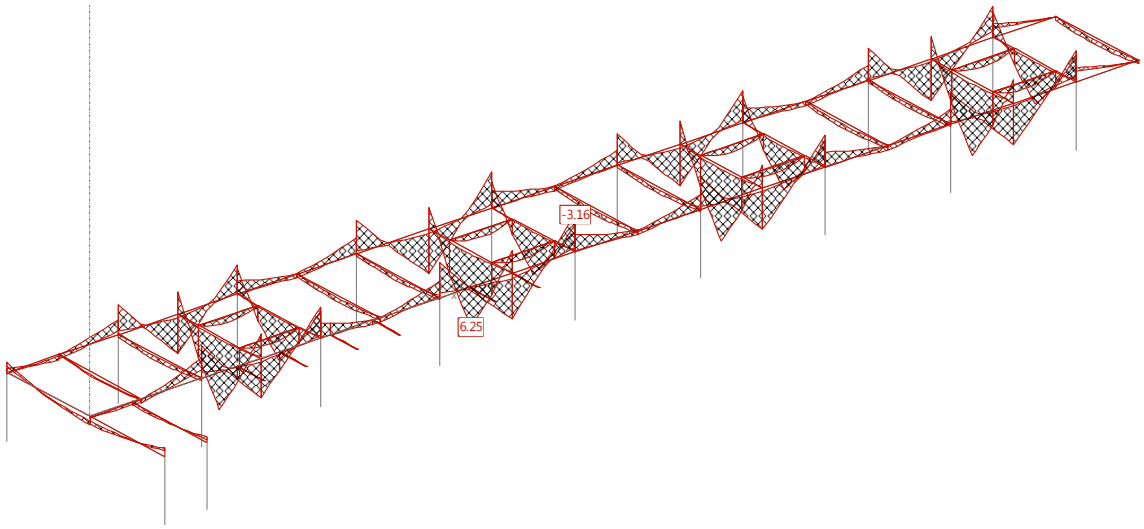


Ley de torsores en pilares (son nulos)

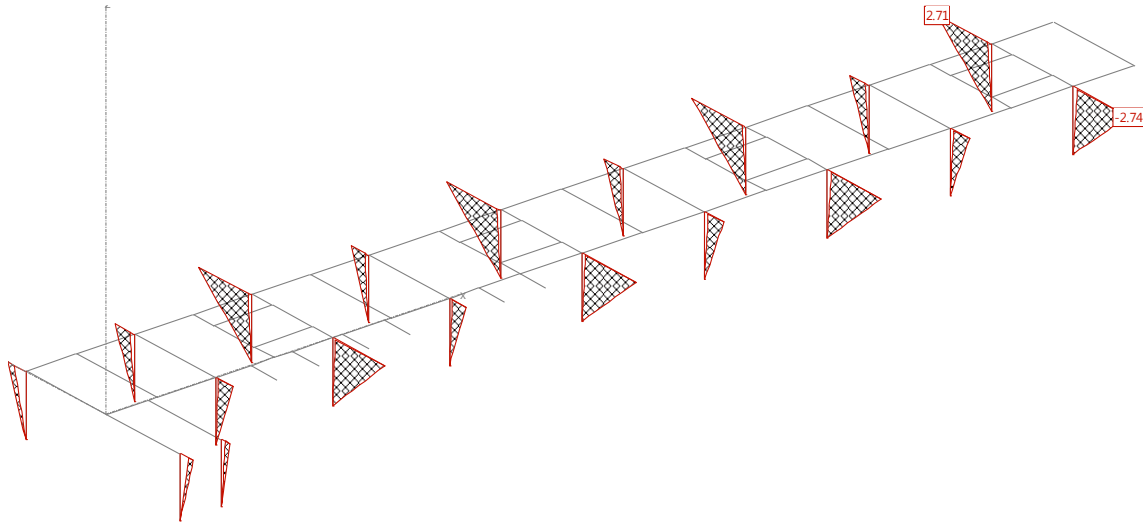


Reacciones (kN)

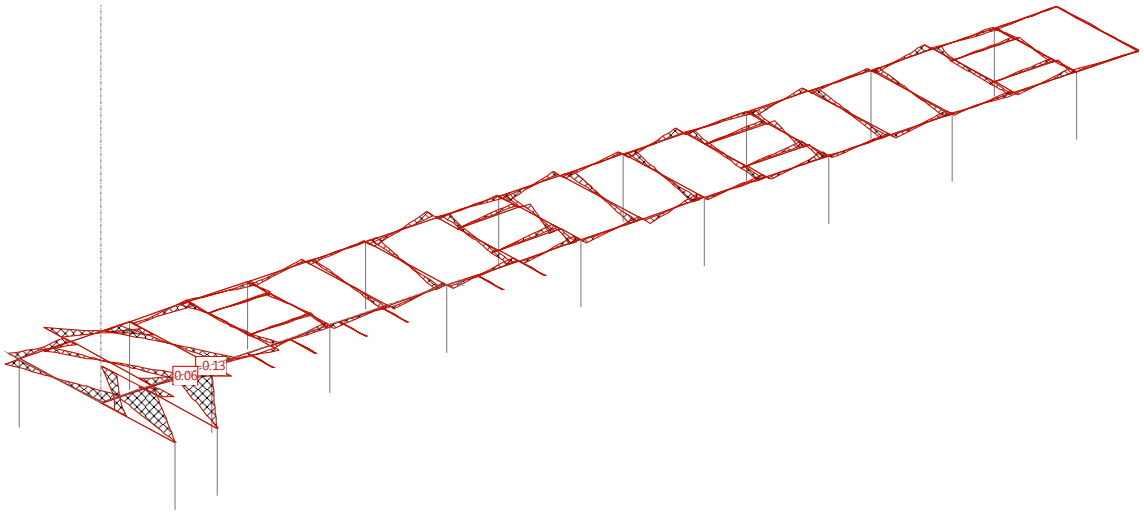
A continuación se incluyen las leyes de momentos flectores, cortantes y axiles, de ambas estructuras para la situación temporal del acopio de los equipos en la plataforma



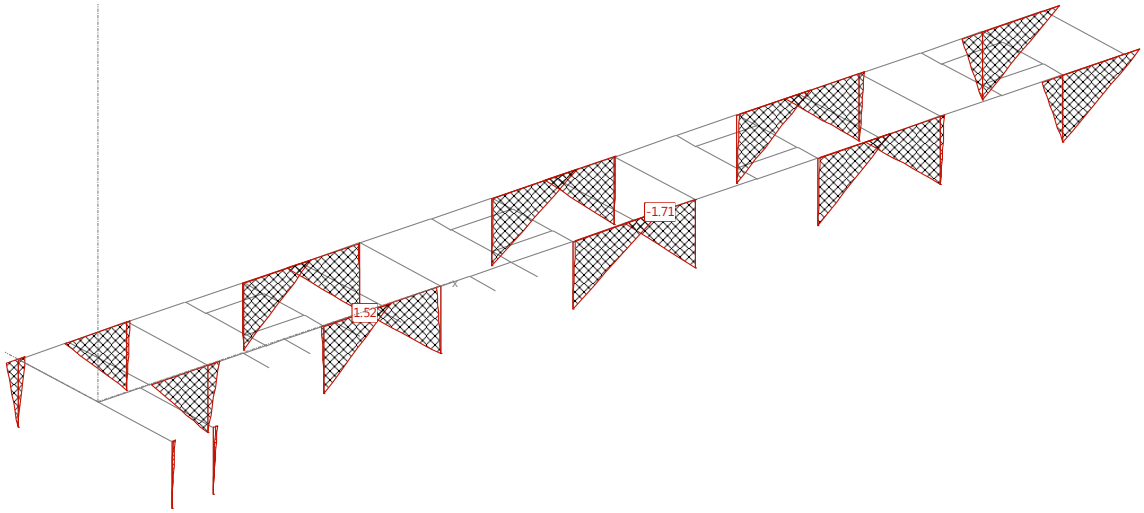
Ley de momentos flectores My en las barras horizontales (m·kN)



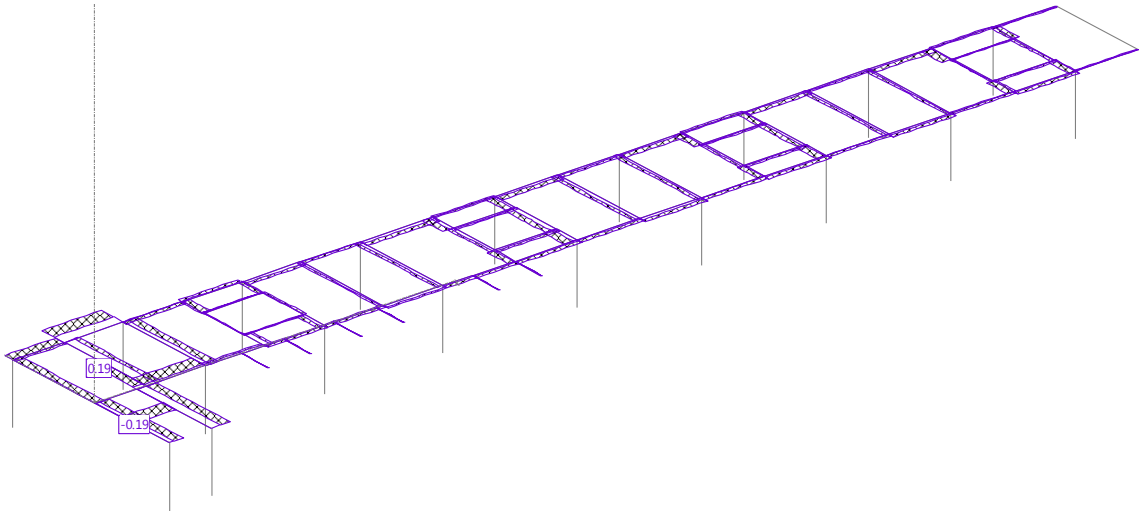
Ley de momentos flectores My en los pilares (m·kN)



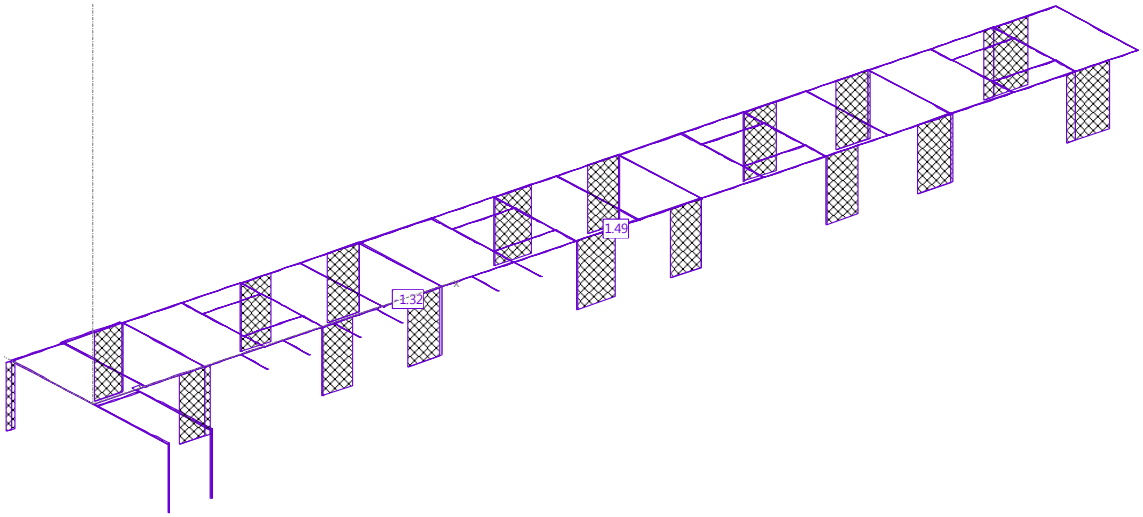
Ley de momentos flectores Mz en las barras horizontales (m·kN)



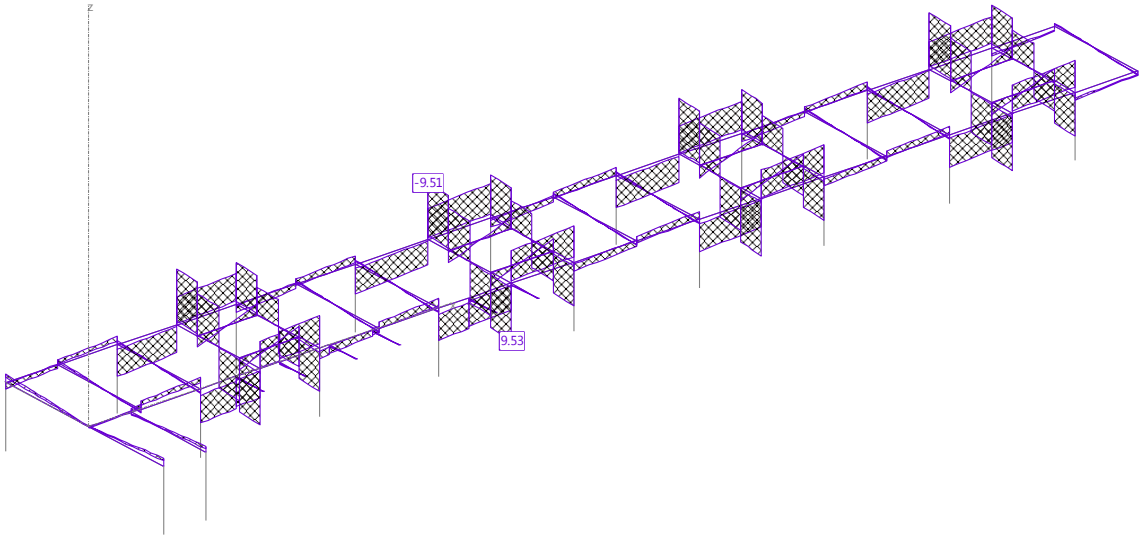
Ley de momentos flectores Mz en los pilares (m·kN)



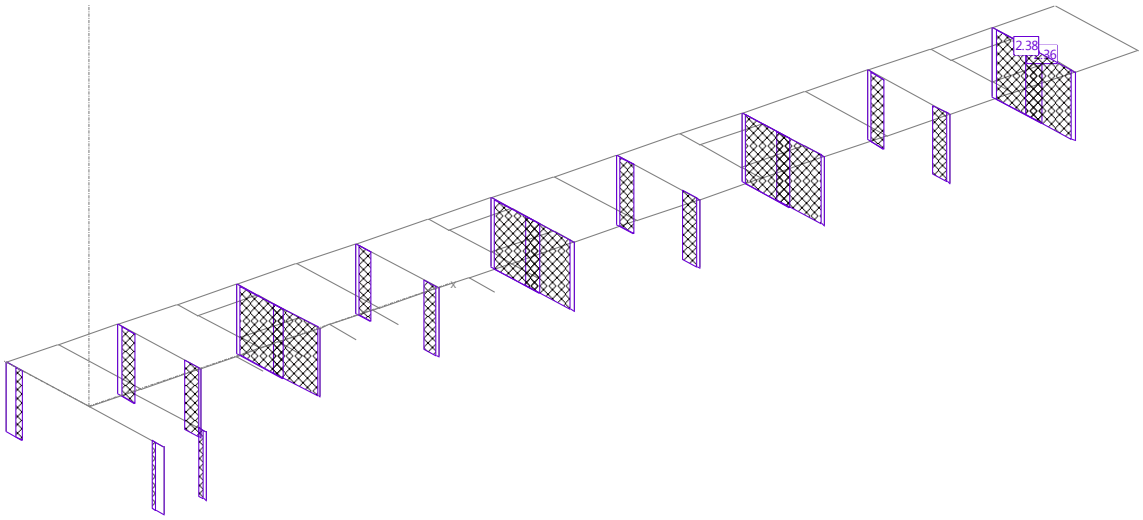
Ley de cortantes Vy en las barras horizontales (kN)



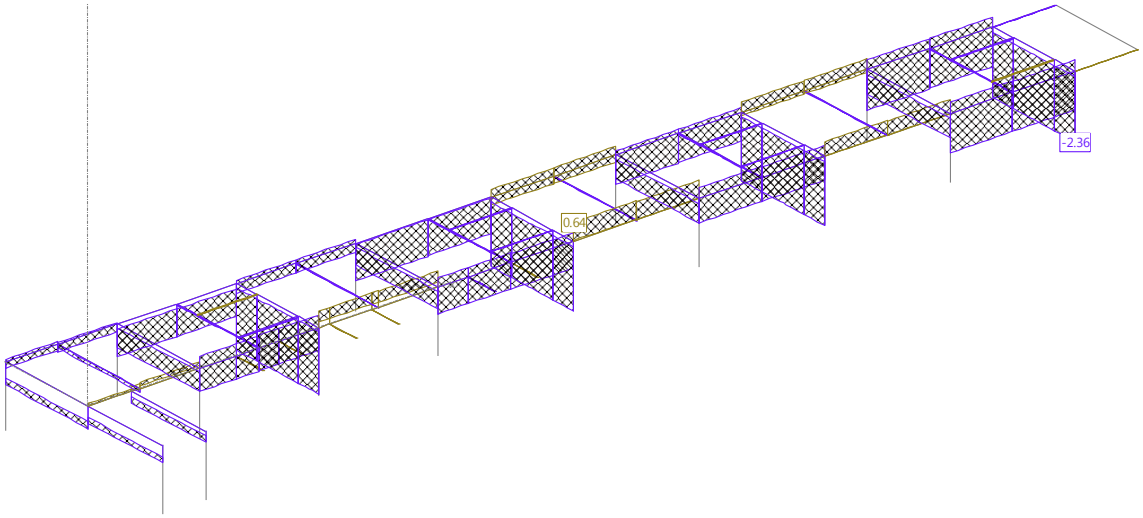
Ley de cortantes Vy en los pilares (kN)



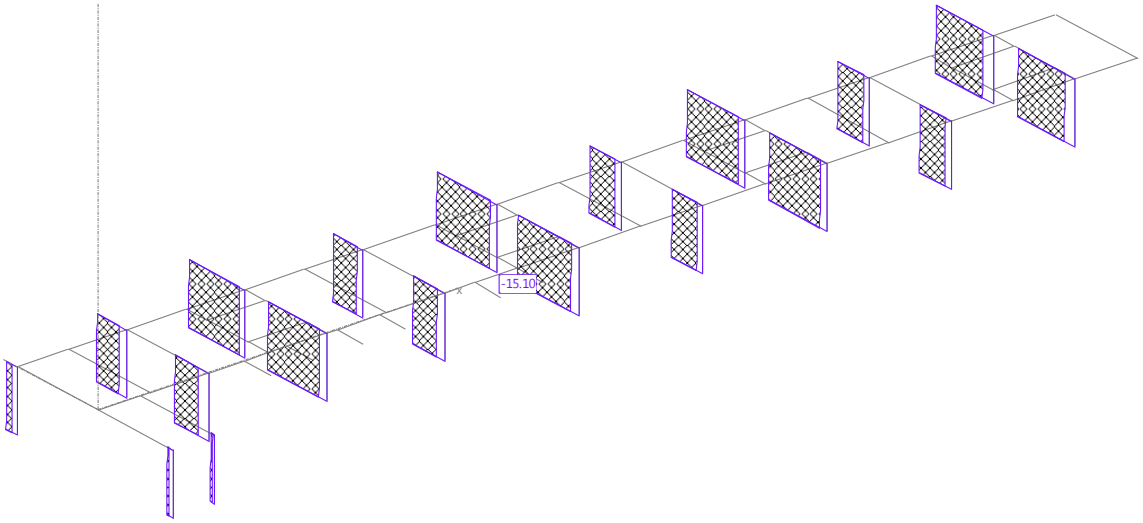
Ley de cortantes Vz en barras horizontales (kN)



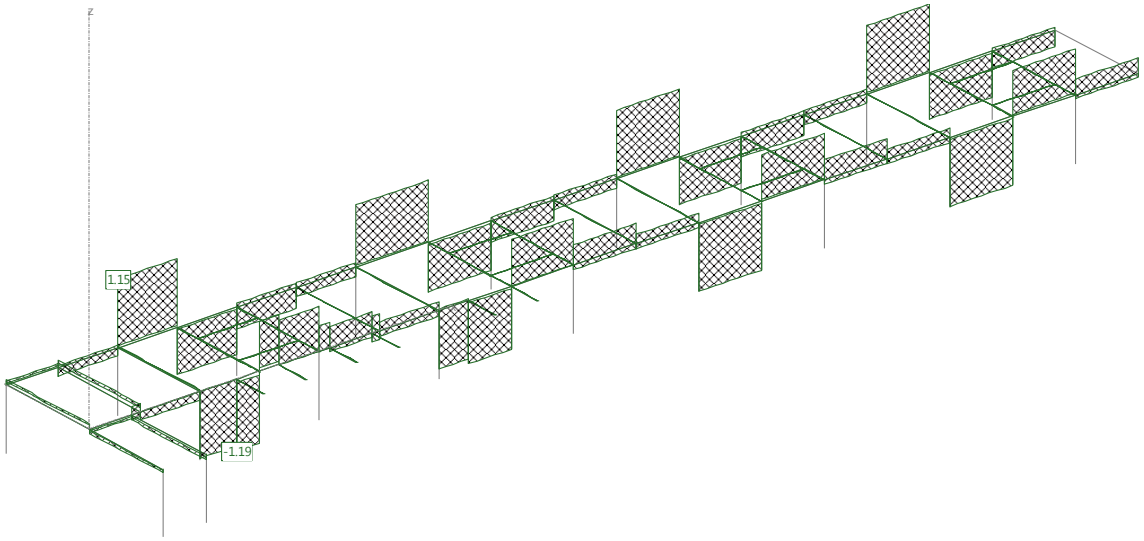
Ley de cortantes Vz en pilares (kN)



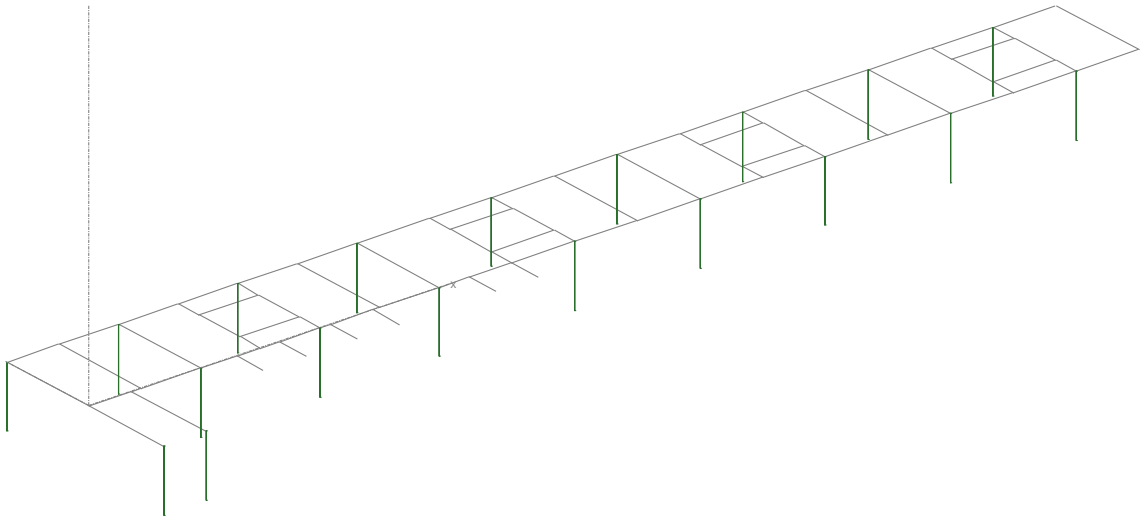
Ley de axiles en barras horizontales (kN)



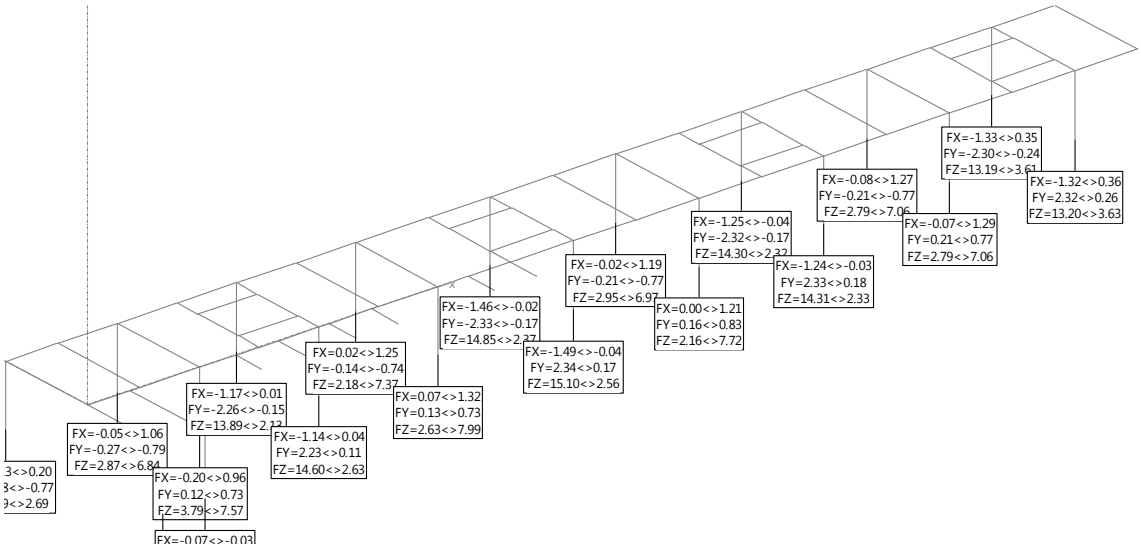
Ley de axiles en pilares (kN)



Ley de torsores en barras horizontales (m·kN)



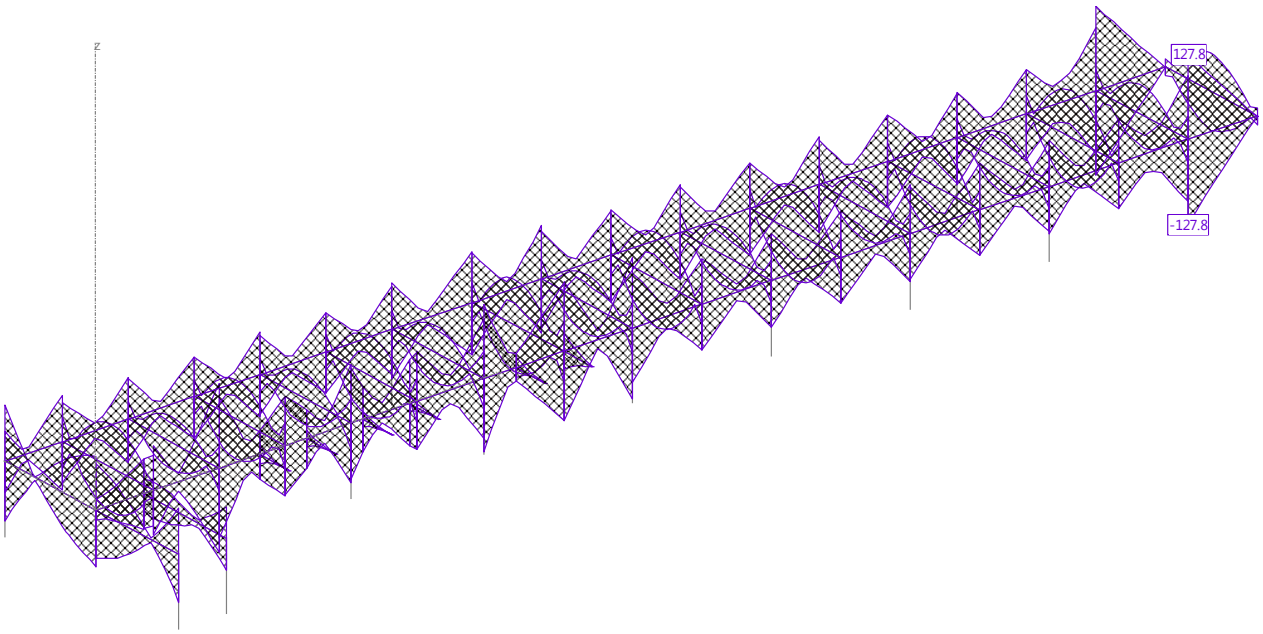
Ley de torsores en pilares (son nulos)



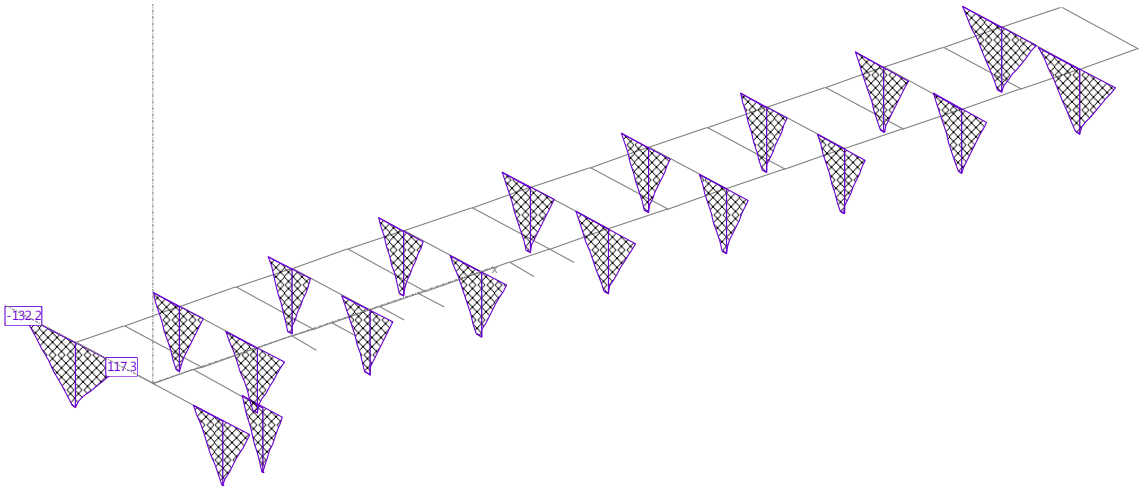
Reacciones (kN)

9.10.5. COMPROBACIONES REALIZADAS

A continuación se muestran las tensiones normales máximas obtenidas para el ELU:

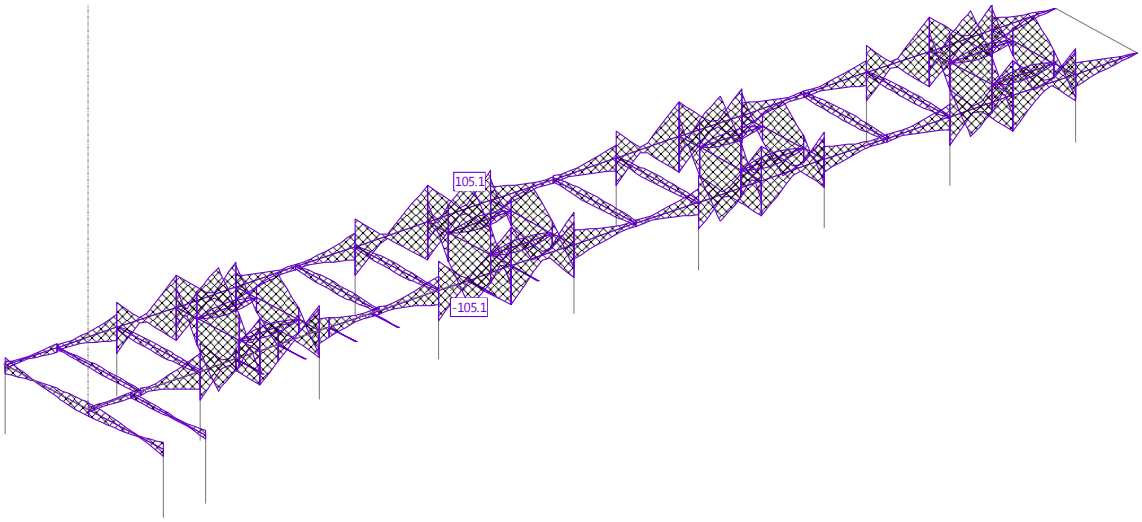


Tensiones normales en las barras horizontales (MPa)

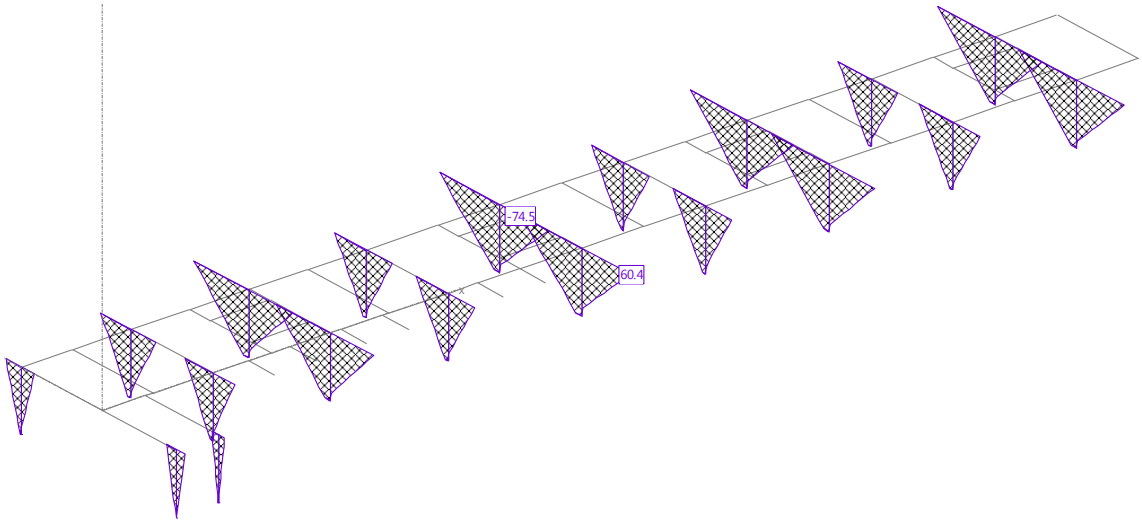


Tensiones normales en los pilares (MPa)

A continuación se pueden ver las tensiones máximas para la situación temporal en la que se acopien los equipos en la plataforma:



Tensiones normales en las barras horizontales (MPa)



Tensiones normales en los pilares (MPa)

Como se puede comprobar las tensiones máximas están muy lejos del límite elástico del material, teniendo un coeficiente mínimo para este de al menos 2. Los valores son inferiores en esta situación temporal que en la situación en ELU persistente, por lo que la comprobación de las los diferentes elementos se hará con ella.

A continuación se incluye la comprobación de un elemento horizontal y del pilar de

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha: 05/05/2016
Título: Pasarela metálica 1. Pilar. Mz max y Vy max
Tipo de cálculo: Pieza

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para piezas con sección constante doblemente simétrica, de clase 1 ó 2 y con alas y almas de sección constante, sometidas a un esfuerzo axil de compresión uniforme a lo largo de la pieza y a sus correspondientes esfuerzos concomitantes de flexión, cortante y torsión.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección: Comercial
Forma: Tubular
Fabricación: Laminado en caliente
Grupo: TUBULAR RECTANGULAR
Perfil: (b-h-t) 100-100-6

1.2 Geometría perfil

b (mm) =	100	[ancho sección]
h (mm) =	100	[canto sección]
t (mm) =	6.0	[espesor perfil tubular]
h_w (mm) =	88.0	

1.3 Material

Tipo acero:	S 275		E_s (MPa) =	210,000	
f_y (MPa) =	275		v =	0.30	
f_u (MPa) =	430		G_s (MPa) =	80,769	
ε =	0.92	[√(235 / f_y)]	γ_{M0} =	1.05	[Artículo 15.3]
Tipo construcción:	Obra civil		γ_{M1} =	1.05	[Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm^2) =	2240	[área]
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1120	[área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1120	[área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm^4 10^n) =	3.33	[inercia flexión eje Y]
i_y (mm) =	38.5	[radio giro eje Y]
$W_{el,y}$ (mm^3 10^3) =	66.7	[módulo resistente elástico flexión eje Y]
$W_{pl,y}$ (mm^3 10^3) =	79.6	[módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm^4 10^n) =	3.33	[inercia flexión eje Z]
i_z (mm) =	38.5	[radio giro eje Z]
$W_{el,z}$ (mm^3 10^3) =	66.7	[módulo resistente elástico flexión eje Z]
$W_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	79.6	[módulo resistente plástico flexión eje Z]

apoyo, para la situación más desfavorable de cada uno de ellos:

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 10^{6}) = 4.98 [módulo de torsión de Saint Venant]

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) = 1.2
Tipo pieza: Traslacional
β_y = 1.0
$L_{cr,y}$ (m) = 1.2 [longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) = 1.2
Tipo pieza: Traslacional
β_z = 1.0
$L_{cr,z}$ (m) = 1.2 [longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) = -23.7 [tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) = 2.7
Tipo de carga: Momento extremos
$M_{y,Ed}$ (mkN) = 3.1 [M máximo]
C_{My} = 1.00 [0.6 + 0.4 ψy ≥ 0.4]

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) = 4.0
Tipo de carga: Momento extremos
$M_{z,Ed}$ (mkN) = 4.6 [M máximo]
C_{Mz} = 1.00 [0.6 + 0.4 ψz ≥ 0.4]

1.5.3 Torsión

T_{Ed} (mkN) = 0.0

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	88.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.0	[espesor alma]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	88.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.0	[espesor alma]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	88.0	[longitud ala]
t (mm) =	6.0	[espesor ala]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	88.0	[longitud ala]
t (mm) =	6.0	[espesor ala]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección:	1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	88.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.0	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.6	[h_w η /(72 ε)]

- Flexión de eje Z

h_w (mm) =	88.0	[longitud ala]
t_w (mm) =	6.0	[espesor ala]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.6	[h_w η /(72 ε)]

Las almas y las alas de la sección no abollan por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	88.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.0	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm^2) =	528	[área alma]
A_{fc} (mm^2) =	300	[semiárea ala]
$t_{w\,lim}$ (mm) =	0.3	[$f_{yf}\, h_w\, \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

- Flexión de eje Z

h_w (mm) =	88.0	[longitud ala]
t_w (mm) =	6.0	[espesor ala]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y alma]
A_w (mm^2) =	528	[área ala]
A_{fc} (mm^2) =	300	[semiárea alma]
$t_{w\,lim}$ (mm) =	0.3	[$f_{yf}\, h_w\, \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

Las almas y las alas de la sección no abollan

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	[$T_{Ed} / \sqrt{(I_t\, A)}$]
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[$f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	2.7	
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1120	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	169.4	[$A_{v,y}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[$\tau_{t,Ed} / \tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	169.4	[$(1 - \rho_{T,z})\, V_{c,z,Rd}$]

Se cumple la comprobación

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	4.0	
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1120	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	169.4	[$A_{v,z}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[$\tau_{t,Ed} / \tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	169.4	[$(1 - \rho_{T,y})\, V_{c,y,Rd}$]

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) =	-23.7	
A (mm^2) =	2240	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	-586.7	$[A f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	2.7	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	84.7	

No se reduce resistencia a axil por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	$[(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$N_{[V,T],Rd}$ (kN) =	-586.7	$[N_{c,Rd} (1 - \rho_{[V,T],z} A_{v,y} / A - \rho_{[V,T],y} A_{v,z} / A)]$

$V_{y,Ed}$ (kN) =	4.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	84.7	

No se reduce resistencia a axil por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	$[(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) =	-5219	$[\pi^2 E_s I_y / L_{cr,y}^2]$
λ_y =	0.34	$[\sqrt{(A f_y / N_{cr,y})}]$
Curva pandeo =	a	
α_y =	0.21	
ϕ_y =	0.57	$[0.5 (1 + \alpha_y (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2)]$
χ_y =	0.97	$[1 / (\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)})]$

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) =	-5219	$[\pi^2 E_s I_z / L_{cr,z}^2]$
λ_y =	0.34	$[\sqrt{(A f_y / N_{cr,z})}]$
Curva pandeo =	a	
α_y =	0.21	
ϕ_y =	0.57	$[0.5 (1 + \alpha_z (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2)]$
χ_z =	0.97	$[1 / (\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)})]$

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) =	-567.4	$[\min (\chi_y; \chi_z; \chi_T; \chi_{TF}) N_{[V,T],Rd}]$

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	3.1	
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) =	79.6	
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	20.8	$[w_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	2.7	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	84.7	

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	$[(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$M_{[V,T],y,Rd}$ (mkN) =	20.8	$[M_{c,y,Rd} (1 - \rho_{V,z} (h-t)^2 t /(2 w_{pl,y}))]$
$M_{b,Rd}$ (mkN) =	20.8	$[\chi_{LT} M_{[V,T],y,Rd}]$

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) =	4.6	
$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	79.6	
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	20.8	$[w_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}]$

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) =	4.0	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	84.7	

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	$[(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2]$
$M_{[V,T],z,Rd}$ (mkN) =	20.8	$[M_{c,z,Rd} (1 - \rho_{V,y} (b-t)^2 t /(2 w_{pl,z}))]$

Se cumple la comprobación

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) = -23.7
$N_{b,Rd}$ (kN) = -567.4
$N_{cr,y}$ (kN) = -5219
$M_{y,Ed}$ (mkN) = 3.1
$M_{b,Rd}$ (kN) = 20.8
C_{My} = 1.00

$N_{cr,z}$ (kN) = -5219
$M_{z,Ed}$ (mkN) = 4.6
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) = 20.8
C_{Mz} = 1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T),z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.42

Se cumple la comprobación

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha: 05/05/2016
Título: Barra horizontal. Nmax (compresión)
Tipo de cálculo: Pieza

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para piezas con sección constante doblemente simétrica, de clase 1 ó 2 y con alas y almas de sección constante, sometidas a un esfuerzo axil de compresión uniforme a lo largo de la pieza y a sus correspondientes esfuerzos concomitantes de flexión, cortante y torsión.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección: Comercial
Forma: Tubular
Fabricación: Laminado en caliente
Grupo: TUBULAR RECTANGULAR
Perfil: (b-h-t) 100-100-6

1.2 Geometría perfil

b (mm) = 100 [ancho sección]
h (mm) = 100 [canto sección]
t (mm) = 6.0 [espesor perfil tubular]
h_w (mm) = 88.0

1.3 Material

Tipo acero: S 275
f_y (MPa) = 275
f_u (MPa) = 430
ε = 0.92 [√(235 / f_y)]
Tipo construcción: Obra civil

E_s (MPa) = 210,000
ν = 0.30
G_s (MPa) = 80,769
γ_{M0} = 1.05 [Artículo 15.3]
γ_{M1} = 1.05 [Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) = 2240 [área]
$A_{v,y}$ (mm²) = 1120 [área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) = 1120 [área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10^0) = 3.33 [inercia flexión eje Y]
i_y (mm) = 38.5 [radio giro eje Y]
$W_{el,y}$ (mm³ 10^3) = 66.7 [módulo resistente elástico flexión eje Y]
$W_{pl,y}$ (mm³ 10^3) = 79.6 [módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm⁴ 10^0) = 3.33 [inercia flexión eje Z]
i_z (mm) = 38.5 [radio giro eje Z]
$W_{el,z}$ (mm³ 10^3) = 66.7 [módulo resistente elástico flexión eje Z]
$W_{pl,z}$ (mm³ 10^3) = 79.6 [módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 10^D) = 4.98 [módulo de torsión de Saint Venant]

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) = 2.0
Tipo pieza: Traslacional
β_y = 1.0
$L_{cr,y}$ (m) = 2.0 [longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) = 2.0
Tipo pieza: Traslacional
β_z = 1.0
$L_{cr,z}$ (m) = 2.0 [longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) = -4.8 [tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) = 8.8
Tipo de carga: Carga transversal
$M_{y,Ed}$ (mkN) = -5.1 [M máximo]
C_{My} = 1.00

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.1
Tipo de carga: Carga transversal
$M_{z,Ed}$ (mkN) = 0.1 [M máximo]
C_{Mz} = 1.00

1.5.3 Torsión

T_{Ed} (mkN) = 0.5

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	88.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.0	[espesor alma]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	88.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.0	[espesor alma]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	88.0	[longitud ala]
t (mm) =	6.0	[espesor ala]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	88.0	[longitud ala]
t (mm) =	6.0	[espesor ala]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección:	1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	88.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.0	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.6	[h_w η /(72 ε)]

- Flexión de eje Z

h_w (mm) =	88.0	[longitud ala]
t_w (mm) =	6.0	[espesor ala]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.6	[h_w η /(72 ε)]

Las almas y las alas de la sección no abollan por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	88.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.0	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm^2) =	528	[área alma]
A_{fc} (mm^2) =	300	[semiárea ala]
$t_{w\,lim}$ (mm) =	0.3	[$f_{yf}\, h_w \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\, E)$]

- Flexión de eje Z

h_w (mm) =	88.0	[longitud ala]
t_w (mm) =	6.0	[espesor ala]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y alma]
A_w (mm^2) =	528	[área ala]
A_{fc} (mm^2) =	300	[semiárea alma]
$t_{w\,lim}$ (mm) =	0.3	[$f_{yf}\, h_w \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\, E)$]

Las almas y las alas de la sección no abollan

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	4.8	[$T_{Ed} / \sqrt{(I_t\, A)}$]
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[$f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	8.8	
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1120	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	169.4	[$A_{v,y}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.03	[$\tau_{t,Ed} / \tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	163.9	[(1 - $\rho_{T,z}$) $V_{c,z,Rd}$]

Se cumple la comprobación

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.1	
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1120	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	169.4	[$A_{v,z}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.03	[$\tau_{t,Ed} / \tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	163.9	[(1 - $\rho_{T,y}$) $V_{c,y,Rd}$]

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) =	-4.8	
A (mm^2) =	2240	
$N_{c,Rd}$ (kN) =	-586.7	[A f_y / γ_{M1}]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	8.8	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	82.0	

No se reduce resistencia a axil por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$N_{[V,T],Rd}$ (kN) =	-586.7	[$N_{c,Rd}$ (1 - $\rho_{[V,T],z}$ $A_{v,y}$ / A - $\rho_{[V,T],y}$ $A_{v,z}$ / A)]

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.1	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	82.0	

No se reduce resistencia a axil por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) =	-1725	[π^2 E_s I_y / $L_{cr,y}^2$]
λ_y =	0.60	[v(A f_y / $N_{cr,y}$)]
Curva pandeo =	a	
α_y =	0.21	
ϕ_y =	0.72	[0.5 (1 + α_y (λ_y - 0.2) + λ_y^2)]
χ_y =	0.89	[1 / (ϕ_y + v(ϕ_y^2 - λ_y^2))]

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) =	-1725	[π^2 E_s I_z / $L_{cr,z}^2$]
λ_y =	0.60	[v(A f_y / $N_{cr,z}$)]
Curva pandeo =	a	
α_y =	0.21	
ϕ_y =	0.72	[0.5 (1 + α_z (λ_z - 0.2) + λ_z^2)]
χ_z =	0.89	[1 / (ϕ_z + v(ϕ_z^2 - λ_z^2))]

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) =	-522.7	[min (χ_y; χ_z; χ_T; χ_{TF}) $N_{[V,T],Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) =	-5.1	
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) =	79.6	
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) =	-20.8	[$w_{pl,y}$ f_y / γ_{M1}]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) =	8.8	
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) =	82.0	

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$M_{[V,T],y,Rd}$ (mkN) =	-20.8	[$M_{c,y,Rd}$ (1 - $\rho_{V,z}$ (h-t)^2 t /(2 $w_{pl,y}$))]

$M_{b,Rd}$ (mkN) =	-20.8	[χ_{LT} $M_{[V,T],y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.1	
$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) =	79.6	
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) =	20.8	[$w_{pl,z}$ f_y / γ_{M1}]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.1	
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) =	82.0	

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ =	0.00	[(2 V_{Ed} / $V_{T,z,Rd}$ - 1)^2]
$M_{[V,T],z,Rd}$ (mkN) =	20.8	[$M_{c,z,Rd}$ (1 - $\rho_{V,y}$ (b-t)^2 t /(2 $w_{pl,z}$))]

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) =	-4.8		
$N_{b,Rd}$ (kN) =	-522.7		
$N_{cr,y}$ (kN) =	-1725	$N_{cr,z}$ (kN) =	-1725
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	-5.1	$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.1
$M_{b,Rd}$ (kN) =	-20.8	$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	20.8
C_{My} =	1.00	C_{Mz} =	1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T),z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.26

Se cumple la comprobación

PERNOS DE CONEXIÓN

	γ_{M2} =	**1.25**
Diámetro:	**10**	mm
Área:	58.00	mm²
d_0:	11	mm
Acero:	**8.8**	
f_{yb} =	640	MPa
f_{ub} =	800	MPa

PLACA

Acero:	**275**	MPa		
f_u =	**430**	MPa		
espesor:	**6**	mm	α:	0.909090909
e1:	**30**	mm	β:	2.5
p1:	**160**	mm		
e2:	**30**	mm		
p2	**160**	mm		

Pernos en la placa: **2**

N_d:	**0**	kN
$V_{d,x}$:	**1.87**	kN
$V_{d,y}$:	**5.14**	kN
V_d:	5.47	kN

Aplastamiento de placa

$F_{b,Rd}$:	46.91	kN	>	2.73 CUMPLE

Punzonamiento de la placa

$B_{p,Rd}$:	42.80	kN	>	0 CUMPLE
t_{min} para no comprobar:	3.10	mm		

Cortante del Perno

$F_{v,Rd}$:	22.272	kN	>	2.73 CUMPLE

Esfuerzos normales del perno

$F_{t,Rd}$:	33.408	kN	>	0 CUMPLE

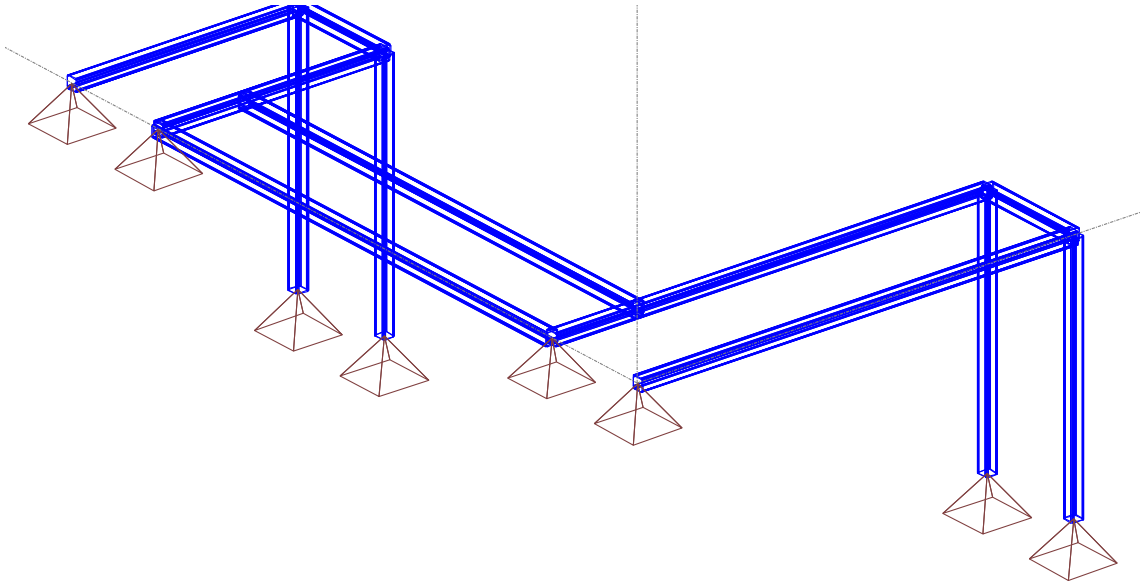
Interacción cortante-tracción

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1$$

0.12 CUMPLE

9.11. PLATAFORMA METÁLICA 2

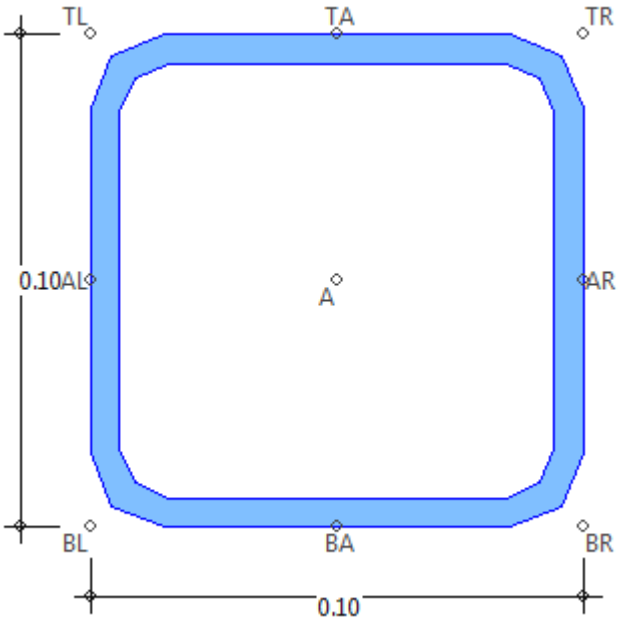
9.11.1. MODELO DE ENTRADA



Vista de la estructura de la plataforma

9.11.3. SECCIONES UTILIZADAS

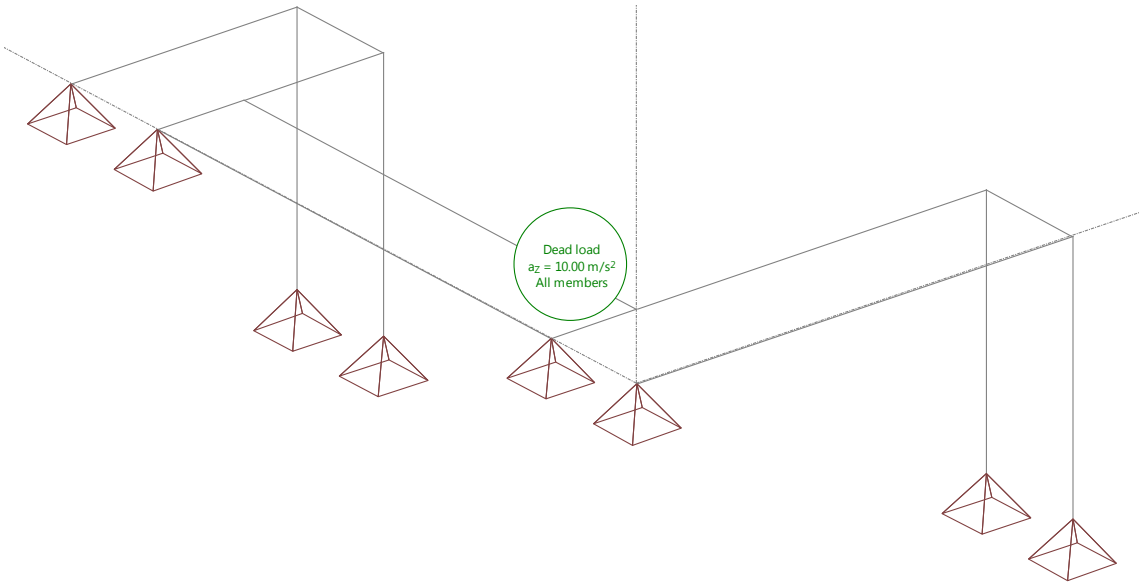
Toda la estructura de la plataforma se ha dimensionado con un perfil tubular de sección cuadrada de 100 mm de lado, con un espesor de 6 mm.



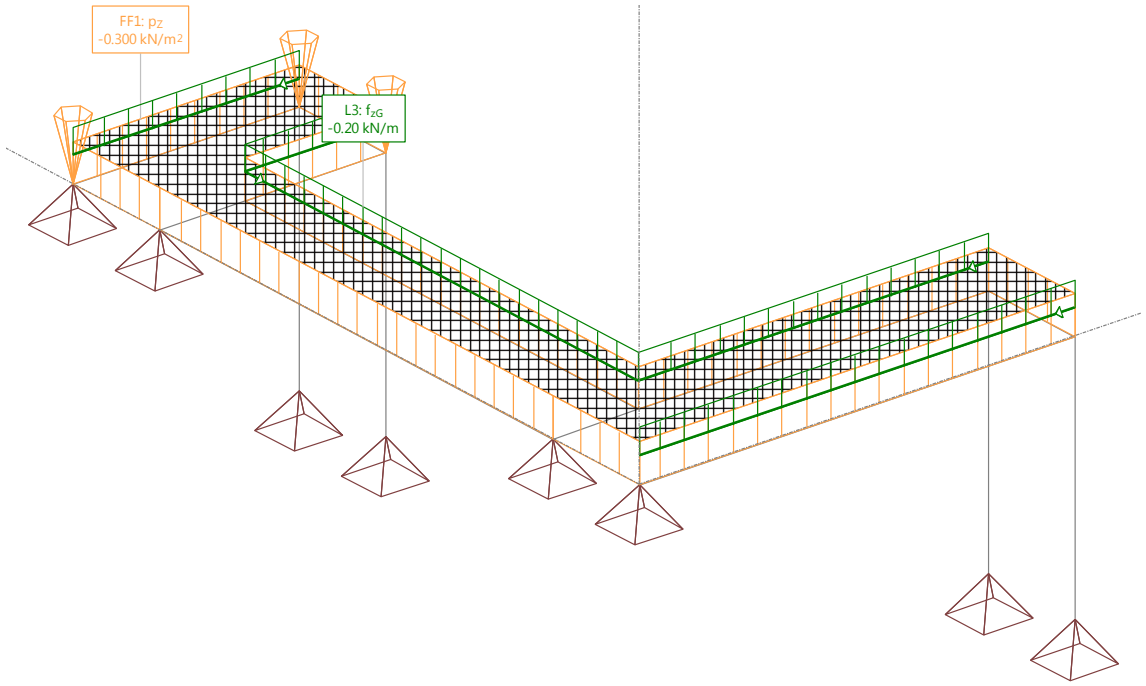
Sección utilizada

9.11.4. CARGAS INTRODUCIDAS EN EL MODELO

9.11.4.1.Peso propio

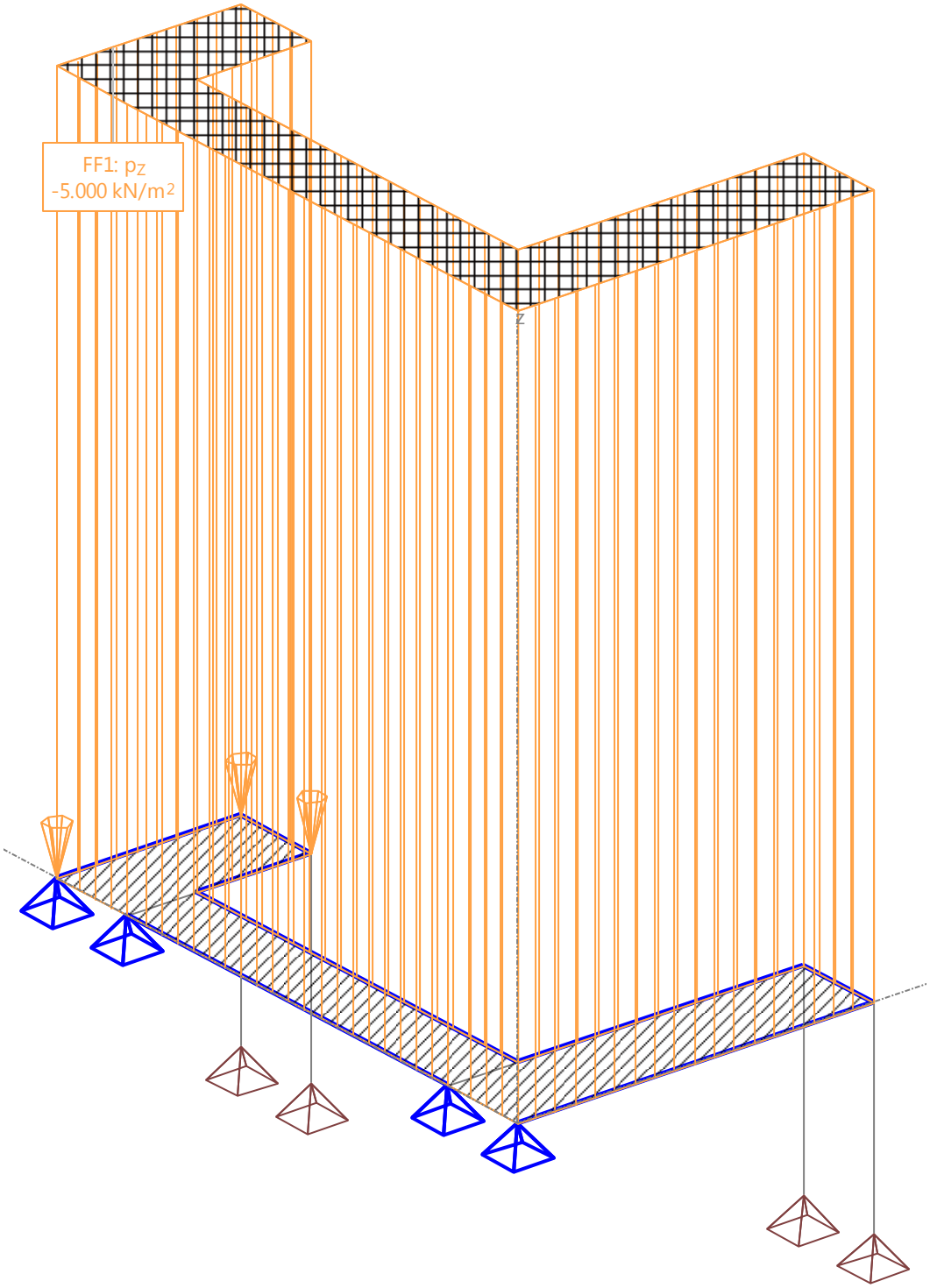


9.11.4.2.Carga Muerta de Barandilla y de la Rejilla tipo Tramex



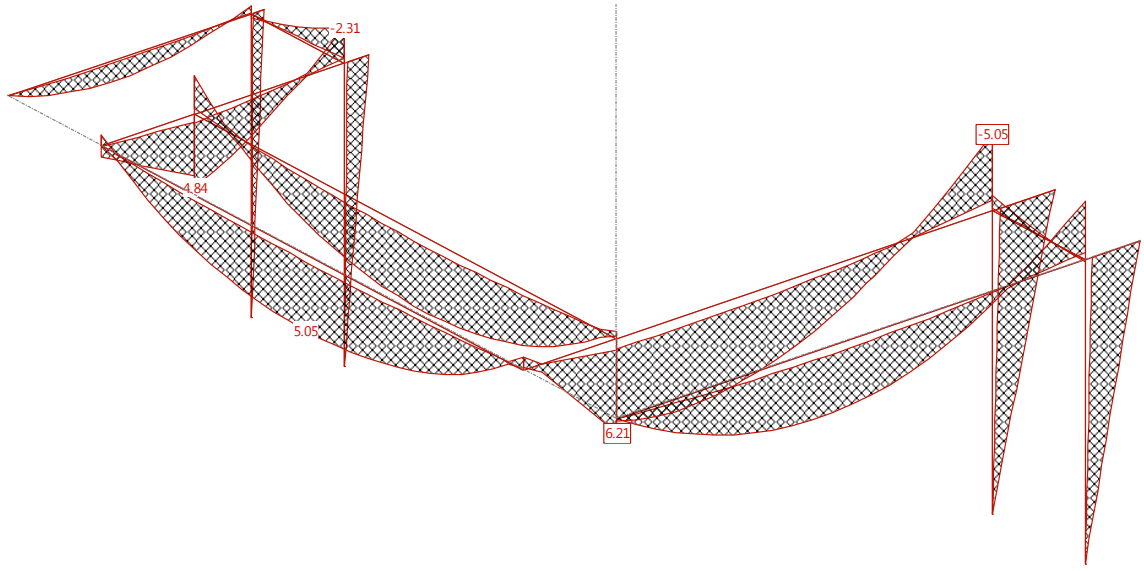
9.11.4.3.Sobrecarga

Se considera una sobrecarga de 5 kN/m²

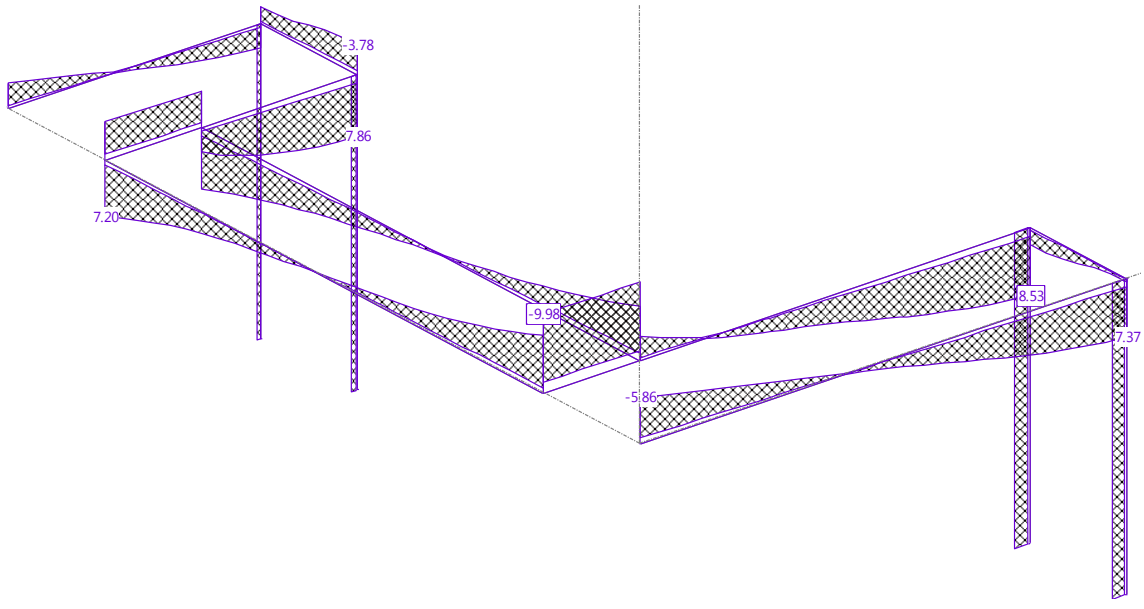


9.11.5. RESULTADOS OBTENIDOS

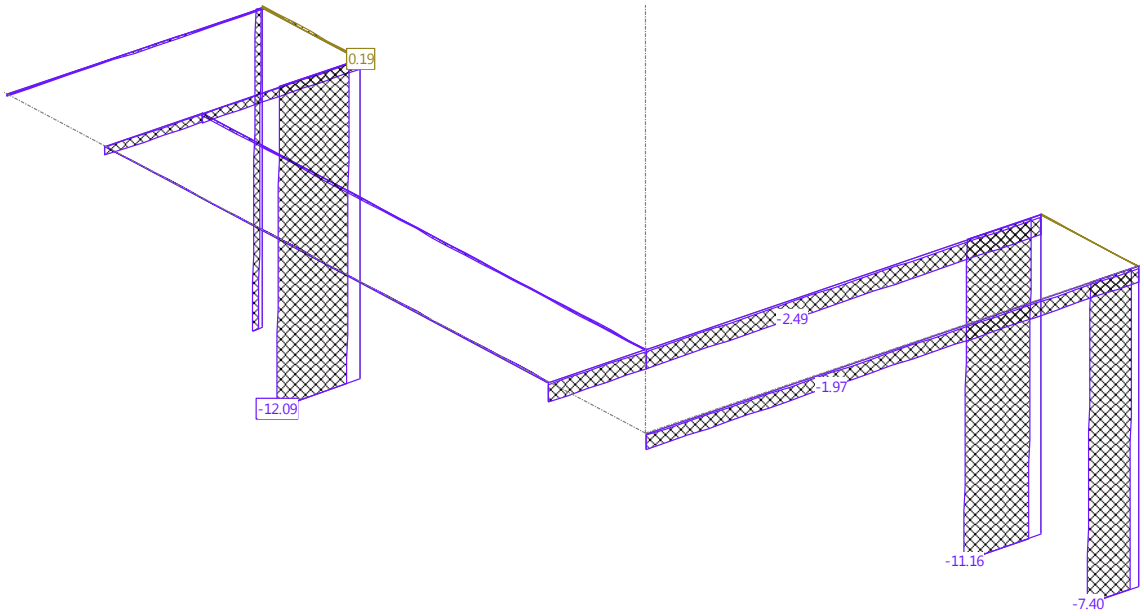
A continuación se incluyen las leyes de momentos flectores, cortantes y axiles, para la situación de ELU en situación persistente o transitoria, así como la deformación para ELS:



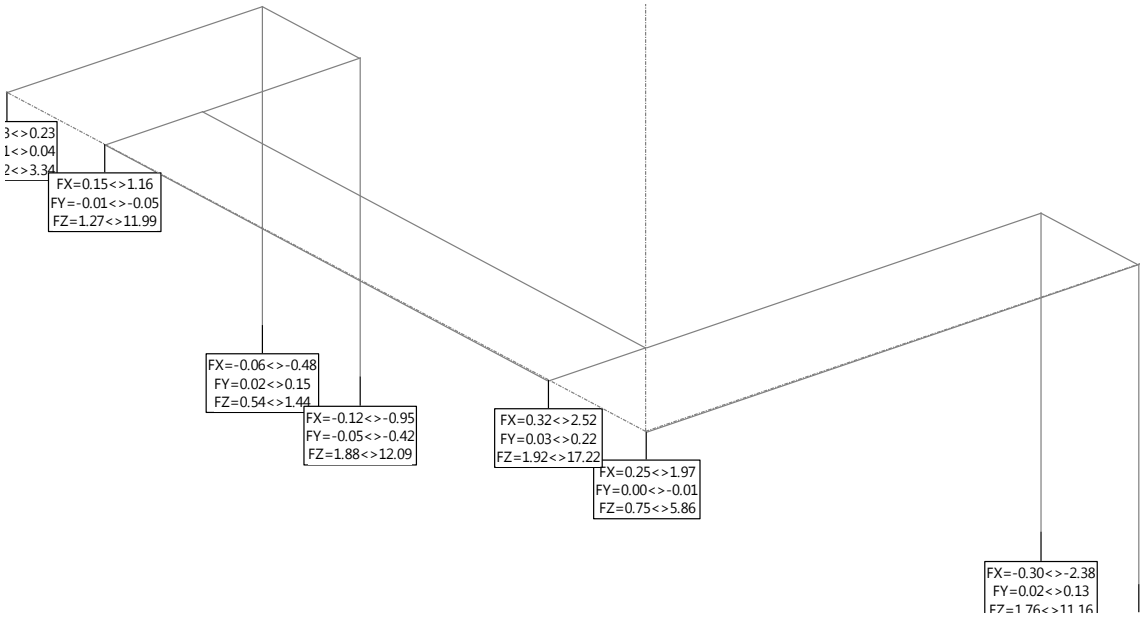
Ley de momentos flectores (m·kN)



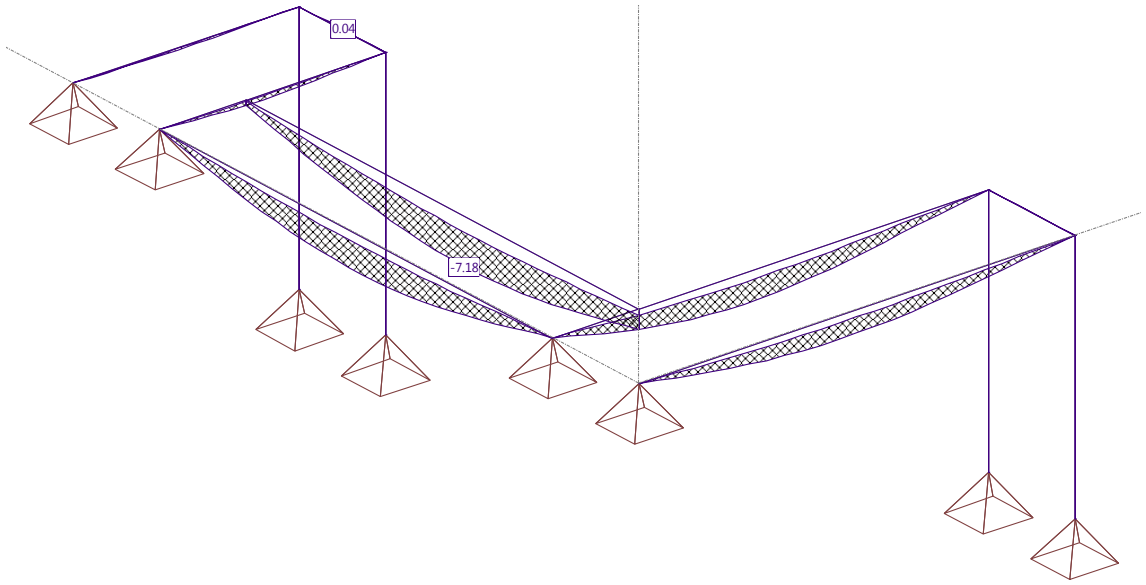
Ley de cortantes (kN)



Ley de axiles (kN)



Reacciones máximas (kN)

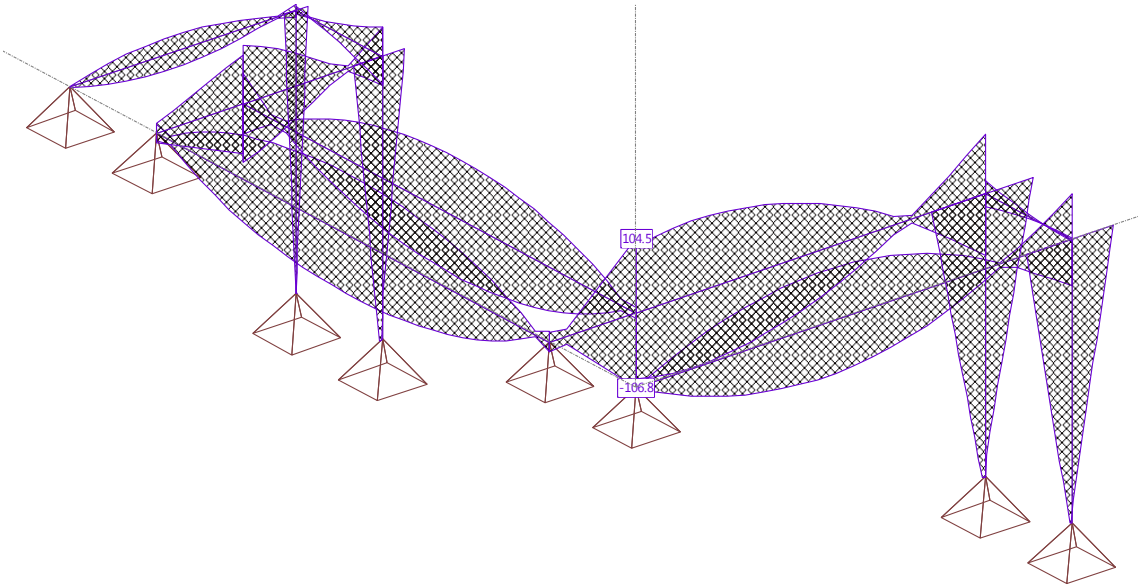


Deformaciones máximas en ELS (mm)

Estas deformaciones para la situación frecuente de la combinación de cargas, es muy inferior al Límite establecido de L/300 (13 mm)

9.11.6. COMPROBACIONES REALIZADAS

A continuación se muestran las tensiones normales máximas obtenidas para el ELU:



Tensiones normales (MPa)

Como se puede comprobar por las tensiones máximas, por lo que la nueva configuración de la escalera no afecta a la capacidad estructural de la misma.

A continuación se incluye la comprobación de barras horizontales y de pilar de apoyo, para la situación más desfavorable:

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha: 05/05/2016
Título: Pasarela metálica 2. Pilar. My max, Vz max
Tipo de cálculo: Pieza

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para piezas con sección constante doblemente simétrica, de clase 1 ó 2 y con alas y almas de sección constante, sometidas a un esfuerzo axil de compresión uniforme a lo largo de la pieza y a sus correspondientes esfuerzos concomitantes de flexión, cortante y torsión.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección: Comercial
Forma: Tubular
Fabricación: Laminado en caliente
Grupo: TUBULAR RECTANGULAR
Perfil: (b-h-t) 100-100-6

1.2 Geometría perfil

b (mm) = 100 [ancho sección]
h (mm) = 100 [canto sección]
t (mm) = 6.0 [espesor perfil tubular]
h_w (mm) = 88.0

1.3 Material

Tipo acero: S 275
f_y (MPa) = 275
f_u (MPa) = 430
ε = 0.92 [√(235 / f_y)]
Tipo construcción: Edificación

E_s (MPa) = 210,000
ν = 0.30
G_s (MPa) = 80,769
γ_{M0} = 1.05 [Artículo 15.3]
γ_{M1} = 1.05 [Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) = 2240 [área]
$A_{v,y}$ (mm²) = 1120 [área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) = 1120 [área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm^4 10^n) = 3.33 [inercia flexión eje Y]
i_y (mm) = 38.5 [radio giro eje Y]
$W_{el,y}$ (mm^3 10^3) = 66.7 [módulo resistente elástico flexión eje Y]
$W_{pl,y}$ (mm^3 10^3) = 79.6 [módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm^4 10^n) = 3.33 [inercia flexión eje Z]
i_z (mm) = 38.5 [radio giro eje Z]
$W_{el,z}$ (mm^3 10^3) = 66.7 [módulo resistente elástico flexión eje Z]
$W_{pl,z}$ (mm^3 10^3) = 79.6 [módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 $10^{(n)}$) = 4.98 [módulo de torsión de Saint Venant]

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) = 2.1
Tipo pieza: Traslacional
β_y = 1.0
$L_{cr,y}$ (m) = 2.1 [longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) = 2.1
Tipo pieza: Traslacional
β_z = 1.0
$L_{cr,z}$ (m) = 2.1 [longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) = -11.2 [tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) = 2.4
Tipo de carga: Momento extremos
$M_{y,Ed}$ (mkN) = -4.8 [M máximo]
C_{My} = 1.00 [0.6 + 0.4 ψy ≥ 0.4]

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.1
Tipo de carga: Momento extremos
$M_{z,Ed}$ (mkN) = 0.3 [M máximo]
C_{Mz} = 1.00 [0.6 + 0.4 ψz ≥ 0.4]

1.5.3 Torsión

T_{Ed} (mkN) = 0.0

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	88.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.0	[espesor alma]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	88.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.0	[espesor alma]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	88.0	[longitud ala]
t (mm) =	6.0	[espesor ala]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	88.0	[longitud ala]
t (mm) =	6.0	[espesor ala]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección:	1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	88.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.0	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.6	[h_w η /(72 ε)]

- Flexión de eje Z

h_w (mm) =	88.0	[longitud ala]
t_w (mm) =	6.0	[espesor ala]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.6	[h_w η /(72 ε)]

Las almas y las alas de la sección no abollan por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	88.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.0	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm^2) =	528	[área alma]
A_{fc} (mm^2) =	300	[semiárea ala]
$t_{w\,lim}$ (mm) =	0.3	[$f_{yf}\, h_w\, \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

- Flexión de eje Z

h_w (mm) =	88.0	[longitud ala]
t_w (mm) =	6.0	[espesor ala]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y alma]
A_w (mm^2) =	528	[área ala]
A_{fc} (mm^2) =	300	[semiárea alma]
$t_{w\,lim}$ (mm) =	0.3	[$f_{yf}\, h_w\, \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

Las almas y las alas de la sección no abollan

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	0.0	[$T_{Ed} / \sqrt{(I_t\, A)}$]
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[$f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	2.4	
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1120	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	169.4	[$A_{v,y}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.00	[$\tau_{t,Ed} / \tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	169.4	[$(1 - \rho_{T,z})\, V_{c,z,Rd}$]

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.1	
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1120	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	169.4	[$A_{v,z}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.00	[$\tau_{t,Ed} / \tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	169.4	[$(1 - \rho_{T,y})\, V_{c,y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) = -11.2
A (mm^2) = 2240
$N_{c,Rd}$ (kN) = -586.7 [$A f_y / \gamma_{M1}$]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) = 2.4
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) = 84.7

No se reduce resistencia a axil por Vz

$\rho_{V,z}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]
$N_{(V,T),Rd}$ (kN) = -586.7 [$N_{c,Rd} (1 - \rho_{(V,T),z} A_{v,y} / A - \rho_{(V,T),y} A_{v,z} / A)$]

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.1
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) = 84.7

No se reduce resistencia a axil por Vy

$\rho_{V,y}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) = -1565 [$\pi^2 E_s I_y / L_{cr,y}^2$]
λ_y = 0.63 [$\sqrt{(A f_y / N_{cr,y})}$]
Curva pandeo = a
α_y = 0.21
ϕ_y = 0.74 [$0.5 (1 + \alpha_y (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2)$]
χ_y = 0.88 [$1 / (\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)})$]

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) = -1565 [$\pi^2 E_s I_z / L_{cr,z}^2$]
λ_y = 0.63 [$\sqrt{(A f_y / N_{cr,z})}$]
Curva pandeo = a
α_y = 0.21
ϕ_y = 0.74 [$0.5 (1 + \alpha_z (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2)$]
χ_z = 0.88 [$1 / (\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)})$]

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) = -515.9 [min (χ_y; χ_z; χ_T) $N_{(V,T),Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) = -4.8
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) = 79.6
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) = -20.8 [$w_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}$]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) = 2.4
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) = 84.7

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) = -20.8 [$M_{c,y,Rd} (1 - \rho_{V,z} (h-t)^2 t / (2 w_{pl,y}))$]

$M_{b,Rd}$ (mkN) = -20.8 [$\chi_{LT} M_{(V,T),y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) = 0.3
$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) = 79.6
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) = 20.8 [$w_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}$]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.1
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) = 84.7

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) = 20.8 [$M_{c,z,Rd} (1 - \rho_{V,y} (b-t)^2 t / (2 w_{pl,z}))$]

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) =	-11.2		
$N_{b,Rd}$ (kN) =	-515.9		
$N_{cr,y}$ (kN) =	-1565	$N_{cr,z}$ (kN) =	-1565
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	-4.8	$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.3
$M_{b,Rd}$ (kN) =	-20.8	$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	20.8
C_{My} =	1.00	C_{Mz} =	1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T),z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.26

Se cumple la comprobación

CÁLCULO DE SECCIONES Y PIEZAS METÁLICAS SEGÚN EAE

Fecha: 05/05/2016
Título: Pasarela metálica 2. Barra horizontal. Nmax, My max, Vz max
Tipo de cálculo: Pieza

Nota : Esta hoja de cálculo es válida sólo para piezas con sección constante doblemente simétrica, de clase 1 ó 2 y con alas y almas de sección constante, sometidas a un esfuerzo axil de compresión uniforme a lo largo de la pieza y a sus correspondientes esfuerzos concomitantes de flexión, cortante y torsión.

1. Datos de entrada

1.1 Tipo de sección

Sección: Comercial
Forma: Tubular
Fabricación: Laminado en caliente
Grupo: TUBULAR RECTANGULAR
Perfil: (b-h-t) 100-100-6

1.2 Geometría perfil

b (mm) = 100 [ancho sección]
h (mm) = 100 [canto sección]
t (mm) = 6.0 [espesor perfil tubular]
h_w (mm) = 88.0

1.3 Material

Tipo acero: S 275
f_y (MPa) = 275
f_u (MPa) = 430
ε = 0.92 [√(235 / f_y)]
Tipo construcción: Obra civil

E_s (MPa) = 210,000
ν = 0.30
G_s (MPa) = 80,769
γ_{M0} = 1.05 [Artículo 15.3]
γ_{M1} = 1.05 [Artículo 15.3]

1.4 Características mecánicas de la sección

1.4.1 Axil y cortante

A (mm²) = 2240 [área]
$A_{v,y}$ (mm²) = 1120 [área de cortante V_z]
$A_{v,z}$ (mm²) = 1120 [área de cortante V_y]

1.4.2 Flexión de eje Y (fuerte)

I_y (mm⁴ 10^{D}) = 3.33 [inercia flexión eje Y]
i_y (mm) = 38.5 [radio giro eje Y]
$W_{el,y}$ (mm³ 10^{3}) = 66.7 [módulo resistente elástico flexión eje Y]
$W_{pl,y}$ (mm³ 10^{3}) = 79.6 [módulo resistente plástico flexión eje Y]

1.4.3 Flexión de eje Z (débil)

I_z (mm⁴ 10^{D}) = 3.33 [inercia flexión eje Z]
i_z (mm) = 38.5 [radio giro eje Z]
$W_{el,z}$ (mm³ 10^{3}) = 66.7 [módulo resistente elástico flexión eje Z]
$W_{pl,z}$ (mm³ 10^{3}) = 79.6 [módulo resistente plástico flexión eje Z]

1.4.4 Torsión uniforme

I_t (mm^4 10^6) = 4.98 [módulo de torsión de Saint Venant]

1.5.1 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Y

Longitud (m) = 2.1
Tipo pieza: Traslacional
β_y = 1.0
$L_{cr,y}$ (m) = 2.1 [longitud crítica pandeo flexión eje Y]

1.5.2 Geometría de la pieza en relación con el pandeo por flexión de eje Z

Longitud (m) = 2.1
Tipo pieza: Traslacional
β_z = 1.0
$L_{cr,z}$ (m) = 2.1 [longitud crítica pandeo flexión eje Z]

1.6 Esfuerzos de cálculo concomitantes máximos en la pieza

1.5.1 Axil

N_{Ed} (kN) = -2.5 [tracción positiva]

1.5.2 Cortante y flexión

- Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) = -10.0
Tipo de carga: Carga transversal
$M_{y,Ed}$ (mkN) = 6.2 [M máximo]
C_{My} = 1.00

- Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.2
Tipo de carga: Carga transversal
$M_{z,Ed}$ (mkN) = 0.1 [M máximo]
C_{Mz} = 1.00

1.5.3 Torsión

T_{Ed} (mkN) = 0.8

2. Clasificación de la sección (Artículo 20)

Nota : La asignación de clase a una sección transversal metálica, supone la integración del control de los fenómenos de inestabilidad de chapas (abolladura) bajo la acción de tensiones normales en las propias condiciones de resistencia última a flexión o compresión de secciones y elementos estructurales metálicos.

2.1 Clasificación según compresión en almas (paneles orientados según eje Z)

2.1.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	88.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.0	[espesor alma]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.1.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	88.0	[longitud alma]
t (mm) =	6.0	[espesor alma]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en almas, la sección es de clase 1

2.2 Clasificación según compresión en alas (paneles orientados según eje Y)

2.2.1 Flexión de eje Y

c (mm) =	88.0	[longitud ala]
t (mm) =	6.0	[espesor ala]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

2.2.2 Flexión de eje Z

c (mm) =	88.0	[longitud ala]
t (mm) =	6.0	[espesor ala]
c / t =	14.7	
Tipo solicitación:	Flexocompresión	
Panel pésimo:	Comprimido	
$c / t_{lim\ clase\ 1}$ =	30.5	
$c / t_{lim\ clase\ 2}$ =	35.1	
$c / t_{lim\ clase\ 3}$ =	38.8	
Clase sección:	1	

Según compresión en alas, la sección es de clase 1

2.3 Clasificación global

Clase sección:	1

La sección es de clase 1

3. Análisis de la abolladura por cortante

3.1 Abolladura de almas no rigidizadas por cortante (Artículo 35.5)

3.1.1. Comprobación sin rigidizadores

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	88.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.0	[espesor alma]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.6	[h_w η /(72 ε)]

- Flexión de eje Z

h_w (mm) =	88.0	[longitud ala]
t_w (mm) =	6.0	[espesor ala]
η =	1.2	
$t_{w\ min}$ (mm) =	1.6	[h_w η /(72 ε)]

Las almas y las alas de la sección no abollan por cortante

3.2 Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Artículo 35.8)

- Flexión de eje Y

h_w (mm) =	88.0	[longitud alma]
t_w (mm) =	6.0	[espesor alma]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y ala]
A_w (mm^2) =	528	[área alma]
A_{fc} (mm^2) =	300	[semiárea ala]
$t_{w\,lim}$ (mm) =	0.3	[$f_{yf}\, h_w \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

- Flexión de eje Z

h_w (mm) =	88.0	[longitud ala]
t_w (mm) =	6.0	[espesor ala]
k =	0.30	
f_{yf} (MPa) =	275	[f_y alma]
A_w (mm^2) =	528	[área ala]
A_{fc} (mm^2) =	300	[semiárea alma]
$t_{w\,lim}$ (mm) =	0.3	[$f_{yf}\, h_w \sqrt{(A_{fc}/A_w)}/(k\,E)$]

Las almas y las alas de la sección no abollan

4. Comprobación seccional en E.L.U. (Artículo 34)

4.1 E.L.U. de Torsión (Artículo 34.6)

$\tau_{t,Ed}$ (MPa) =	7.9	[$T_{Ed} / \sqrt{(I_t\, A)}$]
$\tau_{c,Rd}$ (MPa) =	151.2	[$f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

Se cumple la comprobación

4.2 E.L.U. de Cortante (Artículo 34.5)

4.2.1 Flexión de eje Y

$V_{z,Ed}$ (kN) =	-10.0	
$A_{v,y}$ (mm^2) =	1120	
$V_{c,z,Rd}$ (kN) =	-169.4	[$A_{v,y}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,z}$ =	0.05	[$\tau_{t,Ed} / \tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,z,Rd}$ (kN) =	-160.6	[$(1 - \rho_{T,z})\, V_{c,z,Rd}$]

4.2.2 Flexión de eje Z

$V_{y,Ed}$ (kN) =	0.2	
$A_{v,z}$ (mm^2) =	1120	
$V_{c,y,Rd}$ (kN) =	169.4	[$A_{v,z}\, f_y / (\sqrt{3}\, \gamma_{M0})$]

- Interacción torsión-cortante (Artículo 34.6)

$\rho_{T,y}$ =	0.05	[$\tau_{t,Ed} / \tau_{c,Rd}$)]
$V_{T,y,Rd}$ (kN) =	160.6	[$(1 - \rho_{T,y})\, V_{c,y,Rd}$]

Se cumple la comprobación

5. Comprobación de la inestabilidad de la pieza en E.L.U. (Artículo 35)

5.1 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión (artículo 35.1)

N_{Ed} (kN) = -2.5
A (mm^2) = 2240
$N_{c,Rd}$ (kN) = -586.7 [$A f_y / \gamma_{M1}$]

- Interacción axil-cortante (Artículo 34.7.3)

$V_{z,Ed}$ (kN) = -10.0
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) = -80.3

No se reduce resistencia a axil por Vz

$\rho_{V,z}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]
$N_{(V,T),Rd}$ (kN) = -586.7 [$N_{c,Rd} (1 - \rho_{(V,T),z} A_{v,y} / A - \rho_{(V,T),y} A_{v,z} / A)$]

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.2
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) = 80.3

No se reduce resistencia a axil por Vy

$\rho_{V,y}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]

- Reducción pandeo por flexión de eje Y (artículo 35.1.3)

$N_{cr,y}$ (kN) = -1565 [$\pi^2 E_s I_y / L_{cr,y}^2$]
λ_y = 0.63 [$\sqrt{(A f_y / N_{cr,y})}$]
Curva pandeo = a
α_y = 0.21
ϕ_y = 0.74 [$0.5 (1 + \alpha_y (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2)$]
χ_y = 0.88 [$1 / (\phi_y + \sqrt{(\phi_y^2 - \lambda_y^2)})$]

- Reducción pandeo por flexión de eje Z (artículo 35.1.3)

$N_{cr,z}$ (kN) = -1565 [$\pi^2 E_s I_z / L_{cr,z}^2$]
λ_y = 0.63 [$\sqrt{(A f_y / N_{cr,z})}$]
Curva pandeo = a
α_y = 0.21
ϕ_y = 0.74 [$0.5 (1 + \alpha_z (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2)$]
χ_z = 0.88 [$1 / (\phi_z + \sqrt{(\phi_z^2 - \lambda_z^2)})$]

- Resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido (artículo 35.1.1)

$N_{b,Rd}$ (kN) = -515.9 [min (χ_y; χ_z; χ_T) $N_{(V,T),Rd}$]

Se cumple la comprobación

5.2 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a flexión (artículo 35.2)

5.2.1 Flexión de eje Y

$M_{y,Ed}$ (mkN) = 6.2
$w_{pl,y}$ (mm^3 10^3) = 79.6
$M_{c,y,Rd}$ (mkN) = 20.8 [$w_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}$]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{z,Ed}$ (kN) = -10.0
0.5 $V_{T,z,Rd}$ (kN) = -80.3

No se reduce resistencia a flexión por Vz

$\rho_{V,z}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]
$M_{(V,T),y,Rd}$ (mkN) = 20.8 [$M_{c,y,Rd} (1 - \rho_{V,z} (h-t)^2 t / (2 w_{pl,y}))$]

$M_{b,Rd}$ (mkN) = 20.8 [$\chi_{LT} M_{(V,T),y,Rd}$]

5.2.2 Flexión de eje Z

$M_{z,Ed}$ (mkN) = 0.1
$w_{pl,z}$ (mm^3 10^3) = 79.6
$M_{c,z,Rd}$ (mkN) = 20.8 [$w_{pl,z} f_y / \gamma_{M1}$]

- Interacción flector-cortante (Artículo 34.7.1)

$V_{y,Ed}$ (kN) = 0.2
0.5 $V_{T,y,Rd}$ (kN) = 80.3

No se reduce resistencia a flexión por Vy

$\rho_{V,y}$ = 0.00 [$(2 V_{Ed} / V_{T,z,Rd} - 1)^2$]
$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) = 20.8 [$M_{c,z,Rd} (1 - \rho_{V,y} (b-t)^2 t / (2 w_{pl,z}))$]

Se cumple la comprobación

5.3 E.L.U. Inestabilidad de elementos sometidos a compresión y flexión (artículo 35.3)

N_{Ed} (kN) =	-2.5		
$N_{b,Rd}$ (kN) =	-515.9		
$N_{cr,y}$ (kN) =	-1565	$N_{cr,z}$ (kN) =	-1565
$M_{y,Ed}$ (mkN) =	6.2	$M_{z,Ed}$ (mkN) =	0.1
$M_{b,Rd}$ (kN) =	20.8	$M_{(V,T),z,Rd}$ (mkN) =	20.8
C_{My} =	1.00	C_{Mz} =	1.00

$$F = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{C_{My}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} + \frac{C_{Mz}}{1-\frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}\frac{M_{z,Ed}}{M_{(V,T),z,Rd}} \leq 1.00$$

F = 0.31

Se cumple la comprobación

PERNOS DE CONEXIÓN

	γ_{M2} =	**1.25**
Diámetro:	**12**	mm
Área:	84.00	mm²
d_0:	13	mm
Acero:	**8.8**	
f_{yb} =	640	MPa
f_{ub} =	800	MPa

PLACA

Acero:	**275**	MPa		
f_u =	**430**	MPa		
espesor:	**6**	mm	α:	0.897435897
e1:	**35**	mm	β:	2.5
p1:	**160**	mm		
e2:	**35**	mm		
p2	**160**	mm		

³ Pernos en la placa: **2**

N_d:	**0**	kN
$V_{d,x}$:	**17.22**	kN
$V_{d,y}$:	**0.22**	kN
V_d:	17.22	kN

Aplastamiento de placa

$F_{b,Rd}$:	55.57 kN		>	8.61 CUMPLE

Punzonamiento de la placa

$B_{p,Rd}$:	50.58 kN		>	0 CUMPLE
t_{min} para no comprobar:		3.72 mm		

Cortante del Perno

$F_{v,Rd}$:	32.256 kN		>	8.61 CUMPLE

Esfuerzos normales del perno

$F_{t,Rd}$:	48.384 kN		>	0 CUMPLE

Interacción cortante-tracción

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1$$ 0.27 CUMPLE

APÉNDICE 1

CÁLCULOS DE ARQUETAS Y OBRAS DE CONEXIÓN

APÉNDICE 1.1

DATOS DE PARTIDA

Proyecto TRES CANTOS
Asunto DATOS DE PARTIDA.
Fecha _____ Hoja Nº 1 de ____

TERRENO:

RELLENO ANTRÓPICO
$\gamma_{ap} = 20\ kN/m^3$
$c' = 0$; $\phi' = 32°$
$E = 9\ MPa$.
≥ 6.00 m.

ARENA DE PEÑA
$\gamma_{ap} = 21\ kN/m^3$
$c' = 0.06\ kp/cm^2$
$\phi' = 38°$
$E = 45\ MPa$.
15.00 m.

Qadm = 1.5 kp/cm²

- DATOS DE PARTIDA DE BALASTO

CONSIDERADOS:

- RELLENO:

$K_H = 20.000\ kN/m^3$
$K_V = 15.000\ kN/m^3$

- ARENA DE PEÑA:

$K_H = 200.000\ kN/m^3$
$K_V = 120.000\ kN/m^3$

MATERIALES:

- Hormigón limpieza: HL-150/B/20
- Hormigón relleno: HNE-15/B/20
- Hormigón estructural: HA-20/B/20/IIb+Qa
- Acero: B 500 S
- Acero estructural: S275 JR

Proyecto TRES CANTOS.
Asunto DATOS DE PARTIDA
Fecha _____ Hoja Nº 2 de ____

CUANTÍAS MÍNIMAS:

- MUROS:

① e = 0.20 m.

- HORIZONTAL: 3.2‰ → 640 mm²/m → 320 mm²/m y CARA. 4φ12/m.
- VERTICAL: 0.9‰ → 180 mm²/m → 3φ12/m. (φ12/300 mm).

② e = 0.30 m.

- HORIZONTAL: 3.2‰ → 960 mm²/m → 480 mm²/m y CARA. 5φ12/m.
- VERTICAL: 0.9‰ → 270 mm²/m → φ12/300

③ e = 0.40 m.

- HORIZONTAL: 3.2‰ → 1280 mm²/m. → 640 mm²/m y CARA. φ12/150.
- VERTICAL: 0.9‰ → 360 mm²/m. → φ12/250.

- LOSAS SUPERIORES:

① e = 0.30 m.

- GEOMÉTRICA: 1.8‰ → 540 mm²/m → 270 mm²/m [illegible]

Proyecto TRES CANTOS
Asunto DATOS DE PARTIDA.
Fecha _____ Hoja Nº 3 de ____

- MECÁNICA:

$A_s = 0.04 \cdot A_c \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.04 \cdot A_c \cdot \frac{20}{430} = 1.84‰ A_c \rightarrow$

$352\ mm^2/m$ AMBAS CARAS DE TRACCIÓN.

$\leq \phi 12/m.$

$3\phi 16/m.$

② $e = 0.40\ m.$

- GEOMÉTRICA: $1.8‰ \rightarrow 720\ mm^2/m.$

- MECÁNICA: $1.84‰ A_c \rightarrow 736\ mm^2/m.$

AMBAS CARAS DE TRACCIÓN $\rightarrow 4\phi 16/m.$

APÉNDICE 1.2

SECCIONAMIENTO INICIAL

MATERIALES

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2

Material	Fc KN/cm2	LtWtConc	SSCurveOpt	SSHysType	SFc	SCap	FinalSlope	FAngle Degrees
4000Psi	2,758	No	Mander	Takeda	0,002219	0,005000	-0,100000	0,000
HA-30	3,000	No	Mander	Takeda	0,002219	0,005000	-0,100000	0,000

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2

Material	DAngle Degrees
4000Psi	0,000
HA-30	0,000

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 1 of 2

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 1 of 2

Material	Fy KN/cm2	Fu KN/cm2	EffFy KN/cm2	EffFu KN/cm2	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SCap
B 500 S	50,000	55,000	50,000	55,000	Simple	Kinematic	0,010000	0,090000

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 2 of 2

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 2 of 2

Material	FinalSlope	UseCTDef
B 500 S	-0,100000	No

ELEMENTOS SHELL

Table: Area Section Properties, Part 1 of 4

Table: Area Section Properties, Part 1 of 4

Section	Material	MatAngle Degrees	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness cm	BendThick cm	Arc Degrees
LOSA	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	No	40,0000	40,0000	
MURO	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	No	30,0000	30,0000	
MURO_SUP	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	No	15,0000	15,0000	

Table: Area Section Properties, Part 2 of 4

Table: Area Section Properties, Part 2 of 4

Section	InComp	CoordSys	Color	TotalWt KN	TotalMass KN-s2/cm	F11Mod	F22Mod
LOSA			Green	420,995	0,4293	1,000000	1,000000
MURO			Green	0,000	0,0000	1,000000	1,000000
MURO_SUP			Green	0,000	0,0000	1,000000	1,000000

Table: Area Section Properties, Part 3 of 4

Table: Area Section Properties, Part 3 of 4

Section	F12Mod	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod	MMod	WMod
LOSA	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
MURO	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
MURO_SUP	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Area Section Properties, Part 4 of 4

Table: Area Section Properties, Part 4 of 4

Section	GUID	Notes
LOSA		Added 25/09/2015 11:41:29
MURO		Added 25/09/2015 11:41:51
MURO_SUP		Added 27/09/2015 20:55:13

HOPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

Table: Load Pattern Definitions

Table: Load Pattern Definitions

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad	GUID	Notes
PESO PROPIO	DEAD	1,000000			
PESO LOSA SUPERIOR	DEAD	0,000000			
EMPUJE DE TIERRAS	DEAD	0,000000			
CARGA EN LOSA DE FONDO	DEAD	0,000000			
TANQUE IAP	LIVE	0,000000			
TUBERIA ARIETE	LIVE	0,000000			

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	DesTypeOpt	DesignType	AutoType
PESO PROPIO	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
PESO LOSA	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
EMPUJE DE TIERRAS	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
TANQUE IAP	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
TUBERIA ARIETE	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
CARGA EN LOSA DE FONDO	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Case	RunCase	CaseStatus	GUID	Notes
PESO PROPIO	Yes	Finished		

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Case	RunCase	CaseStatus	GUID	Notes
PESO LOSA	Yes	Finished		
EMPUJE DE TIERRAS	Yes	Finished		
TANQUE IAP	Yes	Finished		
TUBERIA ARIETE	Yes	Finished		
CARGA EN LOSA DE FONDO	Yes	Finished		

VISTA 3D

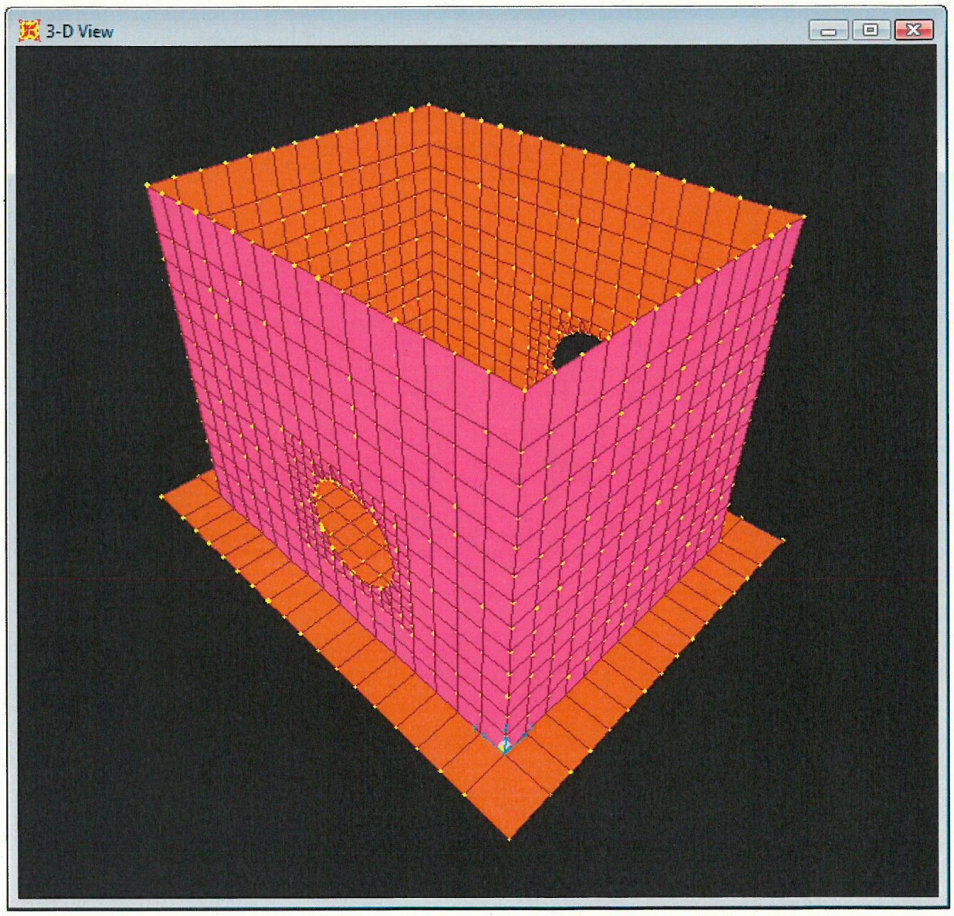


Figure 1: VISTA 3D

LOSA DE FONDO.

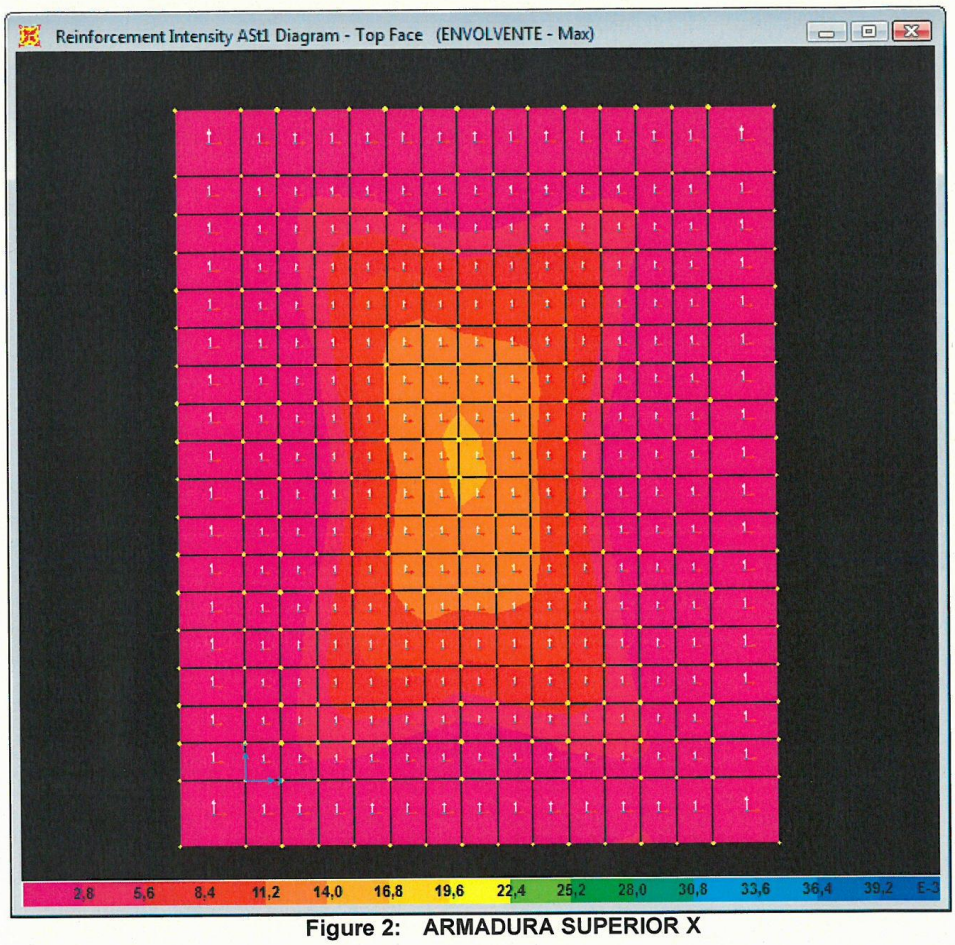


Figure 2: ARMADURA SUPERIOR X

Seccionamiento_Inicial.SDB
HOPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

SAP2000 v14.1.0
14 octubre 2015

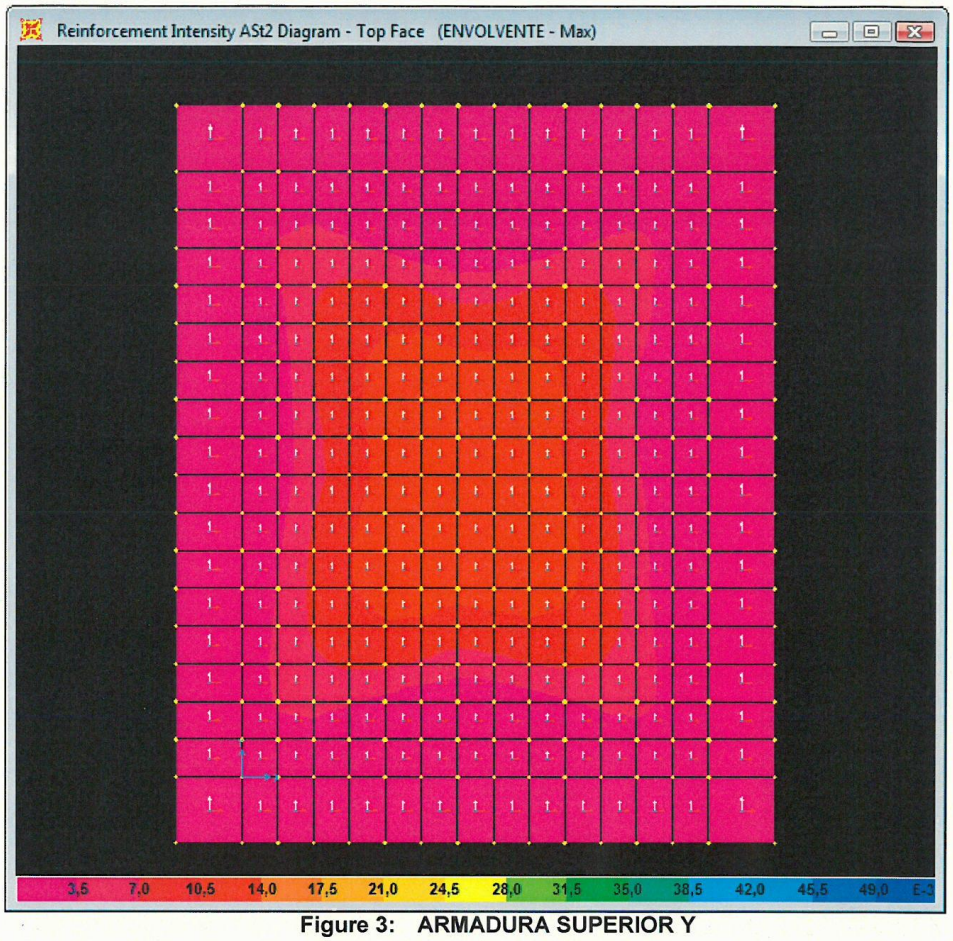


Figure 3: ARMADURA SUPERIOR Y

Seccionamiento_Inicial.SDB
HOPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

SAP2000 v14.1.0
14 octubre 2015

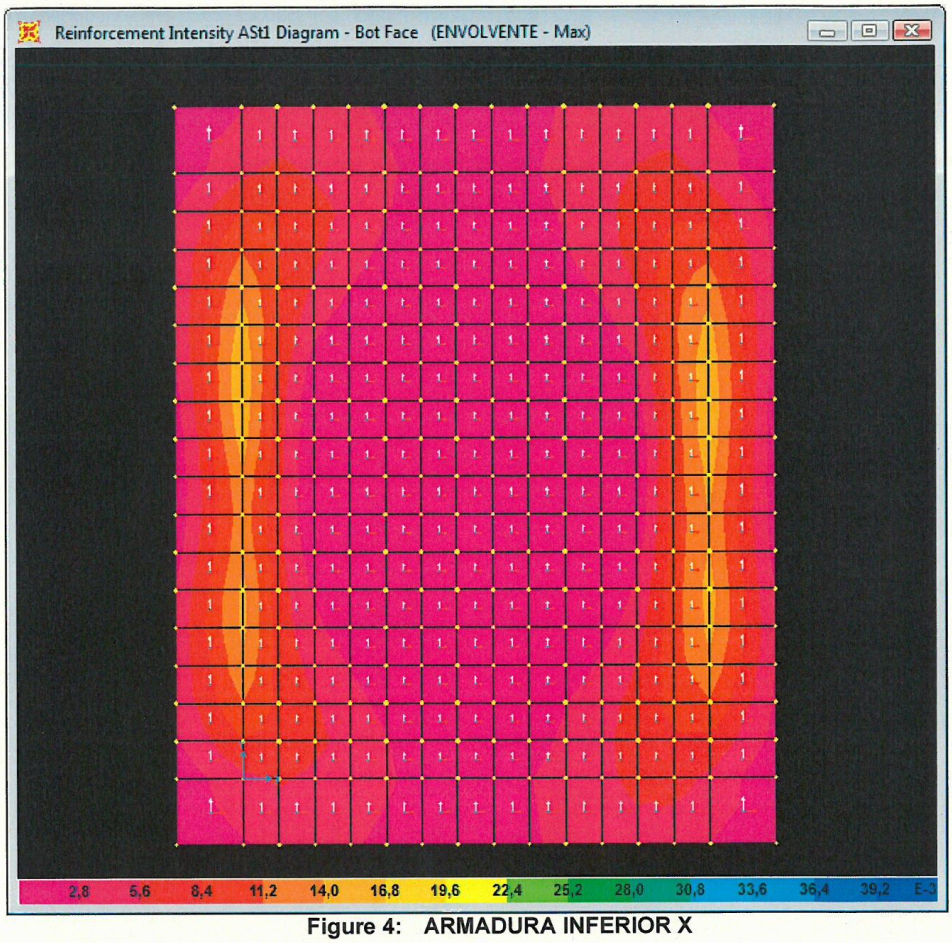


Figure 4: ARMADURA INFERIOR X

SDP

Page 6 of 15

Seccionamiento_Inicial.SDB
HOPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

SAP2000 v14.1.0
14 octubre 2015

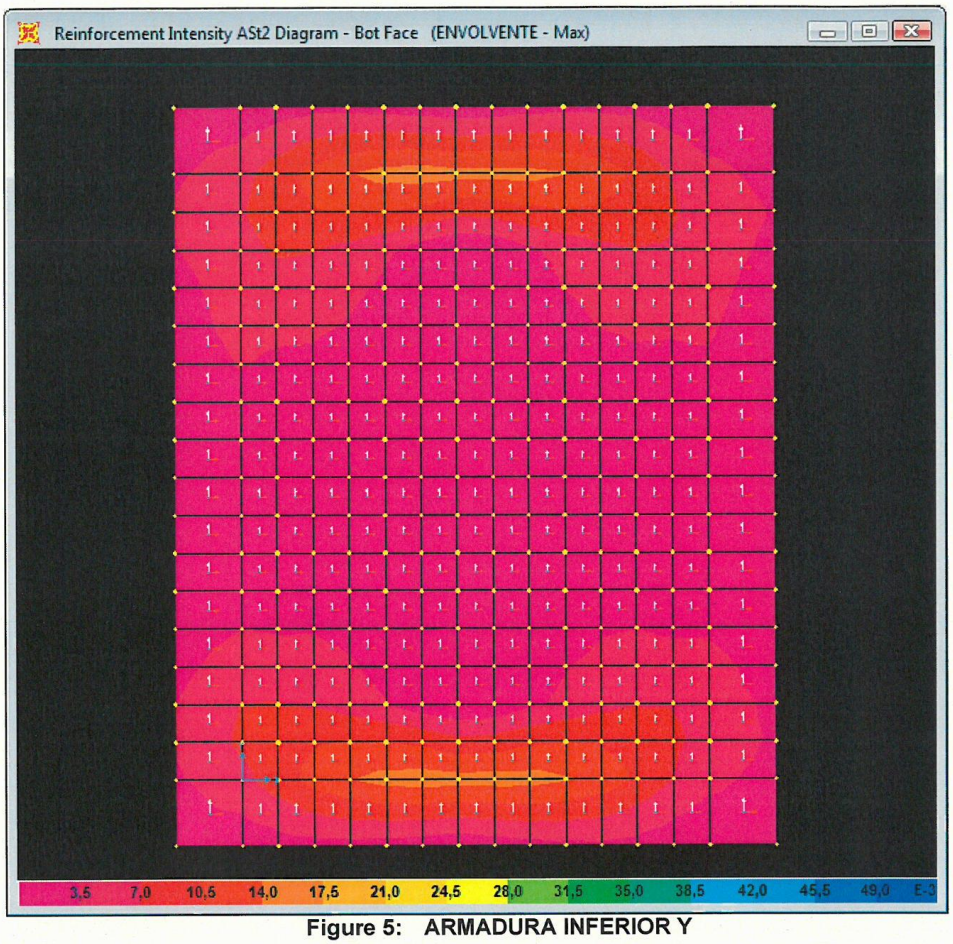


Figure 5: ARMADURA INFERIOR Y

MURO CORTO

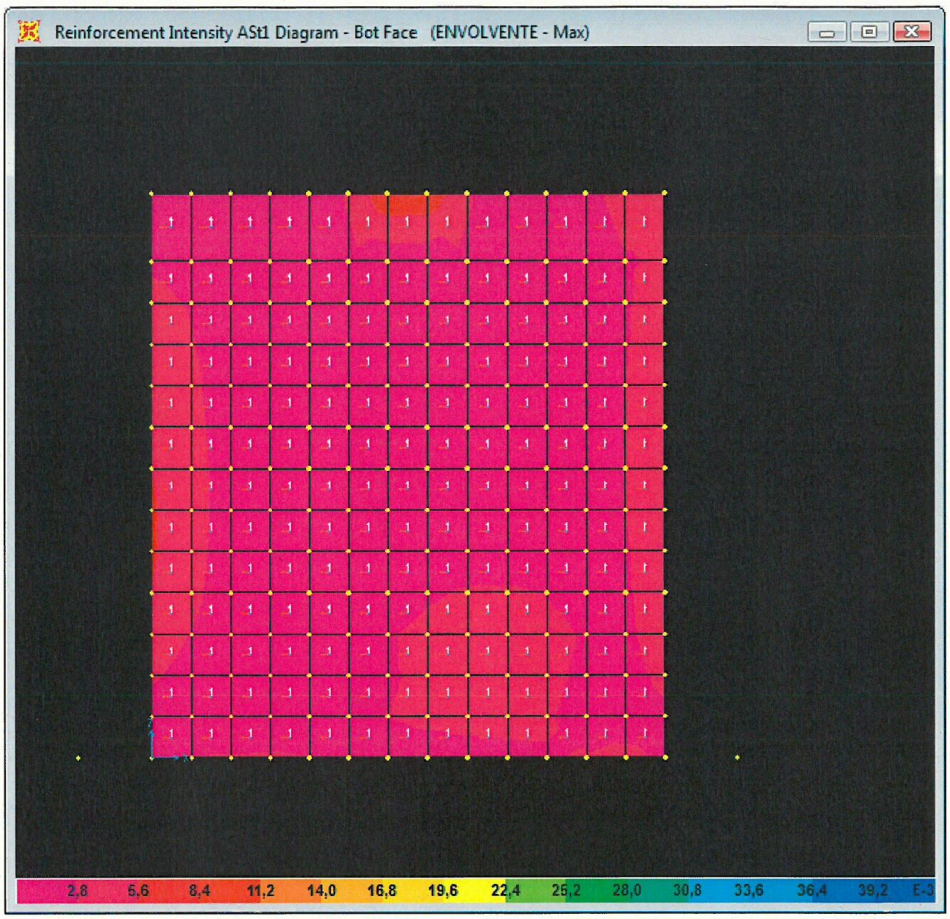


Figure 6: ARMADURA INTERIOR X

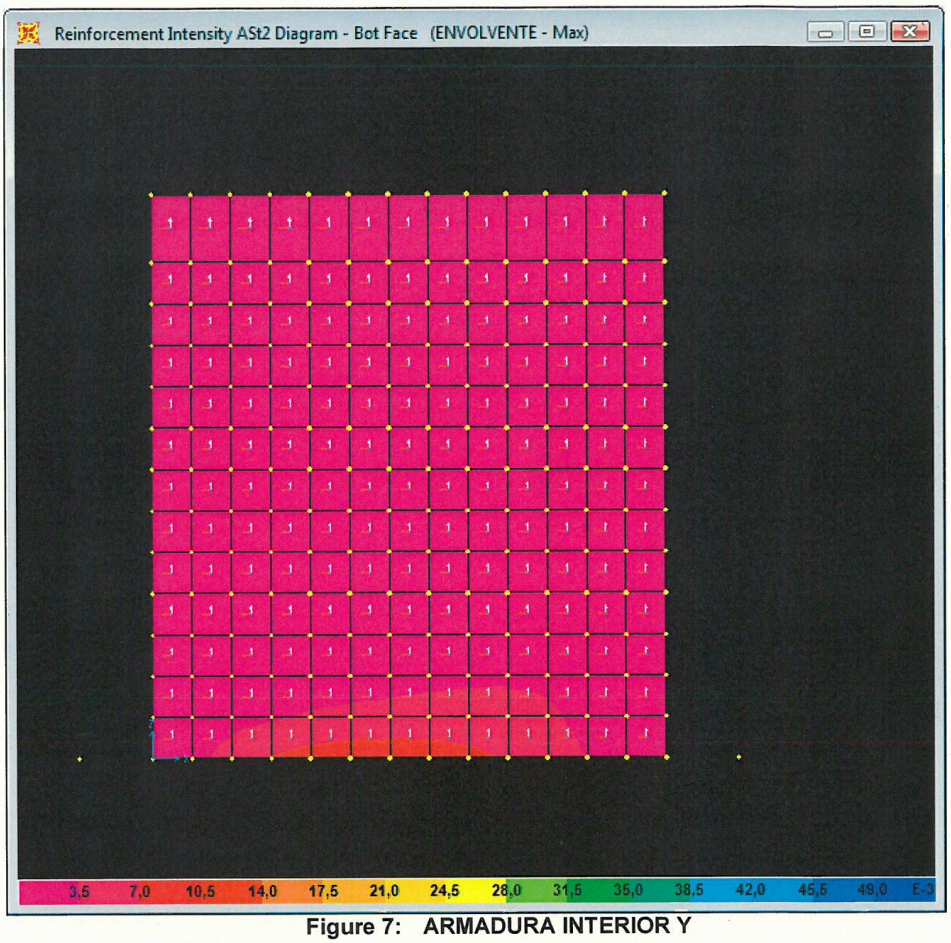


Figure 7: ARMADURA INTERIOR Y

Seccionamiento_Inicial.SDB
HOPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

SAP2000 v14.1.0
14 octubre 2015

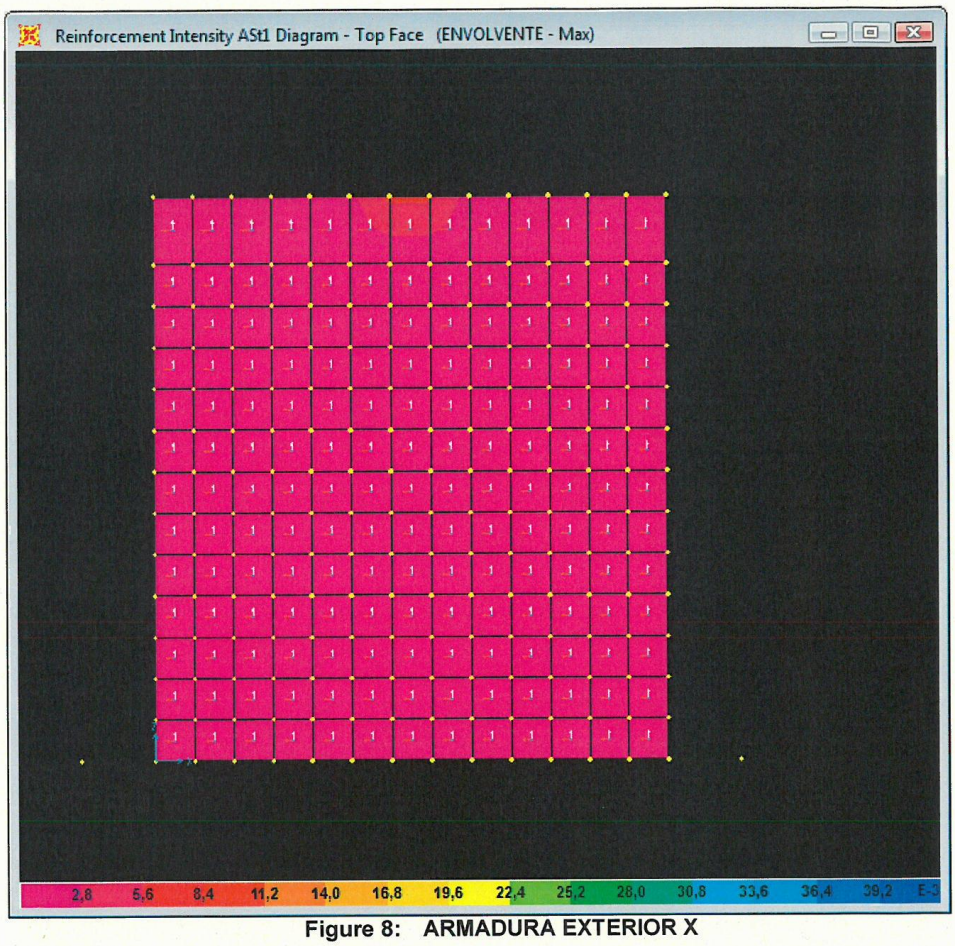


Figure 8: ARMADURA EXTERIOR X

SDP

Page 10 of 15

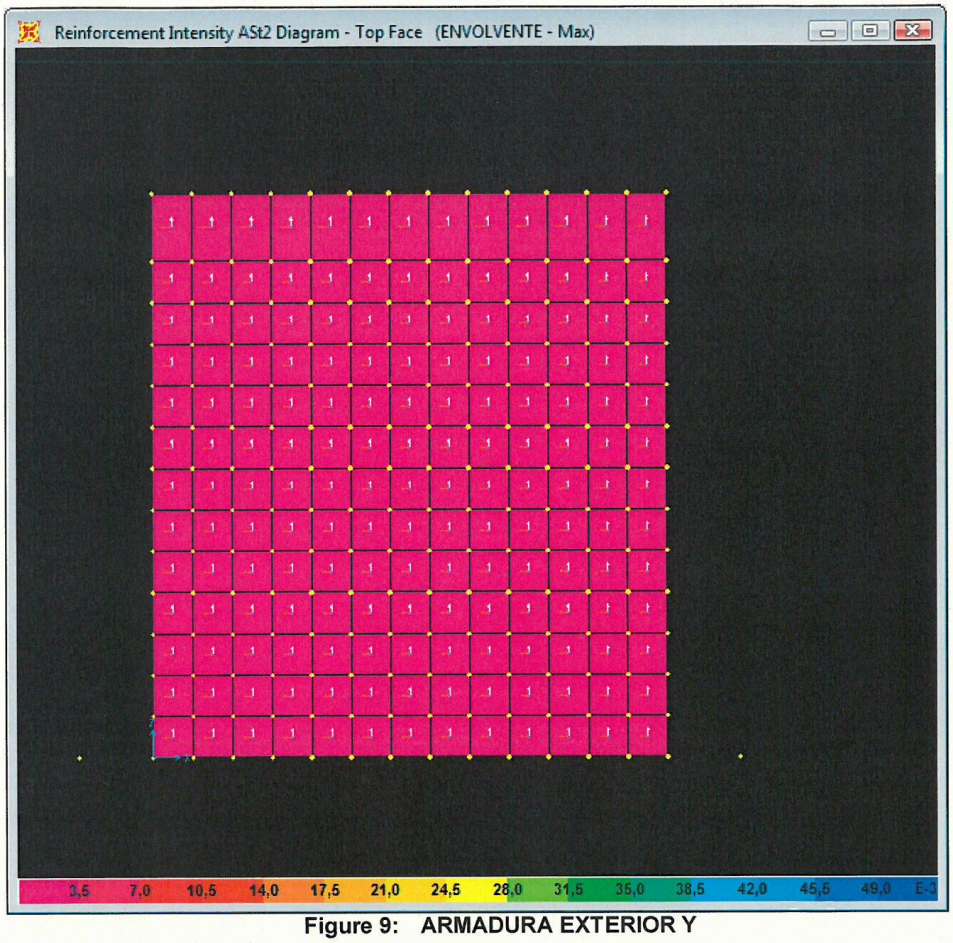


Figure 9: ARMADURA EXTERIOR Y

MURO LARGO. CON HUECO CIRCULAR

Seccionamiento_Inicial.SDB
HOPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

SAP2000 v14.1.0
14 octubre 2015

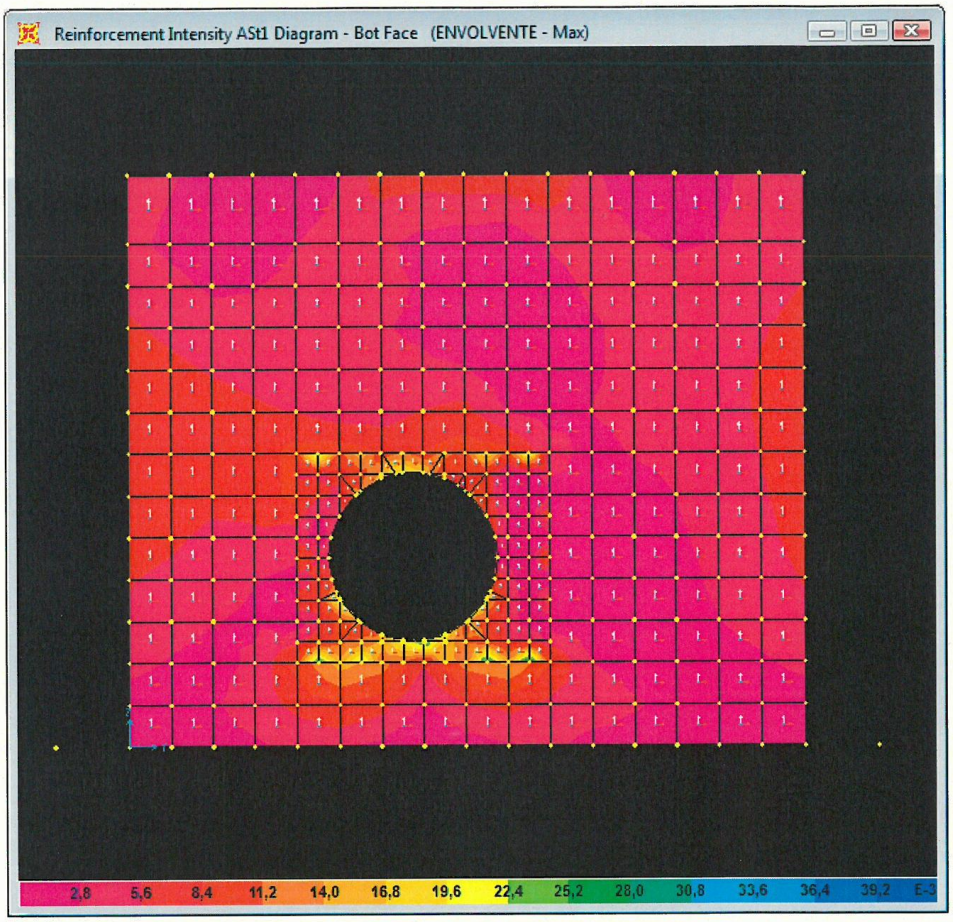


Figure 10: ARMADURA INTERIOR X

SDP

Page 12 of 15

Seccionamiento_Inicial.SDB
HOPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

SAP2000 v14.1.0
14 octubre 2015

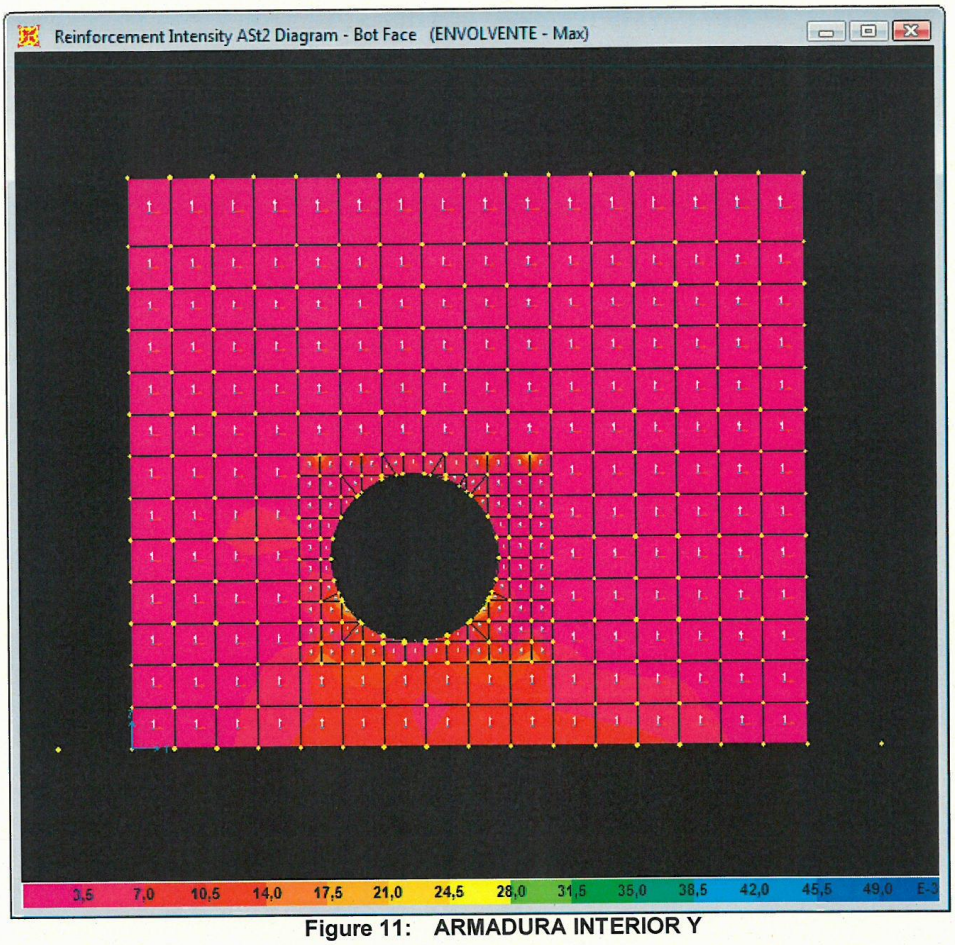


Figure 11: ARMADURA INTERIOR Y

Seccionamiento_Inicial.SDB
HOPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

SAP2000 v14.1.0
14 octubre 2015

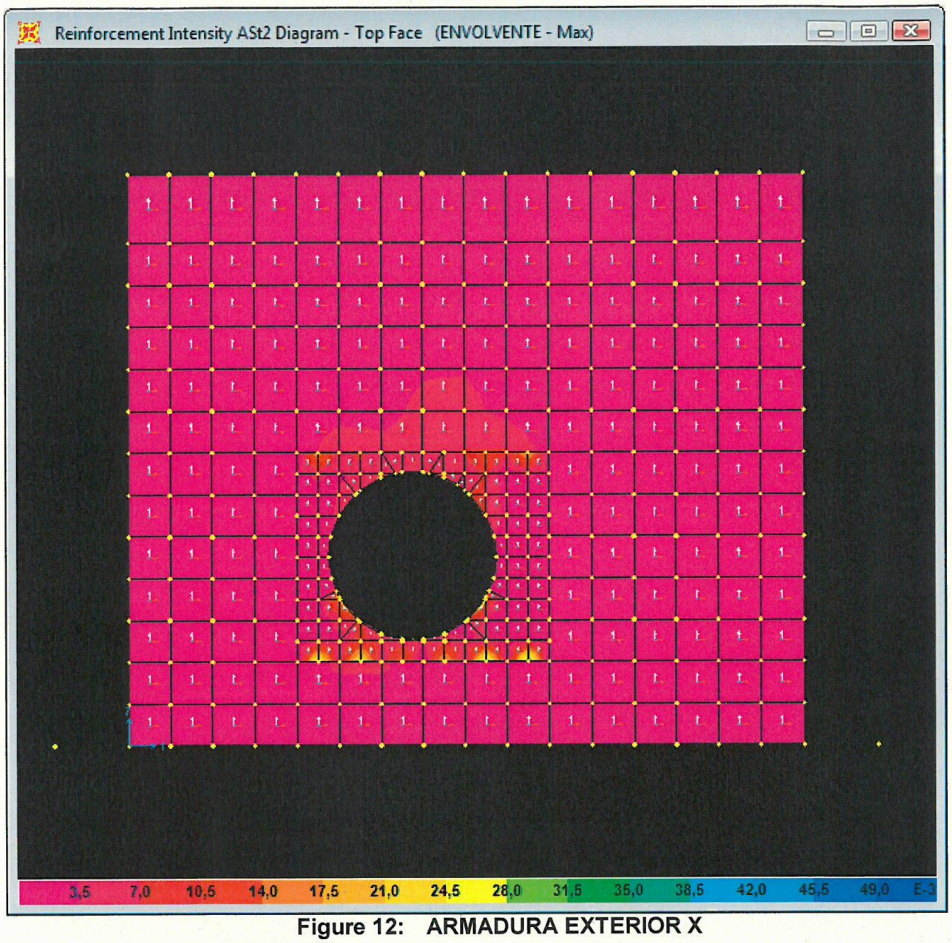


Figure 12: ARMADURA EXTERIOR X

SDP

Page 14 of 15

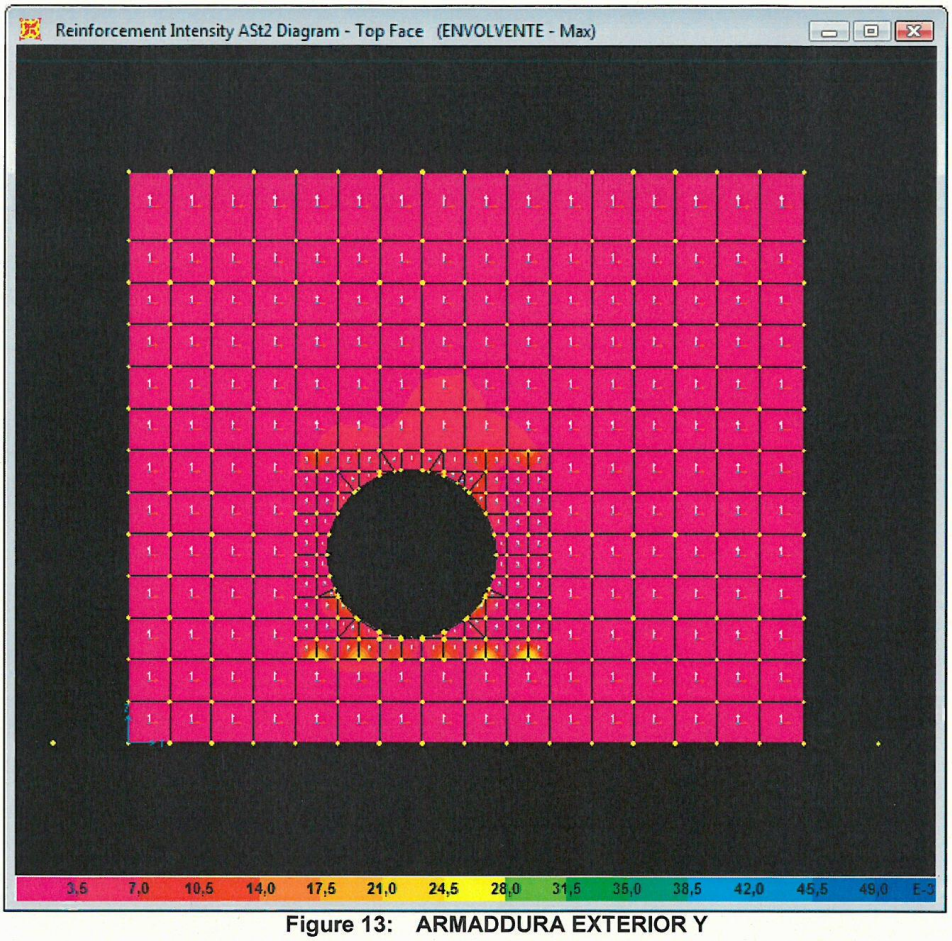


Figure 13: ARMADDURA EXTERIOR Y

APÉNDICE 1.3

CAUDALÍMETRO

Caudalímetro.SDB
MATERIALES

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

MATERIALES

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2

Material	Fc	LtWtConc	SSCurveOpt	SSHysType	SFc	SCap	FinalSlope	FAngle
	KN/cm2							Degrees
4000Psi	2,758	No	Mander	Takeda	0,002219	0,005000	-0,100000	0,000
HA-30	3,000	No	Mander	Takeda	0,002219	0,005000	-0,100000	0,000

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2

Material	DAngle
	Degrees
4000Psi	0,000
HA-30	0,000

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 1 of 2

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 1 of 2

Material	Fy	Fu	EffFy	EffFu	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SCap
	KN/cm2	KN/cm2	KN/cm2	KN/cm2				
B 500 S	50,000	55,000	50,000	55,000	Simple	Kinematic	0,010000	0,090000

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 2 of 2

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 2 of 2

Material	FinalSlope	UseCTDef
B 500 S	-0,100000	No

ELEMENTOS SHELL

Table: Area Section Properties, Part 1 of 4

Table: Area Section Properties, Part 1 of 4

Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness	BendThick	Arc
		Degrees				cm	cm	Degrees
LOSA	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	Yes	40,0000	40,0000	
MURO	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	Yes	30,0000	30,0000	
MURO_SUP	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	Yes	15,0000	15,0000	

Table: Area Section Properties, Part 2 of 4

Table: Area Section Properties, Part 2 of 4

Section	InComp	CoordSys	Color	TotalWt	TotalMass	F11Mod	F22Mod
				KN	KN-s2/cm		
LOSA			Green	302,254	0,3082	1,000000	1,000000
MURO			Green	0,000	0,0000	1,000000	1,000000
MURO_SUP			Green	0,000	0,0000	1,000000	1,000000

SDP

Page 1 of 16

Table: Area Section Properties, Part 3 of 4

Table: Area Section Properties, Part 3 of 4

Section	F12Mod	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod	MMod	WMod
LOSA	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
MURO	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
MURO_SUP	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Area Section Properties, Part 4 of 4

Table: Area Section Properties, Part 4 of 4

Section	GUID	Notes
LOSA		Added 25/09/2015 11:41:29
MURO		Added 25/09/2015 11:41:51
MURO_SUP		Added 27/09/2015 20:55:13

Table: Area Section Property Design Parameters

Table: Area Section Property Design Parameters

Section	RebarMat	RebarOpt
LOSA	B 500 S	Default
MURO	None	Default
MURO_SUP	None	Default

HIPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGA

Table: Load Pattern Definitions

Table: Load Pattern Definitions

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad	GUID	Notes
PESO PROPIO	DEAD	1,000000			
PESO LOSA SUPERIOR	DEAD	0,000000			
EMPUJE DE TIERRAS	DEAD	0,000000			
TANQUE IAP	LIVE	0,000000			
CARGA EN LOSA DE FONDO	DEAD	1,000000			

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	DesTypeOpt	DesignType	AutoType
PESO PROPIO	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
PESO LOSA	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
EMPUJE DE TIERRAS	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
TANQUE IAP	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
CARGA EN LOSA DE FONDO	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Case	RunCase	CaseStatus	GUID	Notes
PESO PROPIO	Yes	Finished		
PESO LOSA	Yes	Finished		
EMPUJE DE TIERRAS	Yes	Finished		
TANQUE IAP	Yes	Finished		
CARGA EN LOSA DE FONDO	Yes	Finished		

VISTA 3D

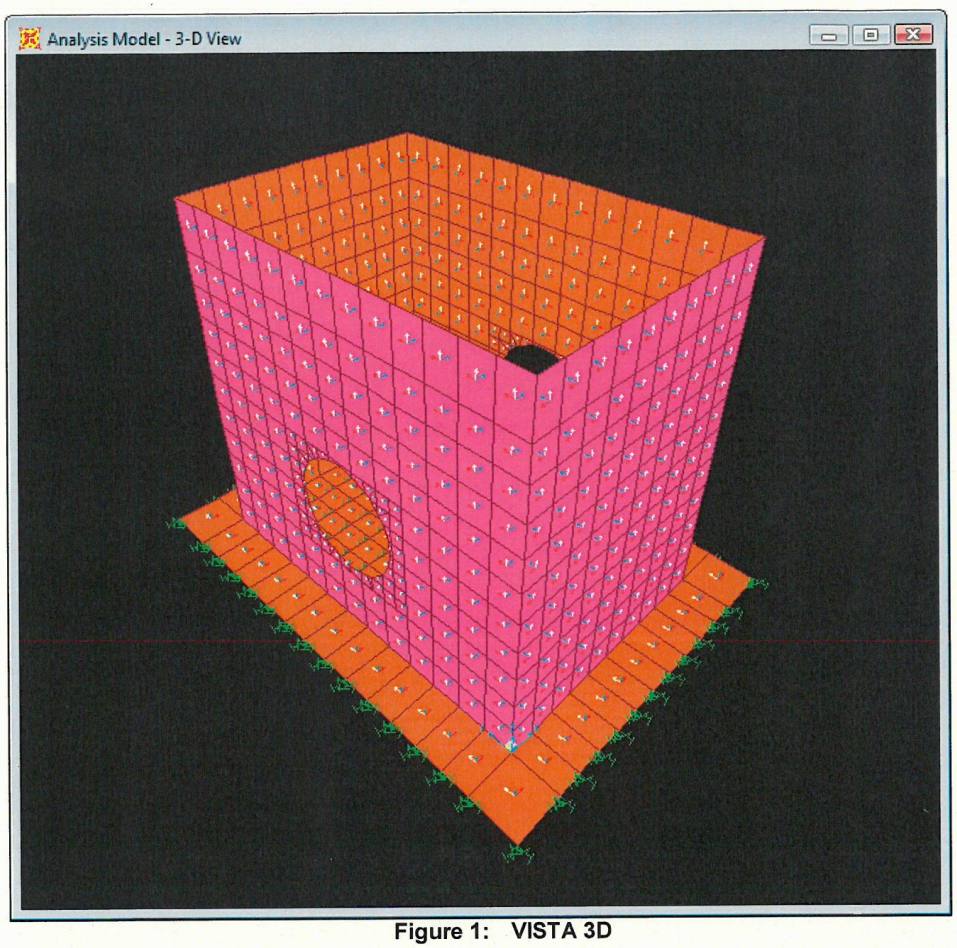


Figure 1: VISTA 3D

LOSA DE FONDO

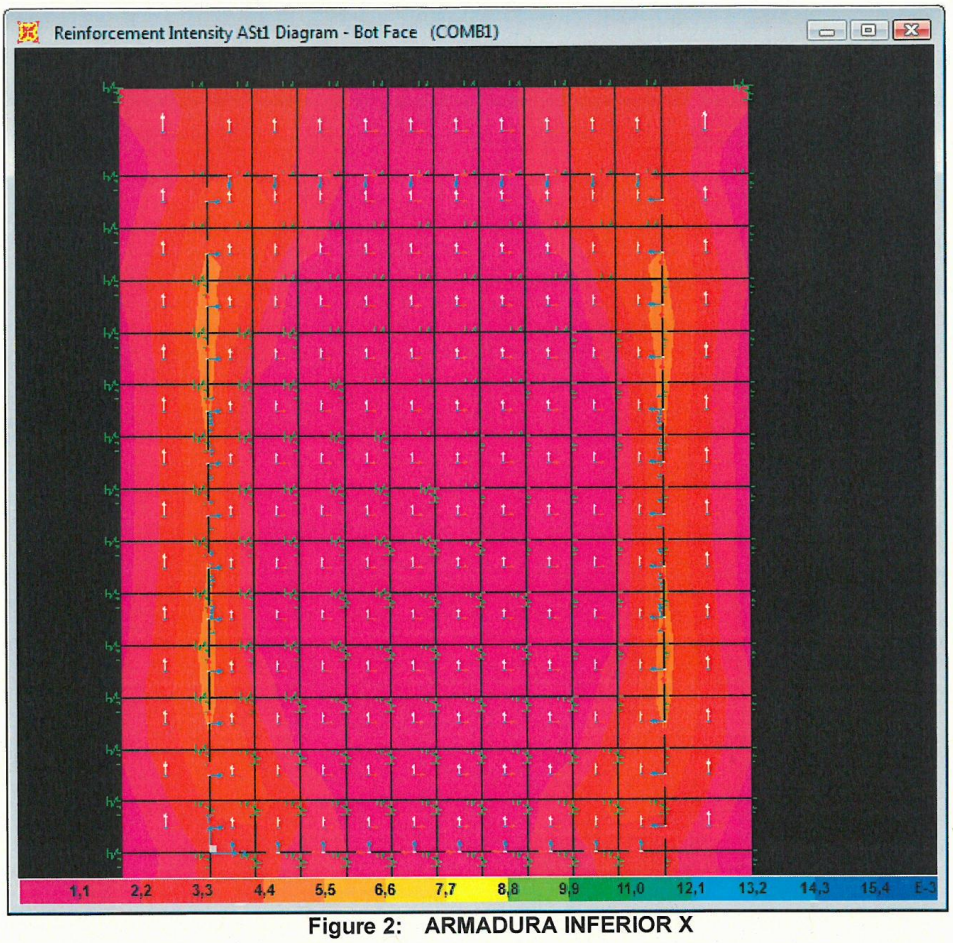


Figure 2: ARMADURA INFERIOR X

Caudalímetro.SDB
LOSA DE FONDO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

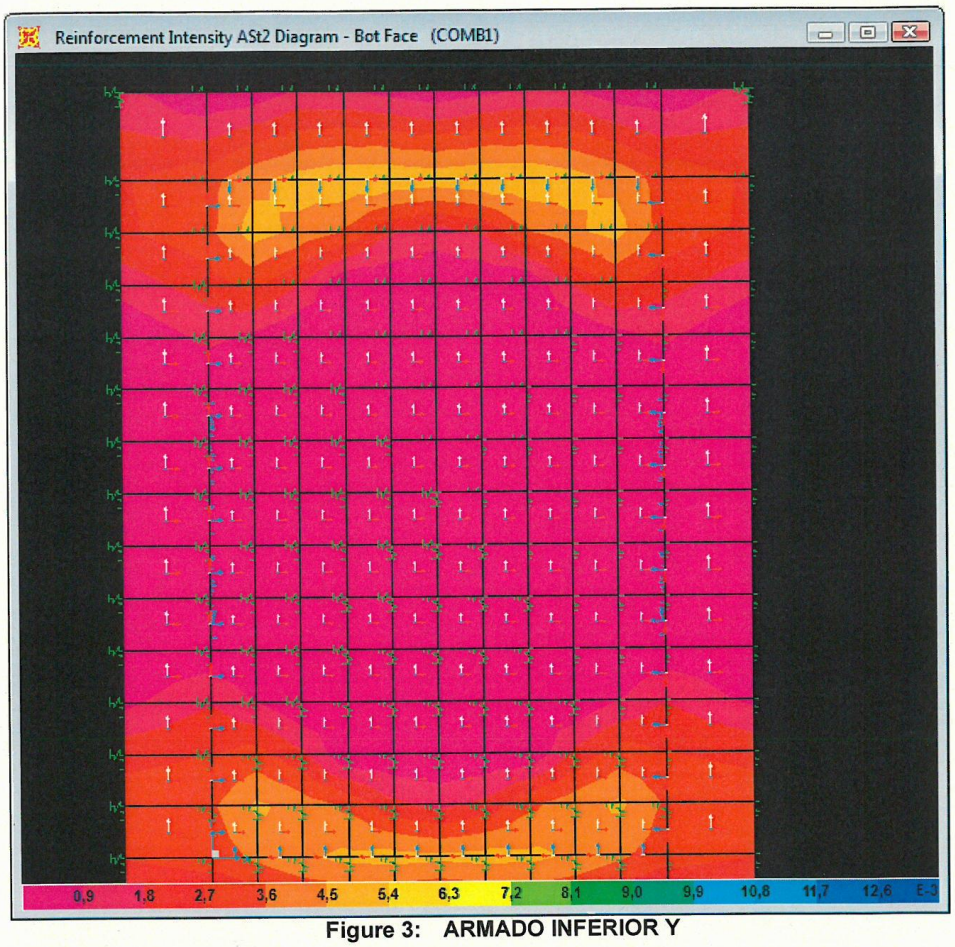


Figure 3: ARMADO INFERIOR Y

SDP

Page 6 of 16

Caudalímetro.SDB
LOSA DE FONDO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

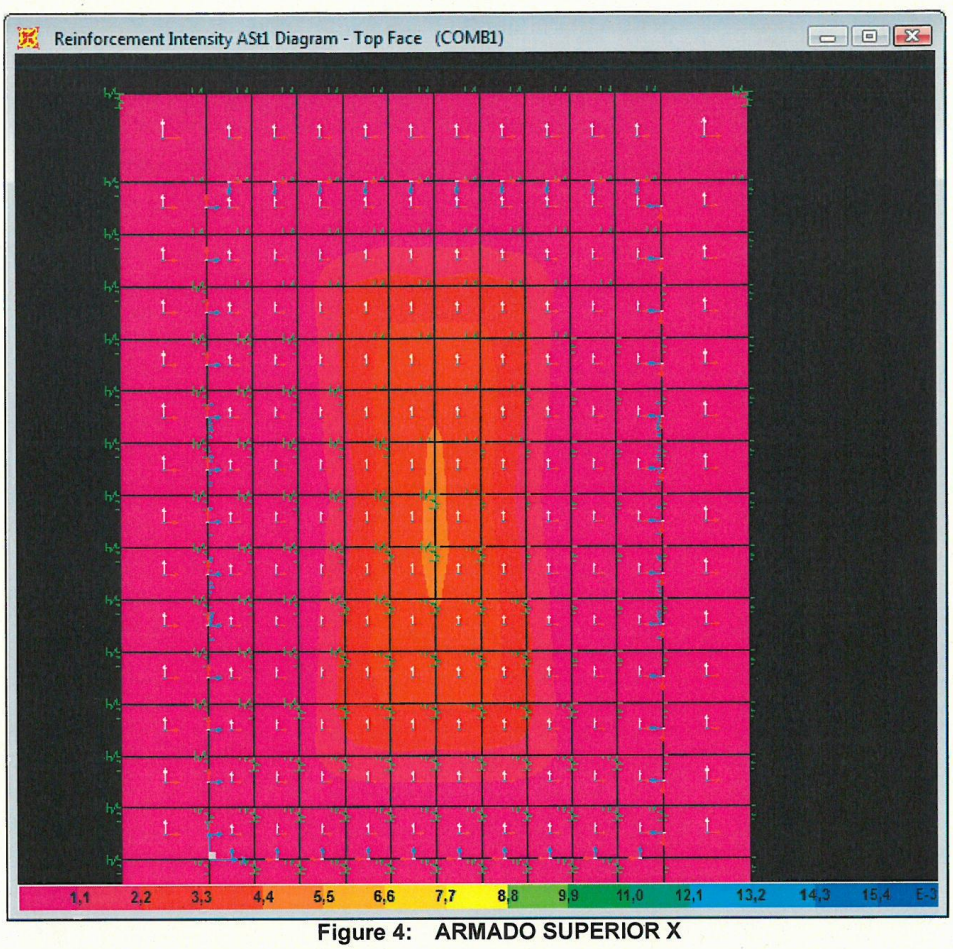


Figure 4: ARMADO SUPERIOR X

SDP

Page 7 of 16

Caudalímetro.SDB
LOSA DE FONDO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

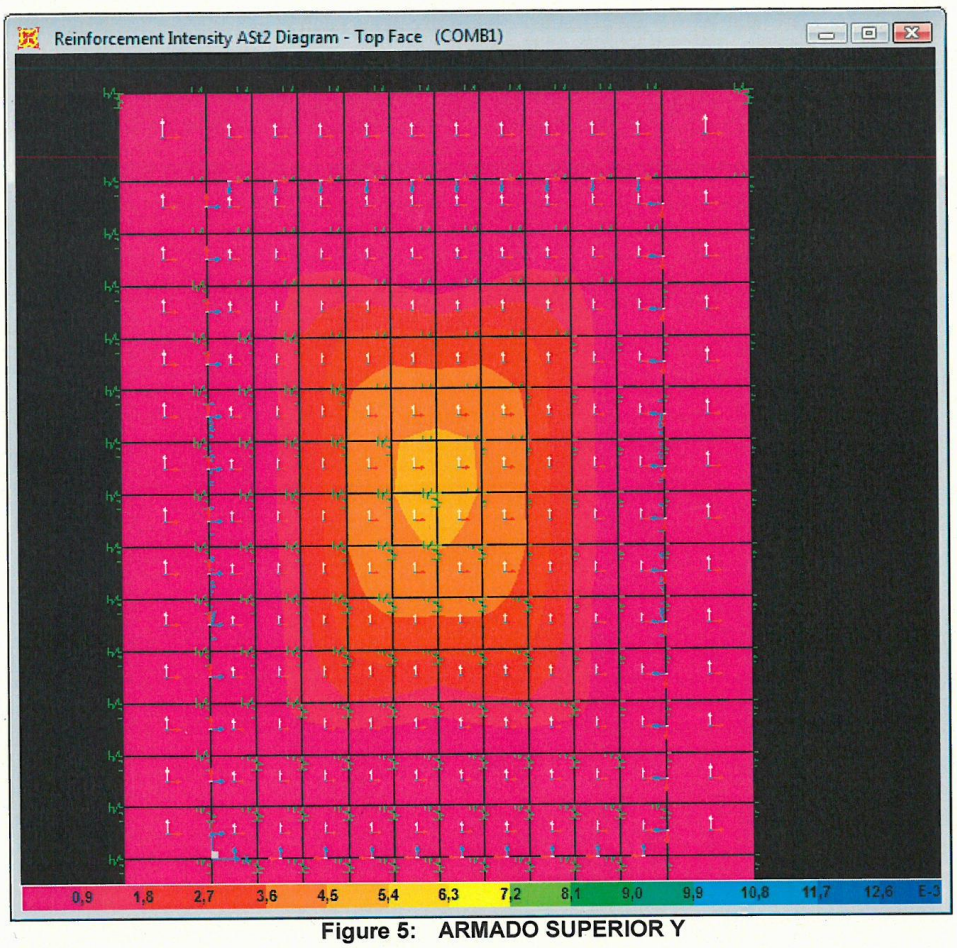


Figure 5: ARMADO SUPERIOR Y

SDP

Page 8 of 16

Caudalímetro.SDB
MURO CORTO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

MURO CORTO

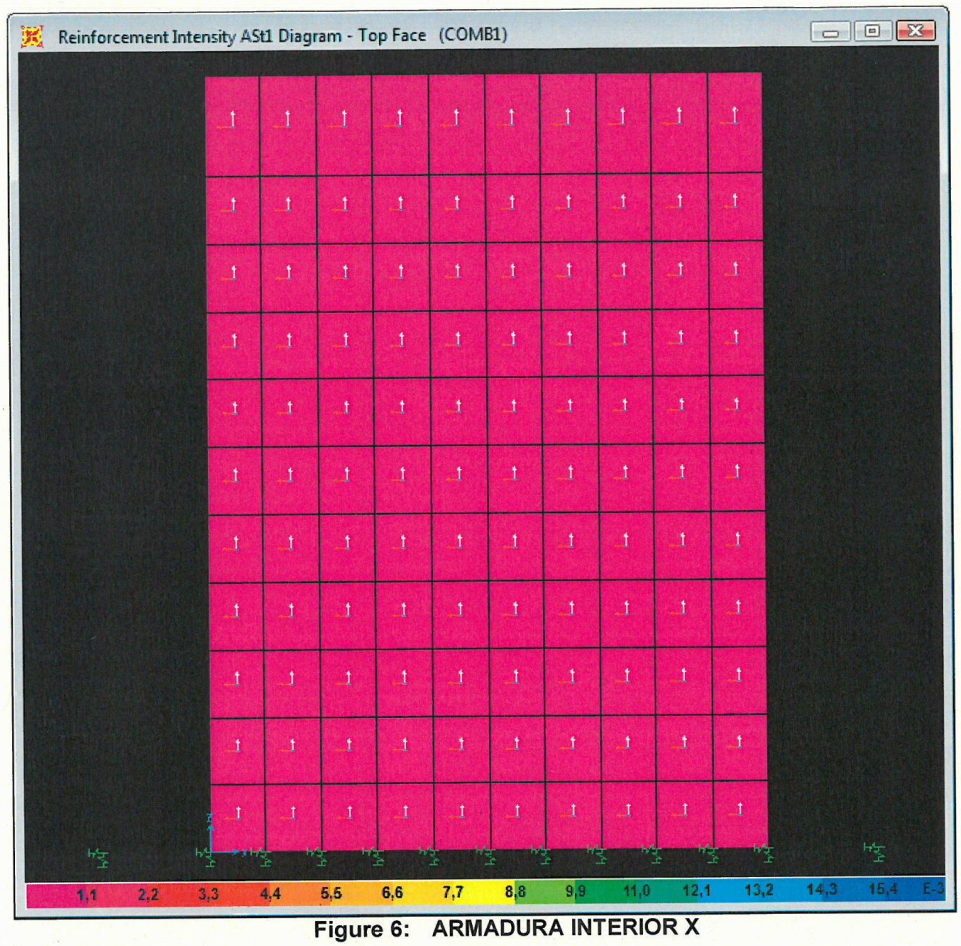


Figure 6: ARMADURA INTERIOR X

SDP

Page 9 of 16

Caudalímetro.SDB
MURO CORTO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

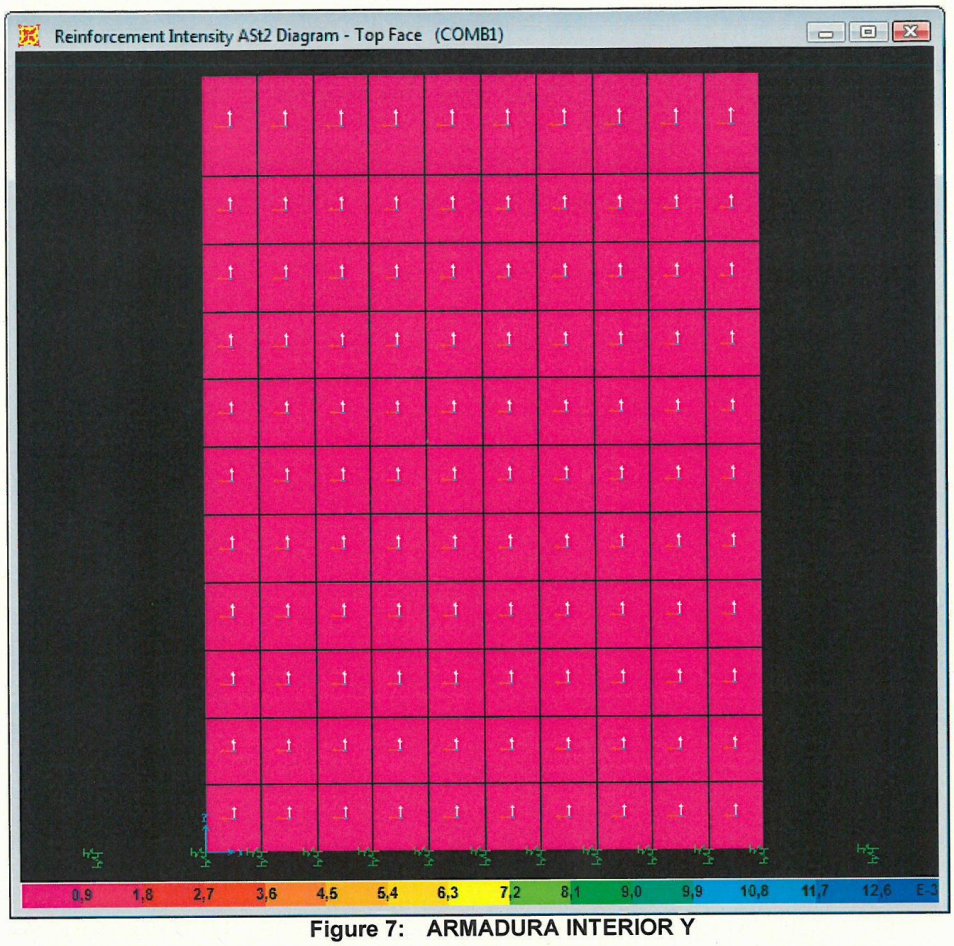


Figure 7: ARMADURA INTERIOR Y

SDP

Page 10 of 16

Caudalímetro.SDB
MURO CORTO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

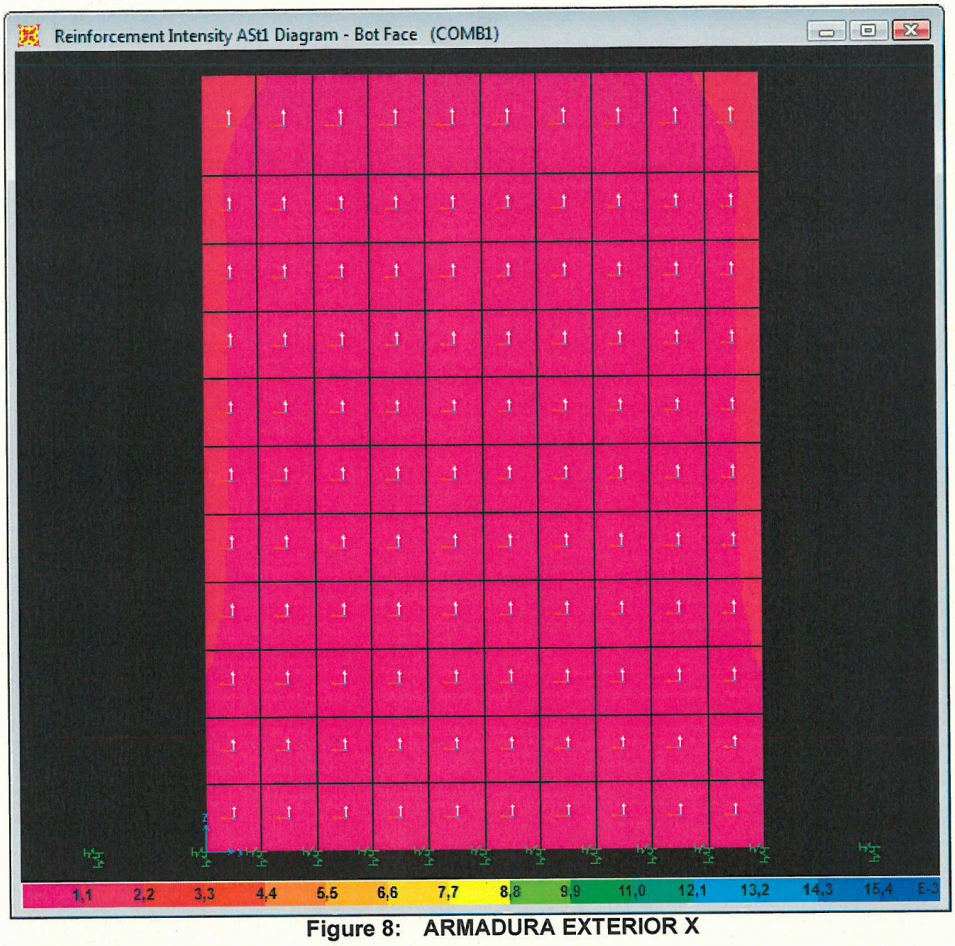


Figure 8: ARMADURA EXTERIOR X

SDP

Page 11 of 16

Caudalímetro.SDB
MURO CORTO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

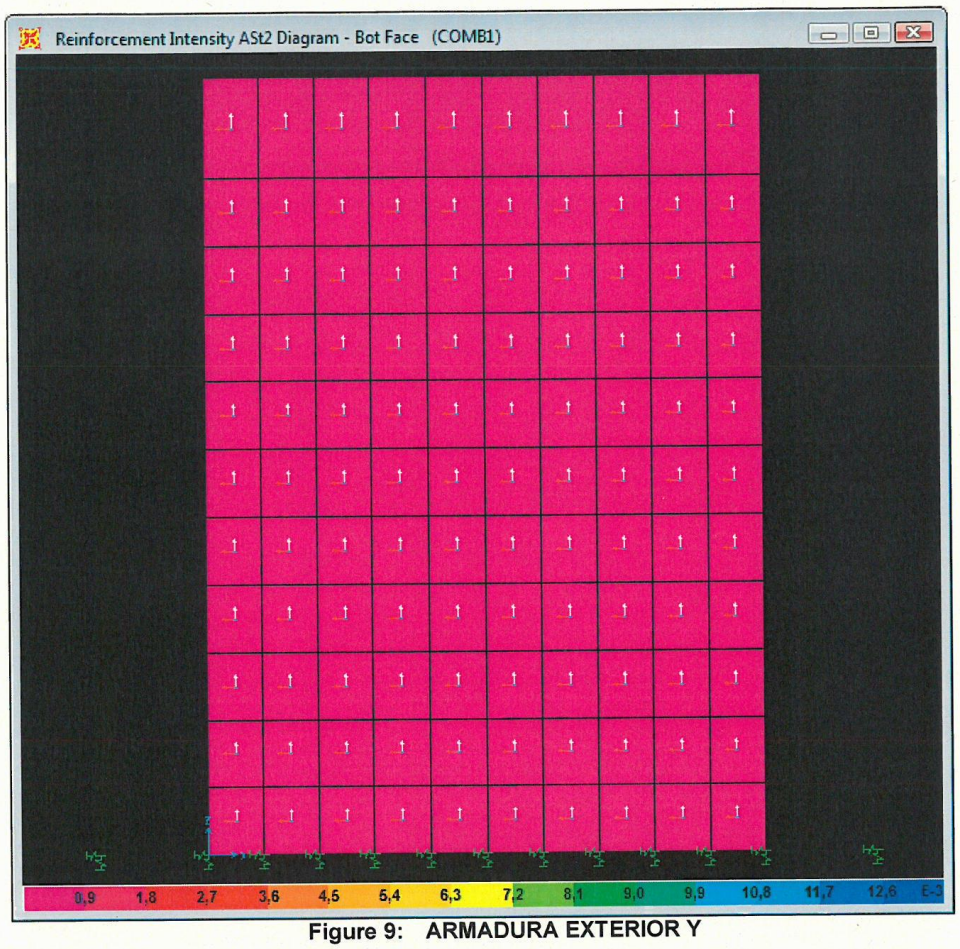


Figure 9: ARMADURA EXTERIOR Y

SDP

Page 12 of 16

Caudalímetro.SDB
MURO CON HUECO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

MURO CON HUECO

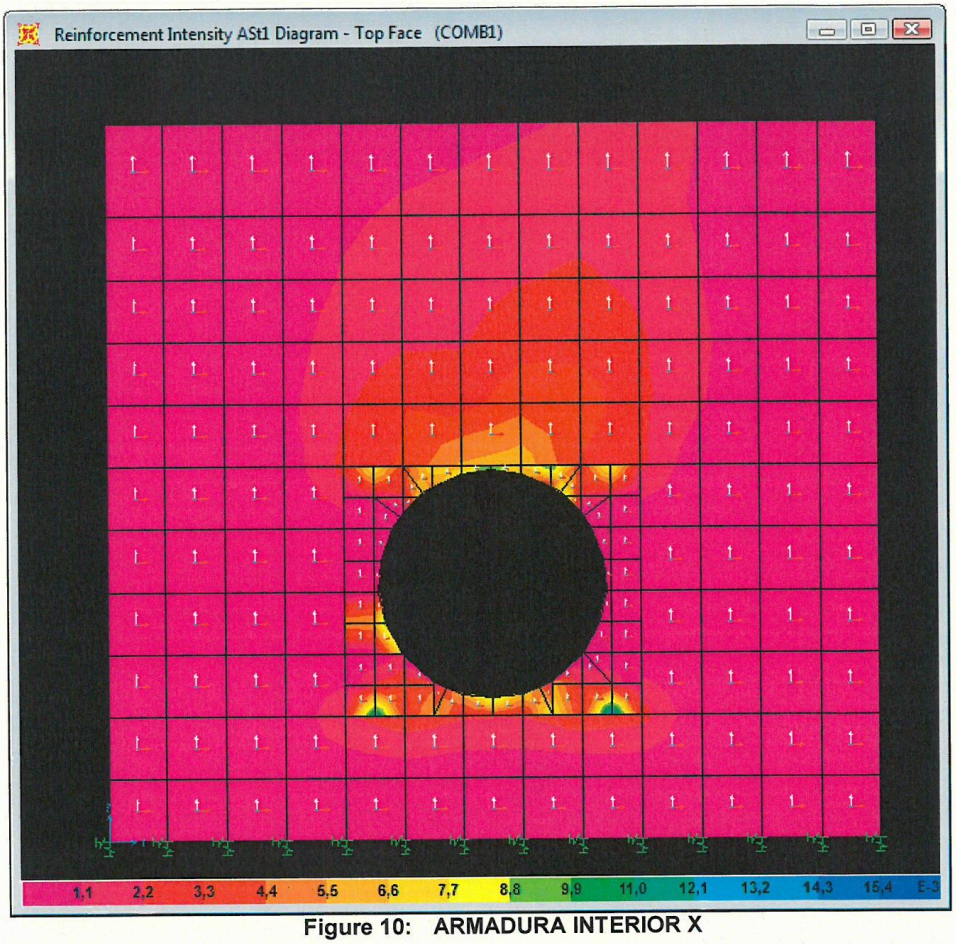


Figure 10: ARMADURA INTERIOR X

SDP

Page 13 of 16

Caudalímetro.SDB
MURO CON HUECO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

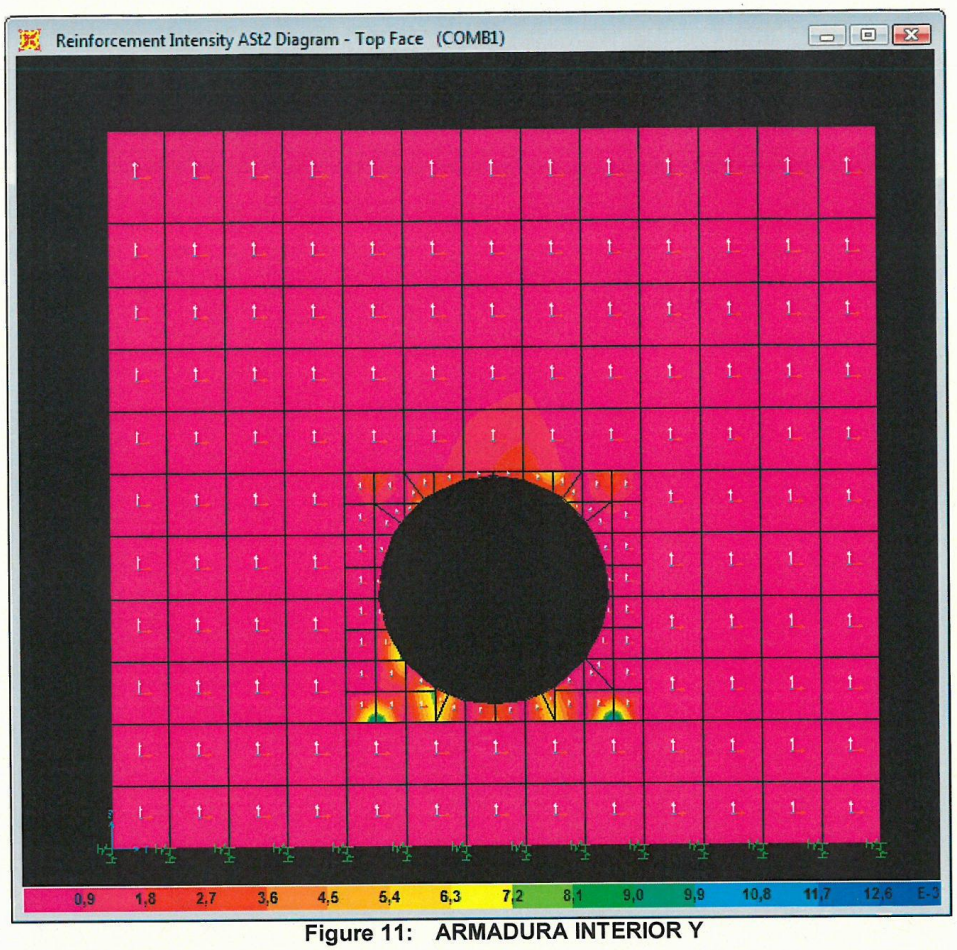


Figure 11: ARMADURA INTERIOR Y

SDP

Page 14 of 16

Caudalímetro.SDB
MURO CON HUECO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

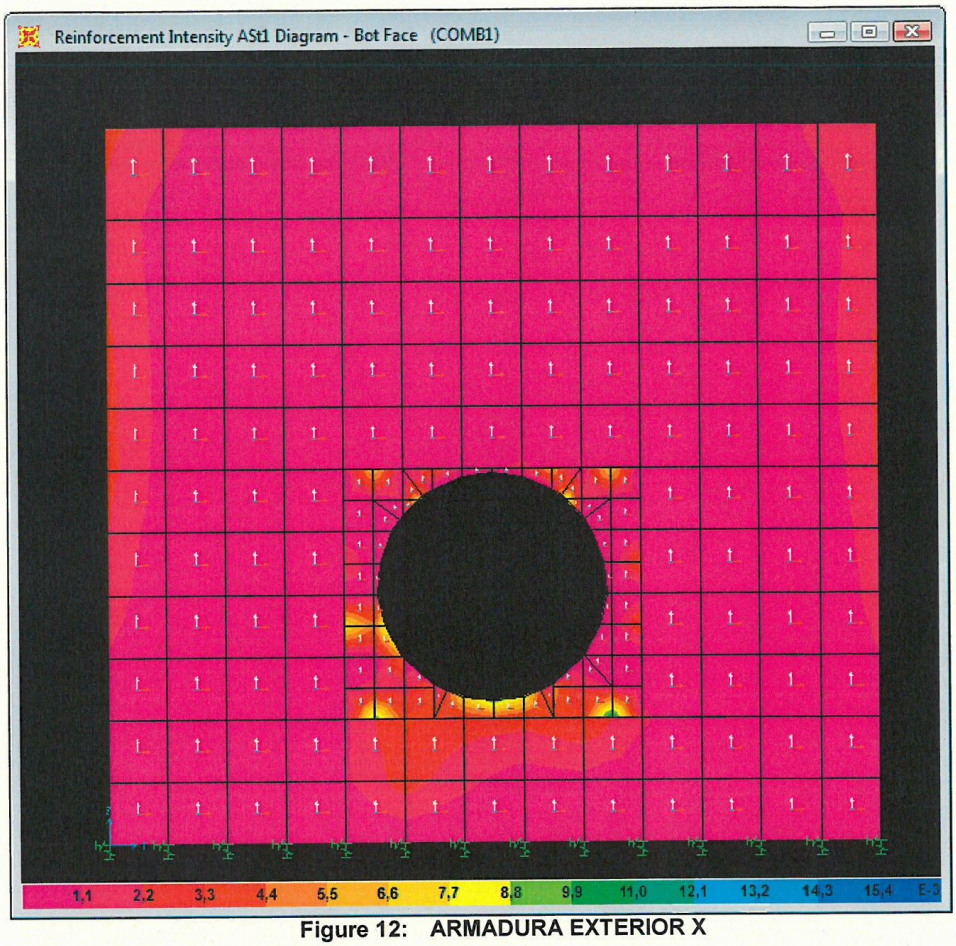


Figure 12: ARMADURA EXTERIOR X

SDP

Page 15 of 16

Caudalímetro.SDB
MURO CON HUECO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

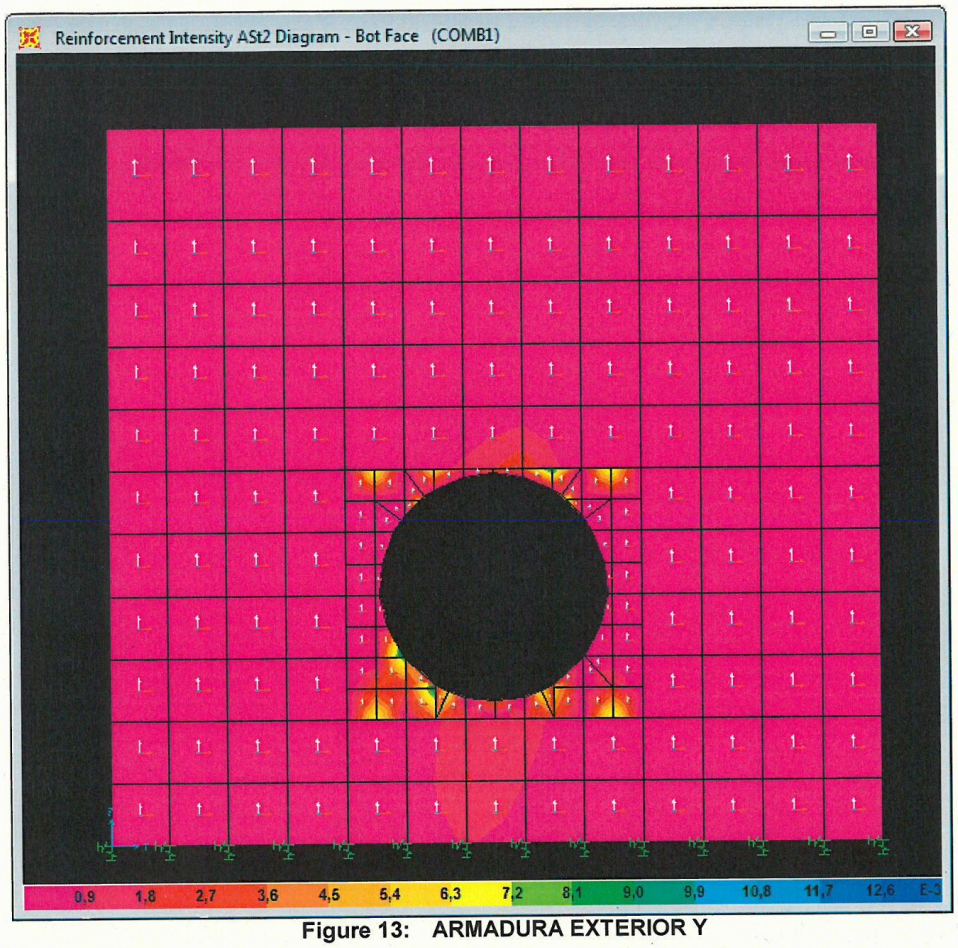


Figure 13: ARMADURA EXTERIOR Y

SDP

Page 16 of 16

APÉNDICE 1.4

SECCIONAMIENTO FINAL

MATERIALES

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 1 of 2

Material	Fc	LtWtConc	SSCurveOpt	SSHysType	SFc	SCap	FinalSlope	FAngle
	KN/cm2							Degrees
4000Psi	2,758	No	Mander	Takeda	0,002219	0,005000	-0,100000	0,000
HA-30	3,000	No	Mander	Takeda	0,002219	0,005000	-0,100000	0,000

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2

Table: Material Properties 03b - Concrete Data, Part 2 of 2

Material	DAngle
	Degrees
4000Psi	0,000
HA-30	0,000

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 1 of 2

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 1 of 2

Material	Fy	Fu	EffFy	EffFu	SSCurveOpt	SSHysType	SHard	SCap
	KN/cm2	KN/cm2	KN/cm2	KN/cm2				
B 500 S	50,000	55,000	50,000	55,000	Simple	Kinematic	0,020000	0,120000

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 2 of 2

Table: Material Properties 03e - Rebar Data, Part 2 of 2

Material	FinalSlope	UseCTDef
B 500 S	-0,100000	No

ELEMENTOS SHELL

Table: Area Section Properties, Part 1 of 4

Table: Area Section Properties, Part 1 of 4

Section	Material	MatAngle	AreaType	Type	DrillDOF	Thickness	BendThick	Arc
		Degrees				cm	cm	Degrees
LOSA	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	Yes	40,0000	40,0000	
MURO	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	Yes	30,0000	30,0000	
MURO_SUP	HA-30	0,000	Shell	Shell-Thin	Yes	15,0000	15,0000	

Table: Area Section Properties, Part 2 of 4

Table: Area Section Properties, Part 2 of 4

Section	InComp	CoordSys	Color	TotalWt	TotalMass	F11Mod	F22Mod
				KN	KN-s2/cm		
LOSA			Green	240,950	0,2457	1,000000	1,000000
MURO			Green	331,323	0,3379	1,000000	1,000000
MURO_SUP			Green	18,900	0,0193	1,000000	1,000000

Table: Area Section Properties, Part 3 of 4

Table: Area Section Properties, Part 3 of 4

Section	F12Mod	M11Mod	M22Mod	M12Mod	V13Mod	V23Mod	MMod	WMod
LOSA	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
MURO	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
MURO_SUP	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Table: Area Section Properties, Part 4 of 4

Table: Area Section Properties, Part 4 of 4

Section	GUID	Notes
LOSA		Added 25/09/2015 11:41:29
MURO		Added 25/09/2015 11:41:51
MURO_SUP		Added 27/09/2015 20:55:13

Table: Area Section Property Design Parameters

Table: Area Section Property Design Parameters

Section	RebarMat	RebarOpt
LOSA	B 500 S	Default
MURO	B 500 S	Default
MURO_SUP	B 500 S	Default

HIPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

Table: Load Pattern Definitions

Table: Load Pattern Definitions

LoadPat	DesignType	SelfWtMult	AutoLoad	GUID	Notes
PESO PROPIO	DEAD	1,000000			
PESO LOSA SUPERIOR	DEAD	0,000000			
EMPUJE DE TIERRAS	DEAD	1,000000			
CARGA EN LOSA DE FONDO	LIVE	0,000000			
EMPUJE TUBERIA SIT_2	LIVE	0,000000			
EMPUJE TUBERIA SIT_3	LIVE	0,000000			
EMPUJE TUBERIA SIT_4	LIVE	0,000000			
TANQUE IAP POS_1	LIVE	0,000000			
TANQUE IAP POS_2	LIVE	0,000000			
TANQUE IAP POS_7	LIVE	0,000000			
TANQUE IAP POS_8	LIVE	0,000000			

Seccionamiento_Final.SDB
HIPÓTESIS Y COMBINACIONES DE CARGAS

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Table: Load Case Definitions, Part 1 of 2

Case	Type	InitialCond	ModalCase	BaseCase	DesTypeOpt	DesignType	AutoType
PESO PROPIO	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
PESO LOSA	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
EMPUJE DE TIERRAS	LinStatic	Zero			Prog Det	DEAD	None
CARGA EN LOSA DE FONDO	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
EMPUJE TUBERIA SIT_2	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
EMPUJE TUBERIA SIT_3	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
EMPUJE TUBERIA SIT_4	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
TANQUE IAP POS_1	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
TANQUE IAP POS_2	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
TANQUE IAP POS_7	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None
TANQUE IAP POS_8	LinStatic	Zero			Prog Det	LIVE	None

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Table: Load Case Definitions, Part 2 of 2

Case	RunCase	CaseStatus	GUID	Notes
PESO PROPIO	Yes	Finished		
PESO LOSA	Yes	Finished		
EMPUJE DE TIERRAS	Yes	Finished		
CARGA EN LOSA DE FONDO	Yes	Finished		
EMPUJE TUBERIA SIT_2	Yes	Finished		
EMPUJE TUBERIA SIT_3	Yes	Finished		
EMPUJE TUBERIA SIT_4	Yes	Finished		
TANQUE IAP POS_1	Yes	Finished		
TANQUE IAP POS_2	Yes	Finished		
TANQUE IAP POS_7	Yes	Finished		
TANQUE IAP POS_8	Yes	Finished		

SDP

Page 3 of 16

VISTA 3D

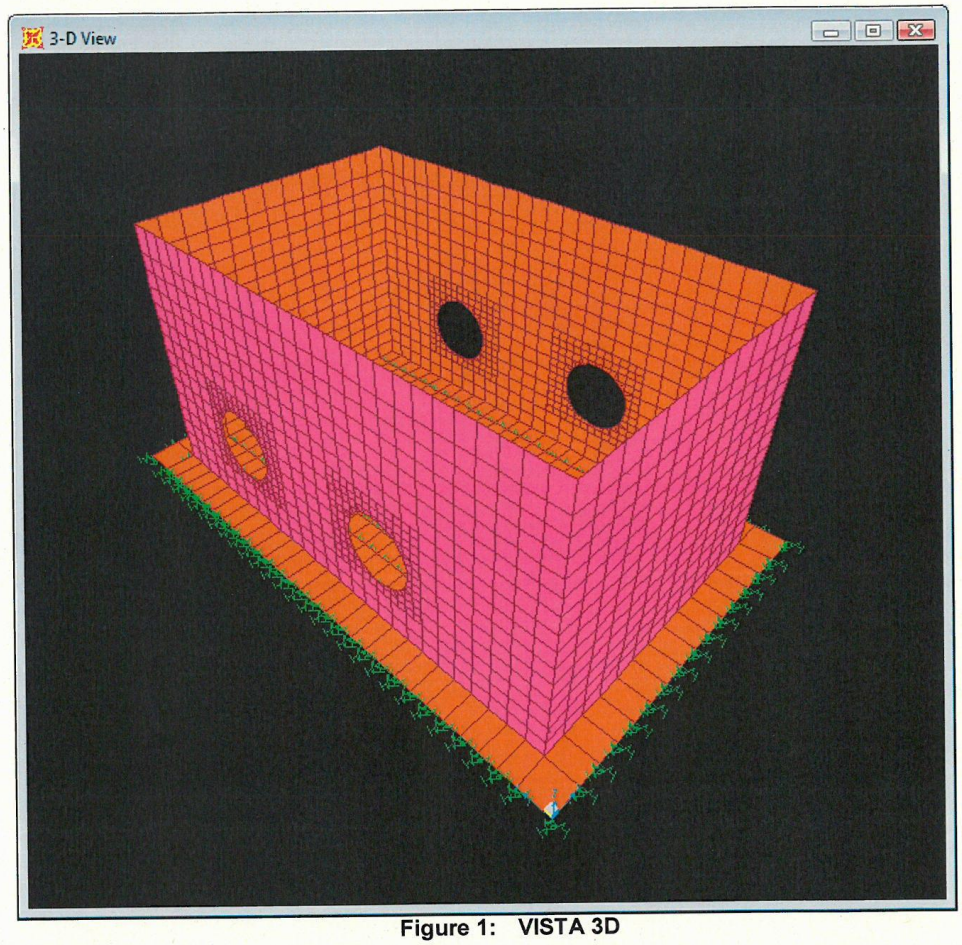


Figure 1: VISTA 3D

Seccionamiento_Final.SDB
LOSA DE FONDO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

LOSA DE FONDO

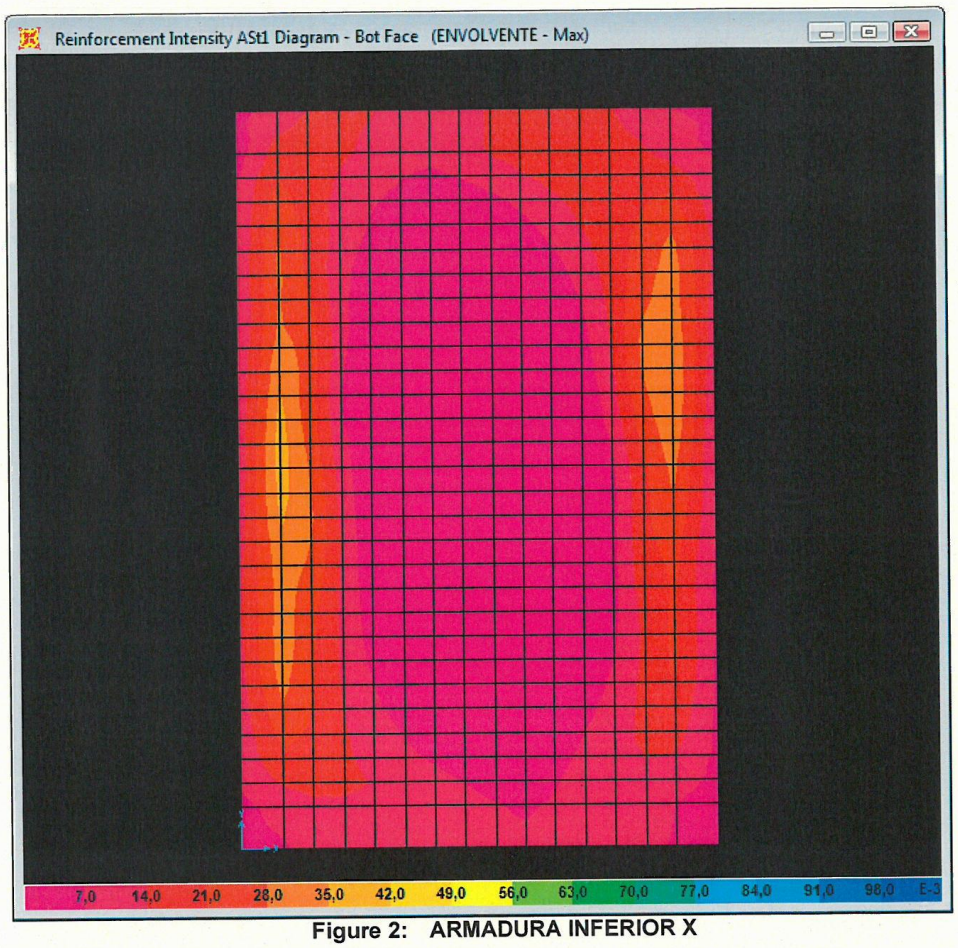


Figure 2: ARMADURA INFERIOR X

SDP

Page 5 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
LOSA DE FONDO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

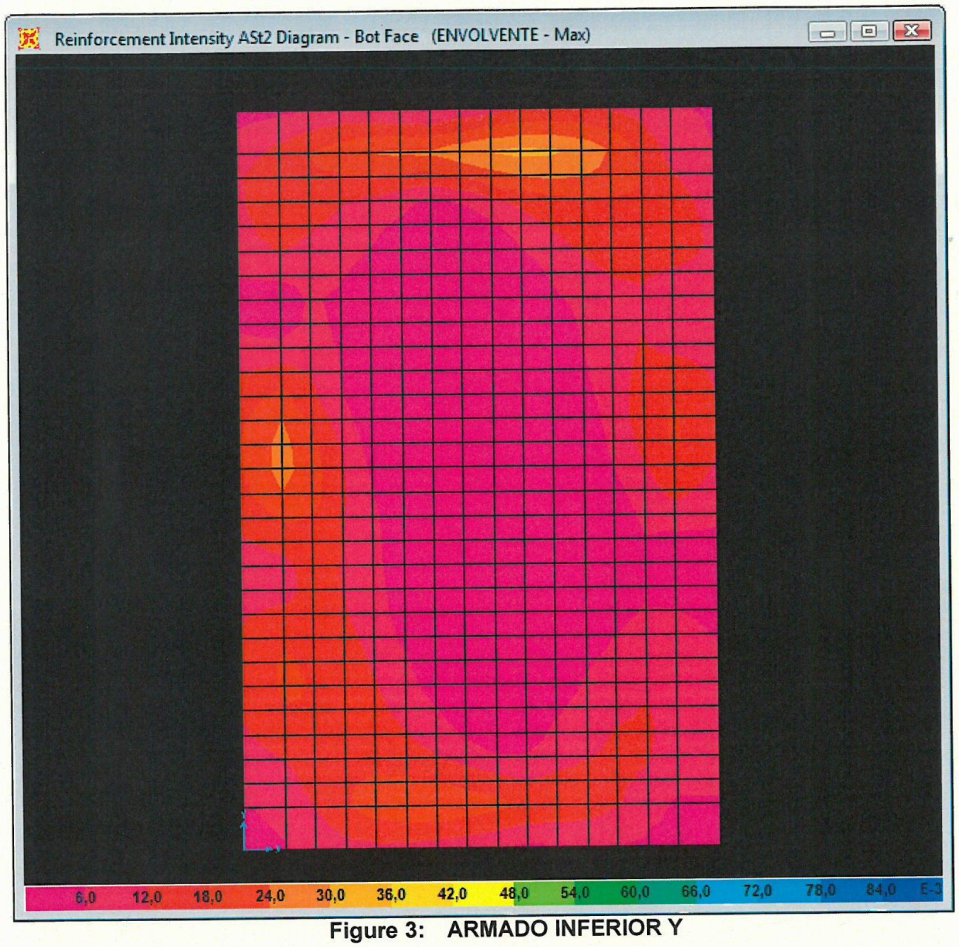


Figure 3: ARMADO INFERIOR Y

SDP

Page 6 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
LOSA DE FONDO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

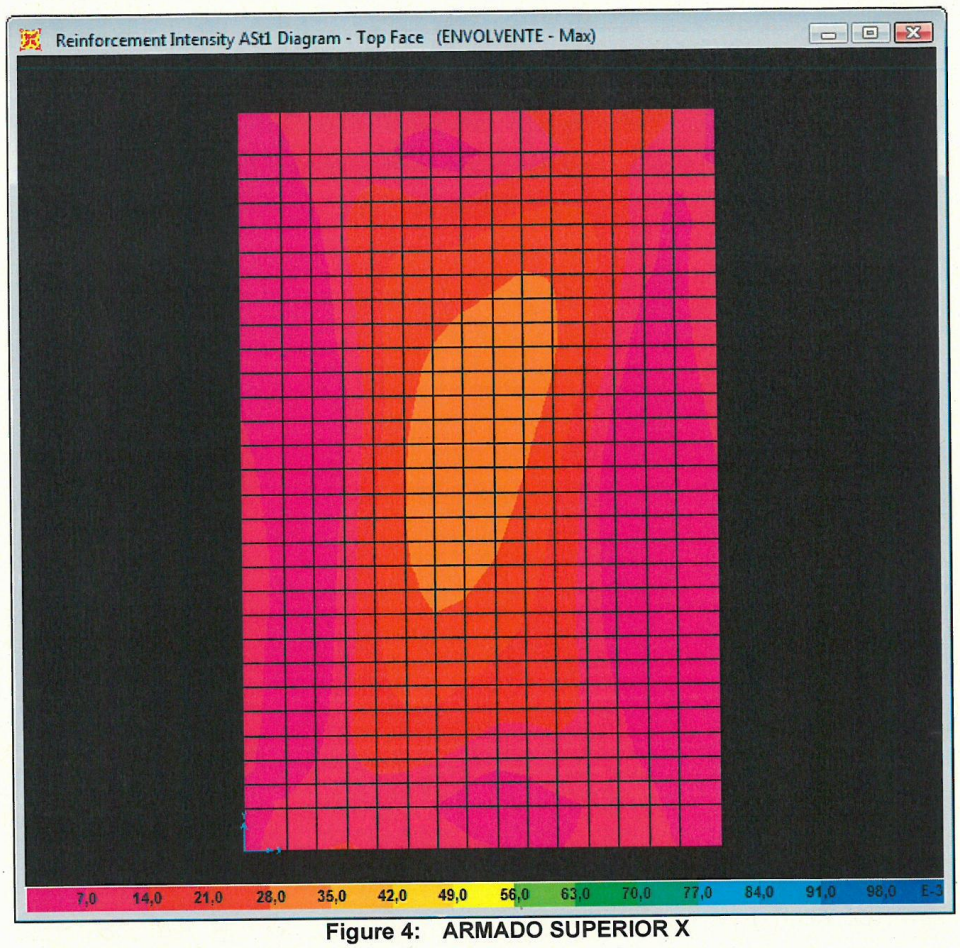


Figure 4: ARMADO SUPERIOR X

SDP

Page 7 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
LOSA DE FONDO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

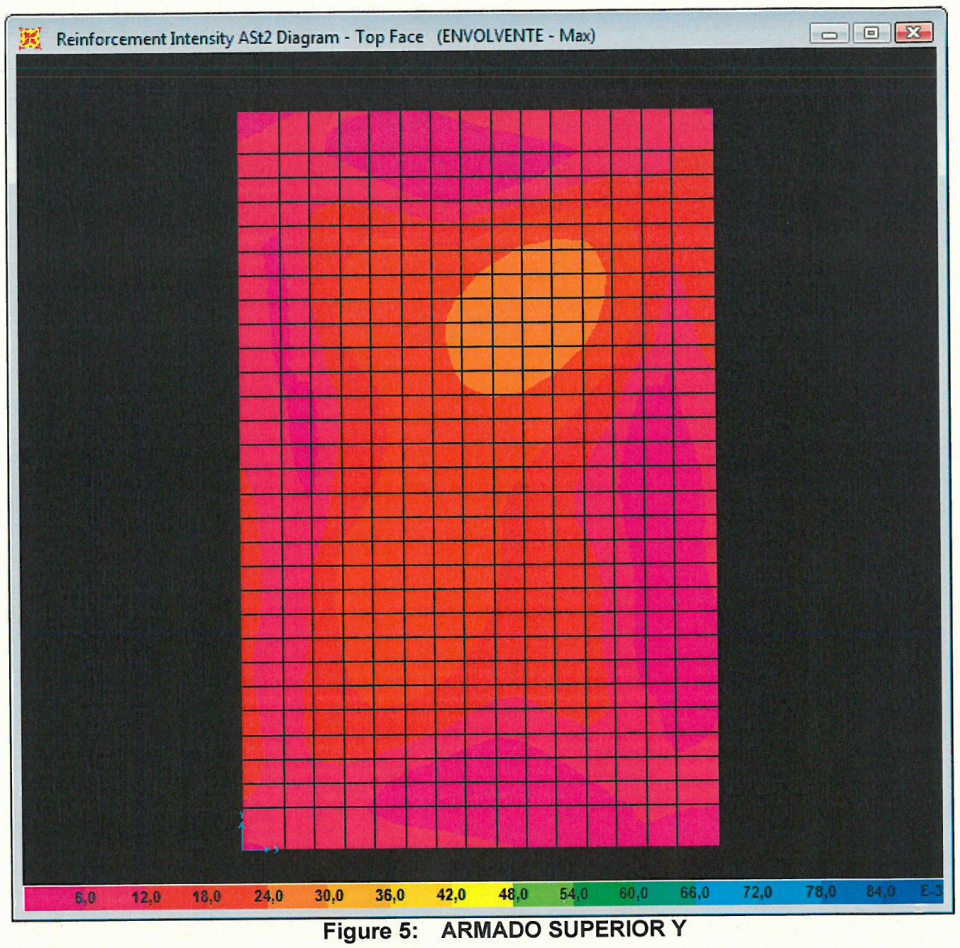


Figure 5: ARMADO SUPERIOR Y

SDP

Page 8 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
MURO CORTO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

MURO CORTO

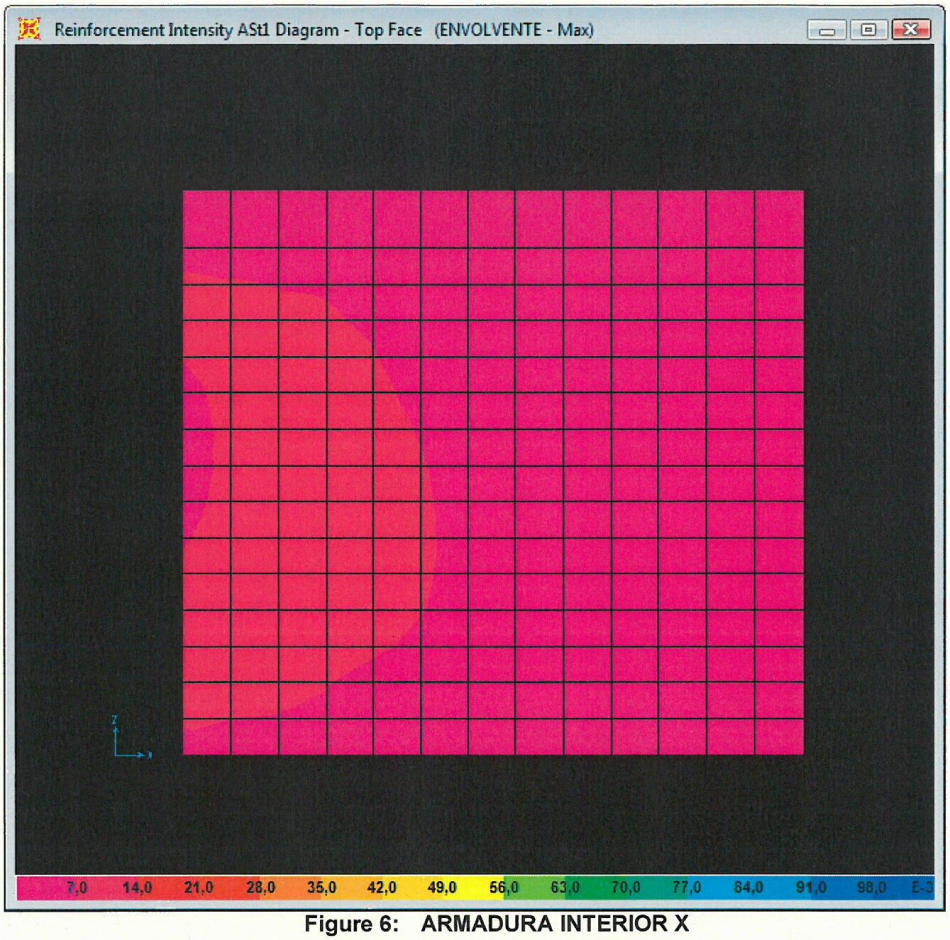


Figure 6: ARMADURA INTERIOR X

SDP

Page 9 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
MURO CORTO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

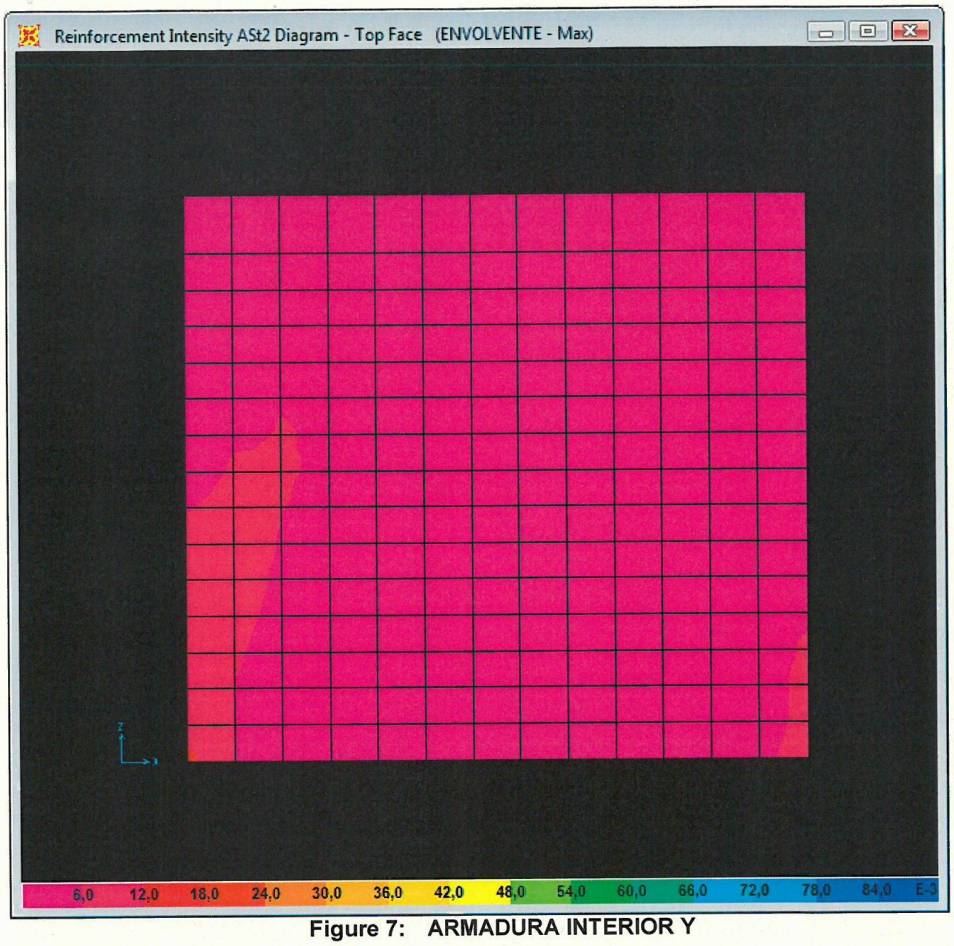


Figure 7: ARMADURA INTERIOR Y

SDP

Page 10 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
MURO CORTO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

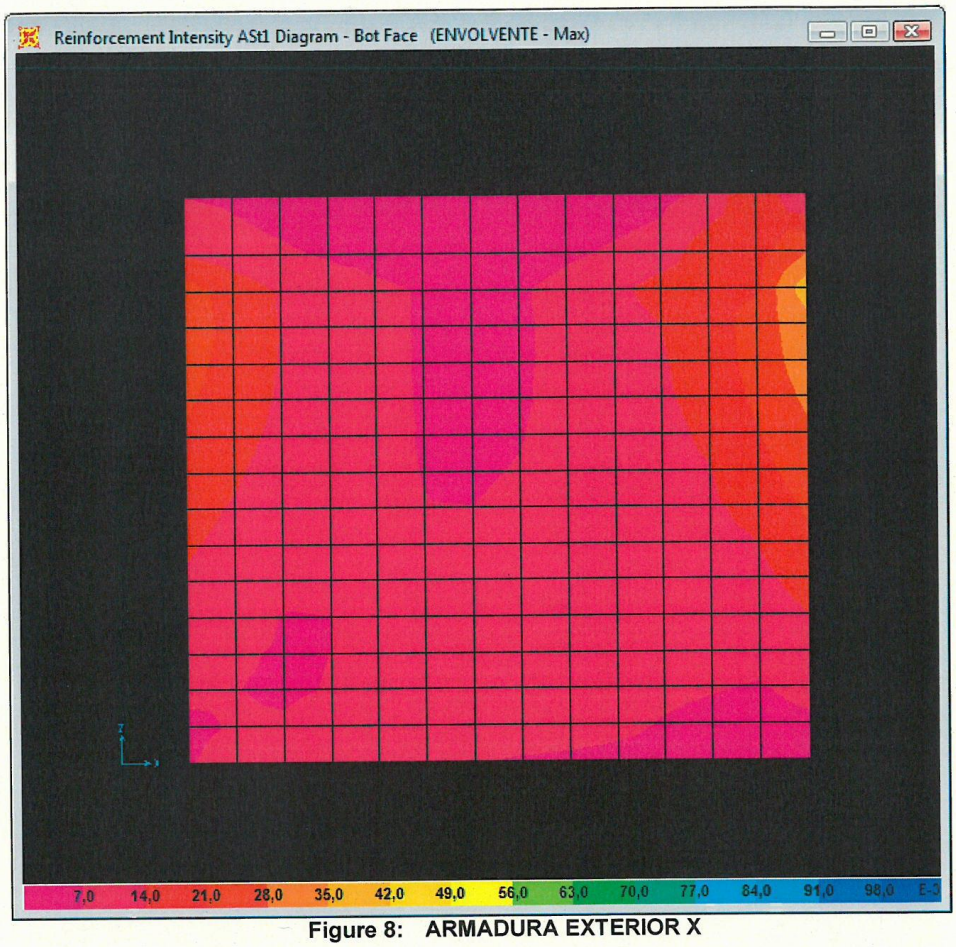


Figure 8: ARMADURA EXTERIOR X

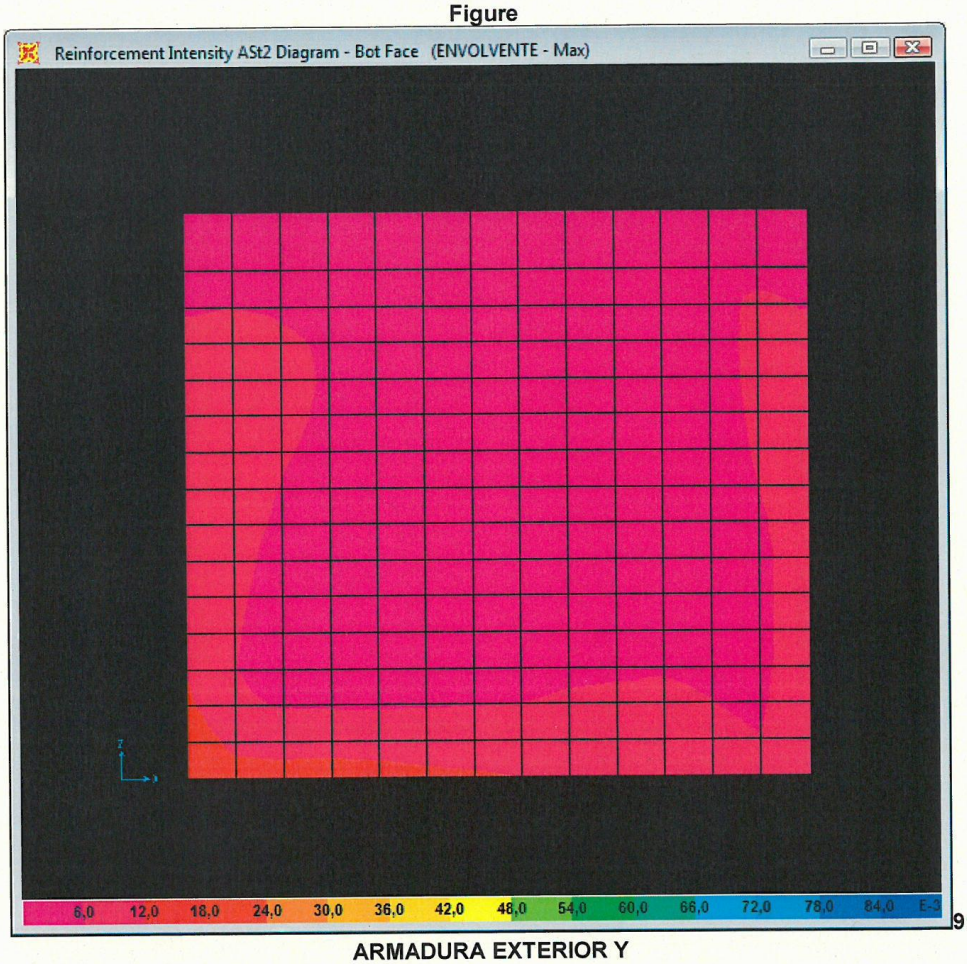
SDP

Page 11 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
MURO CORTO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

Figure



9:

ARMADURA EXTERIOR Y

SDP

Page 12 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
MURO CON HUECO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

MURO CON HUECO

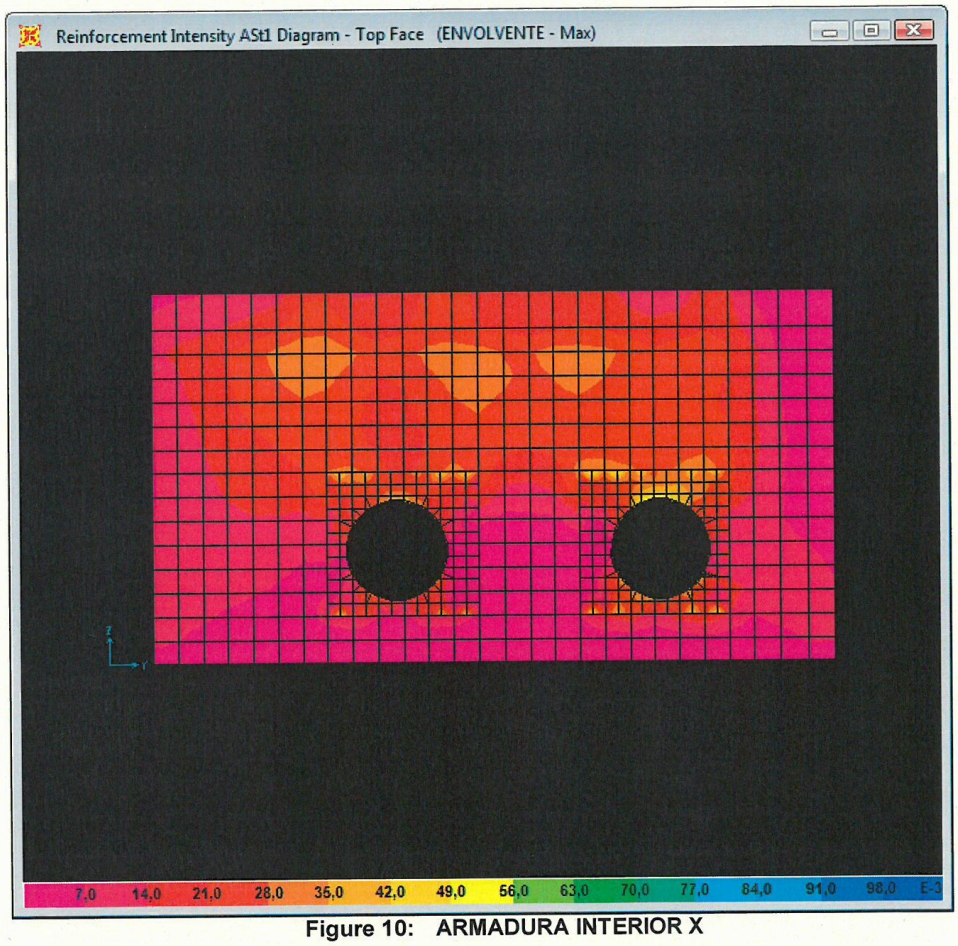


Figure 10: ARMADURA INTERIOR X

SDP

Page 13 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
MURO CON HUECO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

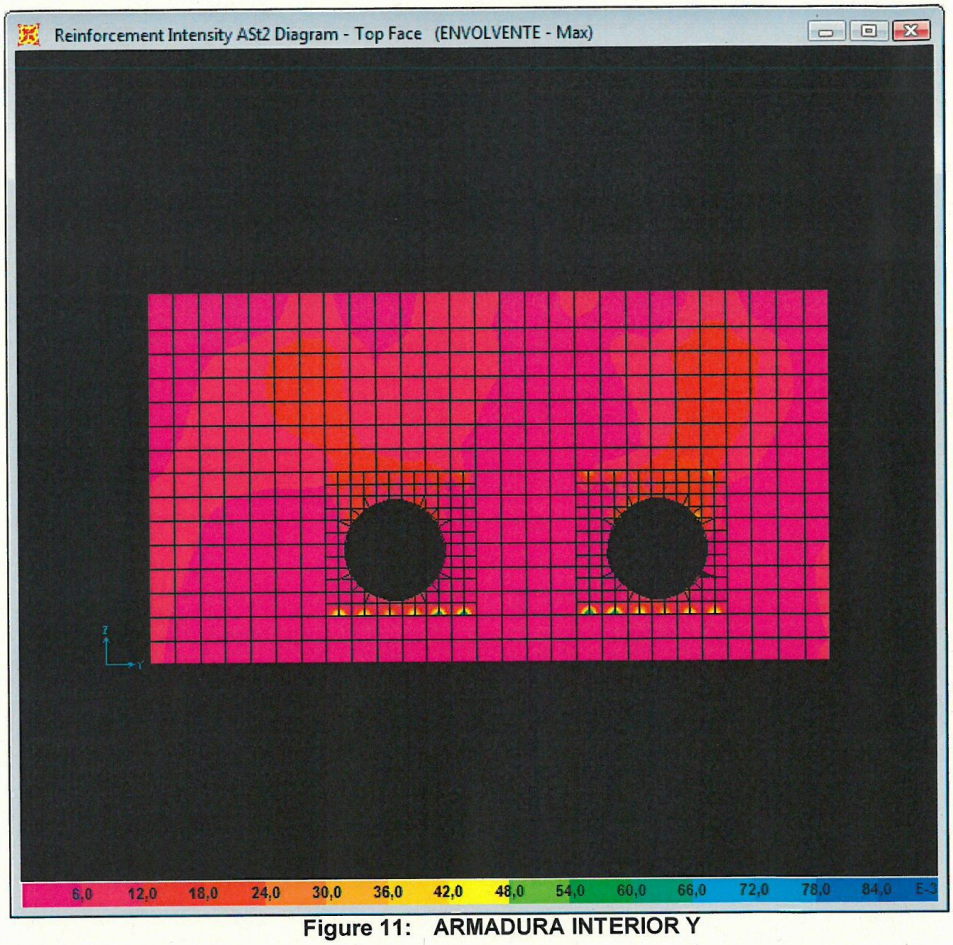


Figure 11: ARMADURA INTERIOR Y

SDP

Page 14 of 16

Seccionamiento_Final.SDB
MURO CON HUECO

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

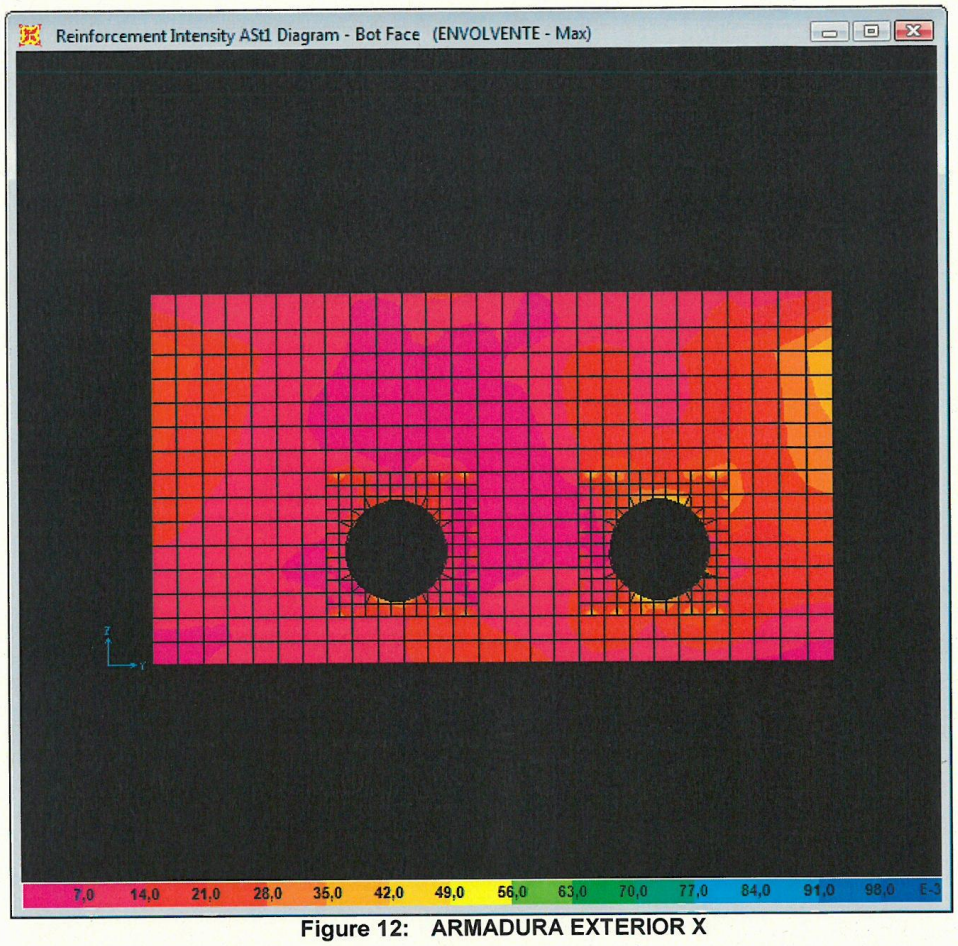


Figure 12: ARMADURA EXTERIOR X

SDP

Page 15 of 16

Seccionamiento_Final.SDB

SAP2000 v14.1.0
15 octubre 2015

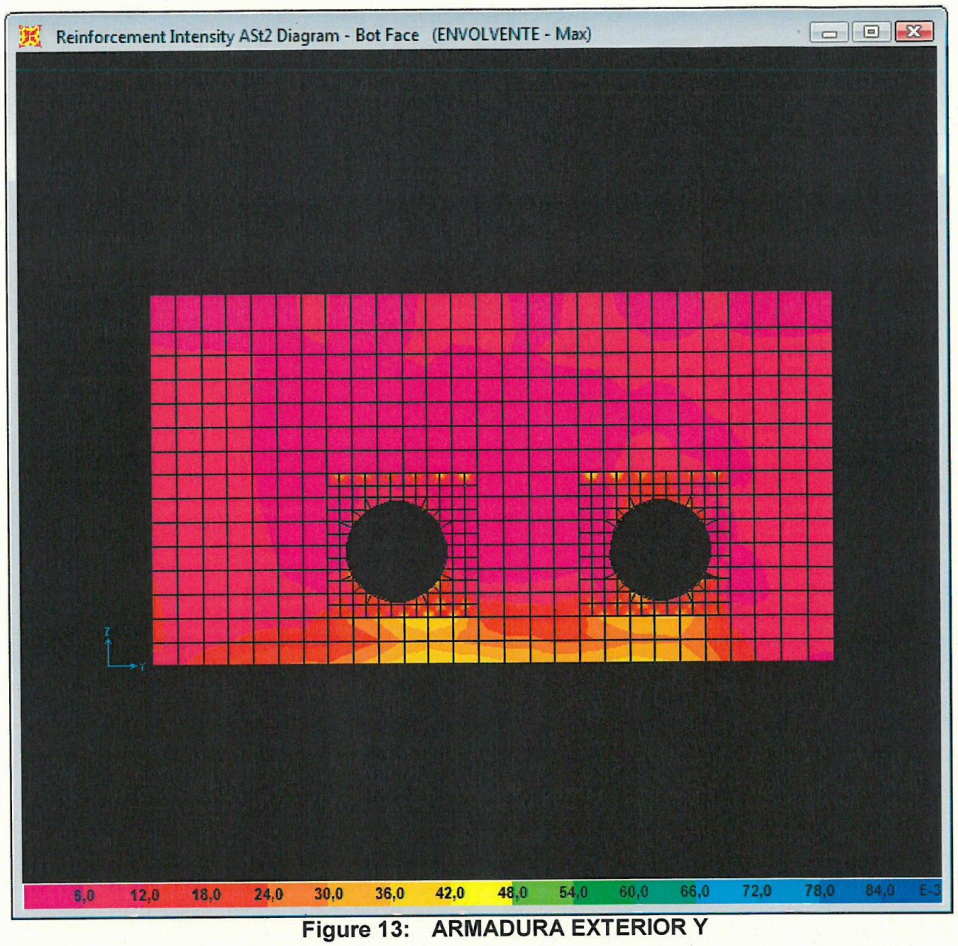


Figure 13: ARMADURA EXTERIOR Y

SDP

Page 16 of 16

APÉNDICE 1.5

PANTALLA ARQUETA CONEXIÓN RED CYII

ÍNDICE

1.- NORMA Y MATERIALES..... 2
2.- ACCIONES..... 2
3.- DATOS GENERALES..... 2
4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO..... 2
5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO..... 3
6.- GEOMETRÍA..... 3
7.- COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA..... 3
8.- ESQUEMA DE LAS FASES..... 4
9.- CARGAS..... 6
10.- ELEMENTOS DE APOYO..... 6
11.- RESULTADOS DE LAS FASES..... 6
12.- RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO..... 8

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII. Fecha: 11/11/15

1.- NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)
Hormigón: HA-30, Yc=1.5
Clase de exposición: Clase IIb

2.- ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.50
Mayoración esfuerzos en servicio: 1.50
Sin análisis sísmico
Sin considerar acciones térmicas en puntales

3.- DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m
Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m
Tipología: Cortina de micropilotes

4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

ESTRATOS

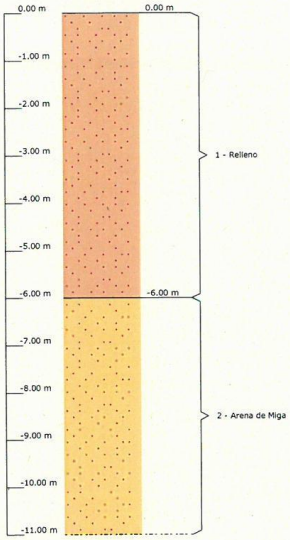
Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1 - Relleno	0.00 m	Densidad aparente: 20.0 kN/m³ Densidad sumergida: 10.0 kN/m³ Ángulo rozamiento interno: 32 grados Cohesión: 0.00 kN/m² Módulo de balasto empuje activo: 10000.0 kN/m³ Módulo de balasto empuje pasivo: 10000.0 kN/m³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m4	Activo trasdós: 0.31 Reposo trasdós: 0.47 Pasivo trasdós: 3.25 Activo intradós: 0.31 Reposo intradós: 0.47 Pasivo intradós: 3.25
2 - Arena de Miga	-6.00 m	Densidad aparente: 21.0 kN/m³ Densidad sumergida: 11.0 kN/m³ Ángulo rozamiento interno: 38 grados Cohesión: 6.00 kN/m² Módulo de balasto empuje activo: 100000.0 kN/m³ Módulo de balasto empuje pasivo: 100000.0 kN/m³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m4	Activo trasdós: 0.24 Reposo trasdós: 0.38 Pasivo trasdós: 4.20 Activo intradós: 0.24 Reposo intradós: 0.38 Pasivo intradós: 4.20

Página 2

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII. Fecha: 11/11/15

5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



6.- GEOMETRÍA

Altura total: 10.05 m
Diámetro: 25.00 cm
Separación: 40.00 cm
Serie de micropilotes: RODIO
Perfil: 127.0-9.0

7.- COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Referencia: Micros_bombeo_balasto_mod (Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII.)		
Comprobación	Valores	Estado
Esbeltez máxima:	Máximo: 200 Calculado: 89.2	Cumple
Tensión máxima:		
- Acero:	Máximo: 550 MPa Calculado: 516.6 MPa	Cumple
- Hormigón:	Máximo: 12 MPa Calculado: 12 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:

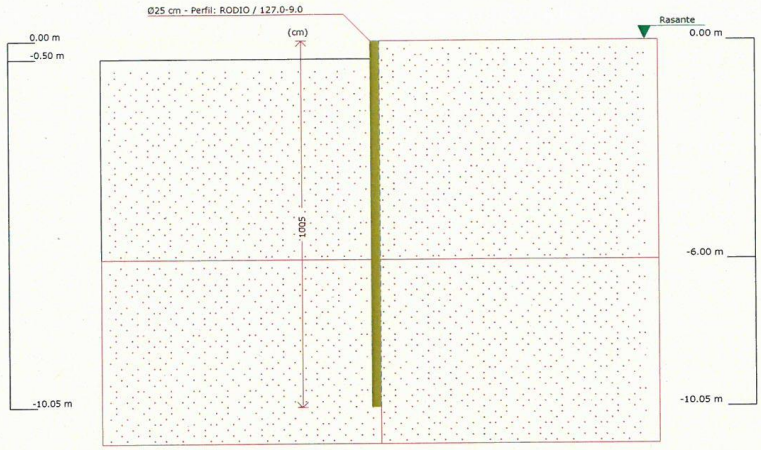
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 7.28 kN; Momento: -53.84 kN·m; Cortante: 0.11 kN
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 16.11 kN; Momento: 41.93 kN·m; Cortante: -17.43 kN
- Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 25.00 cm)

Página 3

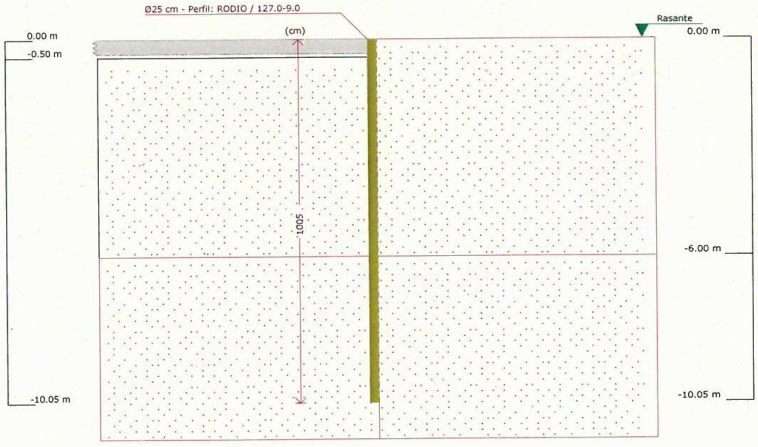
Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII. Fecha: 11/11/15

8.- ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 1. Excavación 50 cm	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -0.50 m

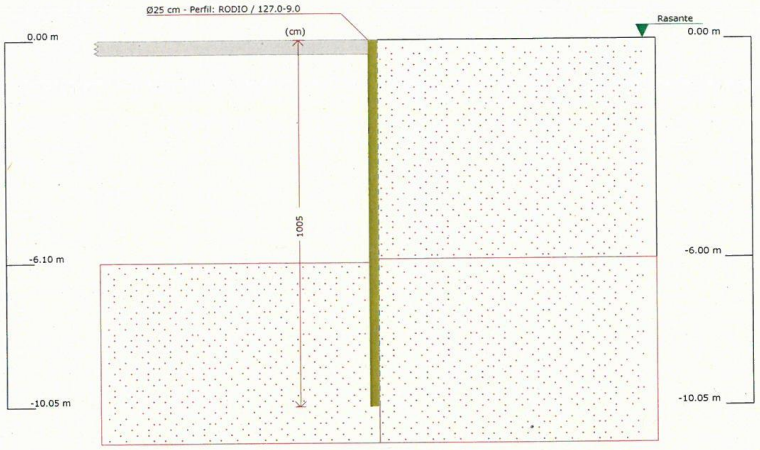


Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Fase 2. Ejecución Losa superior.	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -0.50 m

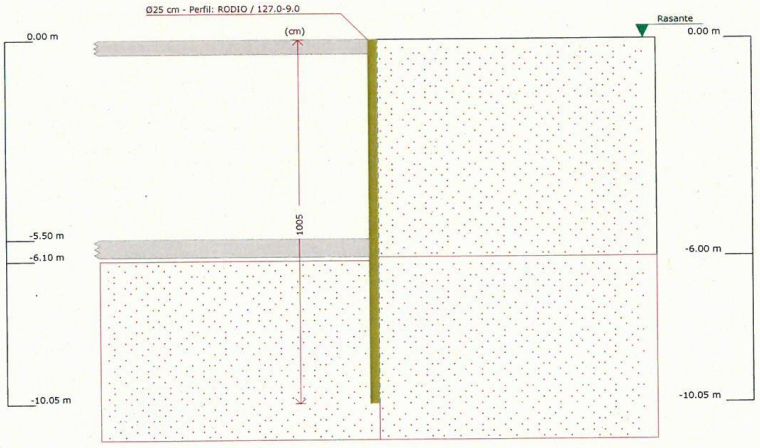
Página 4

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII. Fecha: 11/11/15



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Fase 3. Excavación máxima.	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -6.10 m

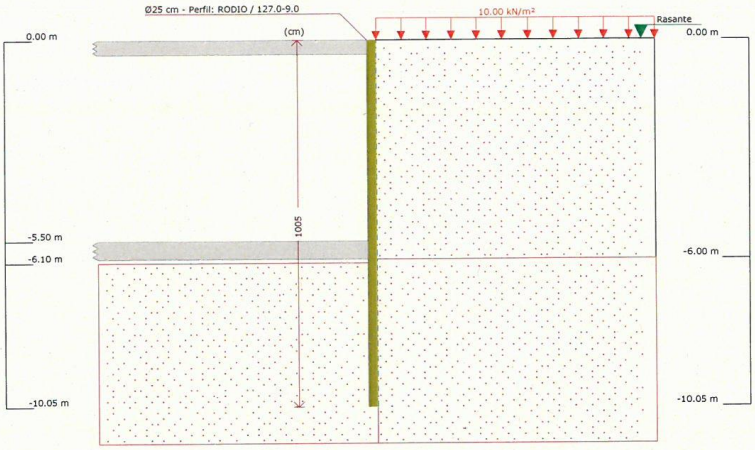


Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Fase 4. Ejecución losa fondo.	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -6.10 m

Página 5

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII. Fecha: 11/11/15



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Fase 5. Fase definitiva.	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -6.10 m

9.- CARGAS

CARGAS EN EL TRASDÓS

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	En superficie	Valor: 10 kN/m²	Fase 5. Fase definitiva.	Fase 5. Fase definitiva.

10.- ELEMENTOS DE APOYO

FORJADOS

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: 0.00 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9800000 kN/m²	Fase 2. Ejecución Losa superior.	Fase 5. Fase definitiva.
Cota: -5.50 m Canto: 50 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9800000 kN/m²	Fase 4. Ejecución losa fondo.	Fase 5. Fase definitiva.

11.- RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

FASE 1: FASE 1. EXCAVACIÓN 50 CM

BÁSICA

Página 6

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII. Fecha: 11/11/15

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	-0.41	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-1.00	-0.32	3.46	0.83	0.59	-1.70	0.00
-2.01	-0.26	6.93	-0.35	0.58	-0.49	0.00
-3.01	-0.24	10.39	-0.62	0.01	-0.01	0.00
-4.02	-0.21	13.86	-0.48	-0.56	0.46	0.00
-5.02	-0.15	17.32	0.34	-0.61	1.62	0.00
-6.03	-0.06	20.79	2.66	1.04	-7.99	0.00
-7.03	-0.02	24.25	-1.00	0.62	0.45	0.00
-8.04	-0.02	27.72	-0.30	0.03	0.54	0.00
-9.04	-0.02	31.18	0.02	-0.03	0.05	0.00
-10.05	-0.02	34.65	0.00	0.00	-0.09	0.00
Máximos	-0.02 Cota: -7.54 m	34.65 Cota: -10.05 m	2.66 Cota: -6.03 m	1.21 Cota: -6.28 m	3.04 Cota: -5.78 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.41 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-1.00 Cota: -7.03 m	-0.70 Cota: -4.52 m	-7.99 Cota: -6.03 m	0.00 Cota: 0.00 m

FASE 2: FASE 2. EJECUCIÓN LOSA SUPERIOR.

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	-0.41	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.75	-0.34	2.60	1.12	0.38	-1.18	0.00
-1.76	-0.27	6.06	-0.17	0.66	-0.70	0.00
-2.76	-0.24	9.53	-0.60	0.17	-0.09	0.00
-3.77	-0.22	12.99	-0.56	-0.44	0.30	0.00
-4.77	-0.17	16.46	0.03	-0.69	1.24	0.00
-5.78	-0.08	19.92	1.90	0.37	3.04	0.00
-6.78	-0.02	23.39	-0.91	0.87	-0.35	0.00
-7.79	-0.02	26.85	-0.48	0.11	0.71	0.00
-8.79	-0.02	30.32	-0.01	-0.03	0.13	0.00
-9.80	-0.02	33.78	0.03	-0.00	-0.06	0.00
Máximos	-0.02 Cota: -7.54 m	34.65 Cota: -10.05 m	2.66 Cota: -6.03 m	1.21 Cota: -6.28 m	3.04 Cota: -5.78 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.41 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-1.00 Cota: -7.03 m	-0.70 Cota: -4.52 m	-7.99 Cota: -6.03 m	0.00 Cota: 0.00 m

FASE 3: FASE 3. EXCAVACIÓN MÁXIMA.

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	1.86	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.75	-6.68	2.60	-36.94	-20.71	4.63	0.00
-1.76	-16.76	6.06	-29.96	-53.94	10.81	0.00
-2.76	-23.40	9.53	-16.77	-76.25	16.98	0.00
-3.77	-25.16	12.99	2.63	-81.40	23.16	0.00
-4.77	-21.73	16.46	28.23	-63.17	29.34	0.00
-5.78	-14.29	19.92	60.04	-15.31	35.51	0.00
-6.78	-5.94	23.39	61.15	53.88	-58.36	0.00
-7.79	-0.95	26.85	-29.04	65.29	-77.17	0.00
-8.79	0.00	30.32	-41.50	15.80	47.33	0.00
-9.80	-0.17	33.78	-3.99	0.13	13.85	0.00
Máximos	1.86 Cota: 0.00 m	34.65 Cota: -10.05 m	74.70 Cota: -6.28 m	72.59 Cota: -7.54 m	47.33 Cota: -8.79 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-25.22 Cota: -3.52 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-55.34 Cota: -8.29 m	-82.06 Cota: -3.52 m	-121.13 Cota: -7.54 m	0.00 Cota: 0.00 m

Página 7

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII. Fecha: 11/11/15

FASE 4: FASE 4. EJECUCIÓN LOSA FONDO.

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-0.75	-6.68	2.60	-36.95	-20.71	4.63	0.00
-1.76	-16.76	6.06	-29.96	-53.95	10.81	0.00
-2.76	-23.40	9.53	-16.77	-76.26	16.99	0.00
-3.77	-25.16	12.99	2.64	-81.41	23.18	0.00
-4.77	-21.73	16.46	28.27	-63.14	29.38	0.00
-5.75	-14.53	19.82	60.13	-16.94	35.33	0.00
-6.53	-7.86	22.52	70.48	38.48	-37.18	0.00
-7.54	-1.73	25.99	1.42	72.56	-121.13	0.00
-8.54	-0.03	29.45	-51.69	26.23	40.57	0.00
-9.55	-0.11	32.91	-10.05	1.13	24.12	0.00
Máximos	1.86 Cota: 0.00 m	34.65 Cota: -10.05 m	74.52 Cota: -6.28 m	72.56 Cota: -7.54 m	47.32 Cota: -8.79 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-25.22 Cota: -3.52 m	0.00 Cota: 0.00 m	-55.32 Cota: -8.29 m	-82.07 Cota: -3.52 m	-121.13 Cota: -7.54 m	0.00 Cota: 0.00 m

FASE 5: FASE 5. FASE DEFINITIVA.

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	2.02	0.00	0.79	-0.00	6.32	0.00
-0.75	-7.13	2.60	-42.44	-23.89	7.70	0.00
-1.76	-17.85	6.06	-32.37	-60.70	13.88	0.00
-2.76	-24.68	9.53	-16.10	-83.50	20.06	0.00
-3.77	-26.19	12.99	6.39	-86.04	26.23	0.00
-4.77	-22.20	16.46	35.08	-62.09	32.41	0.00
-5.75	-14.53	19.82	70.20	-7.36	40.01	0.00
-6.53	-7.83	22.52	63.18	40.27	-26.99	0.00
-7.54	-1.75	25.99	0.94	72.01	-118.37	0.00
-8.54	-0.05	29.45	-51.27	26.06	40.13	0.00
-9.55	-0.13	32.91	-10.00	1.13	23.97	0.00
Máximos	2.02 Cota: 0.00 m	34.65 Cota: -10.05 m	70.20 Cota: -5.75 m	72.01 Cota: -7.54 m	46.89 Cota: -8.79 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-26.34 Cota: -3.52 m	0.00 Cota: 0.00 m	-54.81 Cota: -8.29 m	-87.70 Cota: -3.27 m	-118.37 Cota: -7.54 m	0.00 Cota: 0.00 m

12.- RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión Red Canal YII. Fecha: 11/11/15

Forjados

Cota: 0.00 m	
Fase	Resultado
Fase 2. Ejecución Losa superior.	Carga lineal: 0.00 kN/m
Fase 3. Excavación máxima.	Carga lineal: 38.10 kN/m
Fase 4. Ejecución losa fondo.	Carga lineal: 38.11 kN/m
Fase 5. Fase definitiva.	Carga lineal: 46.24 kN/m

Cota: -5.50 m	
Fase	Resultado
Fase 4. Ejecución losa fondo.	Carga lineal: 0.35 kN/m
Fase 5. Fase definitiva.	Carga lineal: 23.57 kN/m

Página 9

APÉNDICE 1.6

LOSA CUBIERTA ARQUETA DE CONEXIÓN RED CYII

ÍNDICE

1- PROGRAMA DE CÁLCULO EMPLEADO.....3

2- MODELO DE ENTRADA.....4

3- CARGAS INTRODUCIDAS.....6

3.1- Peso propio.....6

3.2- Carga muerta.....9

3.3- Sobrecargas de tráfico.....12

3.4- Sobrecarga del puente grúa.....22

4- SECCIONES DE SALIDA.....29

5- ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (E.L.U.).....32

5.1- Envolvente de cálculo.....32

5.2- E.L.U. Flexión.....33

5.3- E.L.U. Cortante.....39

6- ESTADO LÍMITE SERVICIO (E.L.S.).....43

6.1- E.L.S. Fisuración.....43

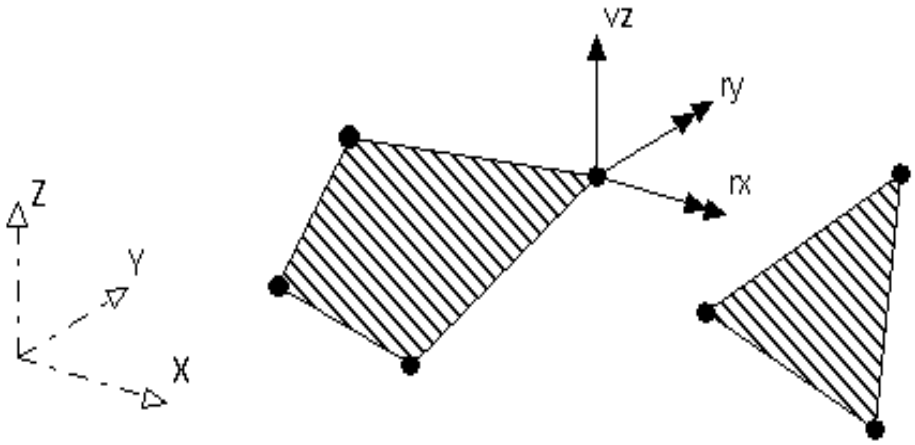
CÁLCULO DE LA LOSA DE CUBIERTA DE LA ARQUETA DE CONEXIÓN CON LA RED DEL CANAL DE ISABEL II:

A continuación se incluye una memoria de cálculo de la losa superior de conexión con la Red del Canal de Isabel II. Dicha arqueta está situada junto a la estación de bombeo del depósito de Tres Cantos.

La losa superior de la mencionada arqueta es de hormigón armado HA-30/B/20/IIb+Qa, de 40 cm de canto, y su desarrollo en planta es de una poligonal de seis lados. La arqueta apoya, en tres de sus lados, en una pantalla previa de micropilotes y se ancla a los muros existentes de la estación de bombeo, en sus otros tres lados, mediante unos anclajes de acero pasivo B500S.

1- PROGRAMA DE CÁLCULO EMPLEADO:

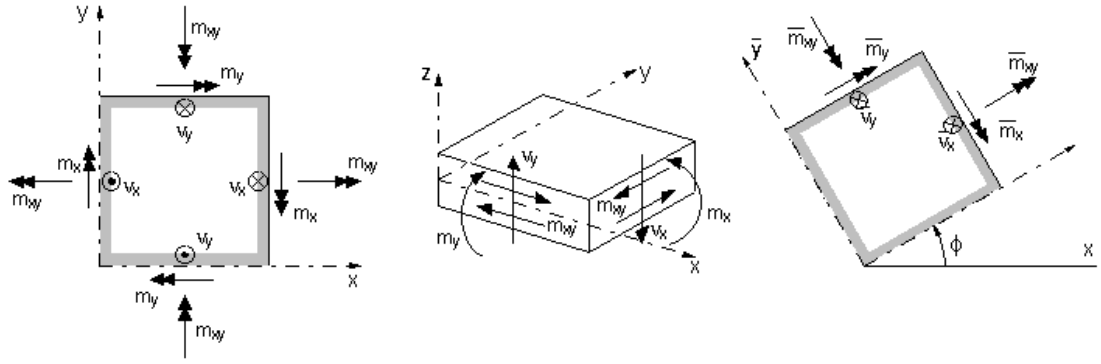
Para el análisis de la losa de cubierta se ha utilizado el programa CEDRUS-7 de CUBUS AG. El programa CEDRUS-7 es un programa de elementos finitos para el análisis elástico lineal, estático y dinámico de placas (tanto para flexión como para cargas en el plano) concebido especialmente para losas de hormigón, tanto armado como pretensado. Los elementos utilizados para el modelo de cálculo son elementos híbridos triangulares y cuadriláteros de forma arbitraria, con tres grados de libertad de desplazamiento: vz (flexión), rx, ry (rotaciones sobre los ejes x, y) en los nodos de esquina:



Elementos finitos considerados

Para procesar los datos de salida del programa de cálculo los esfuerzos se integran en secciones de cálculo. Se han considerado secciones longitudinales y transversales de 1 m de ancho, según se muestra en apartados posteriores.

Para la obtención de los esfuerzos en las secciones anteriormente indicadas el programa integra automáticamente los esfuerzos internos al ancho de cada sección:



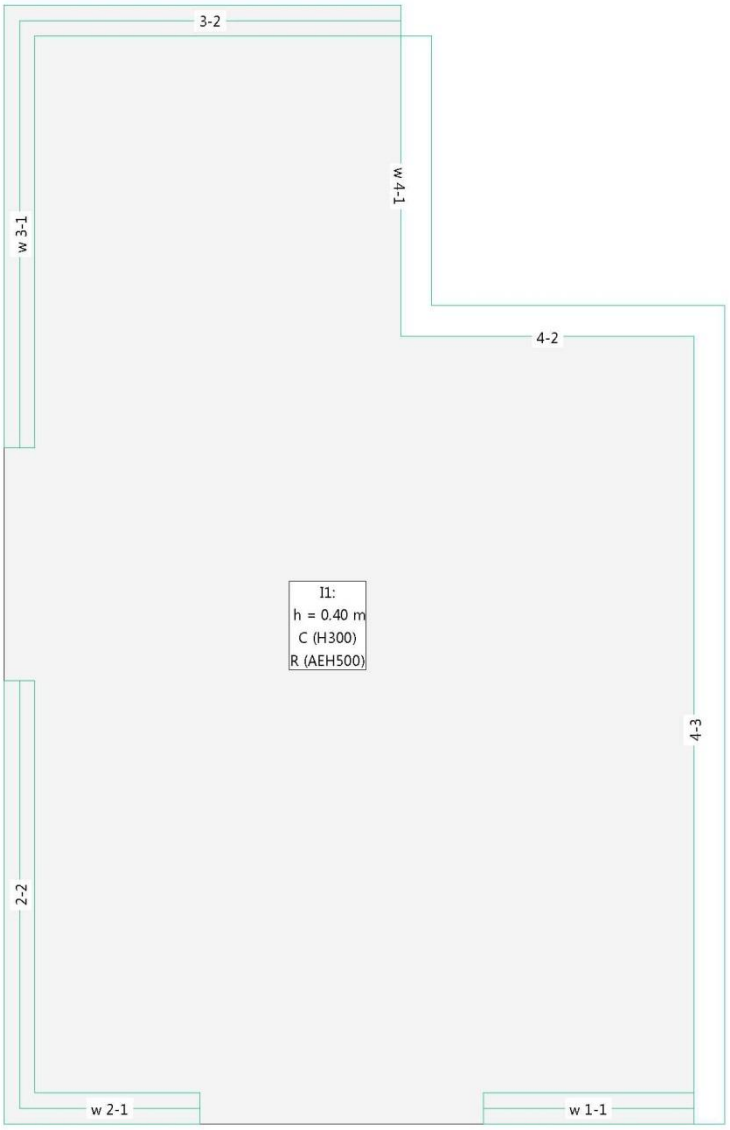
Esfuerzos y criterio de signos.

Los esfuerzos flectores obtenidos en cada sección de cálculo integran además los efectos de la torsión en la losa mediante las siguientes ecuaciones:

$$
\begin{aligned}
mb_{x+} &= Max\ (m_x + m_{xy}\ ,\ m_x - m_{xy}) \\
mb_{x-} &= Min\ (m_x + m_{xy}\ ,\ m_x - m_{xy}) \\
mb_{y+} &= Max\ (m_y + m_{xy}\ ,\ m_y - m_{xy}) \\
mb_{y-} &= Min\ (m_y + m_{xy}\ ,\ m_y - m_{xy})
\end{aligned}
$$

2- MODELO DE ENTRADA:

La losa de cubierta de la arqueta de conexión con la Red del Canal de Isabel II se ha resuelto mediante una losa isótropa de 0.4 m de canto. A continuación se presenta de forma gráfica la geometría del modelo:



Geometría en planta del modelo

Los listados de entrada del programa son los siguientes:

DATOS de la ESTRUCTURA

MATERIALES Código: EHE-08. Instr.Hormigón Estruct.

ID	Tipo	Elemento	E [kN/mm²]	ν	ρ [t/m³]	α [‰]	Clase	f [N/mm²]	
C	Hormigón	(general)	28.50	0.20	2.50	0.010	H300	-30.00	f_{ck}
R	Acero para armadu	(general)	200.00	0.30	8.00	0.012	AEH500	500.00	f_{yk}

ETIQUETAS DE ATRIBUTOS DE MATERIALES: Isótropo

Id		Geometría		Materiales		
		Espesor de la losa [m]	Cota de la cara superior [m]	f_E	Cuerpo	Armaduras
I1		0.40	0	1.000	C	R

ETIQUETAS DE MATERIAL: Recubrimiento de la armadura base

Id	Recubrimiento de la armadura				Armadura base			
	u_{XT} [cm]	u_{YT} [cm]	u_{XB} [cm]	u_{YB} [cm]	as_{XT} [cm²/m]	as_{YT} [cm²/m]	as_{XB} [cm²/m]	as_{YB} [cm²/m]
I1	4.0	4.0	4.0	4.0	-	-	-	-

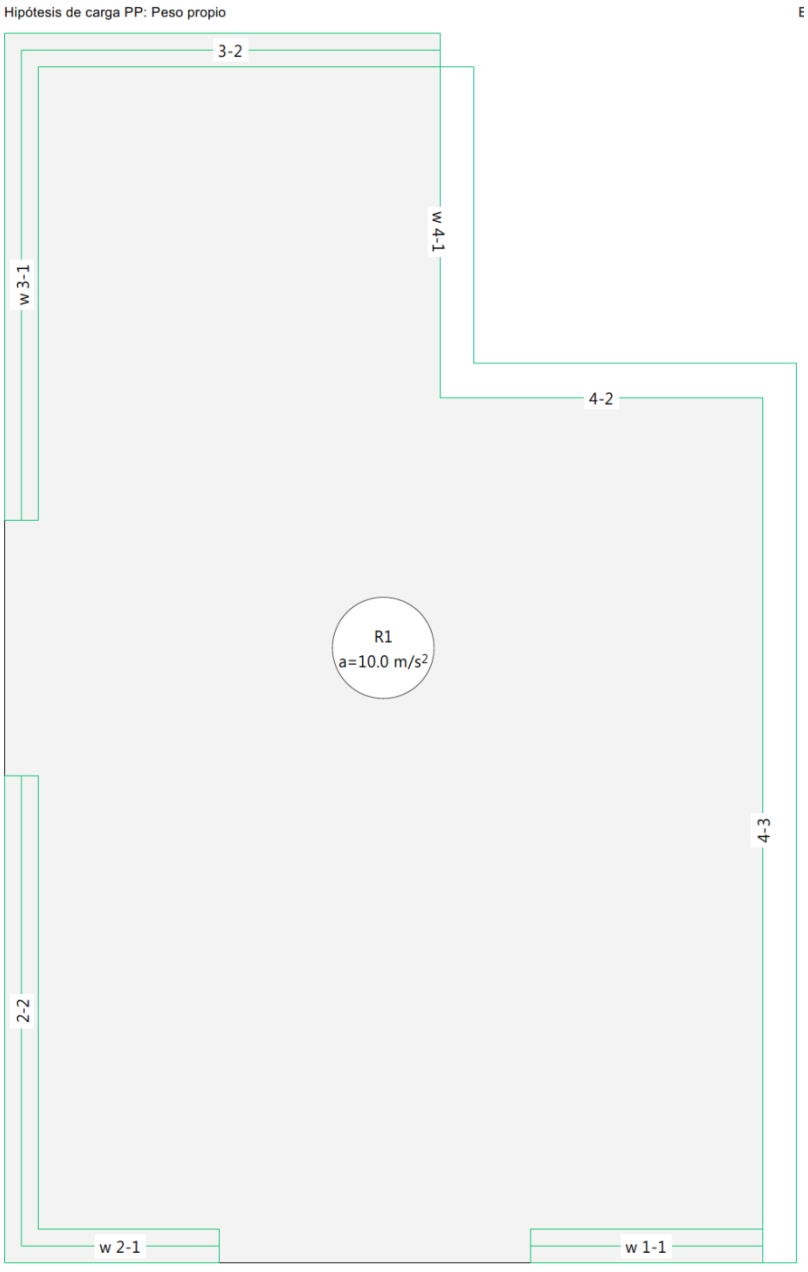
PAREDES

Id	Tipo Descripción	N.Lin.	Apoyos sdz [kN/m²]	srx [kN]	sry [kN]	Geometría Ancho [m]	Altura [m]	Materiales $f_{E\ sdz}$	Cuerpo	Armaduras
W1	Rot. libre	No	$ 9.50E+5	libre	libre	0.30	9.00	1.000	C	R
W2	Rot. libre	No	$ 9.50E+5	libre	libre	0.30	9.00	1.000	C	R
W3	Rot. libre	No	$ 9.50E+5	libre	libre	0.30	9.00	1.000	C	R
W4	Rot. libre	No	$ 1.71E+6	libre	libre	0.30	5.00	1.000	C	R

3- CARGAS INTRODUCIDAS:

3.1- Peso Propio:

Se ha considerado una densidad del hormigón armado de la losa de 25 kN/m^3:



HIPÓTESIS DE CARGA PP : Peso propio

Peso propio (Toda la estructura)

ID	Geometría Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Geometría Area [m²]		Carga Masa [t]		Subtotal Carga Z [kN]
R1	25.43	40.0	63.59		63.585		-635.850

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga PP)

Valores concentrados en los nudos

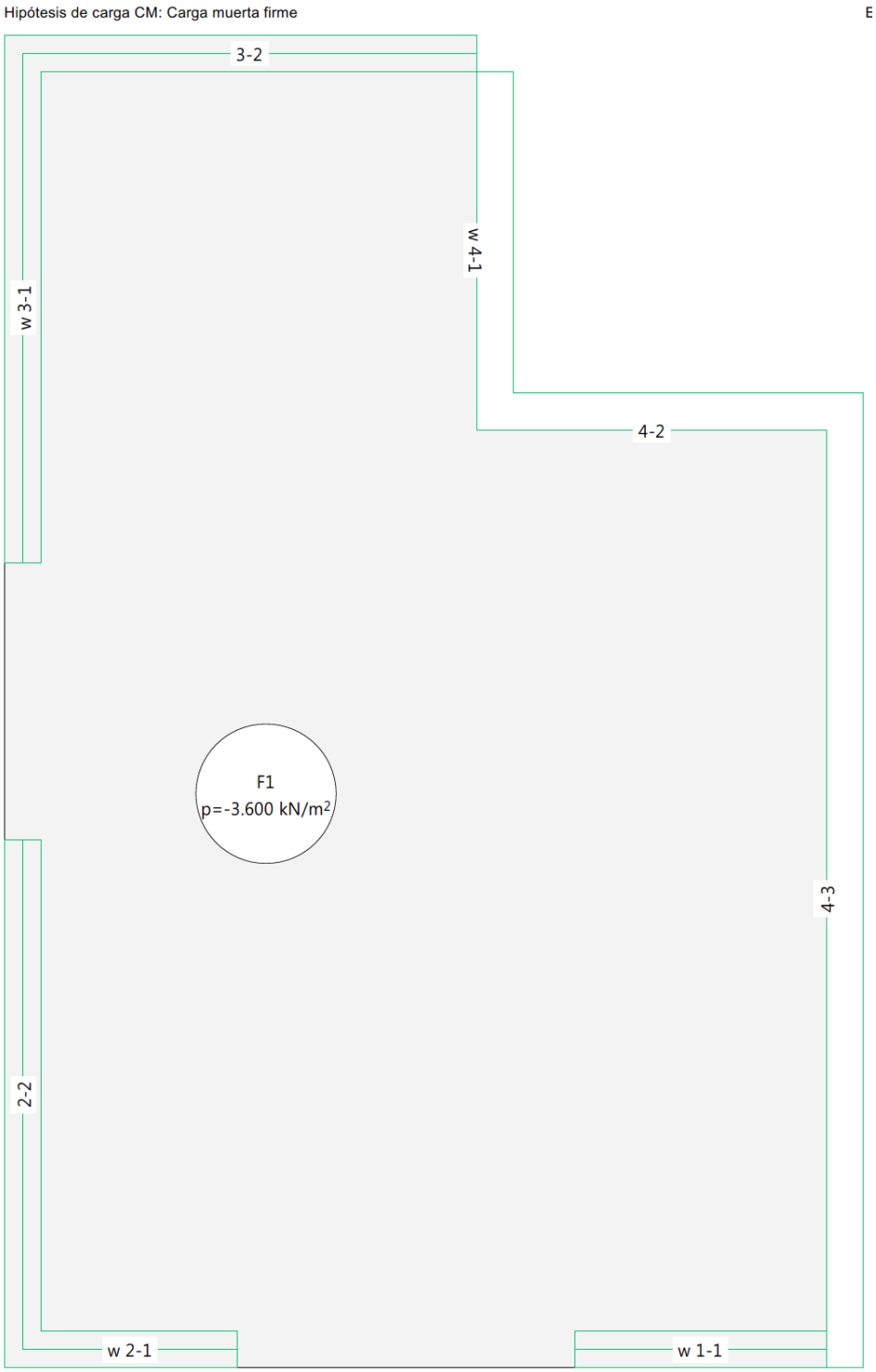
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		7	-9.840		
				348	-1.474		
				329	7.742		
				310	18.204		
				291	31.904		
				8	24.809		
				Sumas	**71.345**	0	
W2	1	0		9	26.158		
				107	31.367		
				81	14.058		
				55	-1.634		
				10	-9.686		
				Sumas	**60.263**	0	
	2	90.000		10	-9.686		
				38	-5.602		
				39	3.886		
				40	9.314		
				41	12.173		
				42	14.003		
				43	16.354		
				44	20.880		
				45	29.139		
				11	20.638		
				Sumas	**111.101**	0	
W3	1	90.000		12	14.045		
				46	19.823		
				47	13.536		
				48	11.102		
				49	8.845		
				50	7.231		
				51	6.361		
				52	5.011		
				53	2.563		
				13	-2.376		
				Sumas	**86.141**	0	
	2	0		13	-2.376		
				78	1.853		
				104	5.838		
				130	8.094		
				155	9.392		
				180	9.139		
				205	6.472		
				230	1.250		
				382	-0.748		
				14	-1.236		
				Sumas	**37.680**	0	
W4	1	90.000		15	-2.931		
				253	0.705		
				252	2.588		
				251	2.270		
				250	4.966		
				249	22.333		
				4	35.372		
				Sumas	**65.302**	0	
	2	0		4	35.372		

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
				271	29.645		
				289	14.186		
				308	8.129		
				327	5.440		
				346	2.089		
				365	-4.721		
				5	-7.590		
				Sumas	**82.549**	0	
	3	90.000		5	-7.590		
				381	-4.732		
				380	1.671		
				379	6.184		
				378	10.030		
				377	11.589		
				376	12.474		
				375	13.038		
				374	13.538		
				373	13.870		
				372	13.883		
				371	13.713		
				370	13.295		
				369	12.399		
				368	10.415		
				367	5.965		
				366	-3.566		
				7	-9.840		
				6	-4.868		
				Sumas	**121.469**	0	
Total					**635.850**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

3.2- Carga muerta:

Se ha considerado un espesor de firme máximo sobre cubierta de 0.15 m con una densidad de 24 kN/m^3:



HIPÓTESIS DE CARGA CM : Carga muerta firme

Carga repartida (Toda la estructura)

ID	Geometría Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Geometría Area [m²]		Carga Valor [kN/m²]		Subtotal Carga Z [kN]
F1	25.43	40.0	63.59		-3.600		-228.906

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga CM)

Valores concentrados en los nudos

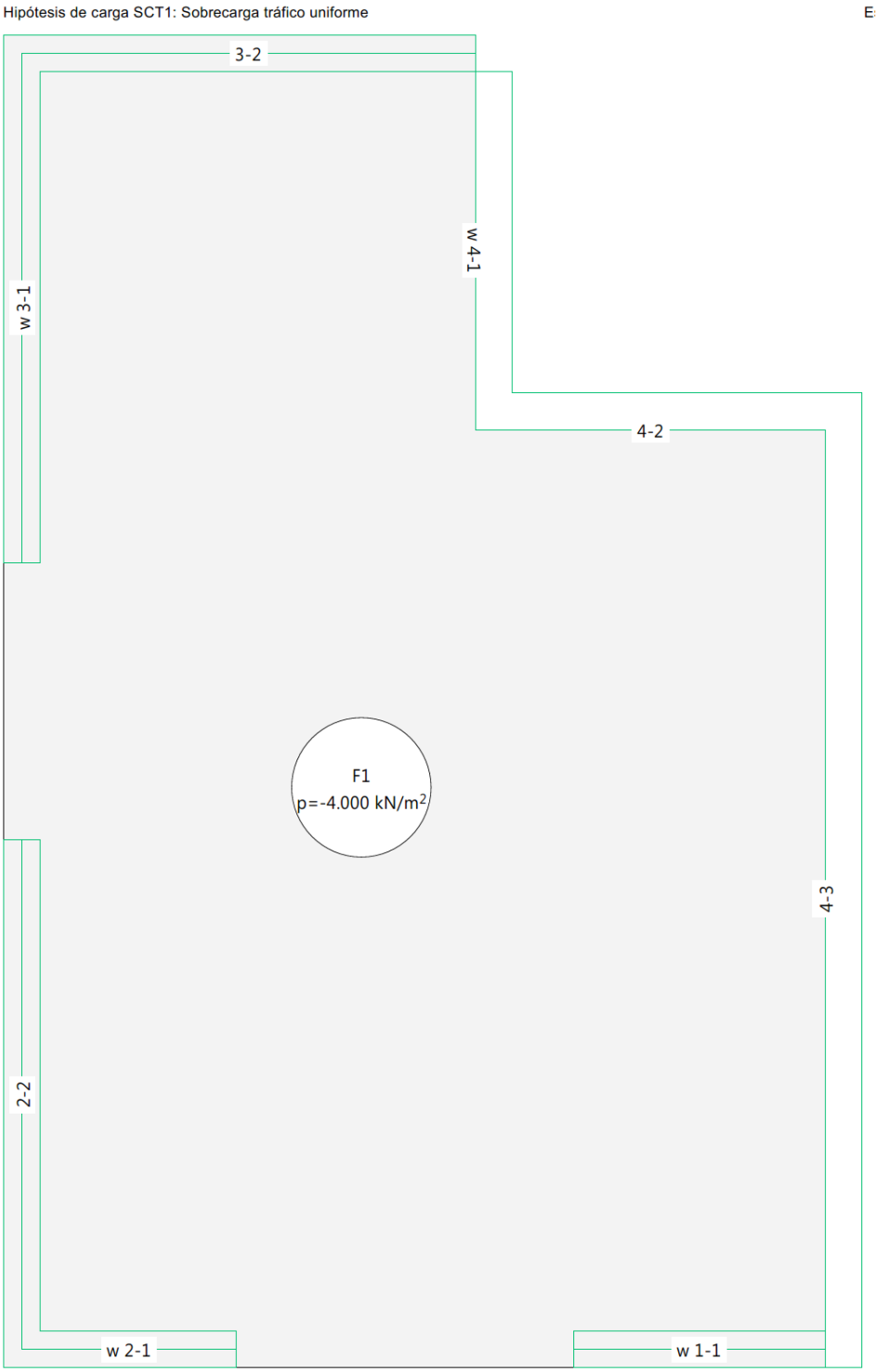
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		7	-3.542		
				348	-0.531		
				329	2.787		
				310	6.553		
				291	11.486		
				8	8.931		
				Sumas	**25.684**	0	
W2	1	0		9	9.417		
				107	11.292		
				81	5.061		
				55	-0.588		
				10	-3.487		
				Sumas	**21.695**	0	
	2	90.000		10	-3.487		
				38	-2.017		
				39	1.399		
				40	3.353		
				41	4.382		
				42	5.041		
				43	5.888		
				44	7.517		
				45	10.490		
				11	7.430		
				Sumas	**39.996**	0	
W3	1	90.000		12	5.056		
				46	7.136		
				47	4.873		
				48	3.997		
				49	3.184		
				50	2.603		
				51	2.290		
				52	1.804		
				53	0.923		
				13	-0.855		
				Sumas	**31.011**	0	
	2	0		13	-0.855		
				78	0.667		
				104	2.102		
				130	2.914		
				155	3.381		
				180	3.290		
				205	2.330		
				230	0.450		
				382	-0.269		
				14	-0.445		
				Sumas	**13.565**	0	
W4	1	90.000		15	-1.055		
				253	0.254		
				252	0.932		
				251	0.817		
				250	1.788		
				249	8.040		
				4	12.734		
				Sumas	**23.509**	0	
	2	0		4	12.734		

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
				271	10.672		
				289	5.107		
				308	2.926		
				327	1.958		
				346	0.752		
				365	-1.700		
				5	-2.733		
				Sumas	**29.718**	0	
	3	90.000		5	-2.733		
				381	-1.703		
				380	0.602		
				379	2.226		
				378	3.611		
				377	4.172		
				376	4.491		
				375	4.694		
				374	4.874		
				373	4.993		
				372	4.998		
				371	4.937		
				370	4.786		
				369	4.463		
				368	3.749		
				367	2.147		
				366	-1.284		
				7	-3.542		
				6	-1.752		
				Sumas	**43.729**	0	
Total					**228.906**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

3.3- Sobrecargas de tráfico:

Se ha considerado una sobrecarga de tráfico uniforme de 4.0 kN/m^2, según indicaciones de la Norma IAP:



HIPÓTESIS DE CARGA SCT1 : Sobrecarga tráfico uniforme

Carga repartida (Toda la estructura)

ID	Geometría Volumen [m^3]	Espesor [cm]	Area [m^2]		Carga Valor [kN/m^2]		Subtotal Carga Z [kN]
F1	25.43	40.0	63.59		-4.000		-254.340

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT1)

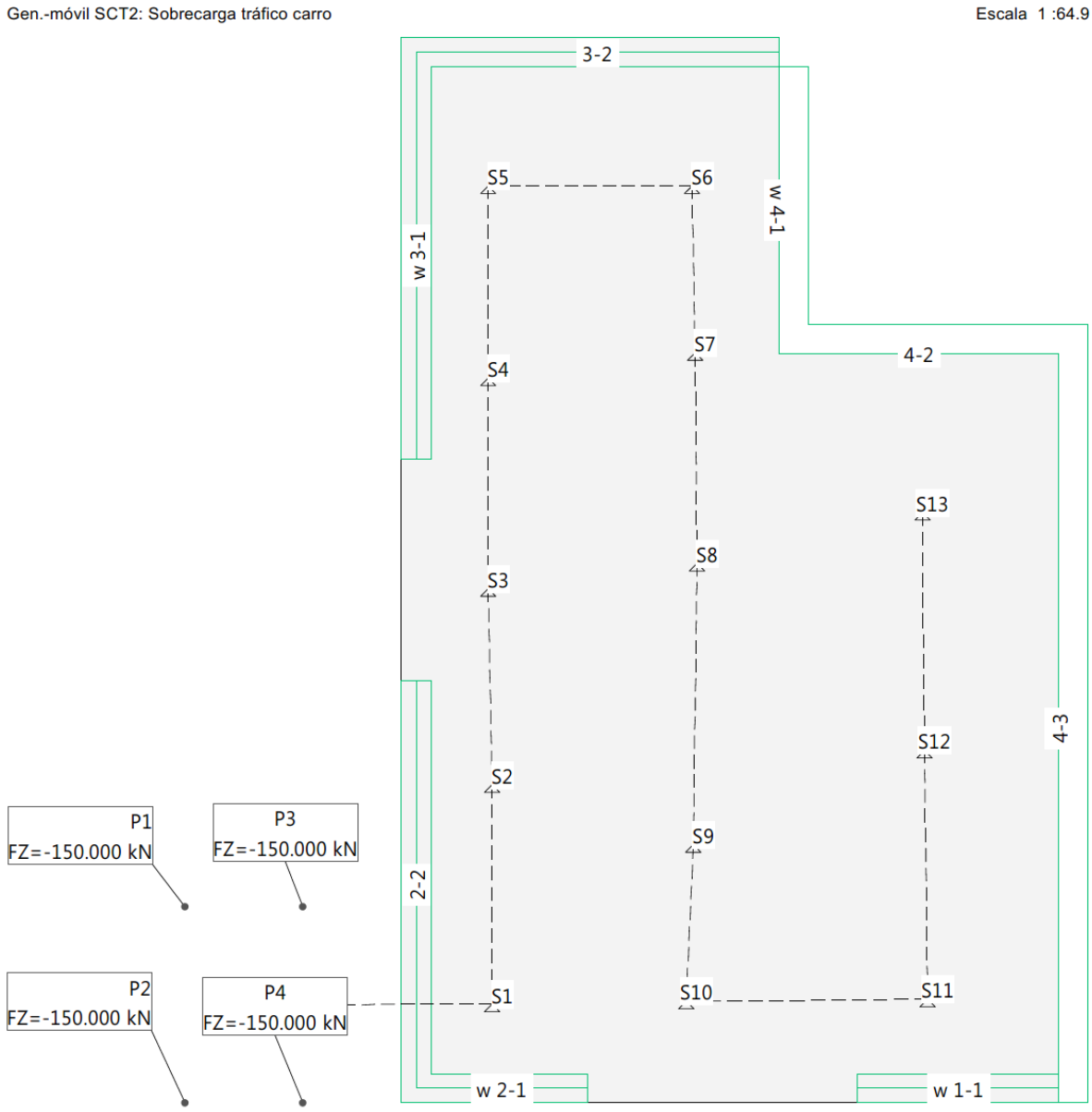
Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		7	-3.936		
				348	-0.590		
				329	3.097		
				310	7.282		
				291	12.762		
				8	9.924		
				Sumas	**28.538**	0	
W2	1	0		9	10.463		
				107	12.547		
				81	5.623		
				55	-0.654		
				10	-3.874		
				Sumas	**24.105**	0	
	2	90.000		10	-3.874		
				38	-2.241		
				39	1.554		
				40	3.726		
				41	4.869		
				42	5.601		
				43	6.542		
				44	8.352		
				45	11.656		
				11	8.255		
				Sumas	**44.440**	0	
W3	1	90.000		12	5.618		
				46	7.929		
				47	5.414		
				48	4.441		
				49	3.538		
				50	2.892		
				51	2.544		
				52	2.004		
				53	1.025		
				13	-0.950		
				Sumas	**34.456**	0	
	2	0		13	-0.950		
				78	0.741		
				104	2.335		
				130	3.238		
				155	3.757		
				180	3.656		
				205	2.589		
				230	0.500		
				382	-0.299		
				14	-0.494		
				Sumas	**15.072**	0	
W4	1	90.000		15	-1.172		
				253	0.282		
				252	1.035		
				251	0.908		
				250	1.986		
				249	8.933		
				4	14.149		
				Sumas	**26.121**	0	
	2	0		4	14.149		

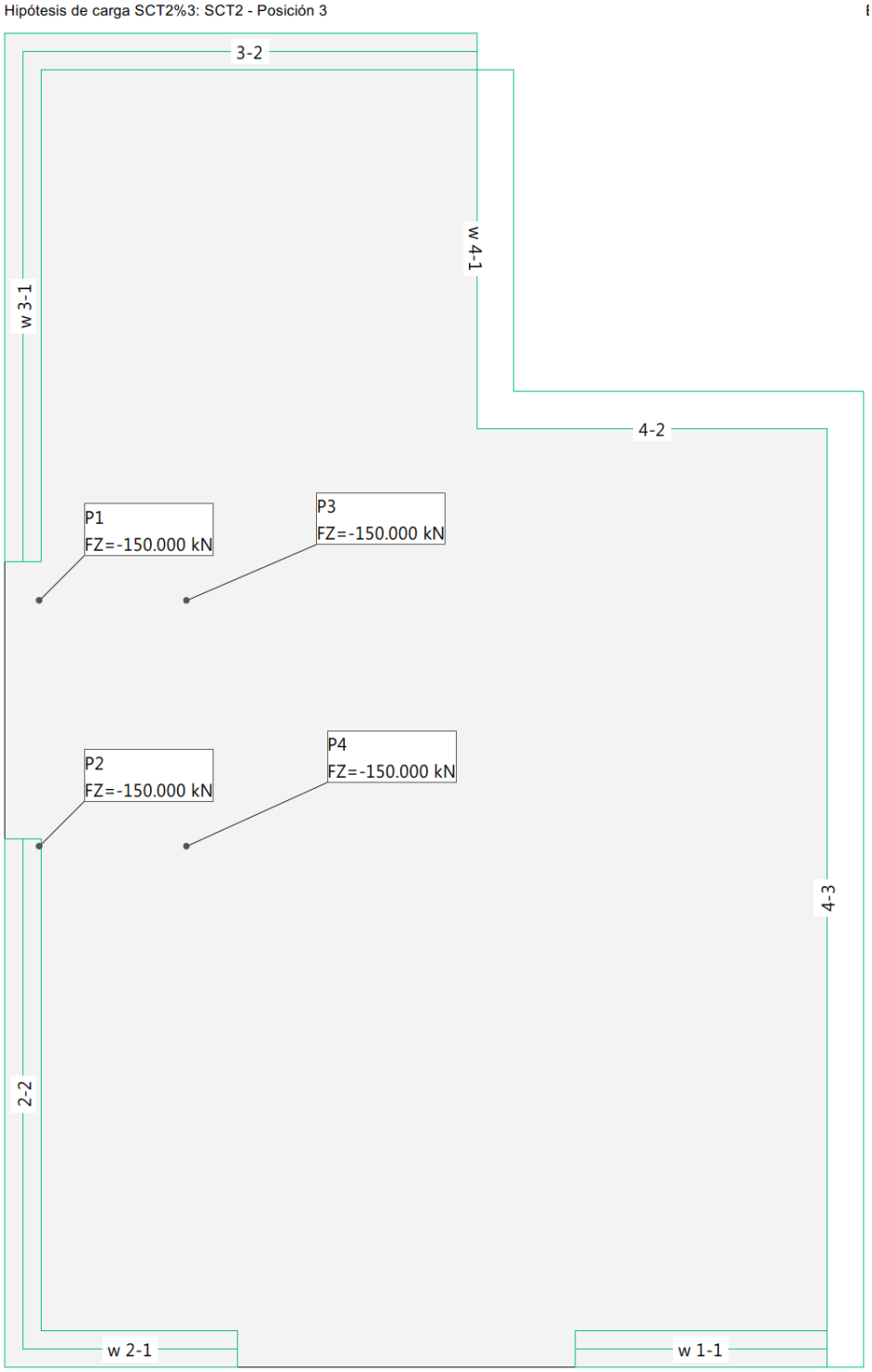
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
				271	11.858		
				289	5.675		
				308	3.252		
				327	2.176		
				346	0.836		
				365	-1.888		
				5	-3.036		
				Sumas	**33.020**	0	
	3	90.000		5	-3.036		
				381	-1.893		
				380	0.669		
				379	2.474		
				378	4.012		
				377	4.636		
				376	4.990		
				375	5.215		
				374	5.415		
				373	5.548		
				372	5.553		
				371	5.485		
				370	5.318		
				369	4.959		
				368	4.166		
				367	2.386		
				366	-1.426		
				7	-3.936		
				6	-1.947		
				Sumas	**48.588**	0	
Total					**254.340**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Además de la sobrecarga de tráfico uniforme, se ha paseado un carro de 4 apoyos de 600.0 kN de peso total, según indicaciones de la IAP, de forma aleatoria por toda la superficie de la losa:



Se incluyen a continuación, a modo de ejemplo, las posiciones S3 y S10 del carro (gráfico + listados de cargas y reacciones):



HIPÓTESIS DE CARGA SCT2%3 : SCT2 - Posición 3

Carga puntual

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Momento MX [kNm]	Momento MY [kNm]		Subtotal Carga Z [kN]
P1	0.29	6.24		0	0		-150.000
P2	0.29	4.24		0	0		-150.000
P3	1.49	6.24		0	0		-150.000
P4	1.49	4.24		0	0		-150.000

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT2%3)

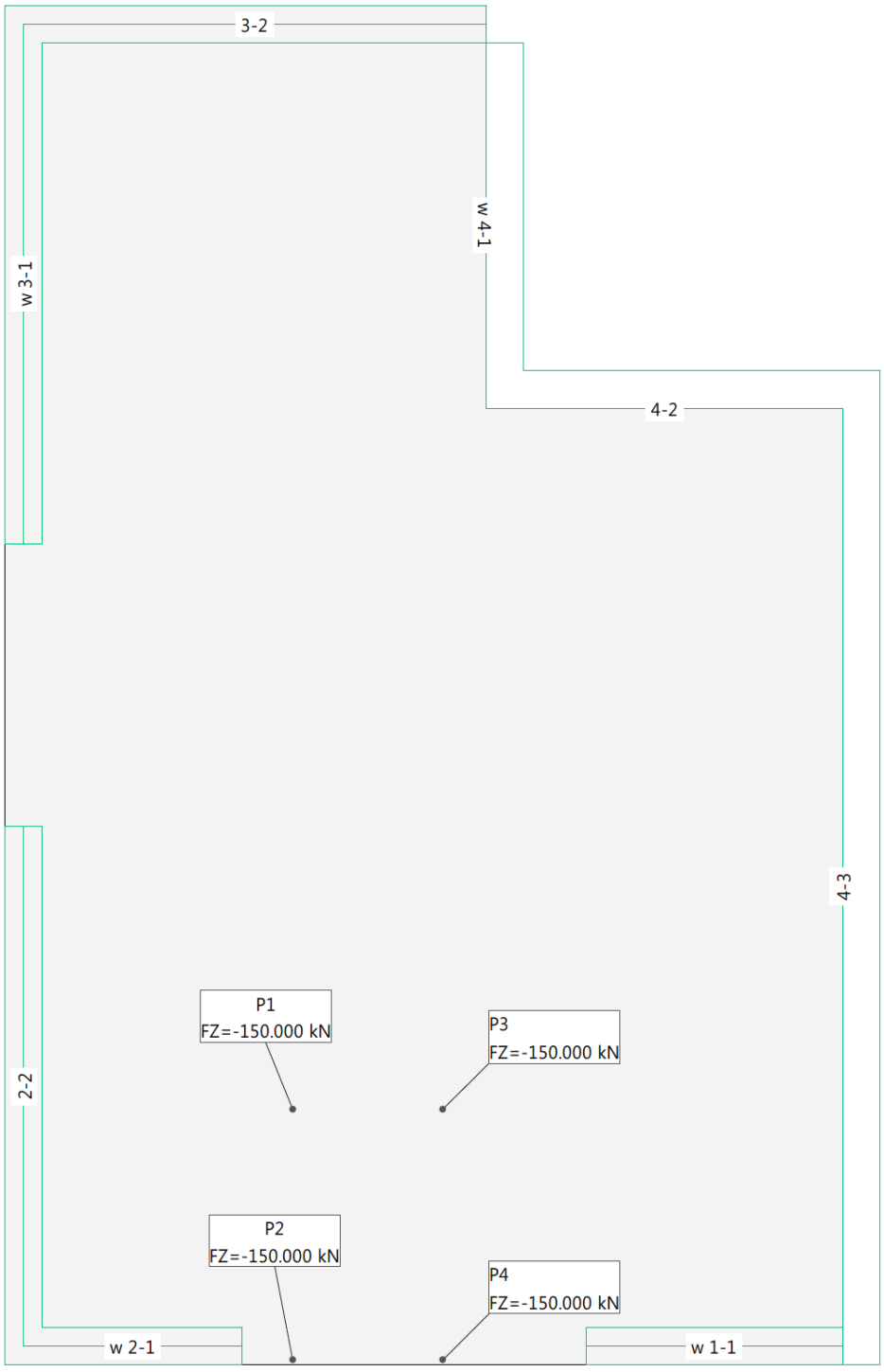
Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		7	-4.740		
				348	-2.316		
				329	0.482		
				310	3.613		
				291	7.735		
				8	6.585		
				Sumas	**11.358**	0	
W2	1	0		9	8.690		
				107	10.217		
				81	3.353		
				55	-4.229		
				10	-7.136		
				Sumas	**10.895**	0	
	2	90.000		10	-7.136		
				38	-8.137		
				39	-4.431		
				40	-2.268		
				41	0.761		
				42	8.284		
				43	25.523		
				44	58.910		
				45	112.968		
				11	89.297		
				Sumas	**273.772**	0	
W3	1	90.000		12	65.677		
				46	85.208		
				47	48.455		
				48	27.570		
				49	6.691		
				50	-3.267		
				51	-5.649		
				52	-5.235		
				53	-5.402		
				13	-3.026		
				Sumas	**211.023**	0	
	2	0		13	-3.026		
				78	-1.559		
				104	0.555		
				130	1.617		
				155	2.014		
				180	1.686		
				205	0.473		
				230	-1.184		
				382	-1.453		
				14	-1.090		
				Sumas	**-1.966**	0	
W4	1	90.000		15	-3.270		
				253	-4.160		
				252	-4.503		
				251	-5.329		
				250	-1.583		
				249	18.083		
				4	34.074		

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
				Sumas	**33.313**	0	
	2	0		4	34.074		
				271	23.222		
				289	5.759		
				308	-0.688		
				327	-2.328		
				346	-3.233		
				365	-5.778		
				5	-5.148		
				Sumas	**45.880**	0	
	3	90.000		5	-5.148		
				381	-4.542		
				380	-1.200		
				379	0.830		
				378	2.532		
				377	3.380		
				376	3.856		
				375	4.081		
				374	4.135		
				373	3.996		
				372	3.669		
				371	3.264		
				370	2.833		
				369	2.366		
				368	1.681		
				367	0.219		
				366	-3.229		
				7	-4.740		
				6	-2.256		
				Sumas	**15.726**	0	
Total					**600.000**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Hipótesis de carga SCT2%10: SCT2 - Posición 10



HIPÓTESIS DE CARGA SCT2%10 : SCT2 - Posición 10

Carga puntual

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Momento MX [kNm]	Momento MY [kNm]		Subtotal Carga Z [kN]
P1	2.30	2.04		0	0		-150.000
P2	2.30	0.04		0	0		-150.000
P3	3.50	2.04		0	0		-150.000
P4	3.50	0.04		0	0		-150.000

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT2%10)

Valores concentrados en los nudos

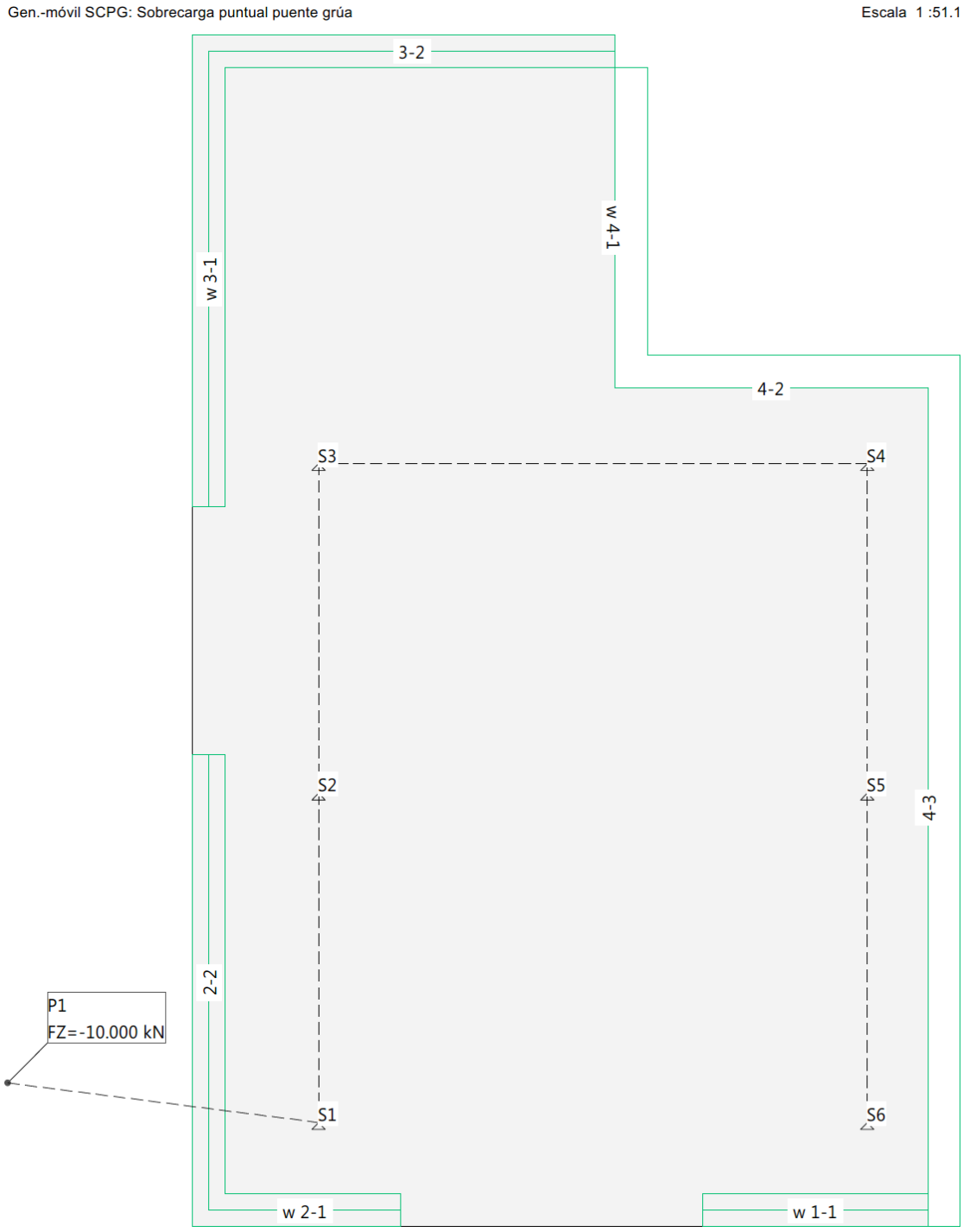
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		7	-20.190		
				348	-7.447		
				329	12.250		
				310	44.862		
				291	99.478		
				8	90.269		
				Sumas	**219.222**	0	
W2	1	0		9	123.053		
				107	137.133		
				81	57.167		
				55	0.198		
				10	-25.153		
				Sumas	**292.398**	0	
	2	90.000		10	-25.153		
				38	-22.245		
				39	-1.490		
				40	11.014		
				41	16.985		
				42	18.418		
				43	17.292		
				44	15.402		
				45	14.095		
				11	6.912		
				Sumas	**51.228**	0	
W3	1	90.000		12	1.308		
				46	0.989		
				47	-0.142		
				48	-0.967		
				49	-1.623		
				50	-1.612		
				51	-1.363		
				52	-1.079		
				53	-1.064		
				13	-0.574		
				Sumas	**-6.126**	0	
	2	0		13	-0.574		
				78	-0.309		
				104	0.050		
				130	0.185		
				155	0.180		
				180	0.054		
				205	-0.154		
				230	-0.322		
				382	-0.296		
				14	-0.193		
				Sumas	**-1.379**	0	
W4	1	90.000		15	-0.672		
				253	-1.583		
				252	-2.644		
				251	-4.072		
				250	-3.782		
				249	4.377		
				4	15.640		

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
				Sumas	**7.264**	0	
	2	0		4	15.640		
				271	12.696		
				289	5.242		
				308	2.121		
				327	0.680		
				346	-1.051		
				365	-4.580		
				5	-5.009		
				Sumas	**25.739**	0	
	3	90.000		5	-5.009		
				381	-4.680		
				380	-1.695		
				379	-0.074		
				378	1.229		
				377	2.104		
				376	3.026		
				375	4.164		
				374	5.591		
				373	7.233		
				372	8.812		
				371	10.109		
				370	10.696		
				369	9.929		
				368	6.740		
				367	-0.801		
				366	-16.195		
				7	-20.190		
				6	-9.334		
				Sumas	**11.656**	0	
Total					**600.000**		

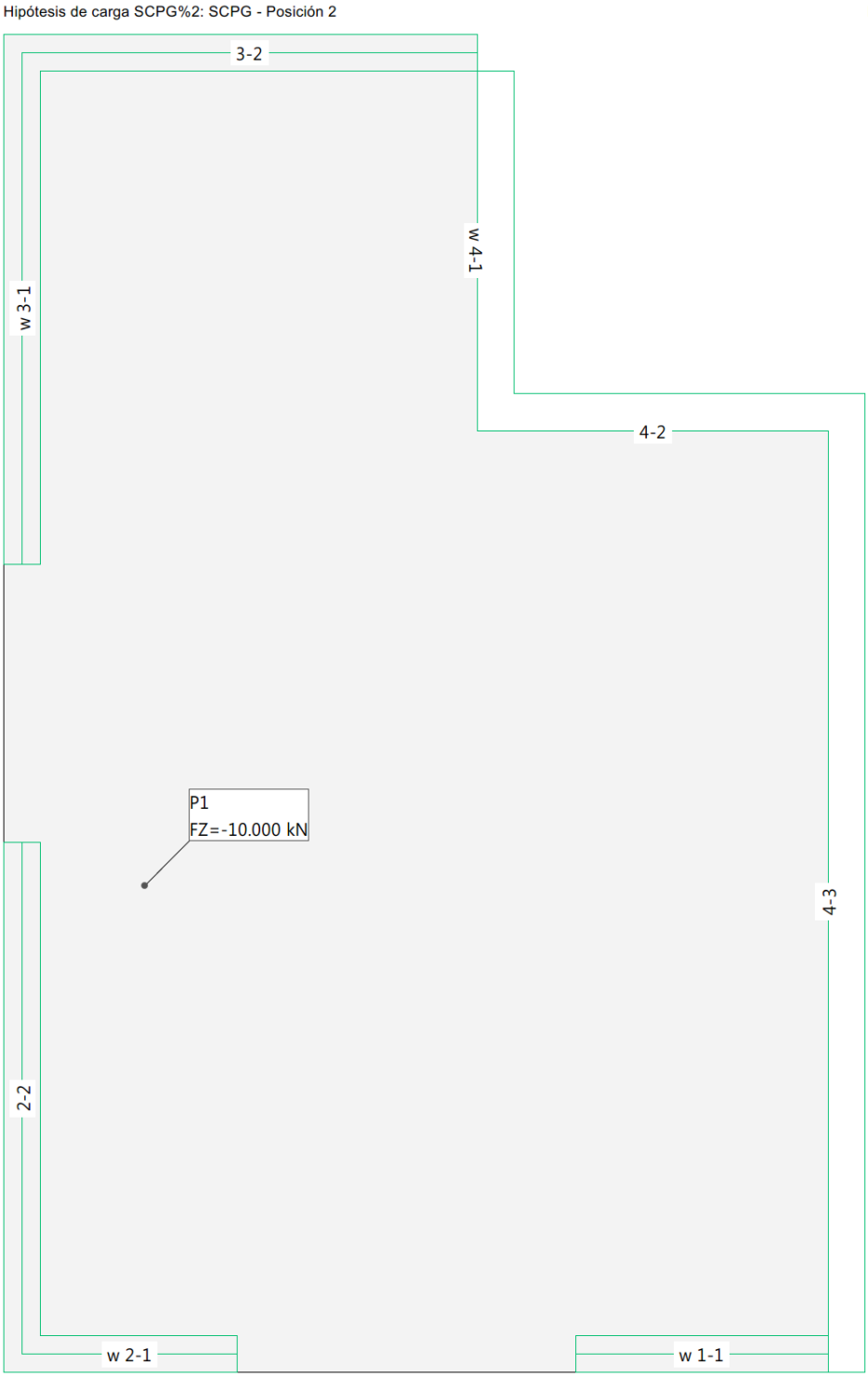
RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

3.4- Sobrecarga del puente grúa:

En la arqueta de conexión con la Red del Canal de Isabel II se coloca un puente grúa de 10 kN de carga máxima para el mantenimiento de los equipos de la red de tuberías. Dicho puente grúa está anclado a la losa superior en seis puntos. Se han tomado como situaciones críticas una carga puntual móvil de 10 kN en dichos puntos:



Se incluyen a continuación, a modo de ejemplo, las posiciones S2 y S5 de la carga puntual de 10 kN del puente grúa (gráfico + listados de cargas y reacciones):



HIPÓTESIS DE CARGA SCPG%2 : SCPG - Posición 2

Carga puntual

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Momento MX [kNm]	Momento MY [kNm]		Subtotal Carga Z [kN]
P1	1.15	3.95		0	0		-10.000

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCPG%2)

Valores concentrados en los nudos

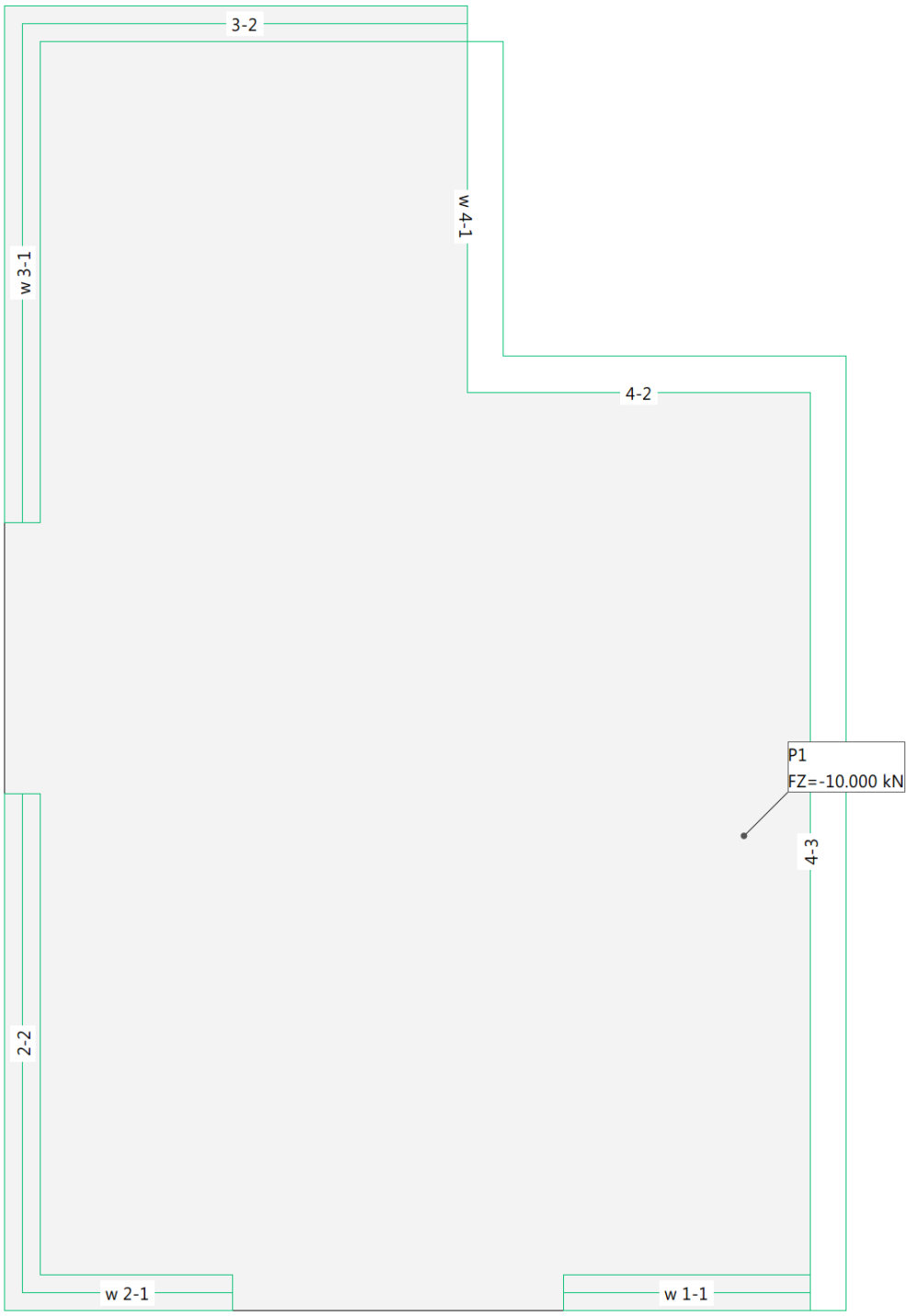
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		7	-0.152		
				348	-0.074		
				329	0.019		
				310	0.128		
				291	0.279		
				8	0.241		
				Sumas	**0.442**	0	
W2	1	0		9	0.356		
				107	0.435		
				81	0.165		
				55	-0.135		
				10	-0.264		
				Sumas	**0.556**	0	
	2	90.000		10	-0.264		
				38	-0.251		
				39	-0.053		
				40	0.102		
				41	0.282		
				42	0.559		
				43	0.989		
				44	1.578		
				45	2.241		
				11	1.407		
				Sumas	**6.590**	0	
W3	1	90.000		12	0.422		
				46	0.474		
				47	0.216		
				48	0.069		
				49	-0.054		
				50	-0.088		
				51	-0.079		
				52	-0.061		
				53	-0.056		
				13	-0.029		
				Sumas	**0.815**	0	
	2	0		13	-0.029		
				78	-0.015		
				104	0.004		
				130	0.013		
				155	0.015		
				180	0.010		
				205	-0.001		
				230	-0.014		
				382	-0.015		
				14	-0.010		
				Sumas	**-0.043**	0	
W4	1	90.000		15	-0.034		
				253	-0.060		
				252	-0.085		
				251	-0.119		
				250	-0.086		
				249	0.211		
				4	0.536		
				Sumas	**0.362**	0	
	2	0		4	0.536		

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
				271	0.400		
				289	0.130		
				308	0.023		
				327	-0.014		
				346	-0.047		
				365	-0.118		
				5	-0.116		
				Sumas	**0.795**	0	
	3	90.000		5	-0.116		
				381	-0.103		
				380	-0.029		
				379	0.015		
				378	0.053		
				377	0.074		
				376	0.090		
				375	0.102		
				374	0.112		
				373	0.116		
				372	0.115		
				371	0.110		
				370	0.101		
				369	0.088		
				368	0.065		
				367	0.015		
				366	-0.100		
				7	-0.152		
				6	-0.072		
				Sumas	**0.483**	0	
Total					**10.000**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Hipótesis de carga SCPG%5: SCPG - Posición 5

Escala 1 :46.1



HIPÓTESIS DE CARGA SCPG%5 : SCPG - Posición 5

Carga puntual

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Momento MX [kNm]	Momento MY [kNm]		Subtotal Carga Z [kN]
P1	6.15	3.95		0	0		-10.000

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCPG%5)

Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		7	-0.144		
				348	-0.049		
				329	0.050		
				310	0.142		
				291	0.241		
				8	0.176		
				Sumas	**0.416**	0	
W2	1	0		9	0.127		
				107	0.134		
				81	0.037		
				55	-0.055		
				10	-0.083		
				Sumas	**0.161**	0	
	2	90.000		10	-0.083		
				38	-0.071		
				39	-0.008		
				40	0.027		
				41	0.047		
				42	0.058		
				43	0.070		
				44	0.086		
				45	0.112		
				11	0.074		
				Sumas	**0.312**	0	
W3	1	90.000		12	0.030		
				46	0.032		
				47	0.011		
				48	-0.004		
				49	-0.017		
				50	-0.021		
				51	-0.019		
				52	-0.015		
				53	-0.014		
				13	-0.006		
				Sumas	**-0.022**	0	
	2	0		13	-0.006		
				78	-0.004		
				104	-0.001		
				130	0.000		
				155	-0.000		
				180	-0.002		
				205	-0.004		
				230	-0.004		
				382	-0.003		
				14	-0.002		
				Sumas	**-0.025**	0	
W4	1	90.000		15	-0.007		
				253	-0.023		
				252	-0.042		
				251	-0.068		
				250	-0.069		
				249	0.058		
				4	0.253		
				Sumas	**0.101**	0	
	2	0		4	0.253		

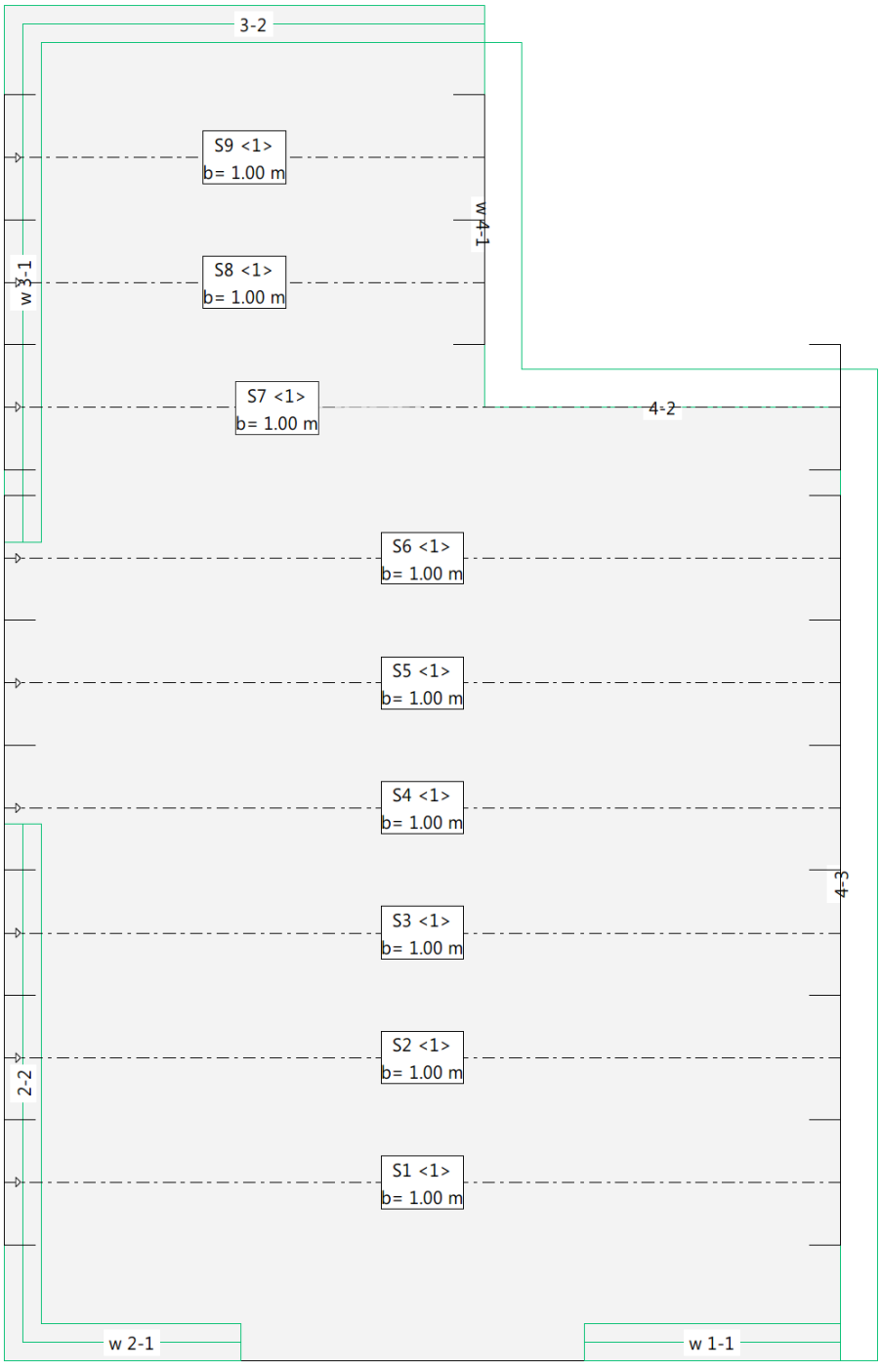
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
				271	0.240		
				289	0.142		
				308	0.101		
				327	0.072		
				346	0.017		
				365	-0.093		
				5	-0.127		
				Sumas	**0.605**	0	
	3	90.000		5	-0.127		
				381	-0.120		
				380	-0.043		
				379	0.008		
				378	0.089		
				377	0.248		
				376	0.579		
				375	1.155		
				374	1.878		
				373	2.111		
				372	1.536		
				371	0.850		
				370	0.395		
				369	0.163		
				368	0.059		
				367	-0.007		
				366	-0.109		
				7	-0.144		
				6	-0.068		
				Sumas	**8.452**	0	
Total					**10.000**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

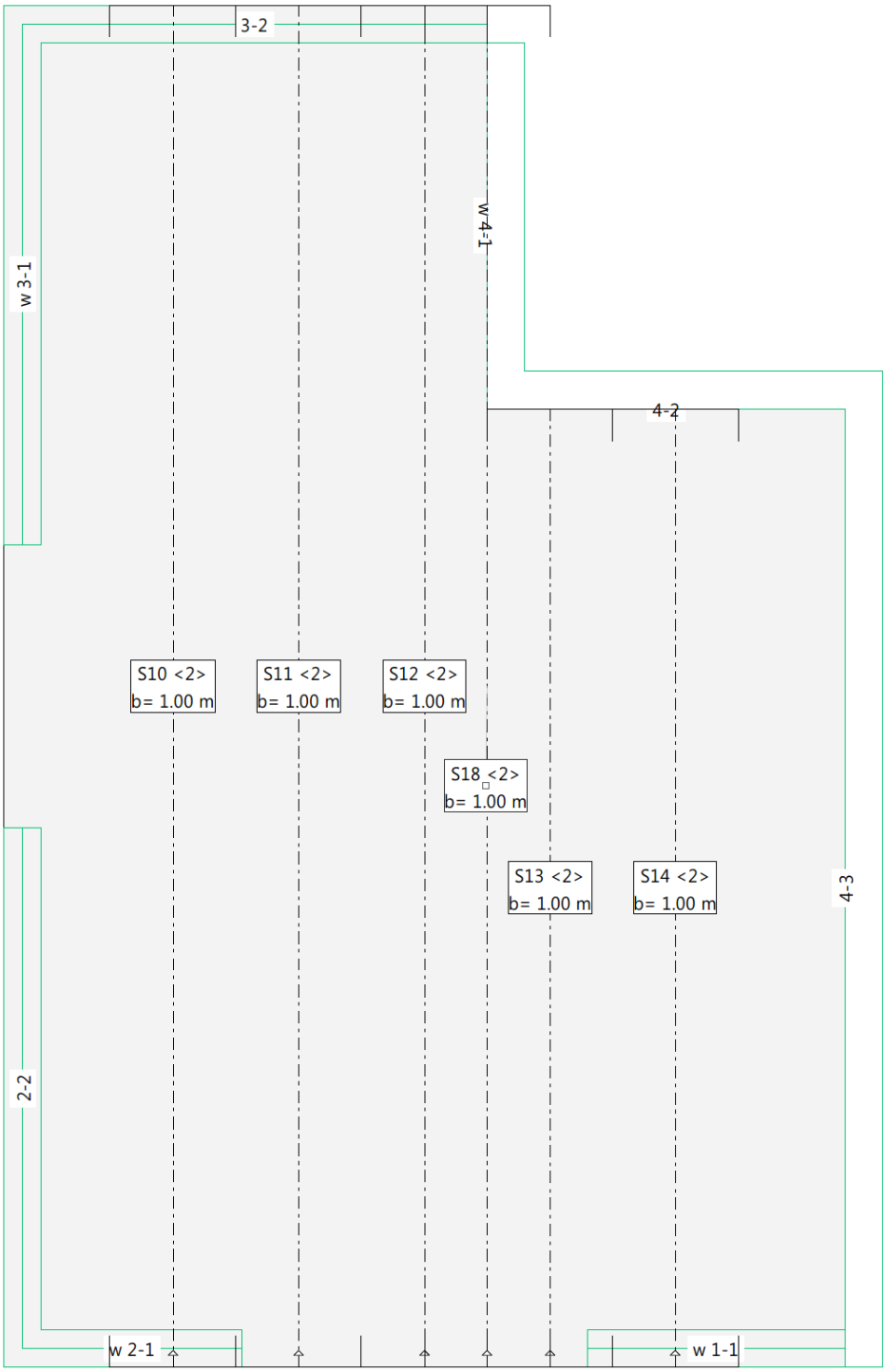
4- SECCIONES DE SALIDA:

A continuación se presentan las secciones de salida en las que el programa integrará los esfuerzos de la manera explicada en aparatados anteriores. El ancho adoptado para las secciones de salida ha sido de 1.00 m para las secciones longitudinales y transversales (dirección x y dirección y). En los zunchos de borde se han dado secciones iguales al ancho del zuncho, es decir de 0.30 m.

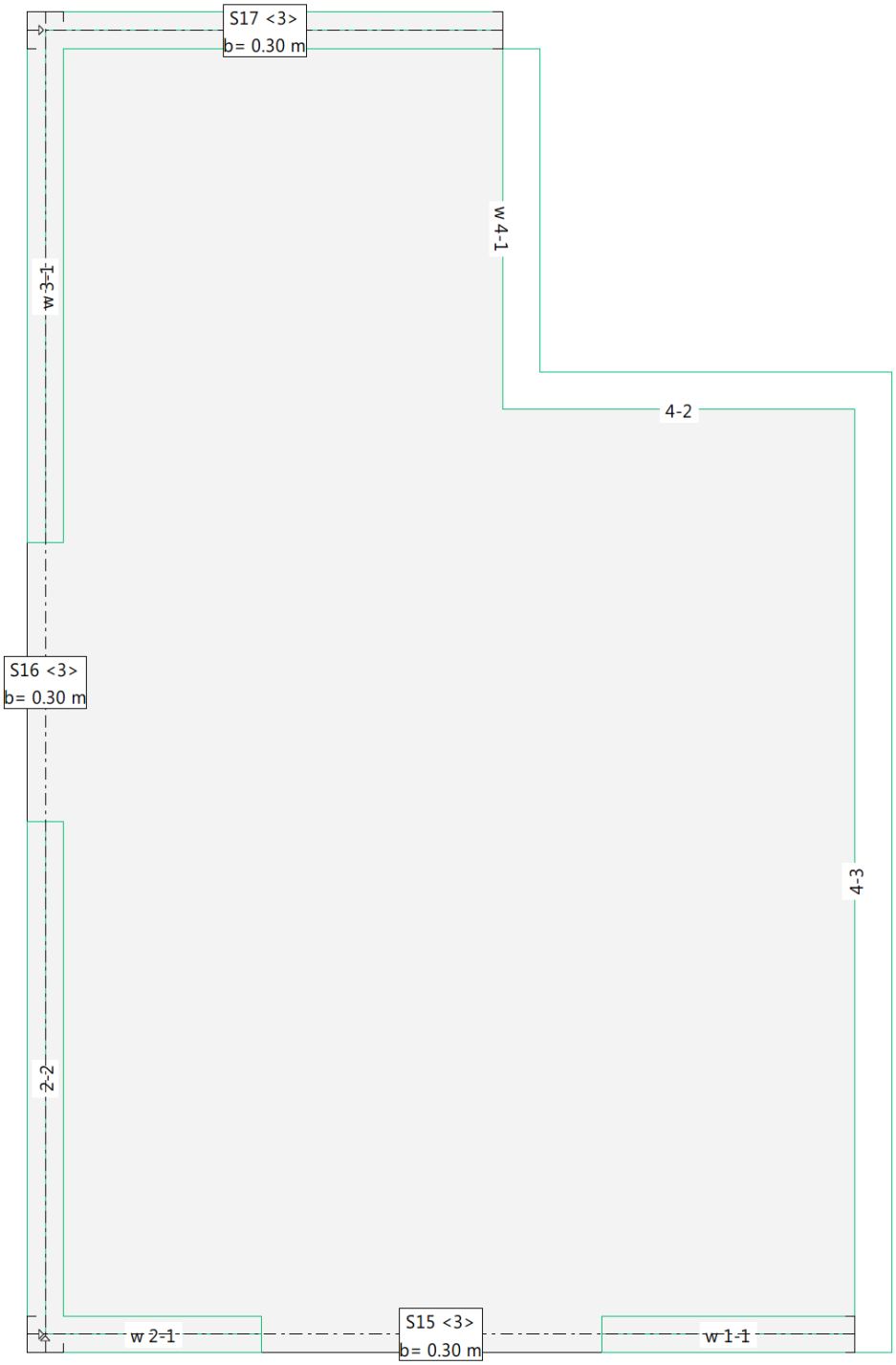
Secciones de salida en dirección x



Secciones de salida en dirección y



Secciones de salida en zuncho perimetral



5- ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (E.L.U.):

5.1. Envolvente de cálculo:

Especificación de envolventes: ELU

Descripción
Situación de diseño estándar: Estado límite último tipo 2 (1B)

Especificación de envolventes

No	Acción Nombre	Fac	Combinaciones de acciones 1	2	3	4
1	Peso propio	1	1.35	1.35	1	1
2	Carga muerta	1	1.35	1.35	1	1
3	Puente grúa	1	1.5	1.5	1.5	1.5
4	Sobrecarga tráfico	1	1.05	1.5	1.05	1.5

Fac : todos los factores de combinación son multiplicados por este factor

Superposiciones de hipótesis de carga para las acciones
para la especificación de envolventes ELU

Acción	Alt	aditivo	excluyente	Hipótesis de carga	Factor	Comb.
Peso propio		Permanente		PP Peso propio	1.000	
Carga muerta		Permanente		CM Carga muerta firme	1.000	
Puente grúa		si es crítico	ya sea	SCPG%1 SCPG - Posición 1	1.000	
			o	SCPG%2 SCPG - Posición 2	1.000	
			o	SCPG%3 SCPG - Posición 3	1.000	
			o	SCPG%4 SCPG - Posición 4	1.000	
			o	SCPG%5 SCPG - Posición 5	1.000	
Sobrecarga tráfico		Permanente		SCT1 Sobrecarga tráfico uniforme	1.000	
		p&lus si es crí	ya sea	SCT2%1 SCT2 - Posición 1	1.000	
			o	SCT2%2 SCT2 - Posición 2	1.000	
			o	SCT2%3 SCT2 - Posición 3	1.000	
			o	SCT2%4 SCT2 - Posición 4	1.000	
			o	SCT2%5 SCT2 - Posición 5	1.000	
			o	SCT2%6 SCT2 - Posición 6	1.000	
			o	SCT2%7 SCT2 - Posición 7	1.000	
			o	SCT2%8 SCT2 - Posición 8	1.000	
			o	SCT2%9 SCT2 - Posición 9	1.000	
			o	SCT2%10 SCT2 - Posición 10	1.000	
			o	SCT2%11 SCT2 - Posición 11	1.000	
			o	SCT2%12 SCT2 - Posición 12	1.000	

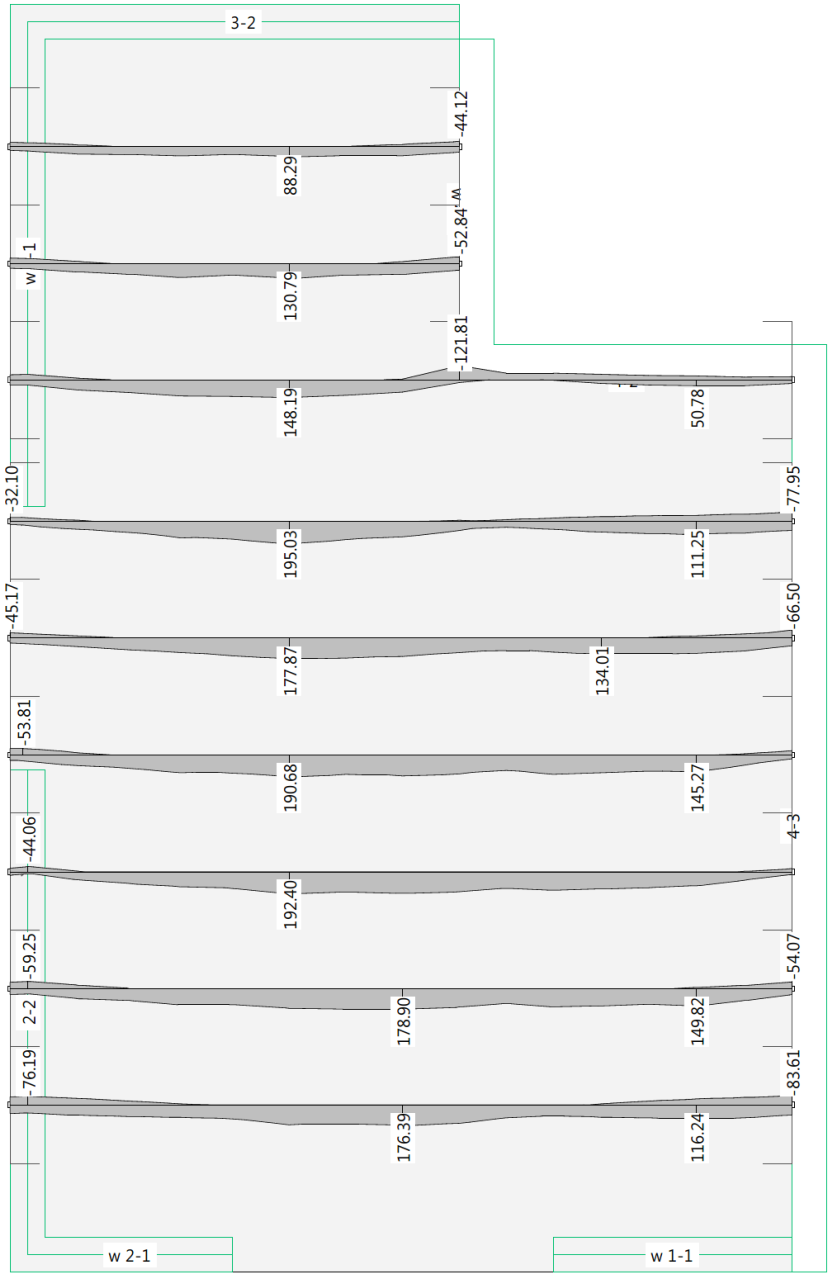
Alt : Superposición alternativa

5.2. E.L.U. Flexión:

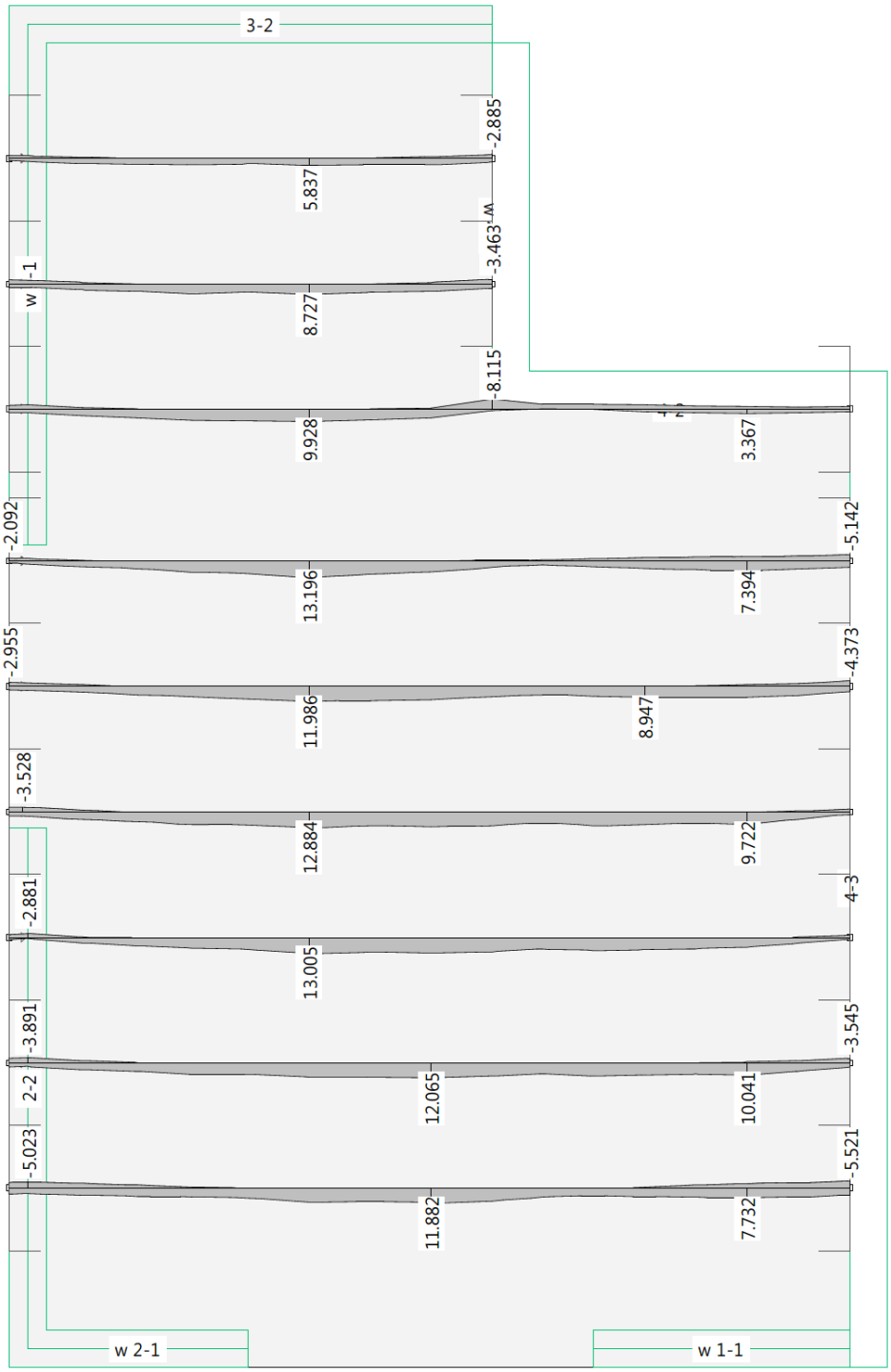
Se han obtenido las leyes de momentos flectores en cada una de las secciones de salida representadas en apartados anteriores. Con dichas leyes, el programa CEDRUS-7 ha calculado la armadura necesaria en cada una de las secciones generadas.

A continuación se representan tanto las leyes de momentos como las de armado, en primer lugar en dirección x, en segundo lugar en dirección y, y finalmente en el zuncho perimetral.

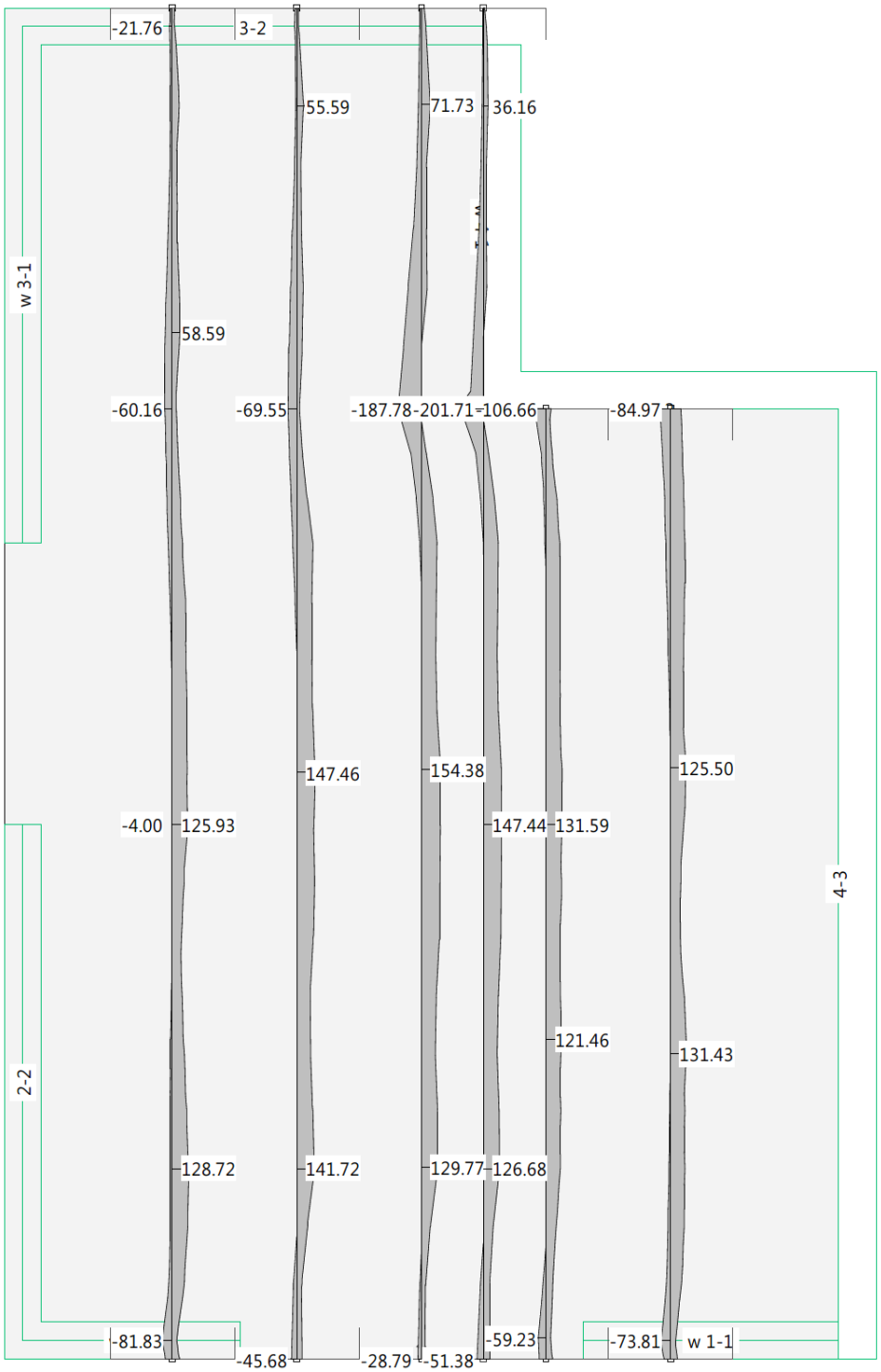
Momento flector en dirección x (kNm)



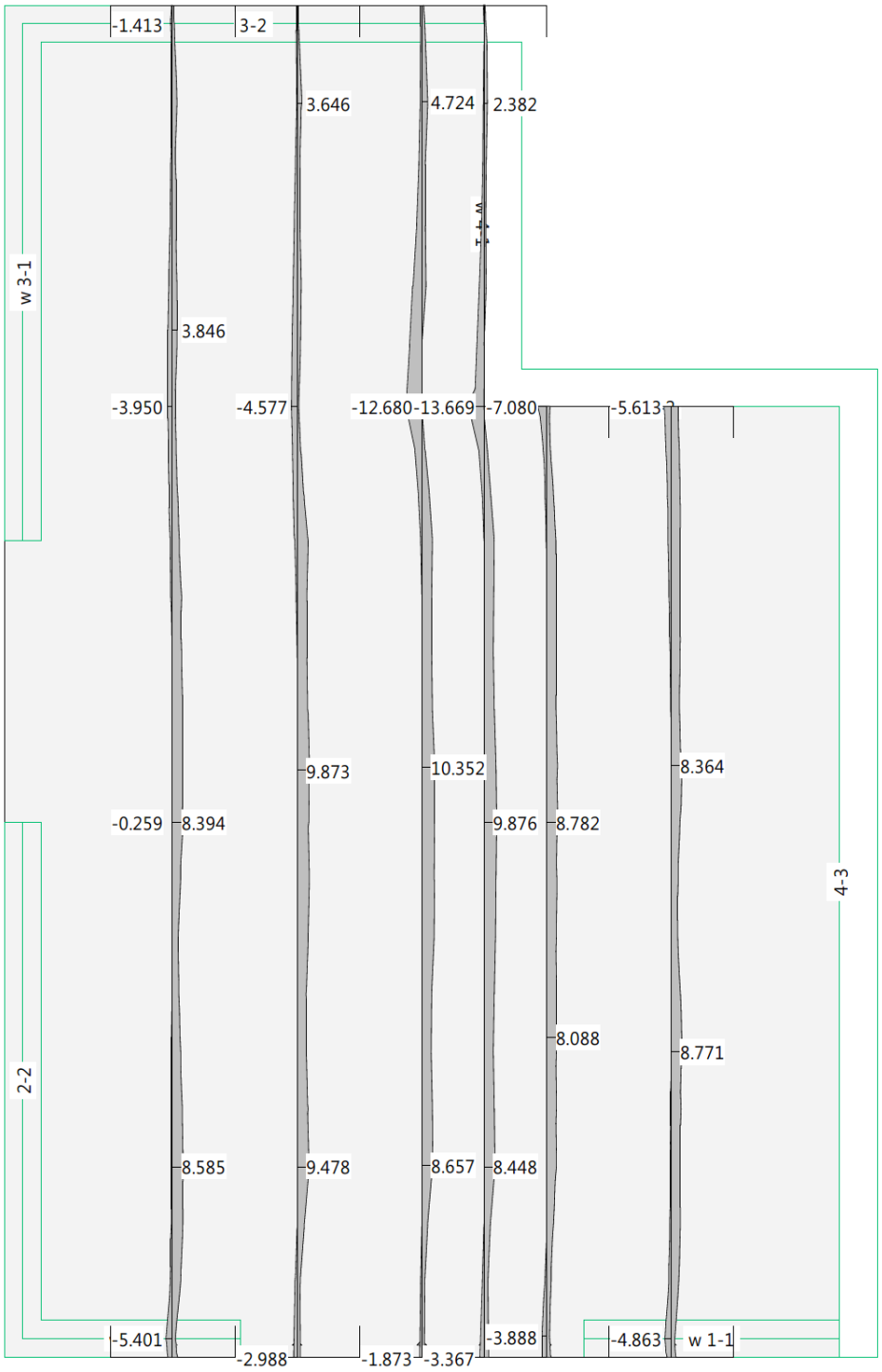
Armadura en dirección x (cm^2)



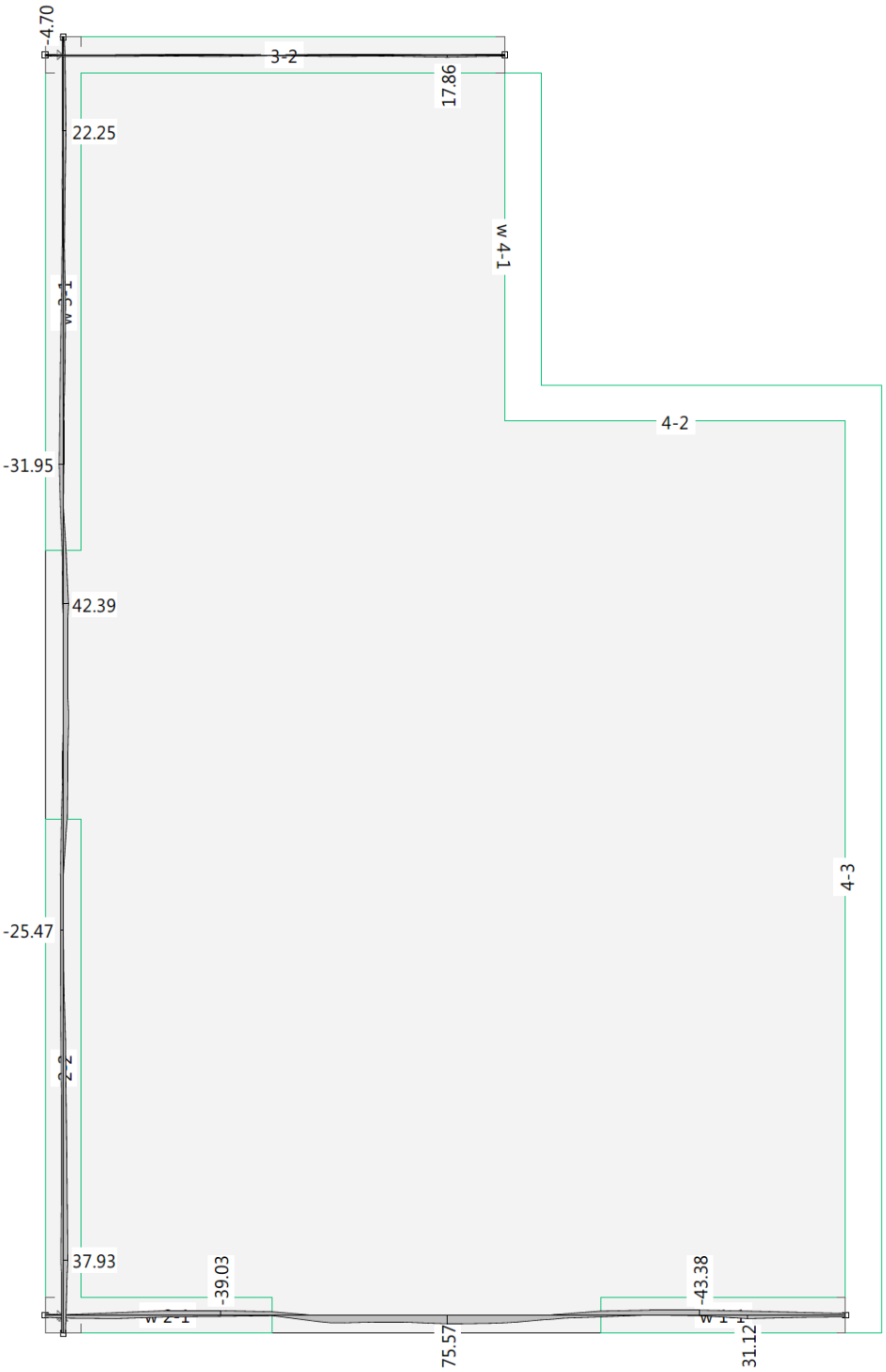
Momento flector en dirección y (kNm)



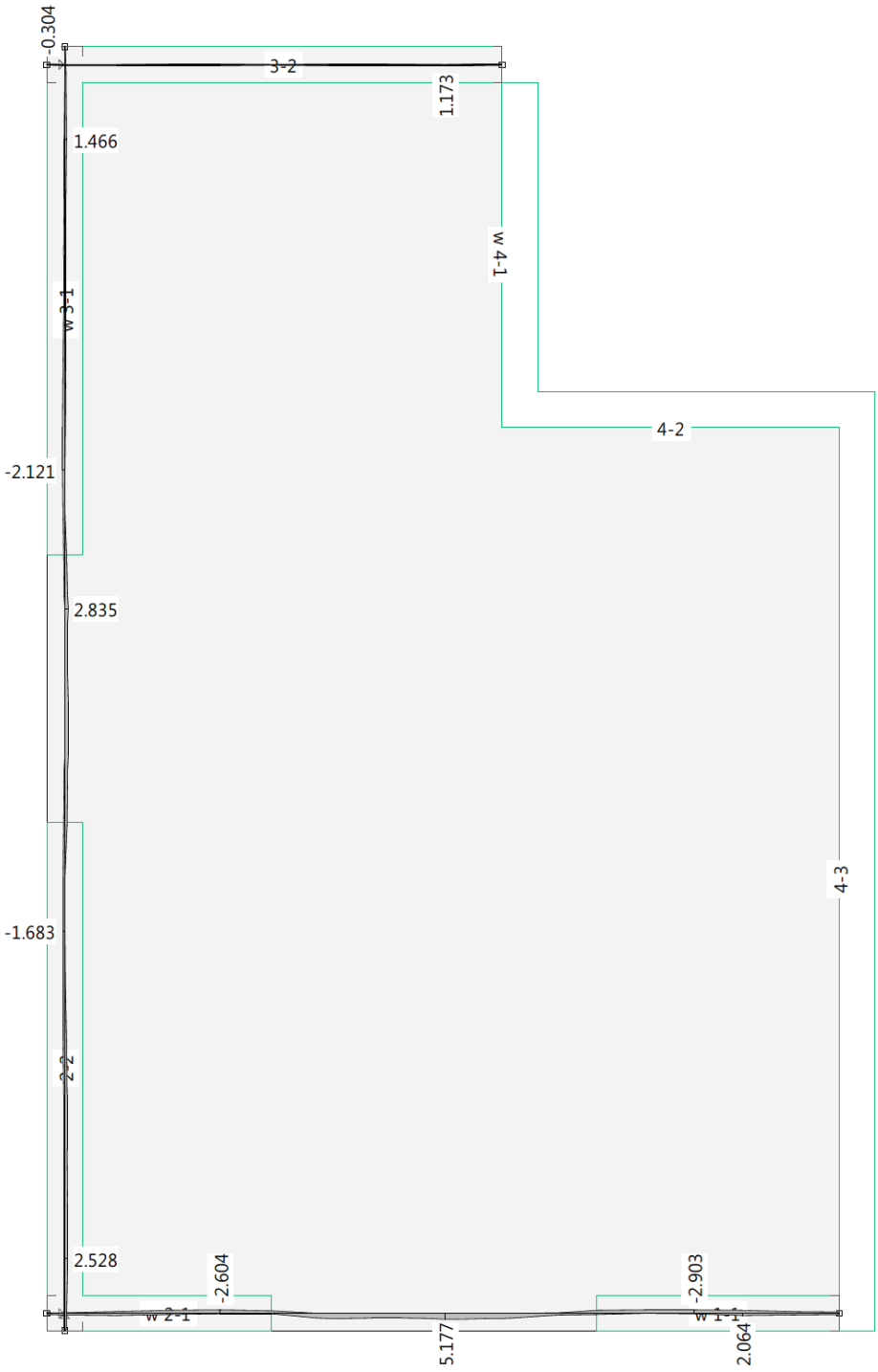
Armadura en dirección y (cm^2)



Momento flector en zuncho perimetral (kNm)



Armadura en zuncho perimetral (cm^2)

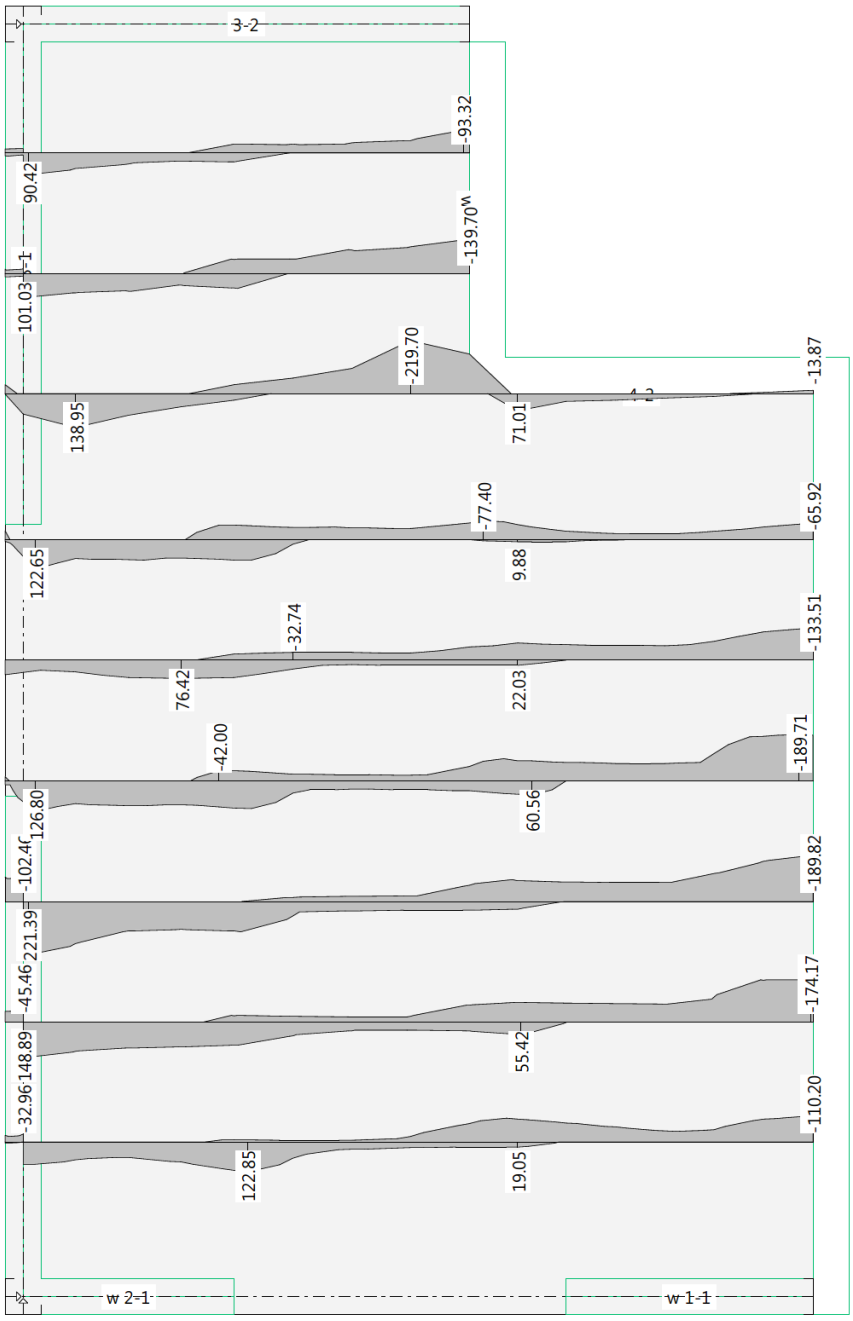


5.3. E.L.U. Cortante:

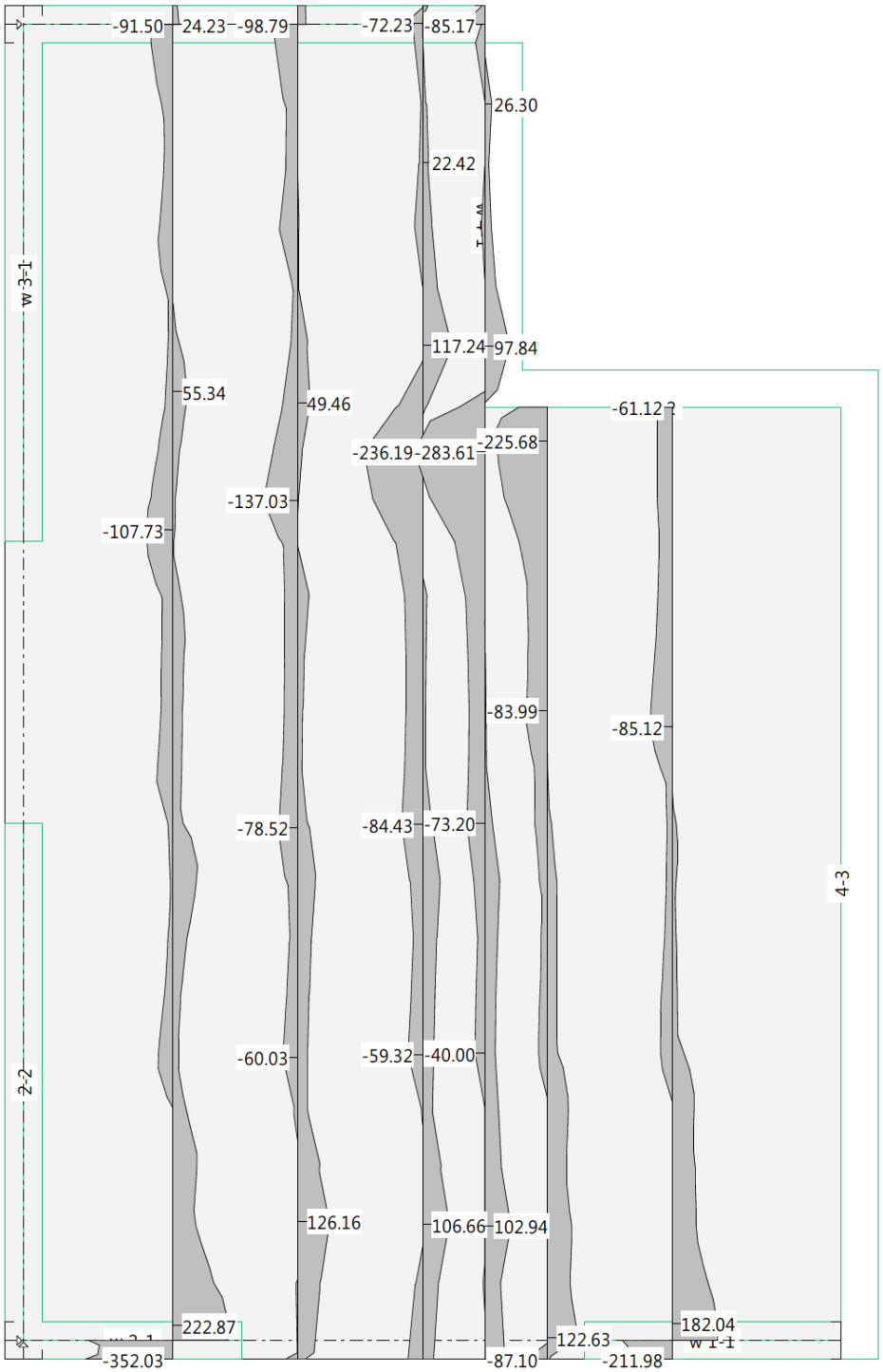
Se han obtenido las leyes de esfuerzos cortantes en cada una de las secciones de salida representadas anteriormente. Con los valores pésimos se ha llevado a cabo el cálculo a cortante establecido por la EHE-08.

A continuación se presentan las leyes de cortante en dirección x, en dirección y, y en el zuncho perimetral, así como el cálculo a cortante de la sección más desfavorable.

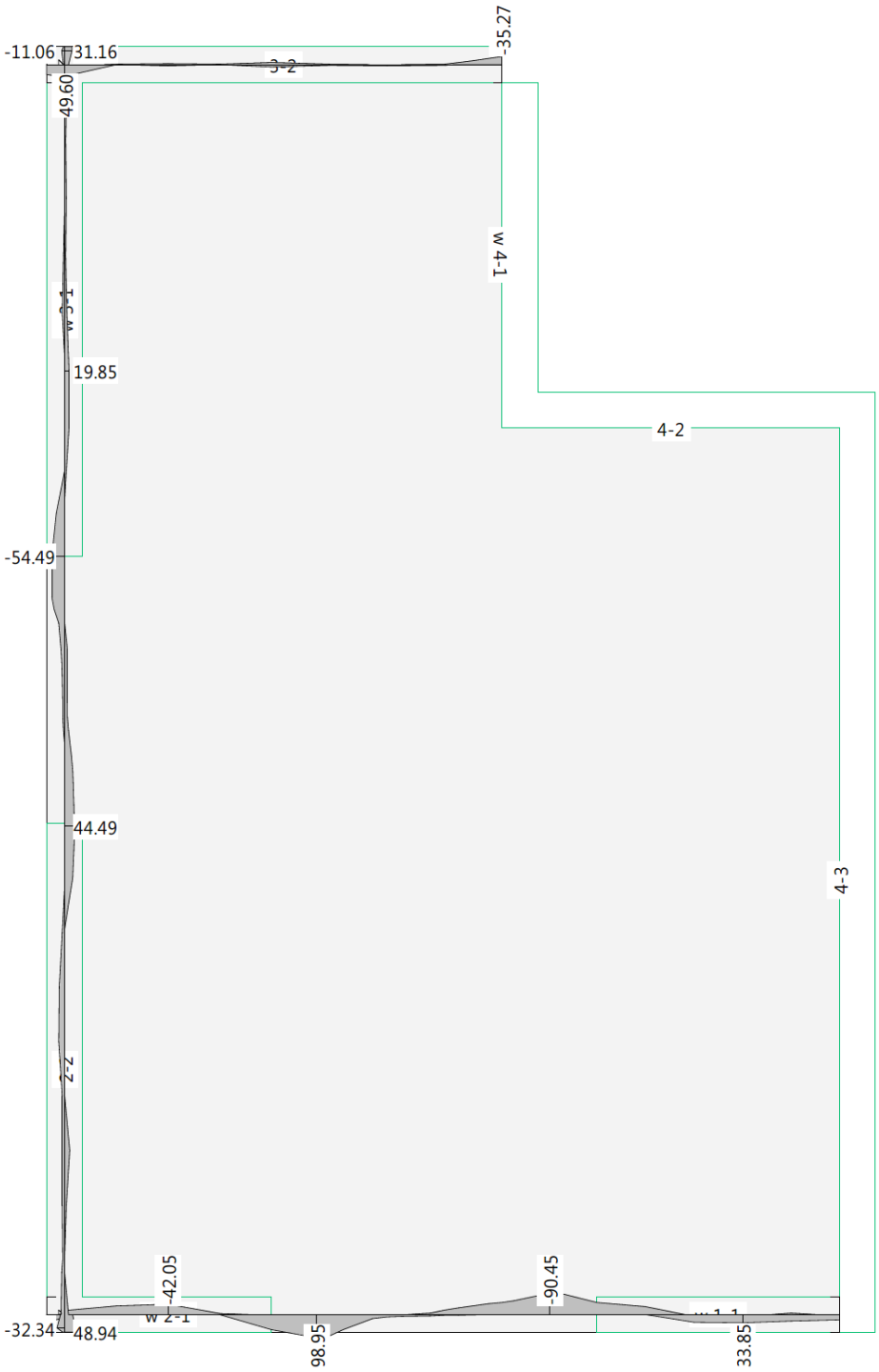
Esfuerzo cortante en dirección x (kN)



Esfuerzo cortante en dirección y (kN)



Esfuerzo cortante en zuncho perimetral (kN)



Cálculo a cortante en sección más desfavorable (EHE-08)

acciona Ingeniería	ELU CORTANTE EN SECCION RECTANGULAR						06/04/2016
	(EHE 08. Artº44)						
1) Datos sección:					Inicializar	Imprimir	
1.a Geometría:							
Canto sección:	c =	0.40	m	Area sección: A =	0.400	m^2	
Ancho sección:	b =	1.00	m	Inercia sección: I =	0.00533	m^4	
Recubrimiento:	r_{nom} =	0.04		Recubrimiento de cálculo:	0.048	m	
1.b Materiales:							
Hormigón:	HA30			γ_c =	1.50		
f_{ck} =	3000.0	T/m^2		f_{cd} =	2000.0	T/m^2	
$E_{c,m,28}$ =	2854216.2	T/m^2		EI =	15222.5	$T{\cdot}m^2$	
Acero:	B500S			γ_s =	1.15		
f_{yk} =	50000	T/m^2		f_{yd} =	43478.3	T/m^2	
E_s =	21000000	T/m^2		$f_{\alpha yd}$ =	40000.0	T/m^2	
1.d Arm. long. traccion.:	Nº de barras:	7	Ø16		A_s =	13.39	cm^2
					ρ_L =	3.80	‰
1.e Arm. long. comprimida.:	Nº de barras:	7	Ø16		A'_s =	13.39	cm^2
					ρ'_L =	3.80	‰
1.f Esfuerzos sobre la sección:				Cortante en borde apoyo: Q'_d =	28.4	T	
				Cortante a d del borde de apoyo: Q_d =	28.4	T	
Secc. pretensada:	☐ Si			Axil sobre el elemento: N_d =	0.0	T	
				σ_{cd} =	0.0	T/m^2	
				σ'_{cd} =	0.0	T/m^2	
2) Comprobación cortante según art. 44º EHE08:							
2.a Geometría sección de cálculo.							
	b_0 =	1.00	m	d =	0.35	m	
2.b Comprobación bielas comprimidas.			$Q'_d < V_{u1}$				
Inclinación de la armadura (α):		90.00	°				
Inclinación bielas comprimidas (θ):		45.00	°				
	K =	1.00	β =	0.50			
	V_{u1} =	211.2	T	OK			
2.c Comprobación tracción en el alma			$Q_d < V_{u2}$				
Tipo solicitación:	Región fisurada						
	ξ =	1.754		$f_{ct,d}$ =	132.14	T/m^2	
	V_{u2} =	28.4	T	β =	1.00		
	V_{cu} =	13.8	T	*Necesaria armadura transversal*			
	V_{su} =	14.6	T	A_α =	11.5	cm^2/ml	

6- ESTADO LÍMITE SERVICIO (E.L.S.):

6.1. E.L.S. Fisuración:

Se adjunta, en primer lugar, la envolvente de cálculo utilizada para la verificación del Estado Límite de Servicio de fisuración (combinación de acciones casi-permanente). A continuación, se presentan las leyes de momentos característicos obtenidos con dicha envolvente, tanto en la dirección x como en la dirección y. Finalmente se incluyen las distintas comprobaciones realizadas (cálculos de abertura de fisura máxima), sistematizadas en hojas de cálculo elaboradas según los criterios de la EHE-08.

Especificación de envolventes: ELS(cuasi-permanente)

Descripción
Situación de diseño estándar: ELS Estado límite servicio, combinación cuasi-permanente

Especificación de envolventes

Acción			Combinaciones de acciones	
No	Nombre	Fac	1	
1	Peso propio	1	1	
2	Carga muerta	1	1	
3	Puente grúa	1	1	
4	Sobrecarga tráfico	1	0.6	

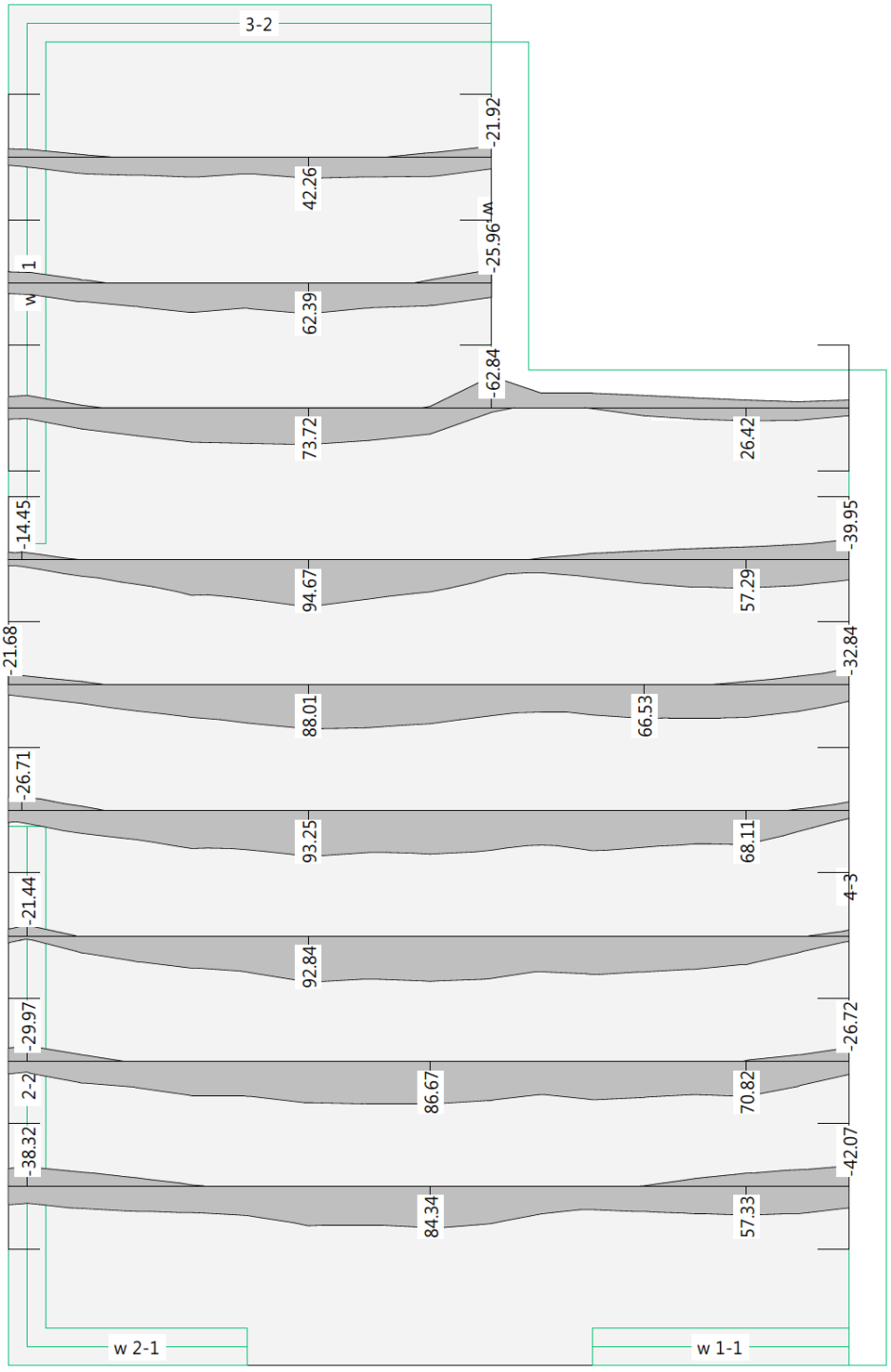
Fac : todos los factores de combinación son multiplicados por este factor

Superposiciones de hipótesis de carga para las acciones
para la especificación de envolventes ELS(cuasi-permanente)

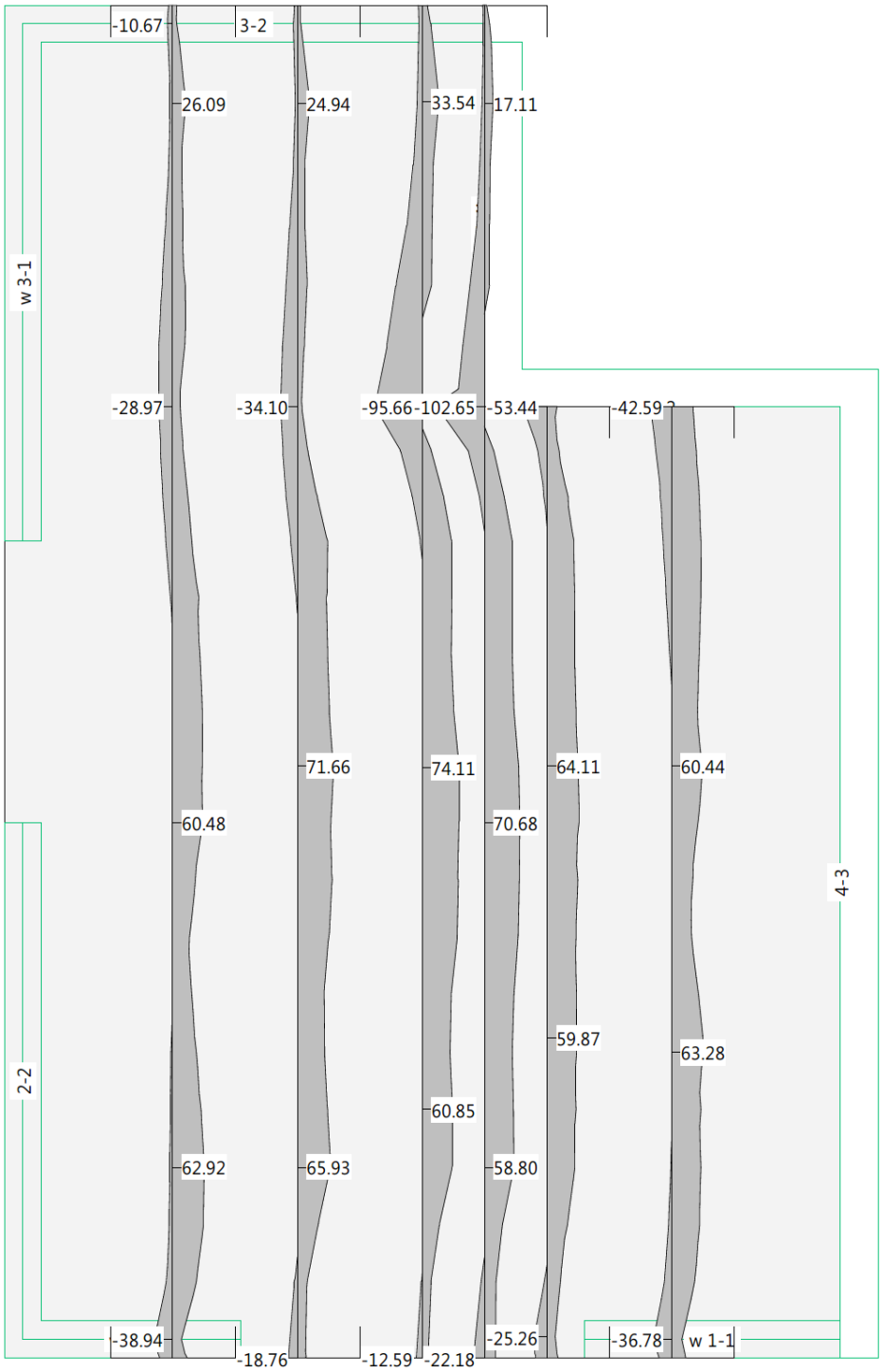
Acción	Alt	aditivo	excluyente	Hipótesis de carga	Factor	Comb.
Peso propio		Permanente		PP Peso propio	1.000	
Carga muerta		Permanente		CM Carga muerta firme	1.000	
Puente grúa		si es crítico	ya sea	SCPG%1 SCPG - Posición 1	1.000	
			o	SCPG%2 SCPG - Posición 2	1.000	
			o	SCPG%3 SCPG - Posición 3	1.000	
			o	SCPG%4 SCPG - Posición 4	1.000	
			o	SCPG%5 SCPG - Posición 5	1.000	
Sobrecarga tráfico		Permanente		SCT1 Sobrecarga tráfico uniforme	1.000	
		p&lus si es crí	ya sea	SCT2%1 SCT2 - Posición 1	1.000	
			o	SCT2%2 SCT2 - Posición 2	1.000	
			o	SCT2%3 SCT2 - Posición 3	1.000	
			o	SCT2%4 SCT2 - Posición 4	1.000	
			o	SCT2%5 SCT2 - Posición 5	1.000	
			o	SCT2%6 SCT2 - Posición 6	1.000	
			o	SCT2%7 SCT2 - Posición 7	1.000	
			o	SCT2%8 SCT2 - Posición 8	1.000	
			o	SCT2%9 SCT2 - Posición 9	1.000	
			o	SCT2%10 SCT2 - Posición 10	1.000	
			o	SCT2%11 SCT2 - Posición 11	1.000	
			o	SCT2%12 SCT2 - Posición 12	1.000	

Alt : Superposición alternativa

Momento flector en dirección x (kNm)



Momento flector en dirección y (kNm)



```
************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
************************************************

Título: COMPROBACIÓN FISURACIÓN EHE-08_CARA INFERIOR (DIRECCIÓN X)
Fecha: 06/04/2016 15:59:23
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.400 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 13.70 cm², en capa interior 0.00 cm² y
total 13.70 cm²
Diámetro equivalente = 16.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.336 m
Inercia bruta = 0.005333 m4 e Inercia fisurada =0.000793 m4
fctm,fl = 3.48 y Mfis = 92.7 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 62.8 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
El momento de fisuración es superior al solicitante, Mfis > Mk, 92.7 mkN > 62.8
mkN
Abertura de fisura wk = 0.000 mm
```

```
**************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
**************************************************

Título: COMPROBACIÓN FISURACIÓN EHE-08_CARA INFERIOR (DIRECCIÓN X)
Fecha: 06/04/2016 15:53:06
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.400 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 13.70 cm², en capa interior 0.00 cm² y
total 13.70 cm²
Diámetro equivalente = 16.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.336 m
Inercia bruta = 0.005333 m4 e Inercia fisurada =0.000793 m4
fctm,fl = 3.48 y Mfis = 92.7 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 94.7 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
Estado tensional ss(Mk) = 221.3 N/mm², ssr(Mfis) = 216.7 N/mm²
Alargamiento medio de las armaduras, Esm = 0.000576
Separación = 150 mm y relación Aceficaz/As = 73.0
Separación media entre fisuras, Sm = 168 mm

Abertura característica de fisura, Wk = 0.165 mm

Se cumple el Estado Límite de Fisuración al ser la abertura característica de
fisura menor que la máxima
Wk = 0.165mm < Wmáx = 0.200 mm
```

```
************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
************************************************

Título: COMPROBACIÓN FISURACIÓN EHE-08_CARA SUPERIOR (DIRECCIÓN Y)
Fecha: 06/04/2016 16:17:59
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.400 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 13.70 cm², en capa interior 0.00 cm² y
total 13.70 cm²
Diámetro equivalente = 16.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.336 m
Inercia bruta = 0.005333 m4 e Inercia fisurada =0.000793 m4
fctm,fl = 3.48 y Mfis = 92.7 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 102.65 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
Estado tensional ss(Mk) = 240.0 N/mm², ssr(Mfis) = 216.7 N/mm²
Alargamiento medio de las armaduras, Esm = 0.000711
Separación = 150 mm y relación Aceficaz/As = 73.0
Separación media entre fisuras, Sm = 168 mm

Abertura característica de fisura, Wk = 0.200 mm

Se cumple el Estado Límite de Fisuración al ser la abertura característica de
fisura menor o igual que la máxima
Wk = 0.200mm < Wmáx = 0.200 mm
```

```
**************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
**************************************************

Título: COMPROBACIÓN FISURACIÓN EHE-08_CARA INFERIOR (DIRECCIÓN Y)
Fecha: 06/04/2016 16:22:39
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.400 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 13.70 cm², en capa interior 0.00 cm² y
total 13.70 cm²
Diámetro equivalente = 16.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.336 m
Inercia bruta = 0.005333 m4 e Inercia fisurada =0.000793 m4
fctm,fl = 3.48 y Mfis = 92.7 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 74.1 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
El momento de fisuración es superior al solicitante, Mfis > Mk, 92.7 mkN > 74.1
mkN
Abertura de fisura wk = 0.000 mm
```

APÉNDICE 1.7

PANTALLA CONEXIÓN TRASVASE

ÍNDICE

1.- NORMA Y MATERIALES 2
2.- ACCIONES 2
3.- DATOS GENERALES 2
4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO 2
5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO 3
6.- GEOMETRÍA 3
7.- COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA 3
8.- ESQUEMA DE LAS FASES 4
9.- ELEMENTOS DE APOYO 5
10.- RESULTADOS DE LAS FASES 5
11.- RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO 6

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión trasvase. Fecha: 11/11/15

1.- NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)
Hormigón: HA-30, Yc=1.5
Clase de exposición: Clase IIb

2.- ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.50
Mayoración esfuerzos en servicio: 1.50
Sin análisis sísmico
Sin considerar acciones térmicas en puntales

3.- DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m
Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m
Tipología: Cortina de micropilotes

4.- DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %
Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

ESTRATOS

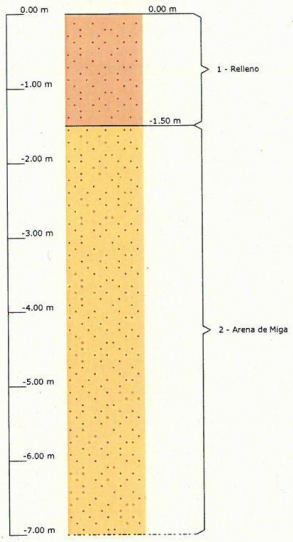
Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1 - Relleno	0.00 m	Densidad aparente: 20.0 kN/m³ Densidad sumergida: 10.0 kN/m³ Ángulo rozamiento interno: 32 grados Cohesión: 0.00 kN/m² Módulo de balasto empuje activo: 10000.0 kN/m³ Módulo de balasto empuje pasivo: 10000.0 kN/m³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m4	Activo trasdós: 0.31 Reposo trasdós: 0.47 Pasivo trasdós: 3.25 Activo intradós: 0.31 Reposo intradós: 0.47 Pasivo intradós: 3.25
2 - Arena de Miga	-1.50 m	Densidad aparente: 21.0 kN/m³ Densidad sumergida: 11.0 kN/m³ Ángulo rozamiento interno: 38 grados Cohesión: 6.00 kN/m² Módulo de balasto empuje activo: 100000.0 kN/m³ Módulo de balasto empuje pasivo: 100000.0 kN/m³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m4	Activo trasdós: 0.24 Reposo trasdós: 0.38 Pasivo trasdós: 4.20 Activo intradós: 0.24 Reposo intradós: 0.38 Pasivo intradós: 4.20

Página 2

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión trasvase. Fecha: 11/11/15

5.- SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



6.- GEOMETRÍA

Altura total: 7.00 m
Diámetro: 25.00 cm
Separación: 40.00 cm
Serie de micropilotes: RODIO
Perfil: 127.0-9.0

7.- COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Referencia: Conexión_trasvase_balasto_mod (Pantalla de Micropilotes. Conexión trasvase.)		
Comprobación	Valores	Estado
Esbeltez máxima:	Máximo: 200 Calculado: 84	Cumple
Tensión máxima:		
- Acero:	Máximo: 550 MPa Calculado: 134.7 MPa	Cumple
- Hormigón:	Máximo: 12 MPa Calculado: 7.1 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:

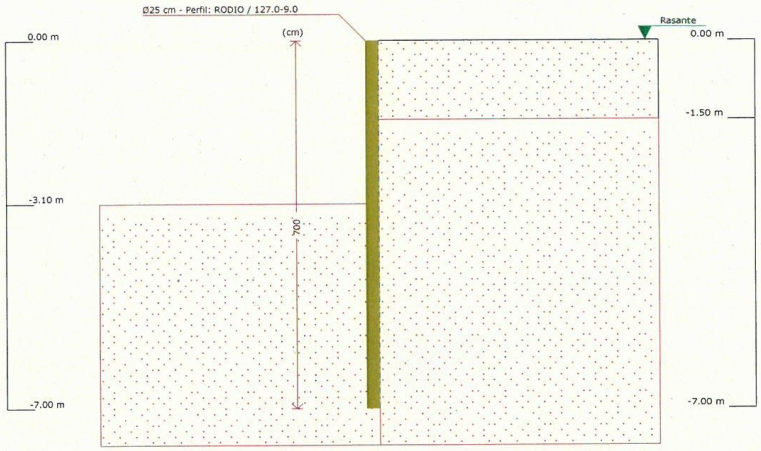
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 7.24 kN; Momento: 14.27 kN·m; Cortante: 4.57 kN
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 7.24 kN; Momento: 14.27 kN·m; Cortante: 4.57 kN
- Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 25.00 cm)

Página 3

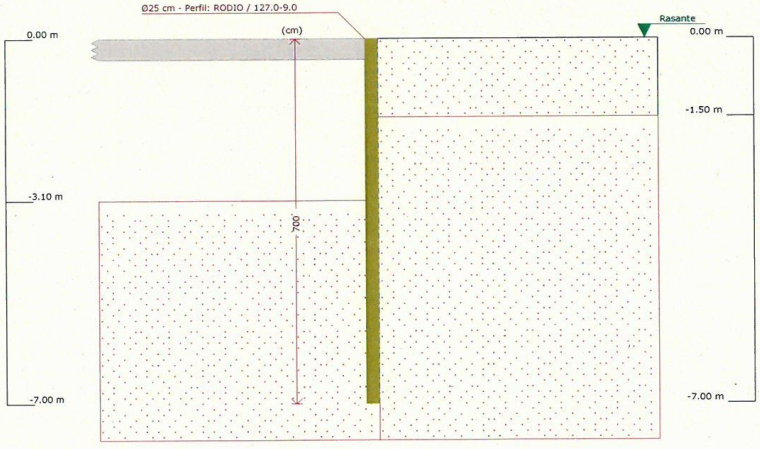
Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión trasvase. Fecha: 11/11/15

8.- ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 1. Excavación 3.10 cm	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.10 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Fase 2. Ejecución Losa superior.	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -3.10 m

Página 4

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión trasvase. Fecha: 11/11/15

9.- ELEMENTOS DE APOYO

FORJADOS

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: 0.00 m Canto: 40 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9800000 kN/m²	Fase 2. Ejecución Losa superior.	Fase 2. Ejecución Losa superior.

10.- RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

FASE 1: FASE 1. EXCAVACIÓN 3.10 CM

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	-9.40	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
-0.50	-7.98	1.72	0.38	0.10	3.07	0.00
-1.00	-6.57	3.45	2.30	0.96	6.15	0.00
-1.50	-5.17	5.17	5.76	3.36	1.28	0.00
-2.00	-3.82	6.89	6.72	6.56	3.78	0.00
-2.50	-2.57	8.62	8.92	10.70	6.28	0.00
-3.00	-1.49	10.34	12.37	16.42	8.78	0.00
-3.50	-0.67	12.07	7.61	21.96	-48.64	0.00
-4.00	-0.23	13.79	-12.83	17.62	-16.04	0.00
-4.50	-0.07	15.51	-16.75	9.22	10.75	0.00
-5.00	-0.05	17.24	-10.50	3.08	13.76	0.00
-5.50	-0.08	18.96	-4.21	0.26	8.50	0.00
-6.00	-0.11	20.68	-0.66	-0.43	3.41	0.00
-6.50	-0.12	22.41	0.59	-0.23	0.09	0.00
-7.00	-0.13	24.13	0.00	-0.00	-2.48	0.00
Máximos	-0.05 Cota: -4.75 m	24.13 Cota: -7.00 m	14.56 Cota: -3.25 m	21.96 Cota: -3.50 m	14.23 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-9.40 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-16.84 Cota: -4.25 m	-0.43 Cota: -6.00 m	-48.64 Cota: -3.50 m	0.00 Cota: 0.00 m

FASE 2: FASE 2. EJECUCIÓN LOSA SUPERIOR.

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	-9.40	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-0.50	-7.98	1.72	0.38	0.10	3.07	0.00
-1.25	-5.87	4.31	3.84	1.92	7.68	0.00
-2.00	-3.82	6.89	6.72	6.56	3.78	0.00
-2.75	-2.00	9.48	10.49	13.33	7.53	0.00
-3.50	-0.67	12.07	7.61	21.96	-48.64	0.00
-4.25	-0.12	14.65	-16.84	13.41	0.38	0.00
-5.00	-0.05	17.24	-10.50	3.08	13.76	0.00
-5.75	-0.09	19.82	-2.09	-0.26	5.73	0.00
-6.50	-0.12	22.41	0.59	-0.23	0.09	0.00
Máximos	-0.05 Cota: -4.75 m	24.13 Cota: -7.00 m	14.56 Cota: -3.25 m	21.96 Cota: -3.50 m	14.23 Cota: -4.75 m	0.00 Cota: 0.00 m

Selección de listados

Pantalla de Micropilotes. Conexión trasvase. Fecha: 11/11/15

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
Mínimos	-9.40 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-16.84 Cota: -4.25 m	-0.43 Cota: -6.00 m	-48.64 Cota: -3.50 m	0.00 Cota: 0.00 m

11.- RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

Forjados

Cota: 0.00 m	
Fase	Resultado
Fase 2. Ejecución Losa superior.	Carga lineal: 0.00 kN/m

Página 6

APÉNDICE 1.8

LOSA CUBIERTA ARQUETA DE CONEXIÓN IMPULSIÓN DE TRASVASE

ÍNDICE

1- PROGRAMA DE CÁLCULO EMPLEADO.....3

2- MODELO DE ENTRADA.....4

3- CARGAS INTRODUCIDAS.....6

3.1- Peso propio.....6

3.2- Carga muerta.....8

3.3- Sobrecargas de tráfico.....12

4- SECCIONES DE SALIDA.....25

5- ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (E.L.U.).....28

5.1- Envolvente de cálculo.....28

5.2- E.L.U. Flexión.....29

5.3- E.L.U. Cortante.....35

6- ESTADO LÍMITE SERVICIO (E.L.S.).....39

6.1- E.L.S. Fisuración.....39

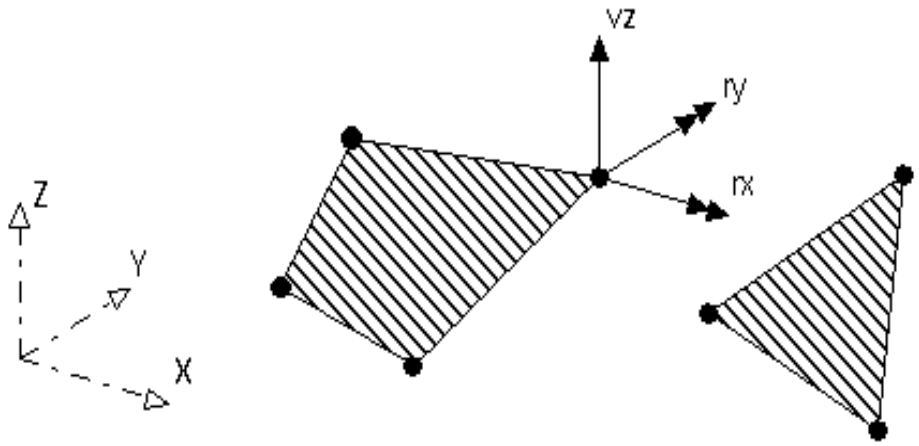
CÁLCULO DE LA Llosa DE CUBIERTA DE LA ARQUETA DE CONEXIÓN CON LA IMPULSIÓN DE TRASVASE:

A continuación se incluye una memoria de cálculo de la losa de cubierta de la arqueta de conexión con la impulsión de trasvase. Dicha arqueta está situada en Tres Cantos junto a la chimenea de equilibrio.

La losa superior de la mencionada arqueta es de hormigón armado HA-30/B/20/IIb+Qa, de 30 cm de canto, y su desarrollo en planta es rectangular de 6.10 x 5.80 m. La arqueta apoya inicialmente, en tres de sus lados, en una pantalla previa de micropilotes y, finalmente, en los muros definitivos de la arqueta en sus cuatro lados.

1- PROGRAMA DE CÁLCULO EMPLEADO:

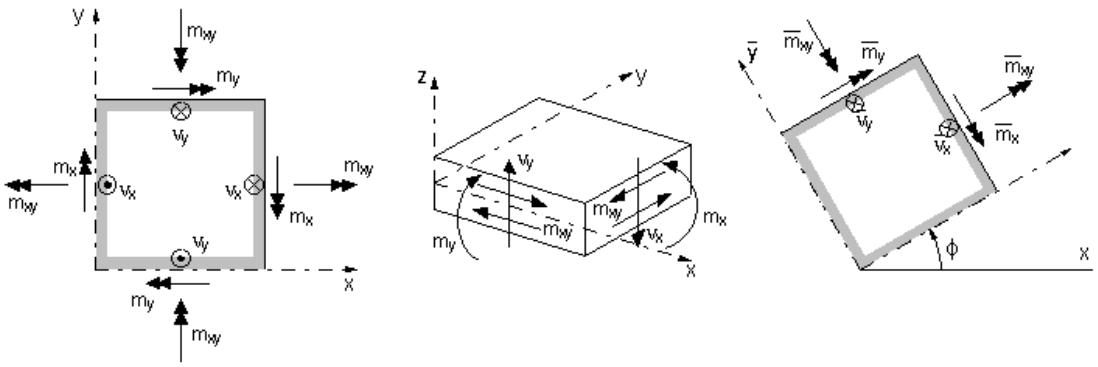
Para el análisis de la losa de cubierta se ha utilizado el programa CEDRUS-7 de CUBUS AG. El programa CEDRUS-7 es un programa de elementos finitos para el análisis elástico lineal, estático y dinámico de placas (tanto para flexión como para cargas en el plano) concebido especialmente para losas de hormigón, tanto armado como pretensado. Los elementos utilizados para el modelo de cálculo son elementos híbridos triangulares y cuadriláteros de forma arbitraria, con tres grados de libertad de desplazamiento: vz (flexión), rx, ry (rotaciones sobre los ejes x, y) en los nodos de esquina:



Elementos finitos considerados

Para procesar los datos de salida del programa de cálculo los esfuerzos se integran en secciones de cálculo. Se han considerado secciones longitudinales y transversales de 1 m de ancho, así como dos secciones de salida de 0.30 m para analizar el zuncho a colocar junto a la tapa rectangular de hormigón existente en la losa de cubierta, según se muestra en apartados posteriores.

Para la obtención de los esfuerzos en las secciones anteriormente indicadas el programa integra automáticamente los esfuerzos internos al ancho de cada sección:



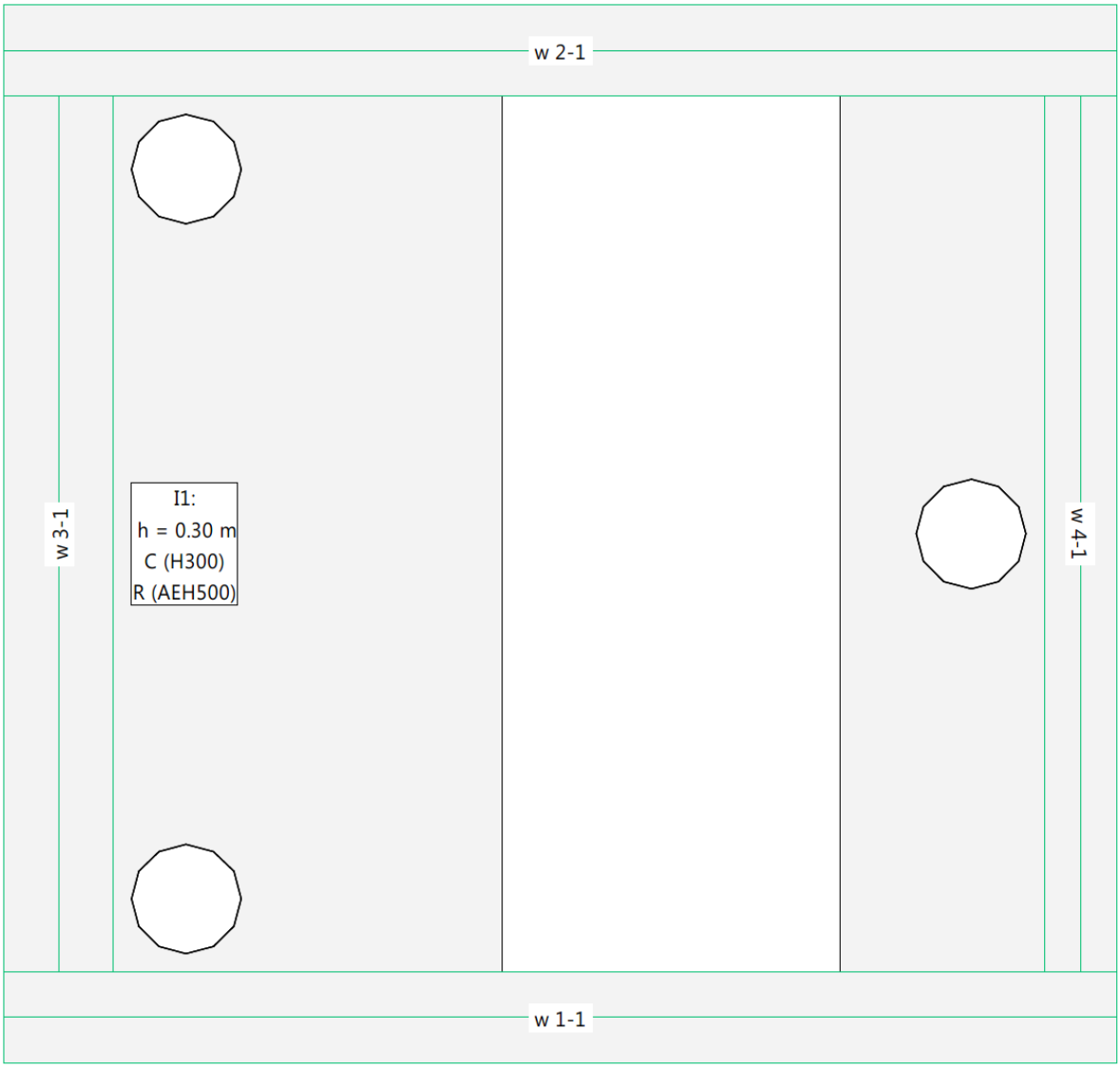
Esfuerzos y criterio de signos.

Los esfuerzos flectores obtenidos en cada sección de cálculo integran además los efectos de la torsión en la losa mediante las siguientes ecuaciones:

$$mb_{x+} = Max\ (m_x + m_{xy}\ ,\ m_x - m_{xy})$$
$$mb_{x-} = Min\ (m_x + m_{xy}\ ,\ m_x - m_{xy})$$
$$mb_{y+} = Max\ (m_y + m_{xy}\ ,\ m_y - m_{xy})$$
$$mb_{y-} = Min\ (m_y + m_{xy}\ ,\ m_y - m_{xy})$$

2- MODELO DE ENTRADA:

La losa de cubierta de la arqueta de conexión con la impulsión de trasvase se ha resuelto mediante una losa isótropa de 0.30 m de canto. A continuación se presenta de forma gráfica la geometría del modelo:



Geometría en planta del modelo

Los listados de entrada del programa son los siguientes:

DATOS de la ESTRUCTURA

MATERIALES Código: EHE-08. Instr.Hormigón Estruct.

ID	Tipo	Elemento	E [kN/mm²]	ν	ρ [t/m³]	α [‰]	Clase	f [N/mm²]	
C	Hormigón	(general)	28.50	0.20	2.50	0.010	H300	-30.00	f_{ck}
R	Acero para armadu	(general)	200.00	0.30	8.00	0.012	AEH500	500.00	f_{yk}

ETIQUETAS DE ATRIBUTOS DE MATERIALES: Isótropo

Id		Geometría		Materiales	
		Espesor de la losa [m]	Cota de la cara superior [m]	f_E	Cuerpo	Armaduras
I1		0.30	0	1.000	C	R

ETIQUETAS DE MATERIAL: Recubrimiento de la armadura base

Id	Recubrimiento de la armadura				Armadura base			
	u_{XT} [cm]	u_{YT} [cm]	u_{XB} [cm]	u_{YB} [cm]	as_{XT} [cm²/m]	as_{YT} [cm²/m]	as_{XB} [cm²/m]	as_{YB} [cm²/m]
I1	4.0	4.0	4.0	4.0	-	-	-	-

PAREDES

Id	Tipo Descripción	N.Lin.	Apoyos sdz [kN/m²]	Apoyos srx [kN]	Apoyos sry [kN]	Geometría Ancho [m]	Geometría Altura [m]	Materiales $f_{E\ sdz}$	Materiales Cuerpo	Materiales Armaduras
W1	Rot. libre	No	§ 4.75E+6	libre	libre	0.50	3.00	1.000	C	R
W2	Rot. libre	No	§ 4.75E+6	libre	libre	0.50	3.00	1.000	C	R
W3	Rot. libre	No	§ 5.70E+6	libre	libre	0.60	3.00	1.000	C	R
W4	Rot. libre	No	§ 3.80E+6	libre	libre	0.40	3.00	1.000	C	R

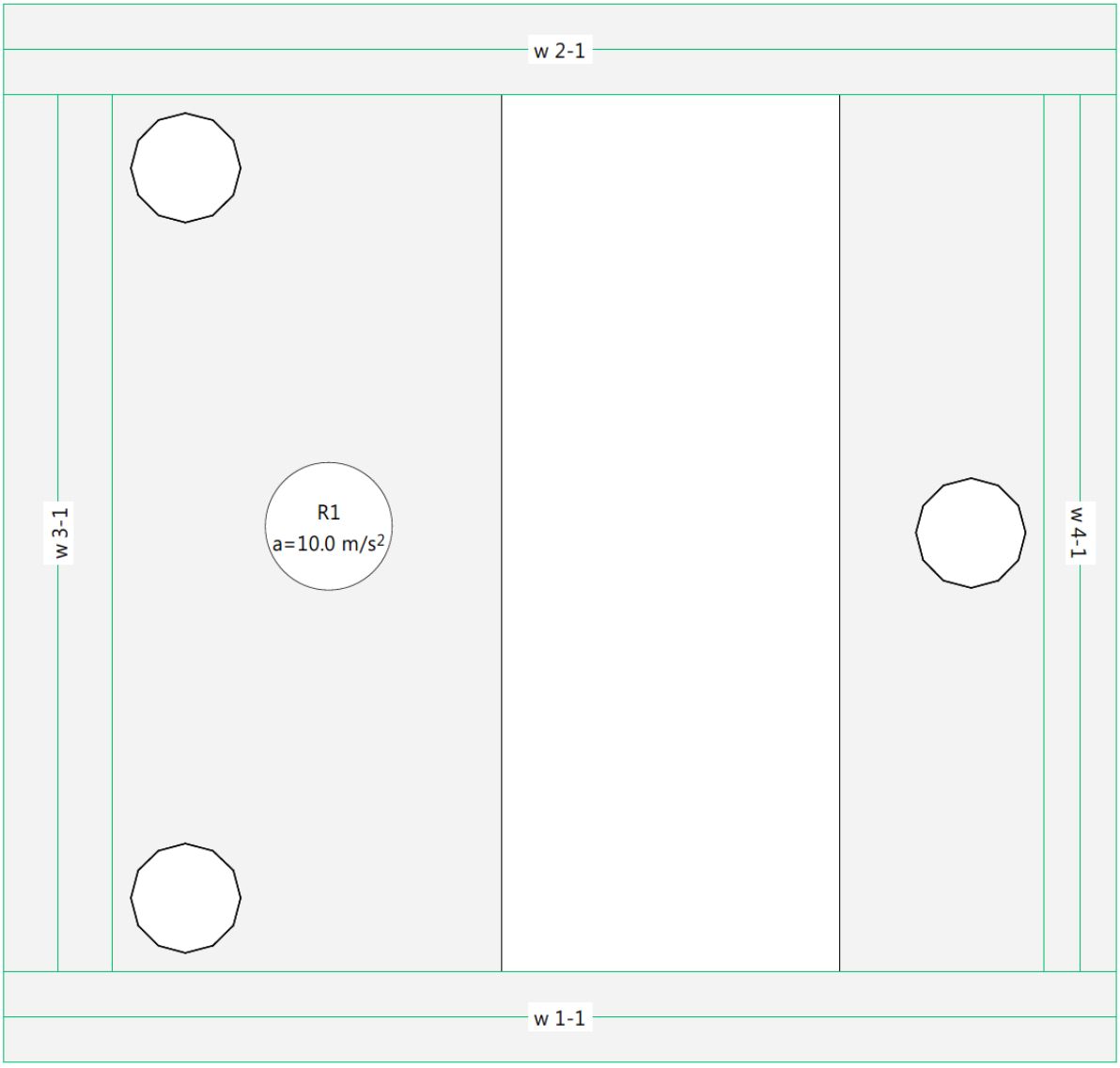
§ : Cálculo automático de rigidez de pilar

3- CARGAS INTRODUCIDAS:

3.1- Peso Propio:

Se ha considerado una densidad del hormigón armado de la losa de 25 kN/m^3:

Hipótesis de carga PP: Peso propio Escala 1 :35.9



HIPÓTESIS DE CARGA PP : Peso propio

Peso propio (Toda la estructura)

ID	Geometría Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Geometría Area [m²]		Carga Masa [t]		Subtotal Carga Z [kN]
R1	7.71	30.0	25.69		19.267		-192.675

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga PP)

Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-7.638		
				204	0.506		
				190	4.206		
				171	8.066		
				165	3.715		
				159	1.760		
				153	4.791		
				139	9.610		
				124	8.105		
				109	6.507		
				98	4.201		
				87	3.517		
				67	-6.132		
				46	-5.968		
				Sumas	**35.245**	0	
W2	1	0		47	-5.880		
				79	-6.359		
				95	4.591		
				106	3.343		
				121	5.723		
				136	8.181		
				150	9.784		
				156	4.706		
				162	1.754		
				168	3.853		
				182	6.921		
				187	4.424		
				201	1.734		
				215	-0.821		
				48	-6.881		
				Sumas	**35.072**	0	
W3	1	90.000		49	1.197		
				68	5.000		
				69	5.150		
				70	7.013		
				71	8.204		
				72	6.711		
				73	4.414		
				74	6.669		
				75	8.090		
				76	7.854		
				77	6.545		
				78	3.909		
				50	0.780		
				Sumas	**71.536**	0	
W4	1	90.000		51	0.361		
				225	3.878		
				224	4.705		
				223	5.425		
				222	5.564		
				240	4.105		
				221	2.056		
				239	4.104		
				220	5.771		
				219	6.468		
				218	5.695		
				217	2.470		
				52	0.219		
				Sumas	**50.822**	0	

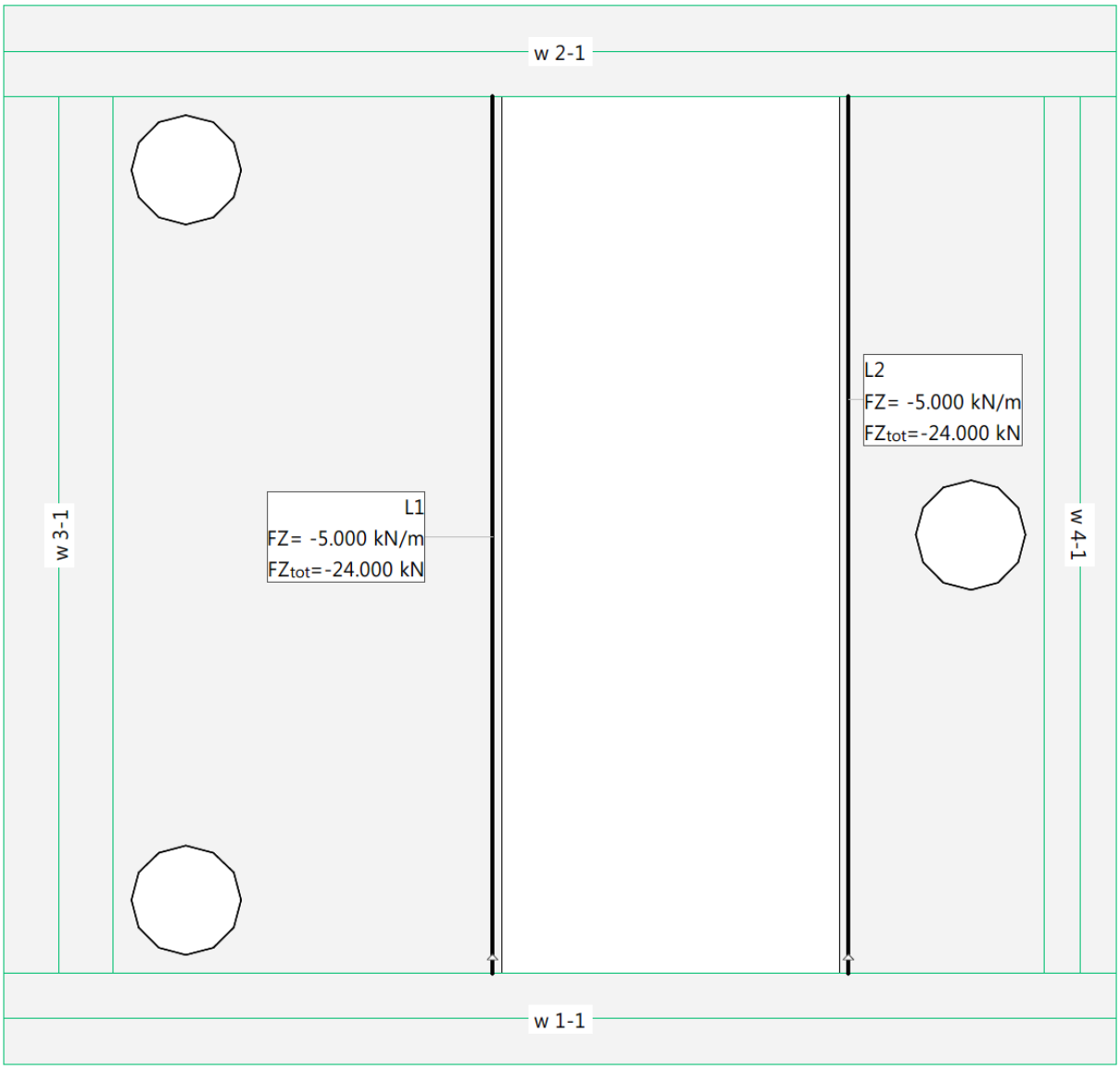
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
Total					192.675		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

3.2- Carga muerta:

Se han considerado dos cargas muertas, de un lado el peso propio de las vigas de hormigón sobre las que apoya la tapa de hormigón de la arqueta (CM1), y por otro lado el peso propio de dicha tapa de hormigón (CM2). En ambos casos se han tomado unas cargas lineales equivalentes a dichos pesos aplicadas en los ejes de actuación de los mismos:

Hipótesis de carga CM1: Peso propio viga apoyo tapa hormigón Escala 1 :35.9



HIPÓTESIS DE CARGA CM1 : Peso propio viga apoyo tapa hormigón

Carga lineal

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Geometría Longitud [m]	Carga MI [kNm/m]	Carga FZ [kN/m]		Subtotal Carga Z [kN]
L1	2.68	0.50			0	-5.000		
	2.68	5.30		4.80	0	-5.000		-24.000
L2	4.63	0.50			0	-5.000		
	4.63	5.30		4.80	0	-5.000		-24.000

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga CM1)

Valores concentrados en los nudos

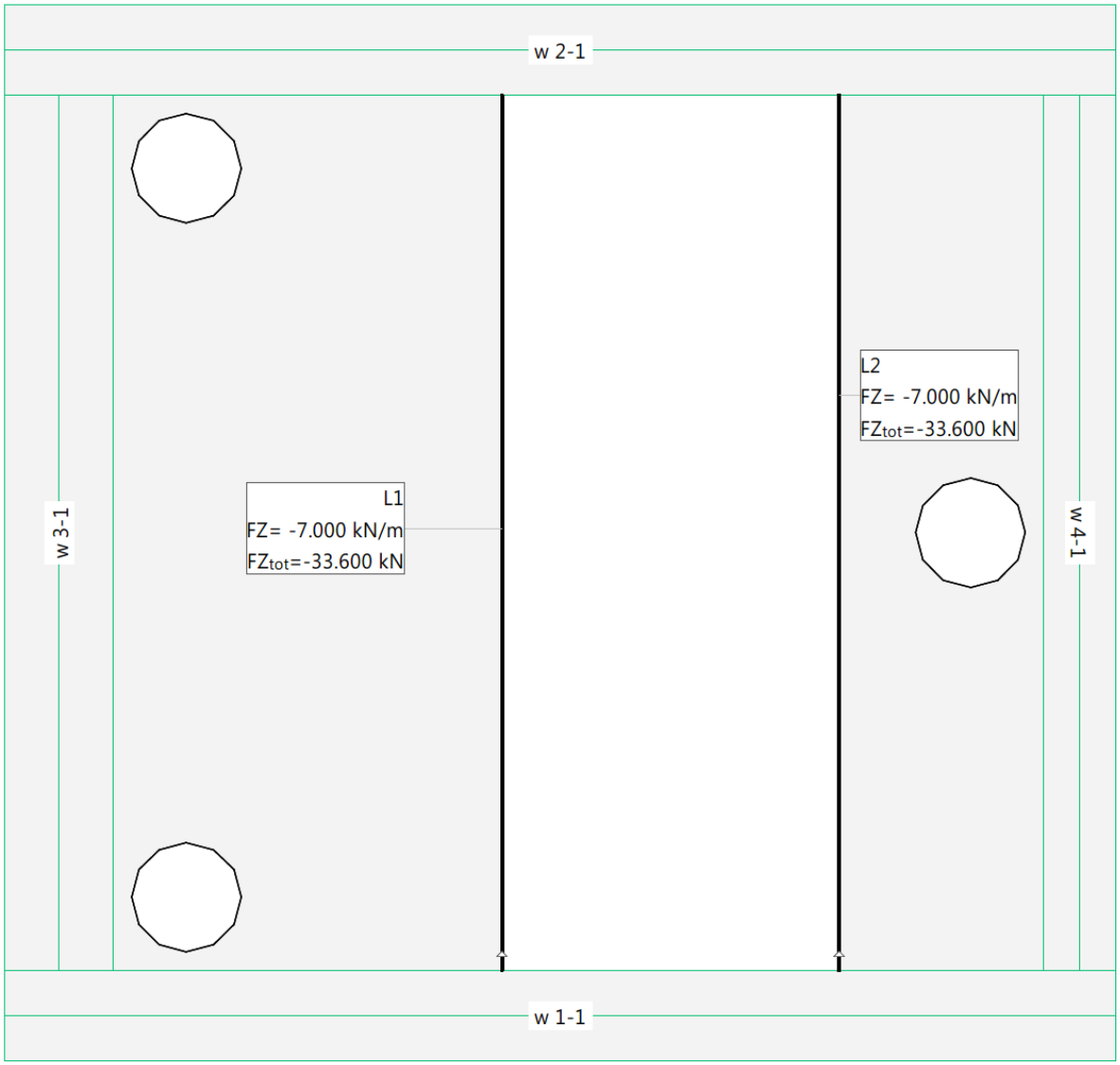
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-7.544		
				204	-1.826		
				190	1.965		
				171	6.704		
				165	2.486		
				159	0.156		
				153	2.445		
				139	5.753		
				124	3.295		
				109	0.465		
				98	-0.433		
				87	-0.010		
				67	-3.575		
				46	-2.821		
				Sumas	**7.060**	0	
W2	1	0		47	-2.748		
				79	-3.900		
				95	-0.020		
				106	-0.400		
				121	0.449		
				136	3.303		
				150	5.863		
				156	2.377		
				162	0.159		
				168	2.625		
				182	5.795		
				187	2.734		
				201	0.248		
				215	-2.588		
				48	-6.721		
				Sumas	**7.177**	0	
W3	1	90.000		49	0.110		
				68	1.307		
				69	0.927		
				70	1.069		
				71	1.542		
				72	1.397		
				73	0.920		
				74	1.377		
				75	1.526		
				76	1.156		
				77	1.336		
				78	1.061		
				50	0.073		
				Sumas	**13.800**	0	
W4	1	90.000		51	-0.584		
				225	1.389		
				224	1.843		
				223	2.126		
				222	2.339		
				240	2.085		
				221	1.060		
				239	2.075		
				220	2.507		
				219	2.549		
				218	2.224		

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
				217	0.710		
				52	-0.359		
				Sumas	**19.964**	0	
Total					**48.000**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Hipótesis de carga CM2: Peso propio tapa hormigón

Escala 1 :35.9



HIPÓTESIS DE CARGA CM2 : Peso propio tapa hormigón

Carga lineal

ID	Geometría X [m]	Y [m]		Longitud [m]	Carga MI [kNm/m]	FZ [kN/m]		Subtotal Carga Z [kN]
L1	2.73	0.50			0	-7.000		
	2.73	5.30		4.80	0	-7.000		-33.600
L2	4.58	0.50			0	-7.000		
	4.58	5.30		4.80	0	-7.000		-33.600

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga CM2)

Valores concentrados en los nudos

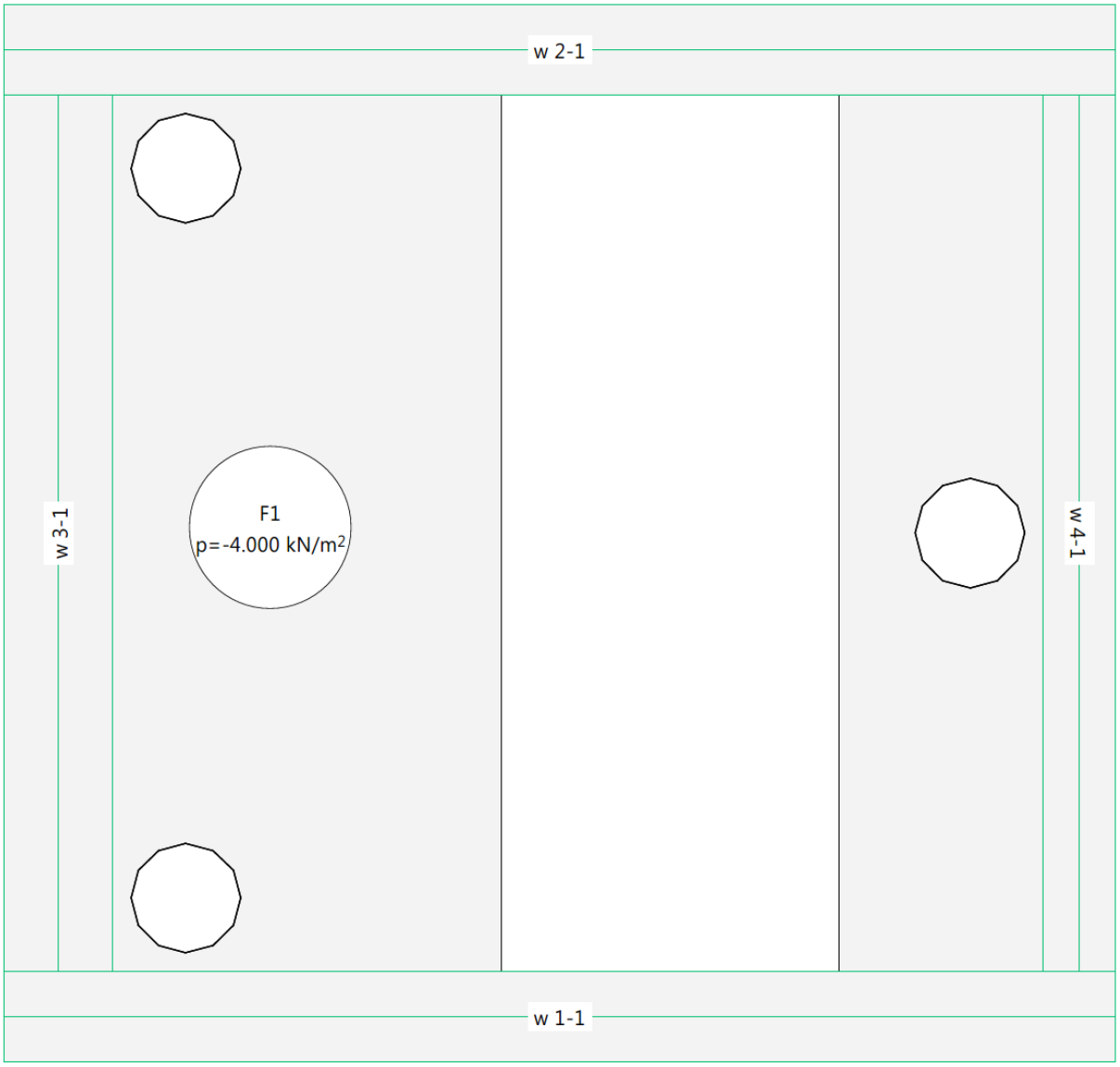
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-10.888		
				204	-2.737		
				190	2.723		
				171	9.756		
				165	3.690		
				159	0.265		
				153	3.604		
				139	8.311		
				124	4.582		
				109	0.490		
				98	-0.698		
				87	-0.051		
				67	-5.069		
				46	-3.994		
				Sumas	**9.985**	0	
W2	1	0		47	-3.891		
				79	-5.533		
				95	-0.084		
				106	-0.642		
				121	0.482		
				136	4.589		
				150	8.478		
				156	3.505		
				162	0.268		
				168	3.894		
				182	8.447		
				187	3.868		
				201	0.285		
				215	-3.801		
				48	-9.671		
				Sumas	**10.195**	0	
W3	1	90.000		49	0.157		
				68	1.845		
				69	1.294		
				70	1.475		
				71	2.141		
				72	1.946		
				73	1.281		
				74	1.917		
				75	2.119		
				76	1.592		
				77	1.875		
				78	1.501		
				50	0.104		
				Sumas	**19.246**	0	
W4	1	90.000		51	-0.862		
				225	1.932		
				224	2.560		
				223	2.940		
				222	3.248		
				240	2.930		
				221	1.490		
				239	2.910		
				220	3.497		
				219	3.554		
				218	3.121		
				217	0.986		
				52	-0.530		
				Sumas	**27.774**	0	
Total					**67.200**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

3.3- Sobrecargas de tráfico:

Se ha considerado una sobrecarga de tráfico uniforme de 4.0 kN/m^2 en toda la losa, según indicaciones de la Norma IAP (SCT1). Se ha considerado además la carga lineal equivalente a dicha sobrecarga sobre la tapa de hormigón según los ejes de apoyo de la misma (SCT2):

Hipótesis de carga SCT1: Sobrecarga tráfico uniforme — Escala 1 :35.9



HIPÓTESIS DE CARGA SCT1 : Sobrecarga tráfico uniforme

Carga repartida (Toda la estructura)

ID	Geometría Volumen [m^3]	Espesor [cm]	Area [m^2]		Carga Valor [kN/m^2]		Subtotal Carga Z [kN]
F1	7.71	30.0	25.69		-4.000		-102.760

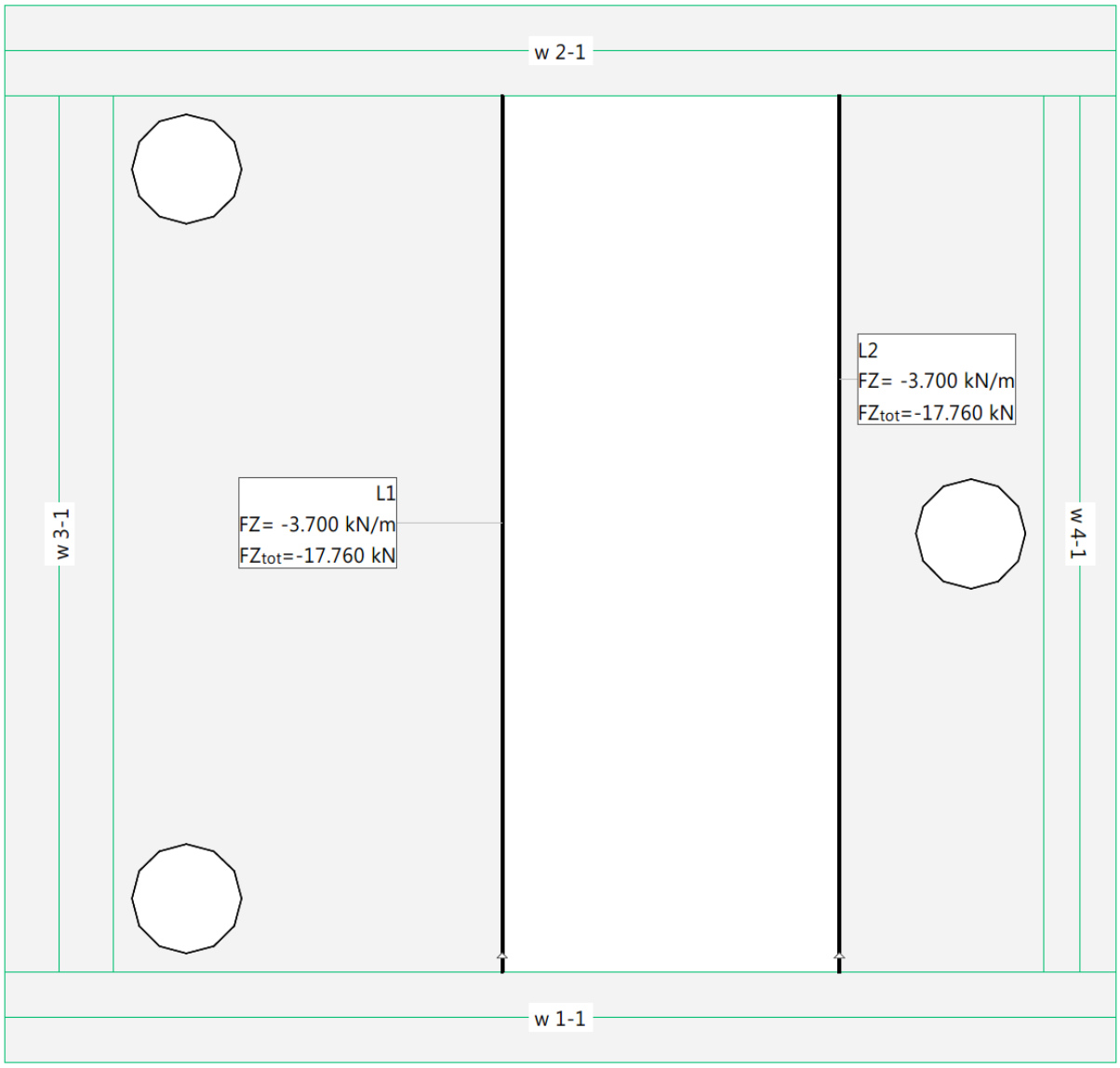
Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT1)

Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-4.074		
				204	0.270		
				190	2.243		
				171	4.302		
				165	1.981		
				159	0.939		
				153	2.555		
				139	5.126		
				124	4.322		
				109	3.470		
				98	2.241		
				87	1.876		
				67	-3.270		
				46	-3.183		
				Sumas	**18.797**	0	
W2	1	0		47	-3.136		
				79	-3.392		
				95	2.449		
				106	1.783		
				121	3.052		
				136	4.363		
				150	5.218		
				156	2.510		
				162	0.935		
				168	2.055		
				182	3.691		
				187	2.359		
				201	0.925		
				215	-0.438		
				48	-3.670		
				Sumas	**18.705**	0	
W3	1	90.000		49	0.638		
				68	2.666		
				69	2.747		
				70	3.740		
				71	4.376		
				72	3.579		
				73	2.354		
				74	3.557		
				75	4.315		
				76	4.189		
				77	3.490		
				78	2.085		
				50	0.416		
				Sumas	**38.153**	0	
W4	1	90.000		51	0.193		
				225	2.068		
				224	2.509		
				223	2.893		
				222	2.968		
				240	2.190		
				221	1.096		
				239	2.189		
				220	3.078		
				219	3.449		
				218	3.037		
				217	1.317		
				52	0.117		
				Sumas	**27.105**	0	
Total					**102.760**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Hipótesis de carga SCT2: Reparto sobrecarga uniforme tapa hormigón Escala 1 :35.9



HIPÓTESIS DE CARGA SCT2 : Reparto sobrecarga uniforme tapa hormigón

Carga lineal

ID	Geometría X [m]	Y [m]		Longitud [m]	Carga MI [kNm/m]	FZ [kN/m]		Subtotal Carga Z [kN]
L1	2.73	0.50			0	-3.700		
	2.73	5.30		4.80	0	-3.700		-17.760
L2	4.58	0.50			0	-3.700		
	4.58	5.30		4.80	0	-3.700		-17.760

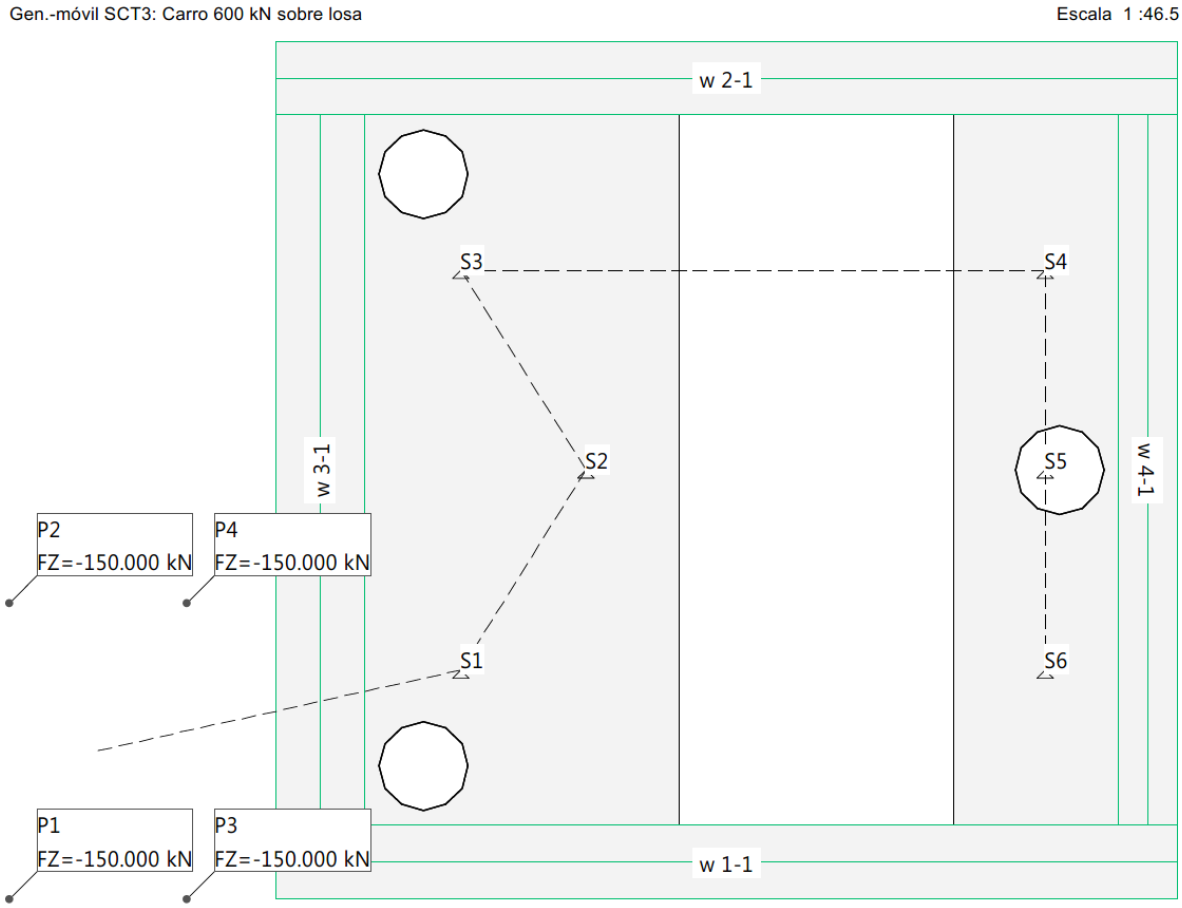
Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT2)

Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-5.755		
				204	-1.447		
				190	1.439		
				171	5.157		
				165	1.951		
				159	0.140		
				153	1.905		
				139	4.393		
				124	2.422		
				109	0.259		
				98	-0.369		
				87	-0.027		
				67	-2.679		
				46	-2.111		
				Sumas	**5.278**	0	
W2	1	0		47	-2.057		
				79	-2.925		
				95	-0.044		
				106	-0.339		
				121	0.255		
				136	2.426		
				150	4.481		
				156	1.853		
				162	0.142		
				168	2.058		
				182	4.465		
				187	2.045		
				201	0.151		
				215	-2.009		
				48	-5.112		
				Sumas	**5.389**	0	
W3	1	90.000		49	0.083		
				68	0.975		
				69	0.684		
				70	0.780		
				71	1.132		
				72	1.029		
				73	0.677		
				74	1.013		
				75	1.120		
				76	0.842		
				77	0.991		
				78	0.794		
				50	0.055		
				Sumas	**10.173**	0	
W4	1	90.000		51	-0.456		
				225	1.021		
				224	1.353		
				223	1.554		
				222	1.717		
				240	1.549		
				221	0.787		
				239	1.538		
				220	1.848		
				219	1.879		
				218	1.650		
				217	0.521		
				52	-0.280		
				Sumas	**14.681**	0	
Total					**35.520**		

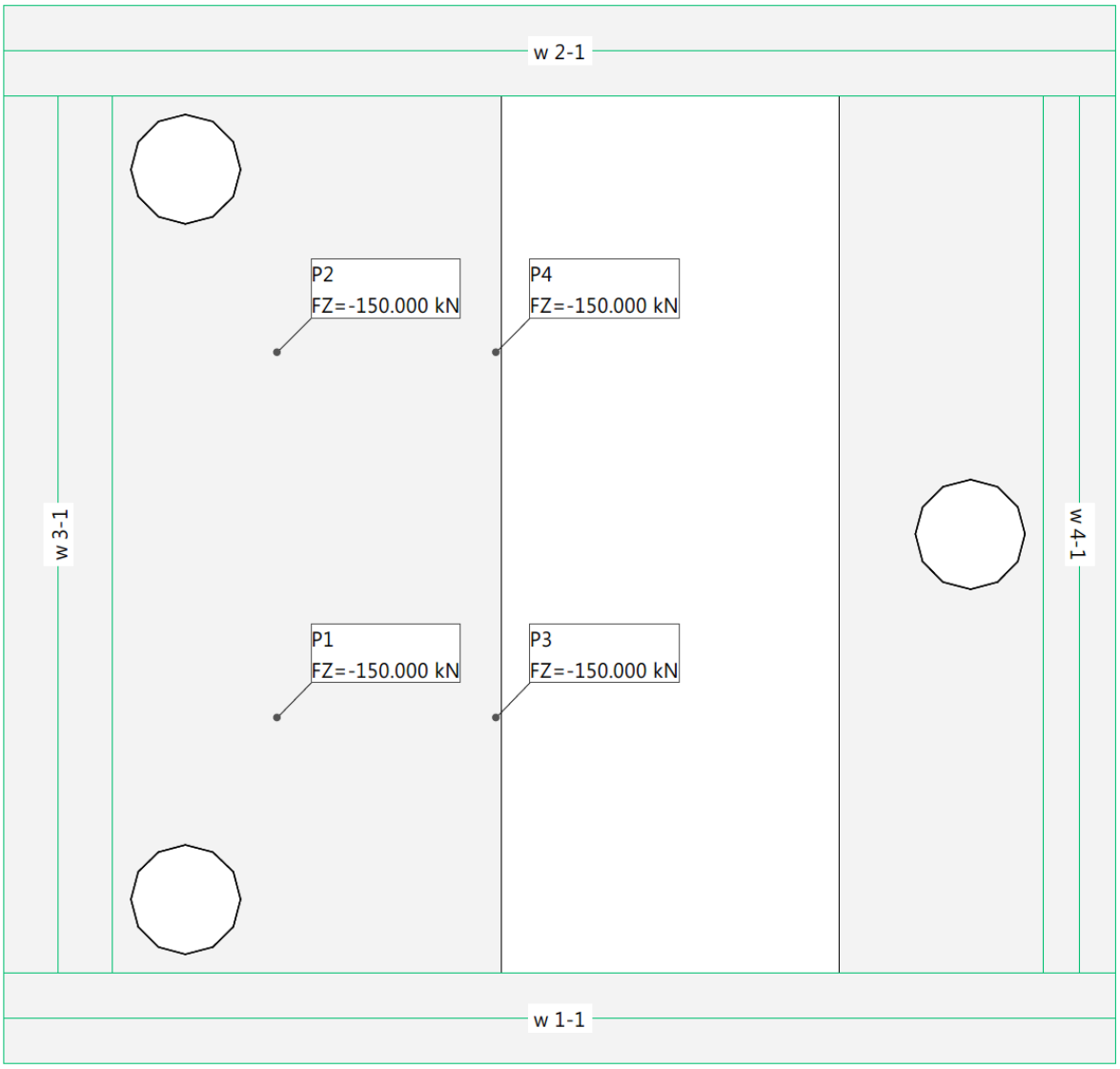
RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Además de la sobrecarga de tráfico uniforme, se ha paseado un carro de 4 apoyos de 600.0 kN de peso total, según indicaciones de la IAP, de forma aleatoria por toda la superficie de la losa (SCT3) y por encima de la tapa de hormigón en las posiciones más desfavorables (SCT4 y SCT5), incluyendo las cargas puntuales obtenidas en el eje de apoyo de la misma:



Se incluyen a continuación, a modo de ejemplo, las posiciones S2 y S5 del carro, así como las hipótesis SCT4 y SCT5 resultantes de posicionar el carro en las situaciones pésimas sobre la tapa de hormigón (gráfico + listados de cargas y reacciones):

Hipótesis de carga SCT3%2: SCT3 - Posición 2 Escala 1 :35.9



HIPÓTESIS DE CARGA SCT3%2 : SCT3 - Posición 2

Carga puntual

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Momento MX [kNm]	Momento MY [kNm]		Subtotal Carga Z [kN]
P1	1.50	1.90		0	0		-150.000
P2	1.50	3.90		0	0		-150.000
P3	2.70	1.90		0	0		-150.000
P4	2.70	3.90		0	0		-150.000

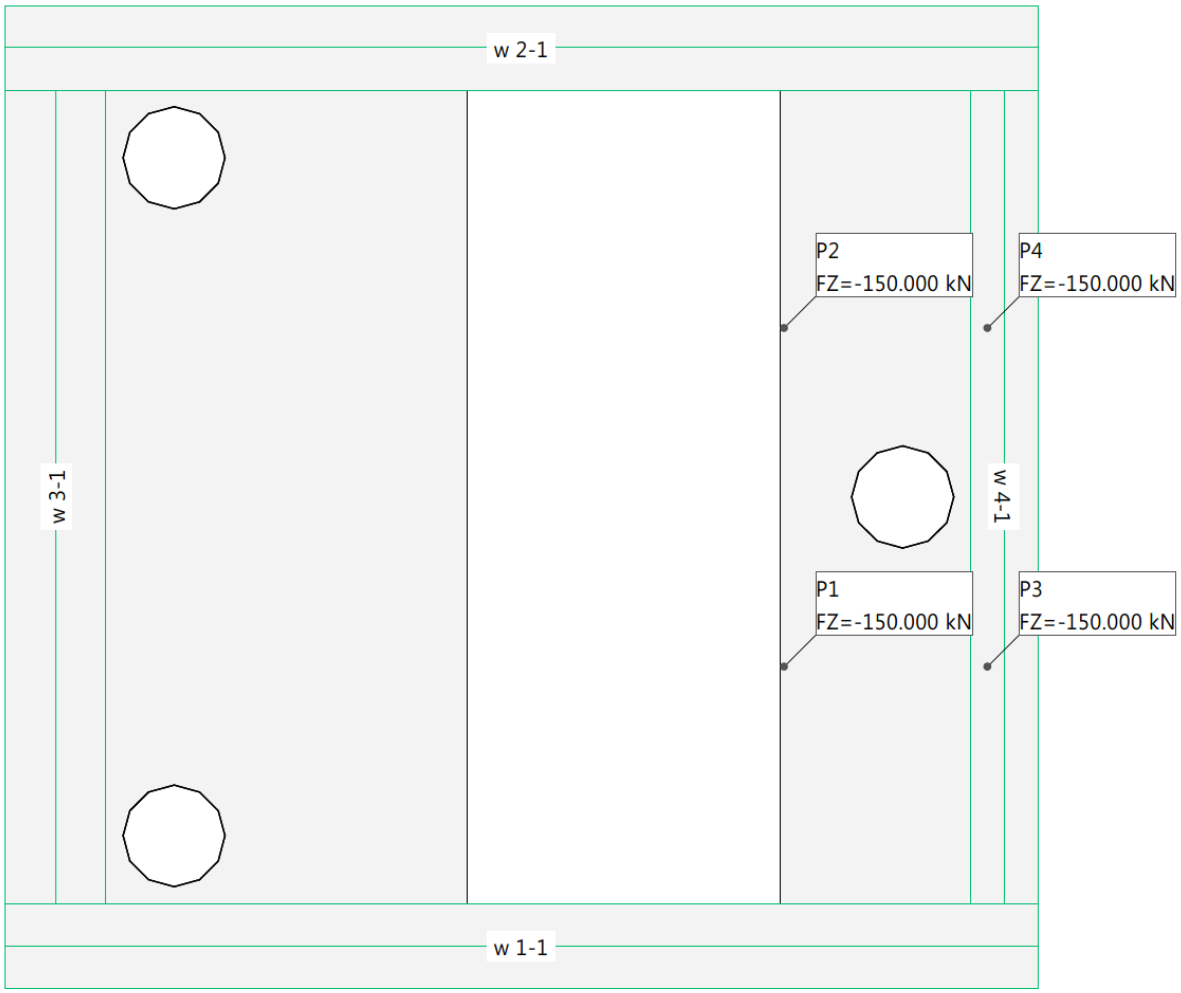
Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT3%2)

Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-28.866		
				204	-12.602		
				190	-3.646		
				171	-3.048		
				165	-3.620		
				159	1.464		
				153	44.890		
				139	99.561		
				124	62.828		
				109	23.850		
				98	7.982		
				87	11.255		
				67	-81.675		
				46	-67.612		
				Sumas	**50.761**	0	
W2	1	0		47	-66.087		
				79	-88.116		
				95	15.136		
				106	5.014		
				121	21.047		
				136	63.537		
				150	101.473		
				156	43.532		
				162	0.673		
				168	-4.016		
				182	-1.994		
				187	-1.476		
				201	-3.458		
				215	-13.352		
				48	-25.548		
				Sumas	**46.367**	0	
W3	1	90.000		49	0.945		
				68	29.144		
				69	25.389		
				70	40.542		
				71	53.302		
				72	42.187		
				73	27.192		
				74	41.554		
				75	52.681		
				76	44.594		
				77	33.687		
				78	23.105		
				50	1.008		
				Sumas	**415.329**	0	
W4	1	90.000		51	1.344		
				225	13.626		
				224	13.341		
				223	9.015		
				222	4.011		
				240	1.271		
				221	0.540		
				239	1.164		
				220	4.143		
				219	11.456		
				218	17.992		
				217	9.031		
				52	0.610		
				Sumas	**87.543**	0	
Total					**600.000**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Hipótesis de carga SCT3%5: SCT3 - Posición 5 Escala 1 :40.7



HIPÓTESIS DE CARGA SCT3%5 : SCT3 - Posición 5

Carga puntual

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Momento MX [kNm]	Momento MY [kNm]		Subtotal Carga Z [kN]
P1	4.60	1.90		0	0		-150.000
P2	4.60	3.90		0	0		-150.000
P3	5.80	1.90		0	0		-150.000
P4	5.80	3.90		0	0		-150.000

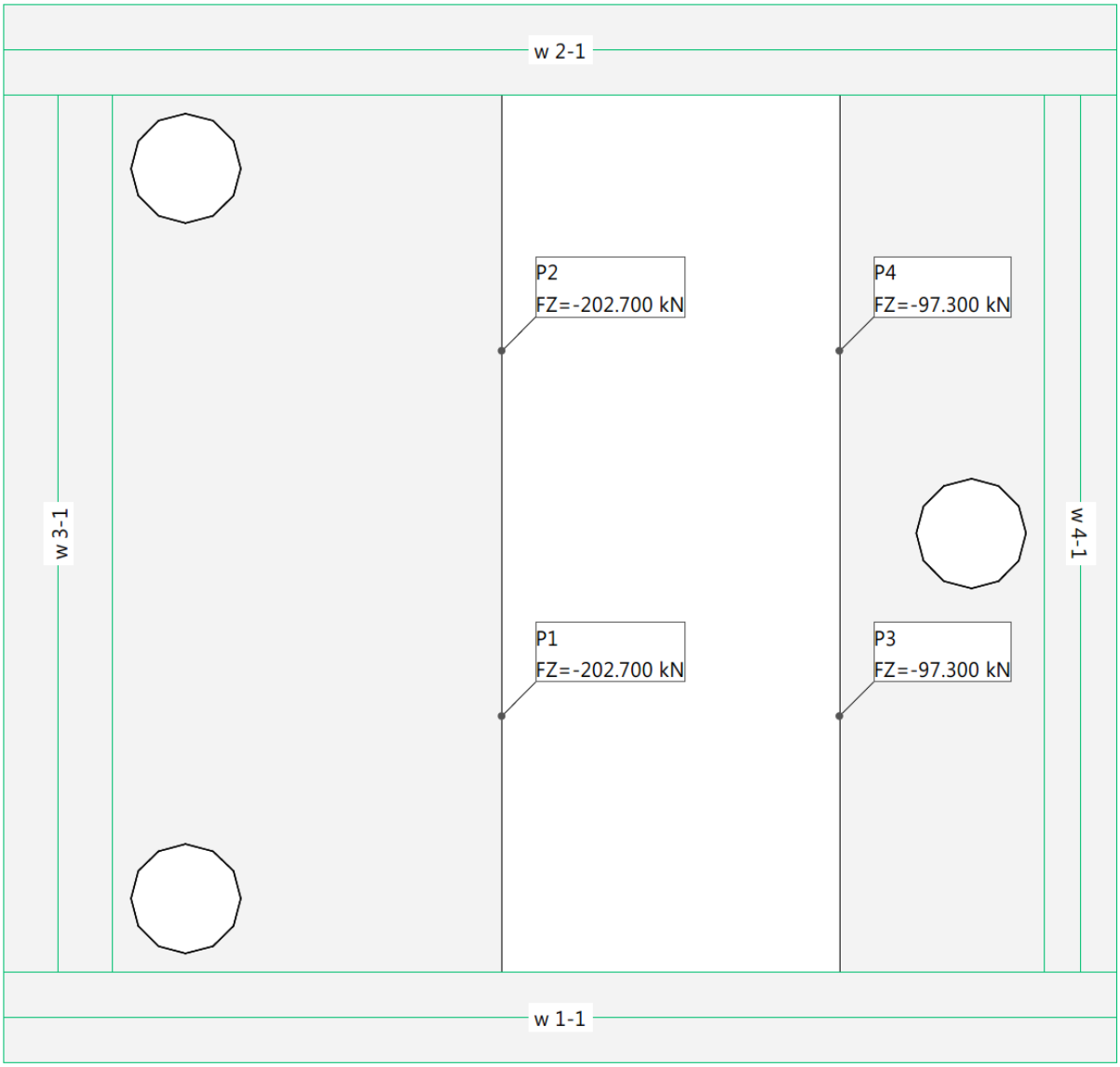
Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT3%5)

Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-103.412		
				204	-21.730		
				190	28.903		
				171	94.633		
				165	37.182		
				159	0.447		
				153	-3.997		
				139	-1.738		
				124	-0.069		
				109	-0.186		
				98	-0.767		
				87	-0.310		
				67	-6.283		
				46	-4.662		
				Sumas	**18.009**	0	
W2	1	0		47	-4.537		
				79	-6.930		
				95	-0.312		
				106	-0.684		
				121	0.004		
				136	-0.215		
				150	-1.972		
				156	-3.950		
				162	1.095		
				168	39.383		
				182	81.249		
				187	38.674		
				201	4.765		
				215	-33.030		
				48	-92.856		
				Sumas	**20.684**	0	
W3	1	90.000		49	0.604		
				68	3.385		
				69	2.761		
				70	2.152		
				71	1.863		
				72	1.414		
				73	0.911		
				74	1.393		
				75	1.900		
				76	2.431		
				77	3.844		
				78	2.638		
				50	0.350		
				Sumas	**25.645**	0	
W4	1	90.000		51	-12.467		
				225	12.197		
				224	32.246		
				223	86.299		
				222	97.515		
				240	40.274		
				221	17.938		
				239	37.943		
				220	99.691		
				219	98.341		
				218	29.717		
				217	3.261		
				52	-7.294		
				Sumas	**535.662**	0	
Total					**600.000**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Hipótesis de carga SCT4: Carro 600 kN sobre tapa (1) Escala 1 :35.9



HIPÓTESIS DE CARGA SCT4 : Carro 600 kN sobre tapa (1)

Carga puntual

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Momento MX [kNm]	Momento MY [kNm]		Subtotal Carga Z [kN]
P1	2.73	1.90		0	0		-202.700
P2	2.73	3.90		0	0		-202.700
P3	4.58	1.90		0	0		-97.300
P4	4.58	3.90		0	0		-97.300

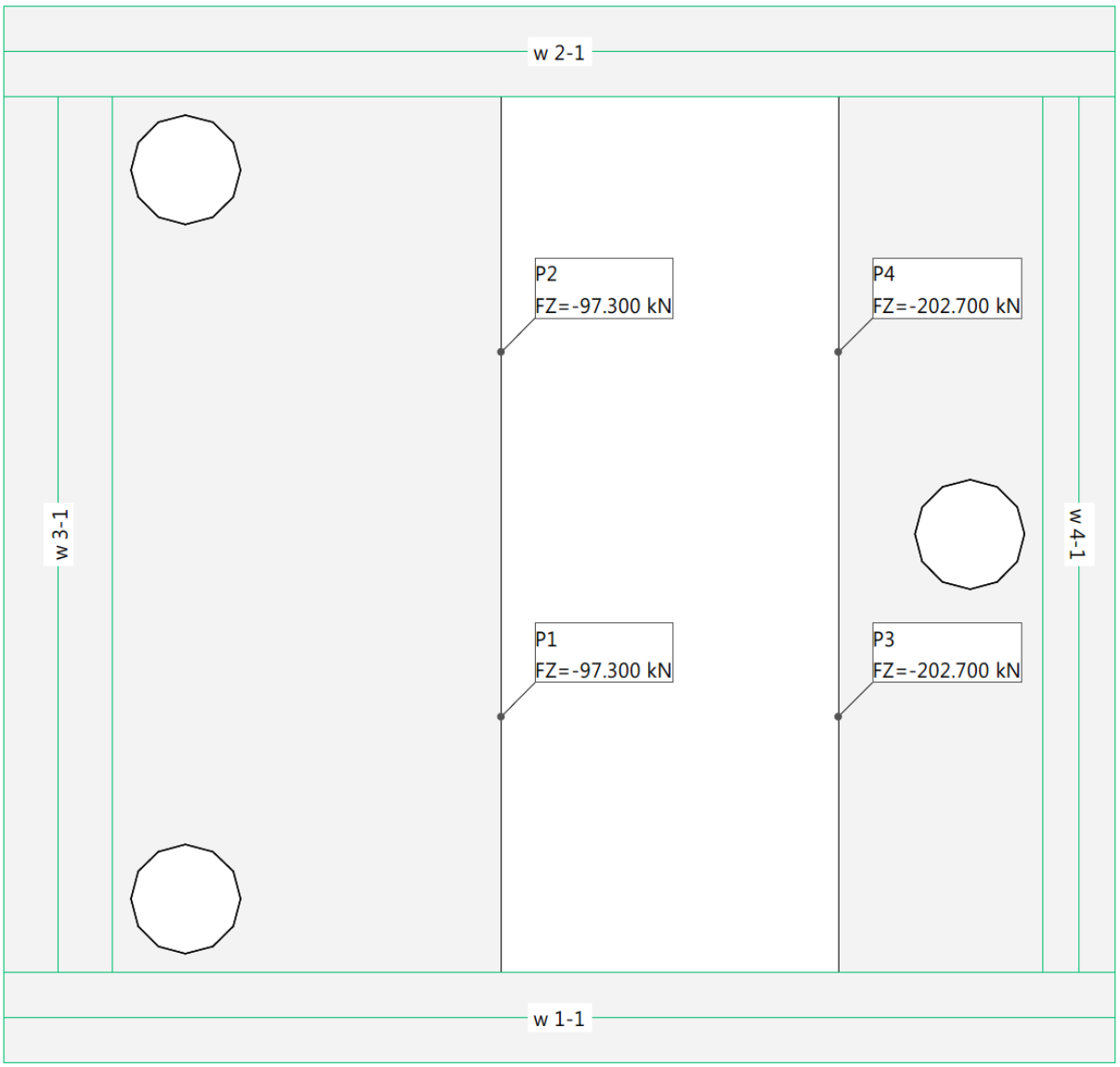
Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT4)

Valores concentrados en los nudos

Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-87.634		
				204	-24.948		
				190	13.687		
				171	54.959		
				165	19.172		
				159	2.268		
				153	45.292		
				139	100.858		
				124	56.015		
				109	6.332		
				98	-8.118		
				87	0.395		
				67	-68.732		
				46	-54.673		
				Sumas	**54.873**	0	
W2	1	0		47	-53.495		
				79	-75.293		
				95	0.021		
				106	-7.893		
				121	6.403		
				136	56.573		
				150	102.845		
				156	43.938		
				162	1.846		
				168	20.172		
				182	47.924		
				187	21.874		
				201	-0.600		
				215	-32.299		
				48	-78.394		
				Sumas	**53.622**	0	
W3	1	90.000		49	1.520		
				68	23.522		
				69	16.135		
				70	20.008		
				71	30.104		
				72	27.292		
				73	17.946		
				74	26.889		
				75	29.829		
				76	21.704		
				77	23.965		
				78	19.529		
				50	1.135		
				Sumas	**259.579**	0	
W4	1	90.000		51	-5.912		
				225	18.409		
				224	23.757		
				223	26.644		
				222	26.123		
				240	19.662		
				221	9.658		
				239	19.238		
				220	27.885		
				219	32.021		
				218	28.368		
				217	9.758		
				52	-3.685		
				Sumas	**231.927**	0	
Total					**600.000**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

Hipótesis de carga SCT5: Carro 600 kN sobre tapa (2) Escala 1 :35.9



HIPÓTESIS DE CARGA SCT5 : Carro 600 kN sobre tapa (2)

Carga puntual

ID	Geometría X [m]	Geometría Y [m]		Momento MX [kNm]	Momento MY [kNm]		Subtotal Carga Z [kN]
P1	2.73	1.90		0	0		-97.300
P2	2.73	3.90		0	0		-97.300
P3	4.58	1.90		0	0		-202.700
P4	4.58	3.90		0	0		-202.700

Reacciones de apoyo lineal (Hipótesis de carga SCT5)

Valores concentrados en los nudos

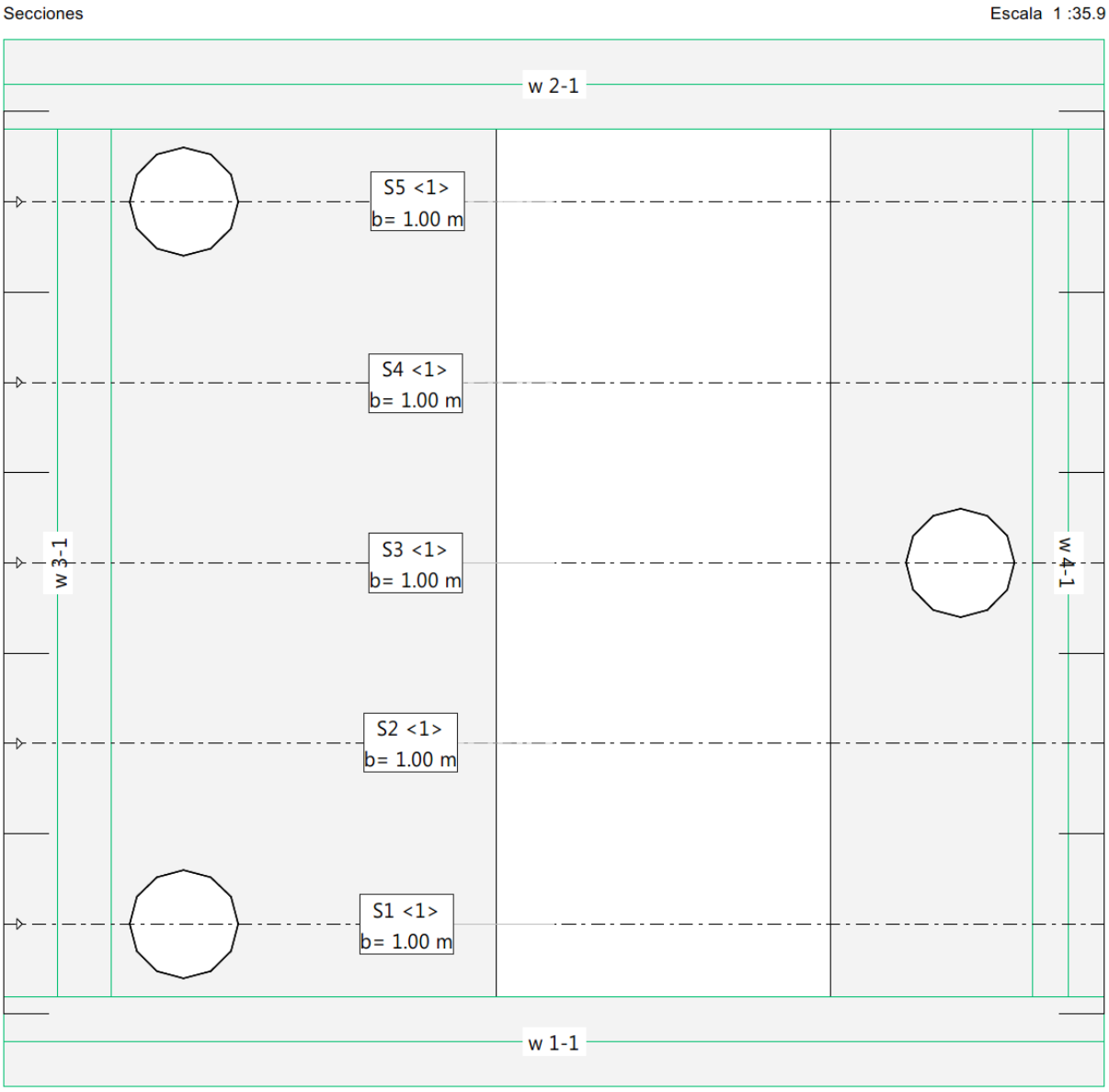
Soportes	Segm.	Dirección x [°]		Nudos	RZ [kN]	RMx [kNm]	RMy [kNm]
W1	1	0		45	-139.798		
				204	-33.326		
				190	33.922		
				171	119.374		
				165	46.134		
				159	1.634		
				153	17.803		
				139	46.700		
				124	26.820		
				109	2.860		
				98	-4.643		
				87	-0.111		
				67	-39.114		
				46	-30.786		
				Sumas	**47.468**	0	
W2	1	0		47	-30.103		
				79	-42.902		
				95	-0.294		
				106	-4.455		
				121	3.079		
				136	26.941		
				150	47.415		
				156	17.184		
				162	2.053		
				168	48.832		
				182	103.112		
				187	47.789		
				201	3.861		
				215	-47.526		
				48	-125.466		
				Sumas	**49.520**	0	
W3	1	90.000		49	1.318		
				68	14.588		
				69	10.434		
				70	11.699		
				71	16.266		
				72	14.478		
				73	9.502		
				74	14.265		
				75	16.172		
				76	12.791		
				77	15.255		
				78	11.948		
				50	0.886		
				Sumas	**149.602**	0	
W4	1	90.000		51	-14.314		
				225	18.155		
				224	29.720		
				223	42.147		
				222	48.477		
				240	39.077		
				221	19.320		
				239	38.353		
				220	51.953		
				219	49.730		
				218	32.433		
				217	6.942		
				52	-8.584		
				Sumas	**353.409**	0	
Total					**600.000**		

RMx : Momento sobre el eje de apoyo
RMy : Momento sobre un eje perpendicular al eje del apoyo

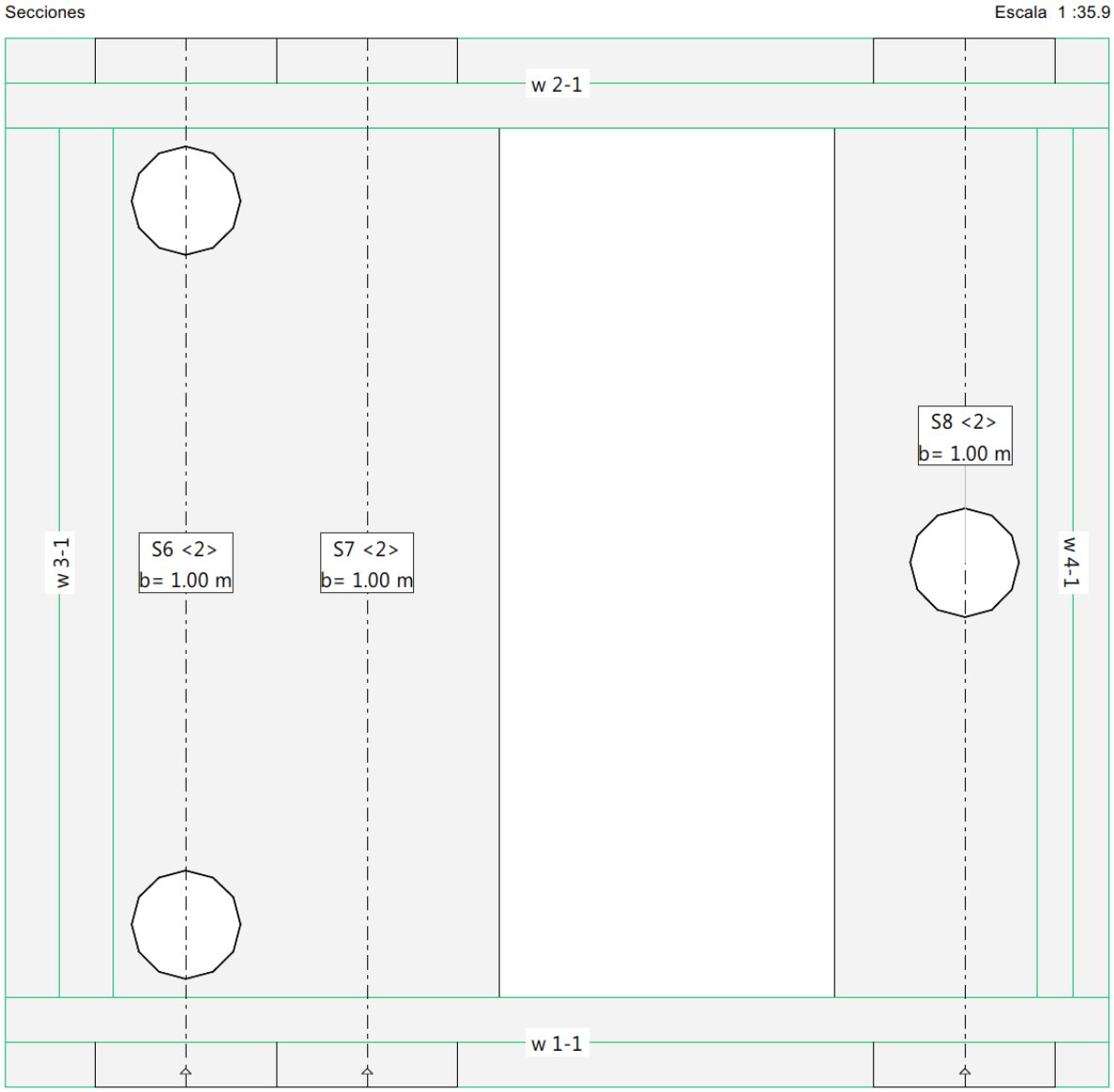
4- SECCIONES DE SALIDA:

A continuación se presentan las secciones de salida en las que el programa integrará los esfuerzos de la manera explicada en aparatados anteriores. El ancho adoptado para las secciones de salida ha sido de 1.00 m para las secciones longitudinales y transversales (dirección x y dirección y). En los zunchos diseñados en las secciones de apoyo de la tapa de hormigón se han dado secciones iguales al ancho del zuncho, es decir de 0.30 m.

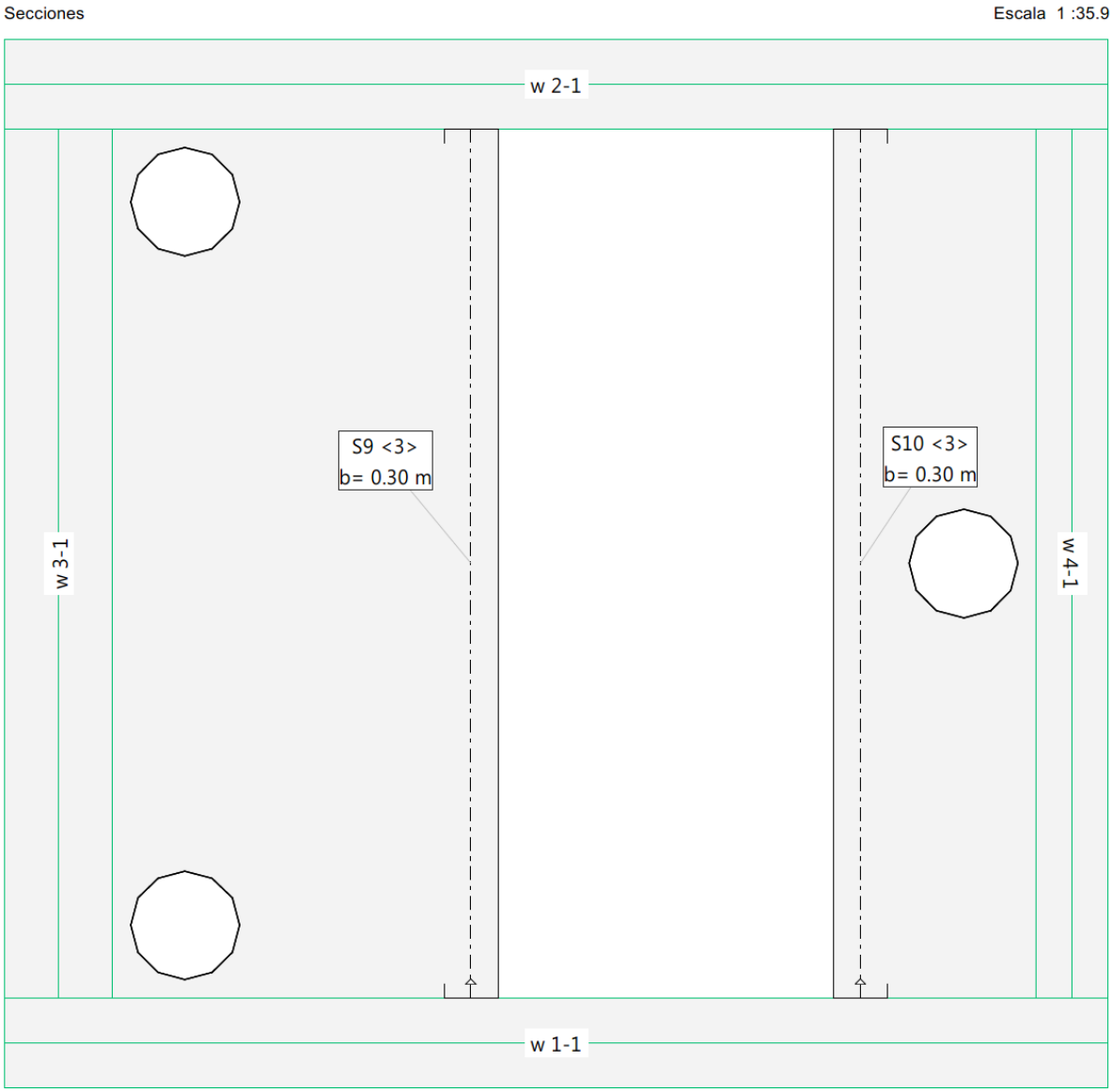
Secciones de salida en dirección x



Secciones de salida en dirección y



Secciones de salida en zunchos tapa hormigón



5- ESTADO LÍMITE ÚLTIMO (E.L.U.):

5.1. Envolvente de cálculo:

Especificación de envolventes: !ELU

Descripción
Situación de diseño estándar: Estado límite último tipo 2 (1B)

Especificación de envolventes

Acción			Combinaciones de acciones		
No	Nombre	Fac	1	2	
1	Peso propio	1	1.35	1	
2	Carga muerta	1	1.35	1	
3	Sobrecarga tráfico	1	1.5	1.5	

Fac : todos los factores de combinación son multiplicados por este factor

Superposiciones de hipótesis de carga para las acciones
para la especificación de envolventes !ELU

Acción	Alt	aditivo	excluyente	Hipótesis de carga	Factor	Comb.
Peso propio		Permanente		PP Peso propio	1.000	
Carga muerta		Permanente		CM1 Peso propio viga apoyo tapa hor	1.000	
		Permanente		CM2 Peso propio tapa hormigón	1.000	
Sobrecarga tráfico		si es crítico		SCT1 Sobrecarga tráfico uniforme	1.000	
		p&lus si es crí		SCT2 Reparto sobrecarga uniforme ta	1.000	
		p&lus si es crí	ya sea	SCT3%1 SCT3 - Posición 1	1.000	
			o	SCT3%2 SCT3 - Posición 2	1.000	
			o	SCT3%3 SCT3 - Posición 3	1.000	
			o	SCT3%4 SCT3 - Posición 4	1.000	
			o	SCT3%5 SCT3 - Posición 5	1.000	
			o	SCT4 Carro 600 kN sobre tapa (1)	1.000	
			o	SCT5 Carro 600 kN sobre tapa (2)	1.000	
			o	SCT3%6 SCT3 - Posición 6	1.000	

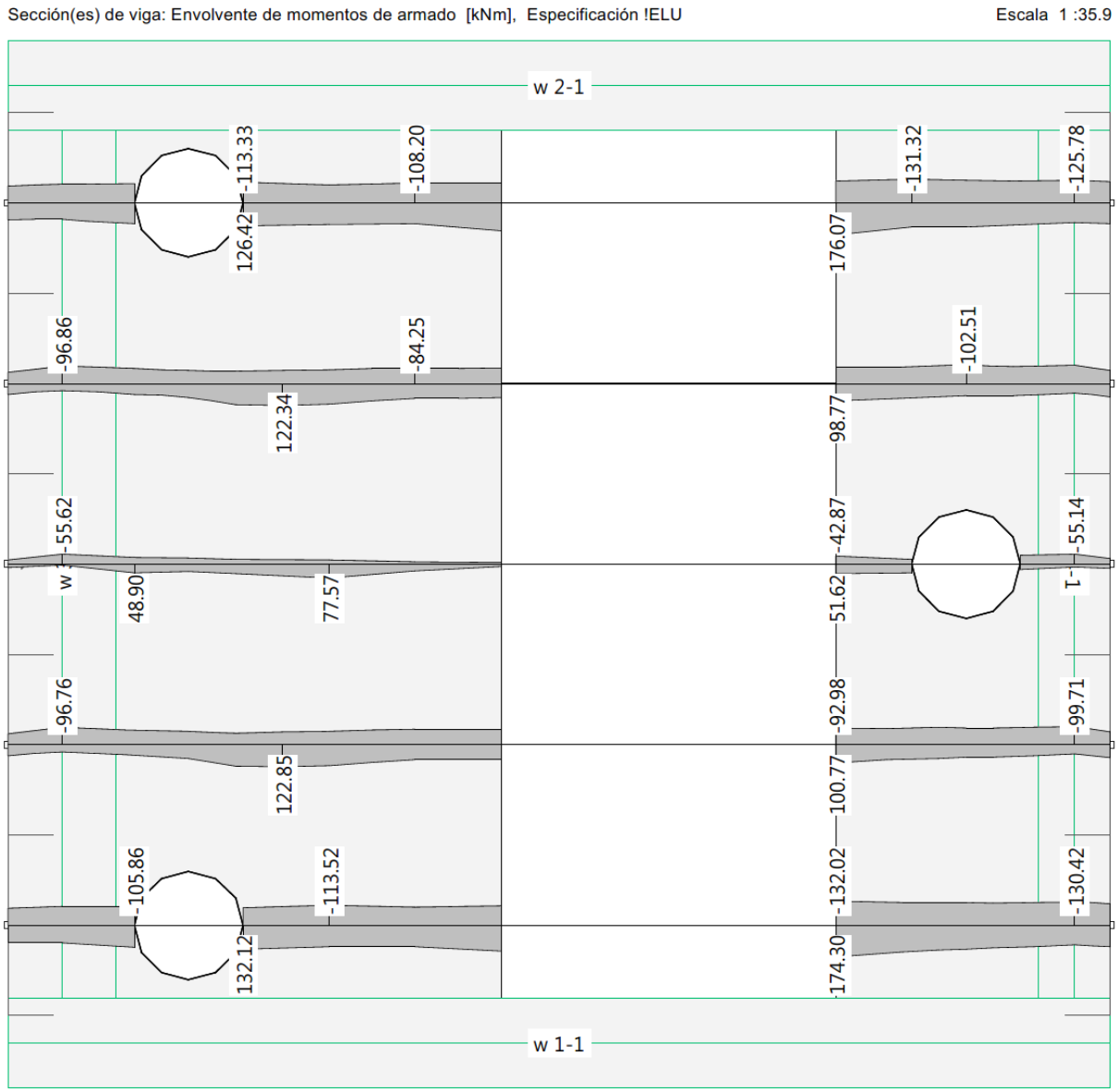
Alt : Superposición alternativa

5.2. E.L.U. Flexión:

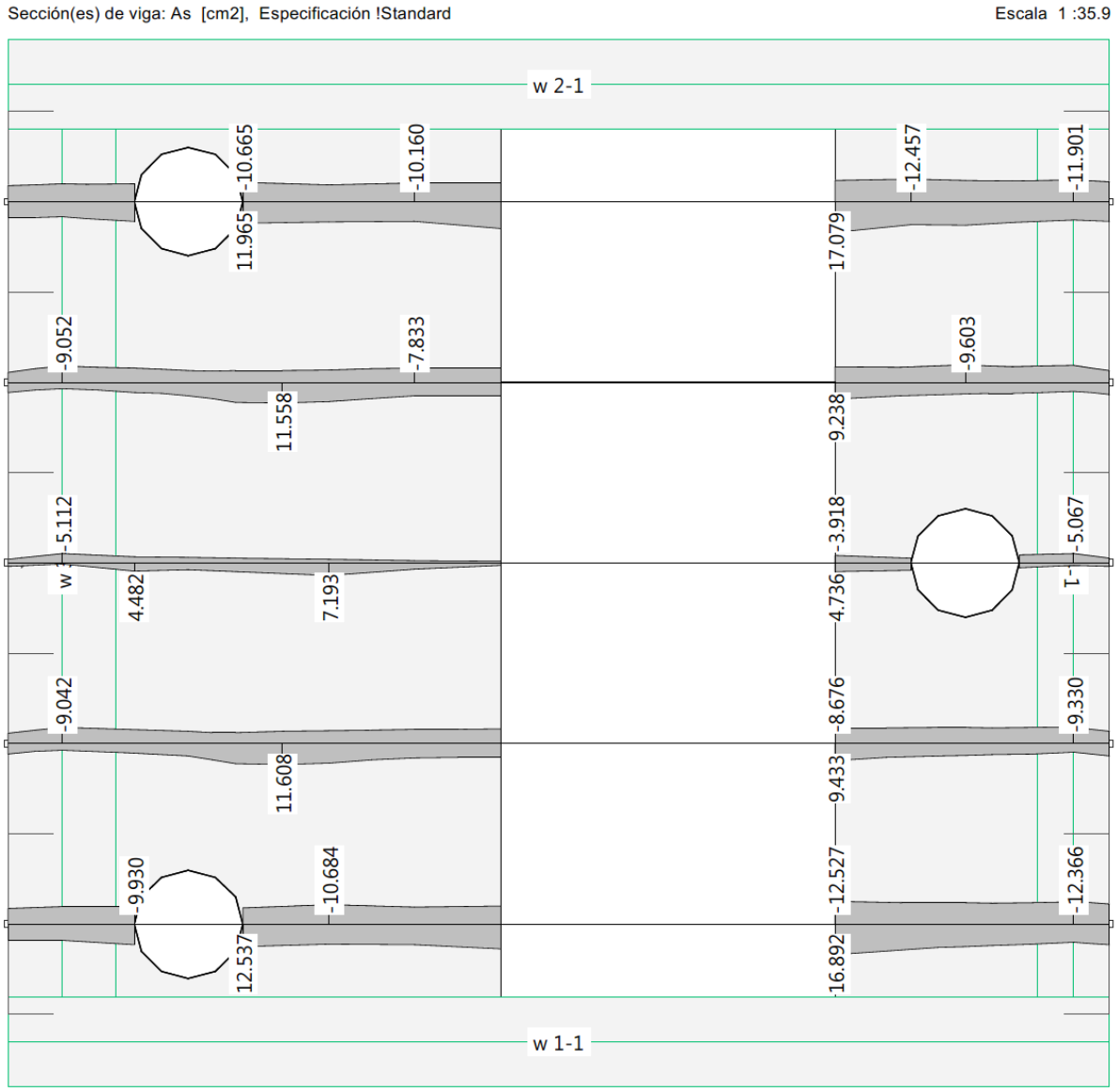
Se han obtenido las leyes de momentos flectores en cada una de las secciones de salida representadas en apartados anteriores. Con dichas leyes, el programa CEDRUS-7 ha calculado la armadura necesaria en cada una de las secciones generadas.

A continuación se representan tanto las leyes de momentos como las de armado, en primer lugar en dirección x, en segundo lugar en dirección y, y finalmente en los zunchos de la tapa de hormigón.

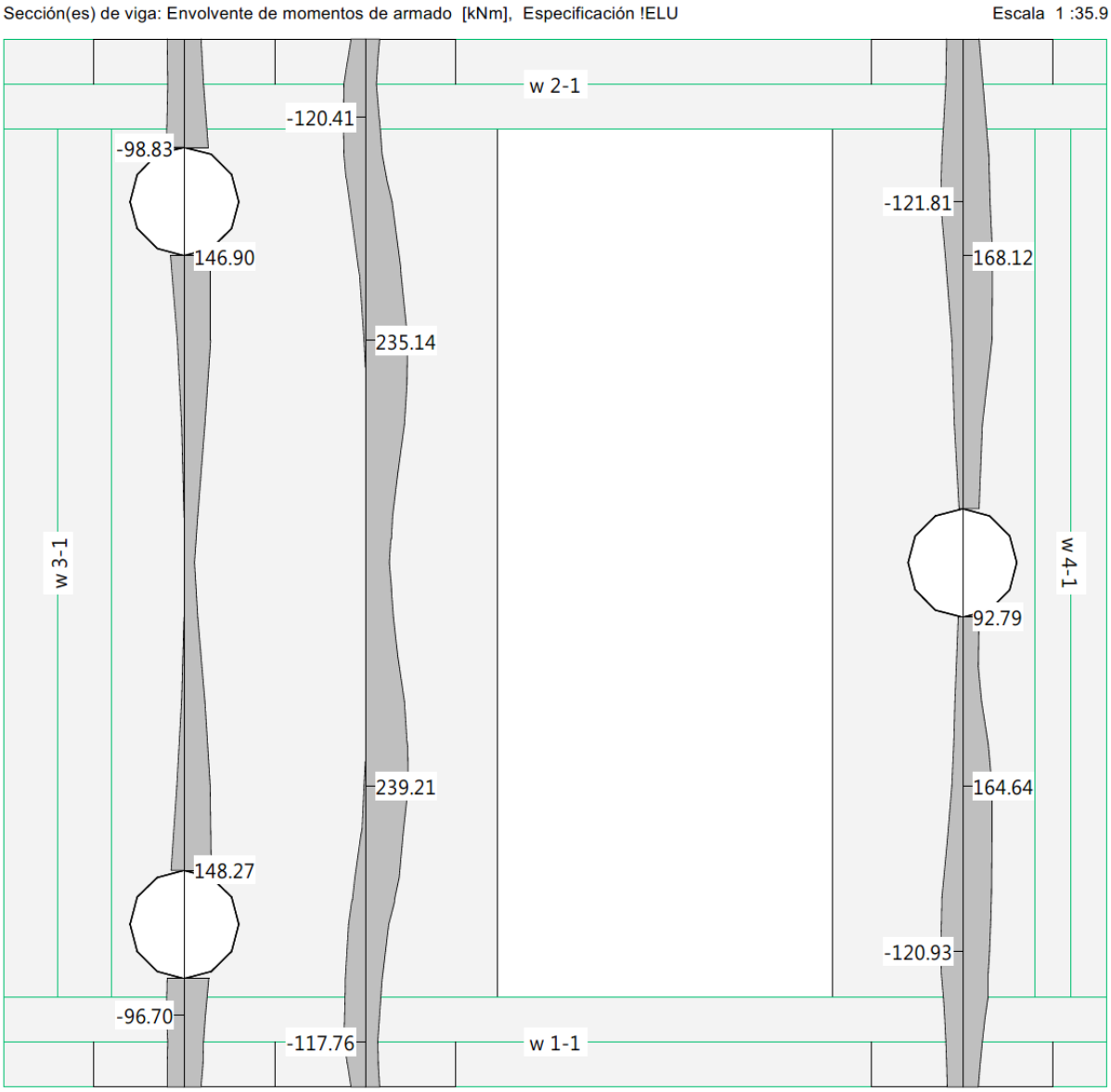
Momento flector en dirección x (kNm)



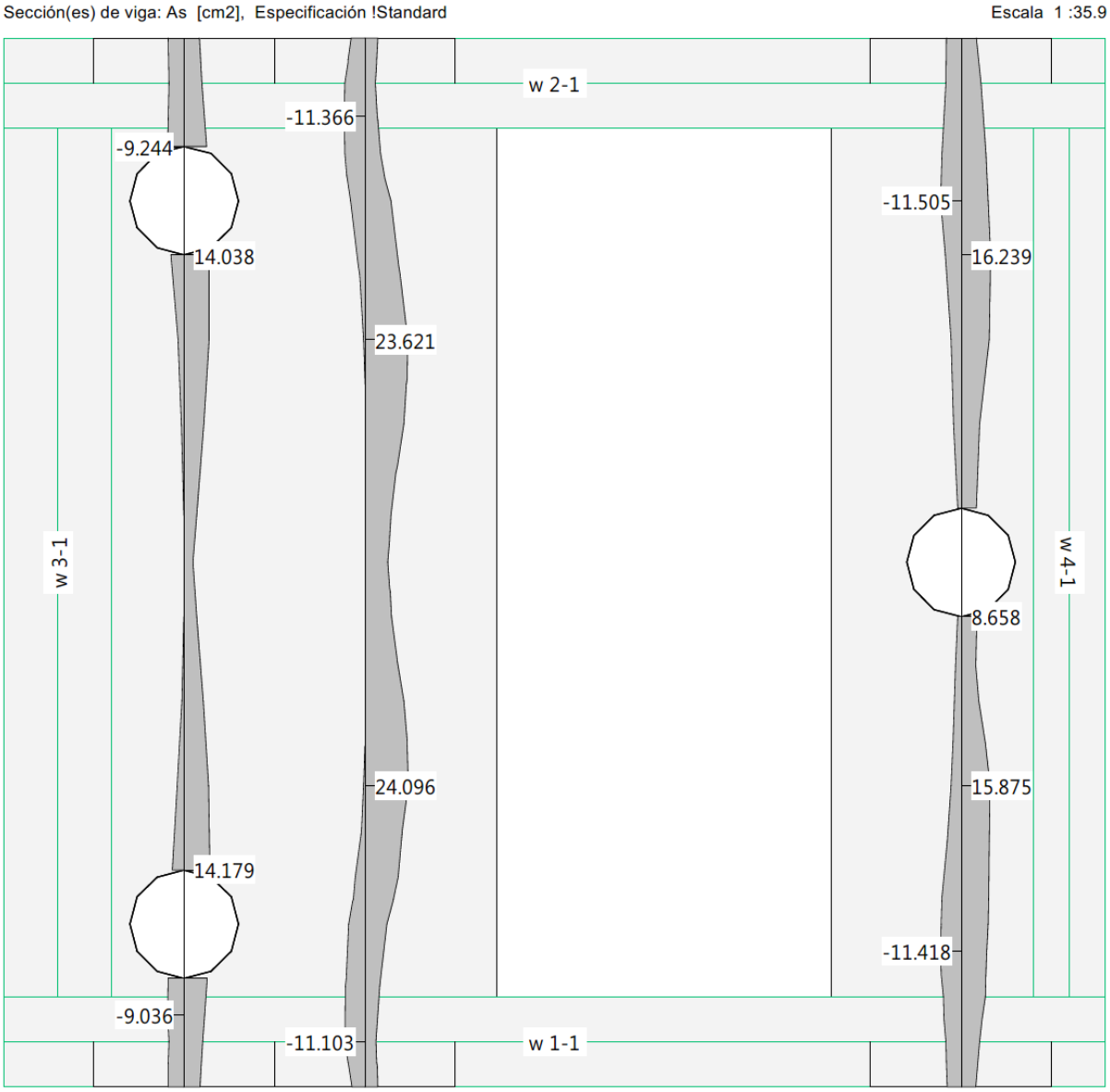
Armadura en dirección x (cm^2)



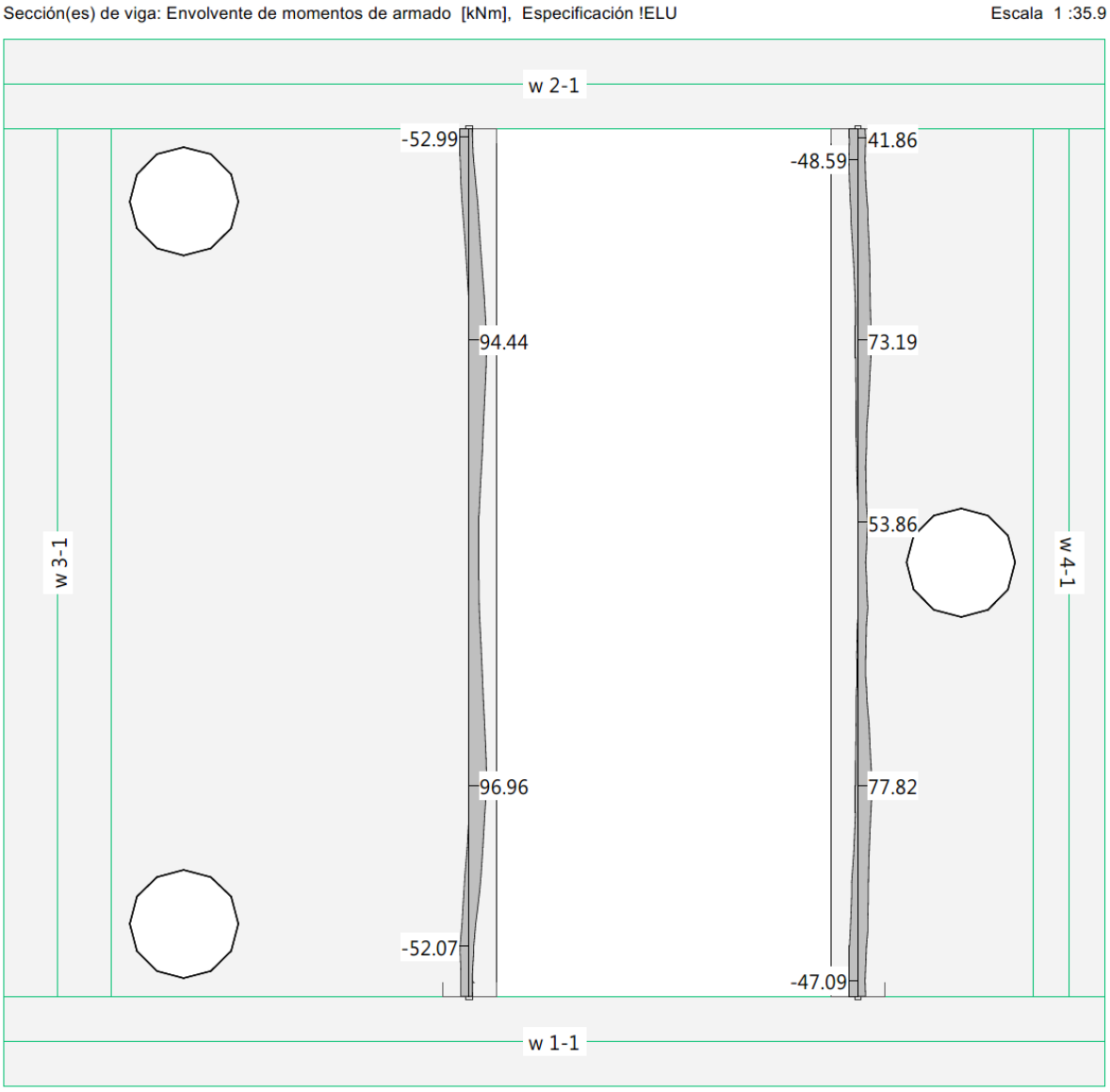
Momento flector en dirección y (kNm)



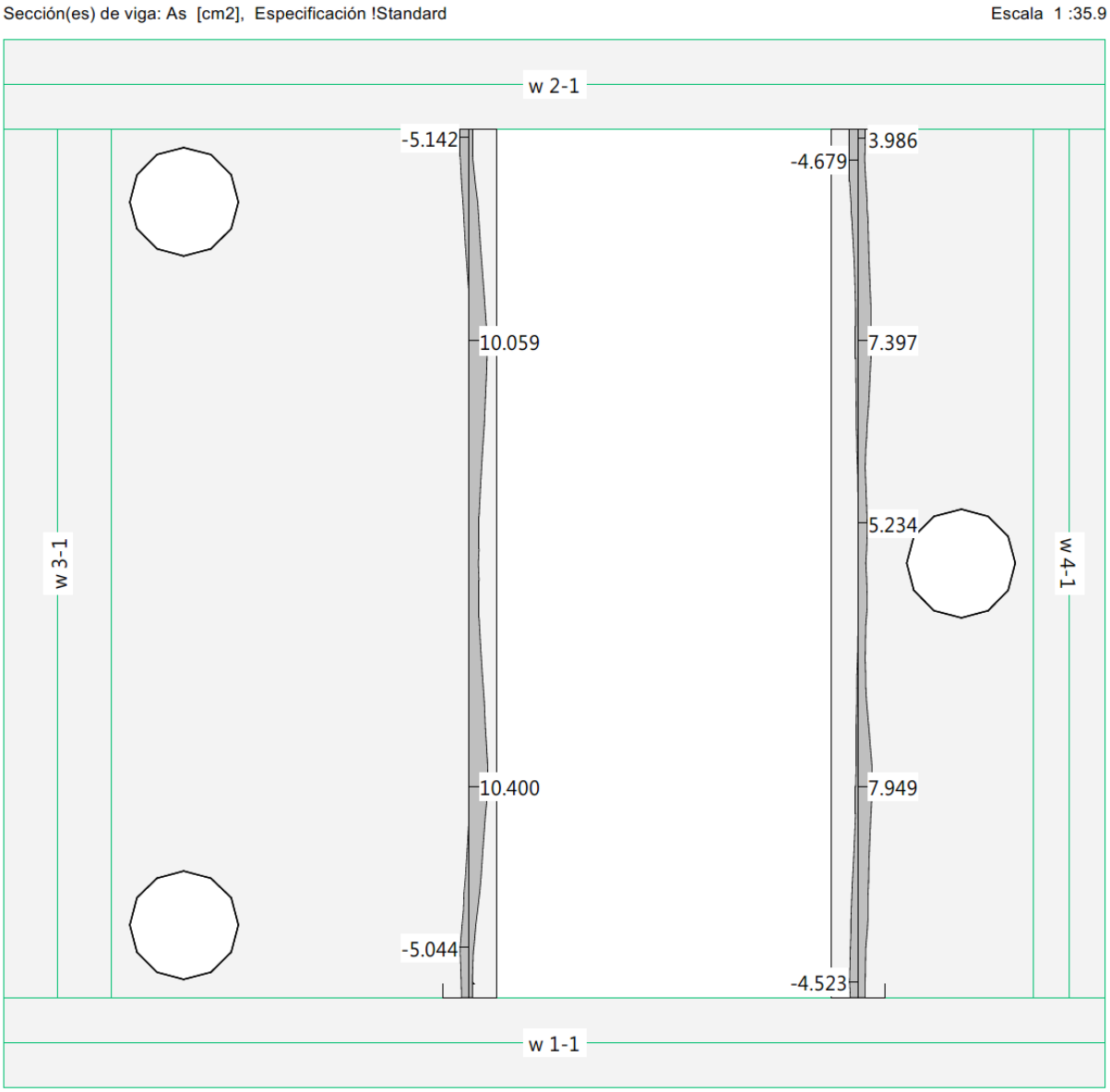
Armadura en dirección y (cm^2)



Momento flector en zunchos tapa hormigón (kNm)



Armadura en zunchos tapa hormigón (cm^2)

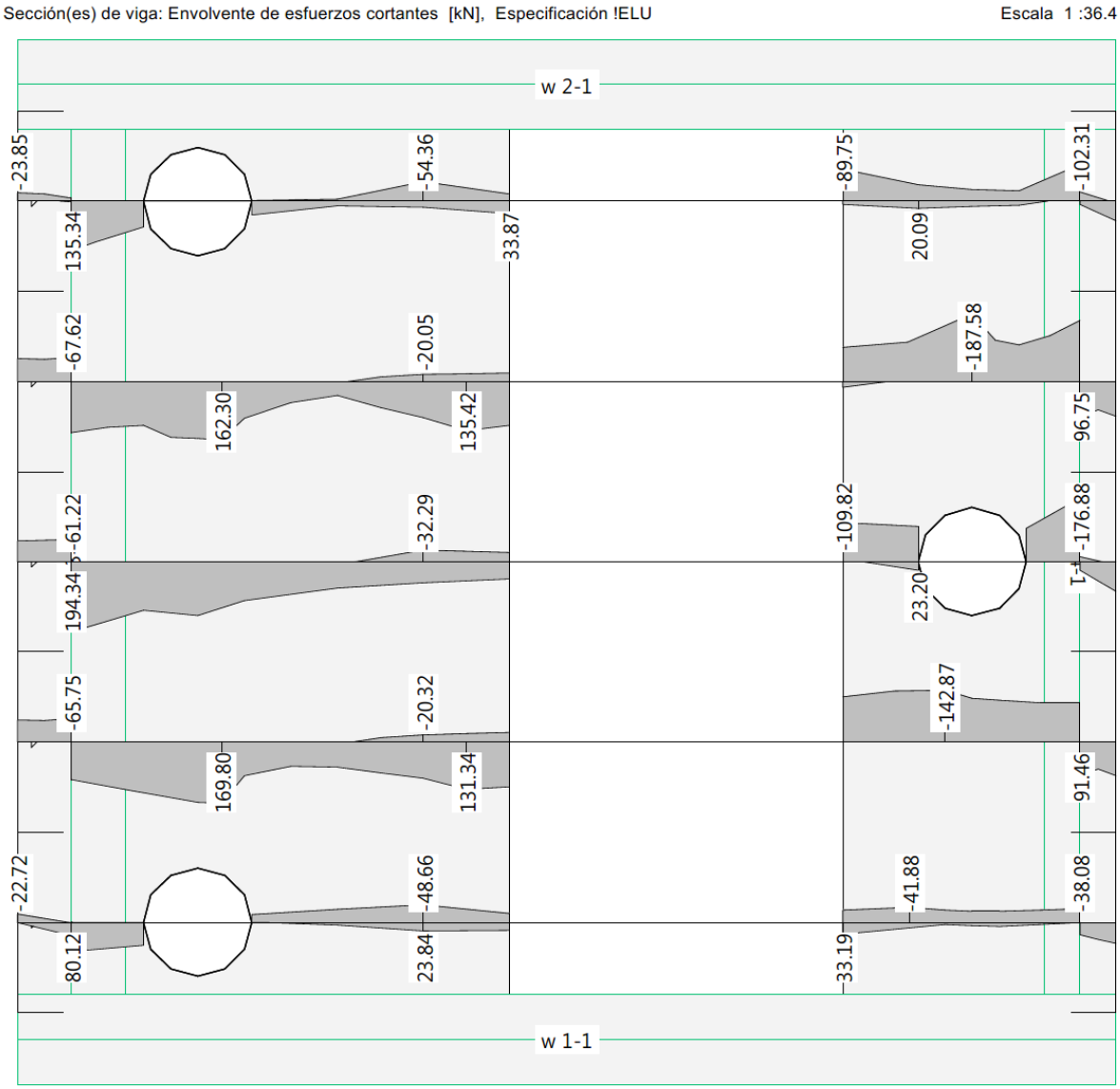


5.3. E.L.U. Cortante:

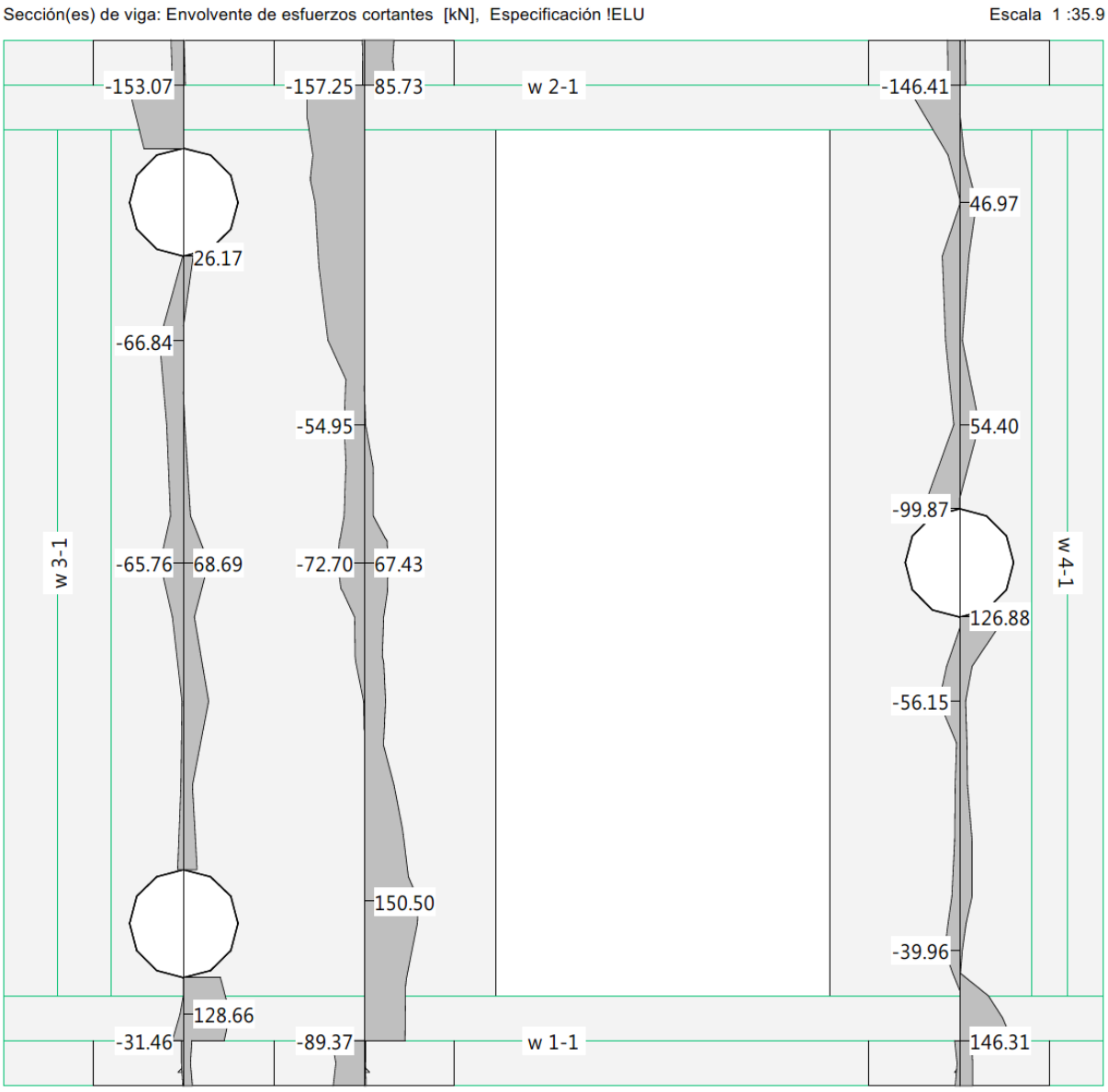
Se han obtenido las leyes de esfuerzos cortantes en cada una de las secciones de salida representadas anteriormente. Con los valores pésimos se ha llevado a cabo el cálculo a cortante establecido por la EHE-08.

A continuación se presentan las leyes de cortante en dirección x, en dirección y, y en los zunchos de apoyo de la tapa de hormigón, así como el cálculo a cortante de dichos zunchos (el resto de la estructura no necesita refuerzo de cortante).

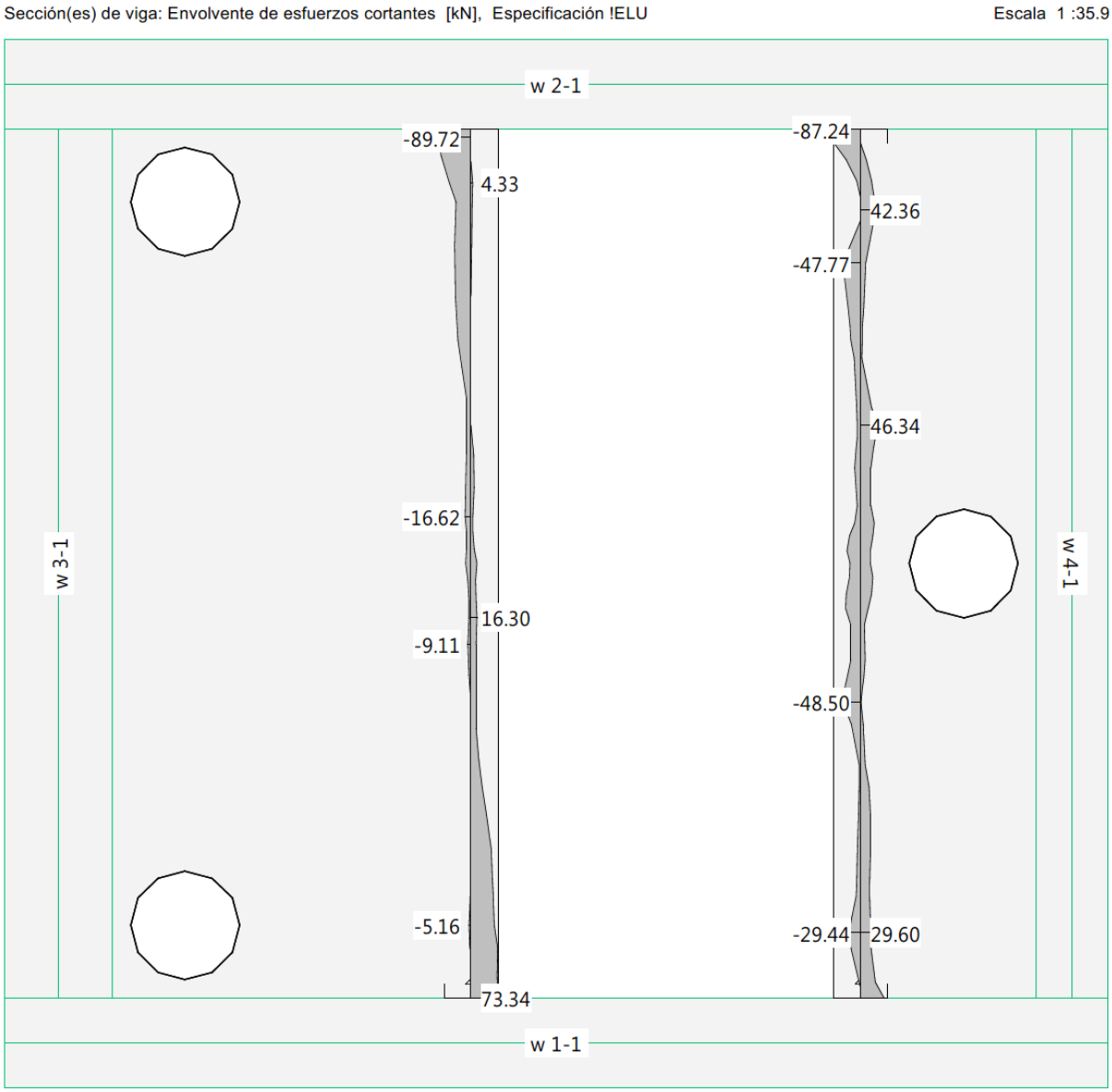
Esfuerzo cortante en dirección x (kN)



Esfuerzo cortante en dirección y (kN)



Esfuerzo cortante en zunchos tapa hormigón (kN)



Cálculo a cortante en sección más desfavorable (EHE-08)

acciona Ingeniería

ELU CORTANTE EN SECCION RECTANGULAR

13/04/2016

(EHE 08. Artº44)

Inicializar | Imprimir

1) Datos sección:

1.a Geometría:

Canto sección:	c =	0.30	m	Area sección: A =	0.090	m^2		
Ancho sección:	b =	0.30	m	Inercia sección: I =	0.00068	m^4		
Recubrimiento:	r_{nom} =	0.04		Recubrimiento de cálculo:	0.050	m		

1.b Materiales:

Hormigón:	HA30			γ_c =	1.50			
f_{ck} =	3000.0	T/m^2		f_{cd} =	2000.0	T/m^2		
$E_{c,m,28}$ =	2854216.2	T/m^2		EI =	1926.6	$T{\cdot}m^2$		
Acero:	B500S			γ_s =	1.15			
f_{yk} =	50000	T/m^2		f_{yd} =	43478.3	T/m^2		
E_s =	21000000	T/m^2		$f_{\alpha yd}$ =	40000.0	T/m^2		

1.d Arm. long. traccion.:	Nº de barras:	3	Ø20	A_s =	9.42	cm^2
				ρ_L =	12.57	‰
1.e Arm. long. comprimida.:	Nº de barras:	3	Ø16	A'_s =	6.03	cm^2
				ρ'_L =	8.04	‰

1.f Esfuerzos sobre la sección:	Cortante en borde apoyo: Q'_d =	7.3	T	
	Cortante a d del borde de apoyo: Q_d =	7.3	T	
Secc. pretensada: ☐ Si	Axil sobre el elemento: N_d =	0.0	T	
	σ_{cd} =	0.0	T/m^2	
	σ'_{cd} =	0.0	T/m^2	

2) Comprobación cortante según art. 44º EHE08:

2.a Geometría sección de cálculo.

	b_0 =	0.30	m	d =	0.25	m		

2.b Comprobación bielas comprimidas. $Q'_d < V_{u1}$

Inclinación de la armadura (α):	90.00	°
Inclinación bielas comprimidas (θ):	45.00	°

	K =	1.00	β =	0.50				
	V_{u1} =	45.0	T	OK				

2.c Comprobación tracción en el alma $Q_d < V_{u2}$

Tipo solicitación:	Región fisurada							
	ξ =	1.894			$f_{ct,d}$ =	132.14	T/m^2	
	V_{u2} =	7.3	T		β =	1.00		
	V_{cu} =	4.7	T		*Necesaria armadura transversal*			
	V_{su} =	2.6	T		**A_α =**	**2.9**	**cm^2/ml**	

6- ESTADO LÍMITE SERVICIO (E.L.S.):

6.1. E.L.S. Fisuración:

Se adjunta, en primer lugar, la envolvente de cálculo utilizada para la verificación del Estado Límite de Servicio de fisuración (combinación de acciones casi-permanente). A continuación, se presentan las leyes de momentos característicos obtenidos con dicha envolvente, tanto en la dirección x, como en la dirección y, y en los zunchos de apoyo de la tapa de hormigón. Finalmente se incluyen las distintas comprobaciones realizadas (cálculos de abertura de fisura máxima), sistematizadas en hojas de cálculo elaboradas según los criterios de la EHE-08.

Especificación de envolventes: !ELS(cuasi-permanente)

Descripción
Situación de diseño estándar: ELS Estado límite servicio, combinación cuasi-permanente

Especificación de envolventes

No	Acción Nombre	Fac	Combinaciones de acciones 1
1	Peso propio	1	1
2	Carga muerta	1	1
3	Sobrecarga tráfico	1	0.6

Fac : todos los factores de combinación son multiplicados por este factor

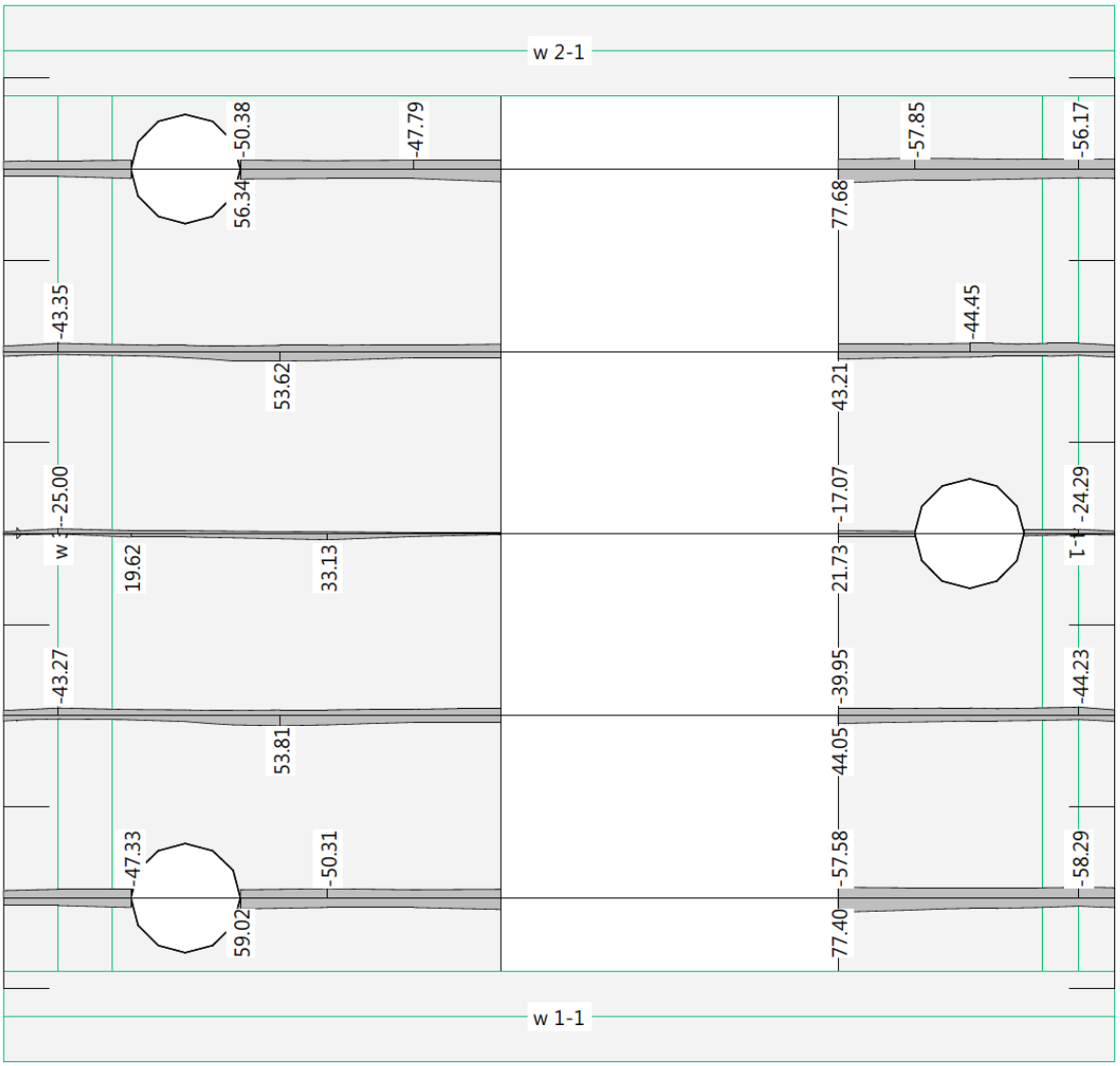
Superposiciones de hipótesis de carga para las acciones
para la especificación de envolventes !ELS(cuasi-permanente)

Acción	Alt	aditivo	excluyente	Hipótesis de carga	Factor	Comb.
Peso propio		Permanente		PP Peso propio	1.000	
Carga muerta		Permanente		CM1 Peso propio viga apoyo tapa hor	1.000	
		Permanente		CM2 Peso propio tapa hormigón	1.000	
Sobrecarga tráfico		si es crítico		SCT1 Sobrecarga tráfico uniforme	1.000	
		p&lus si es crí		SCT2 Reparto sobrecarga uniforme ta	1.000	
		p&lus si es crí	ya sea	SCT3%1 SCT3 - Posición 1	1.000	
			o	SCT3%2 SCT3 - Posición 2	1.000	
			o	SCT3%3 SCT3 - Posición 3	1.000	
			o	SCT3%4 SCT3 - Posición 4	1.000	
			o	SCT3%5 SCT3 - Posición 5	1.000	
			o	SCT4 Carro 600 kN sobre tapa (1)	1.000	
			o	SCT5 Carro 600 kN sobre tapa (2)	1.000	
			o	SCT3%6 SCT3 - Posición 6	1.000	

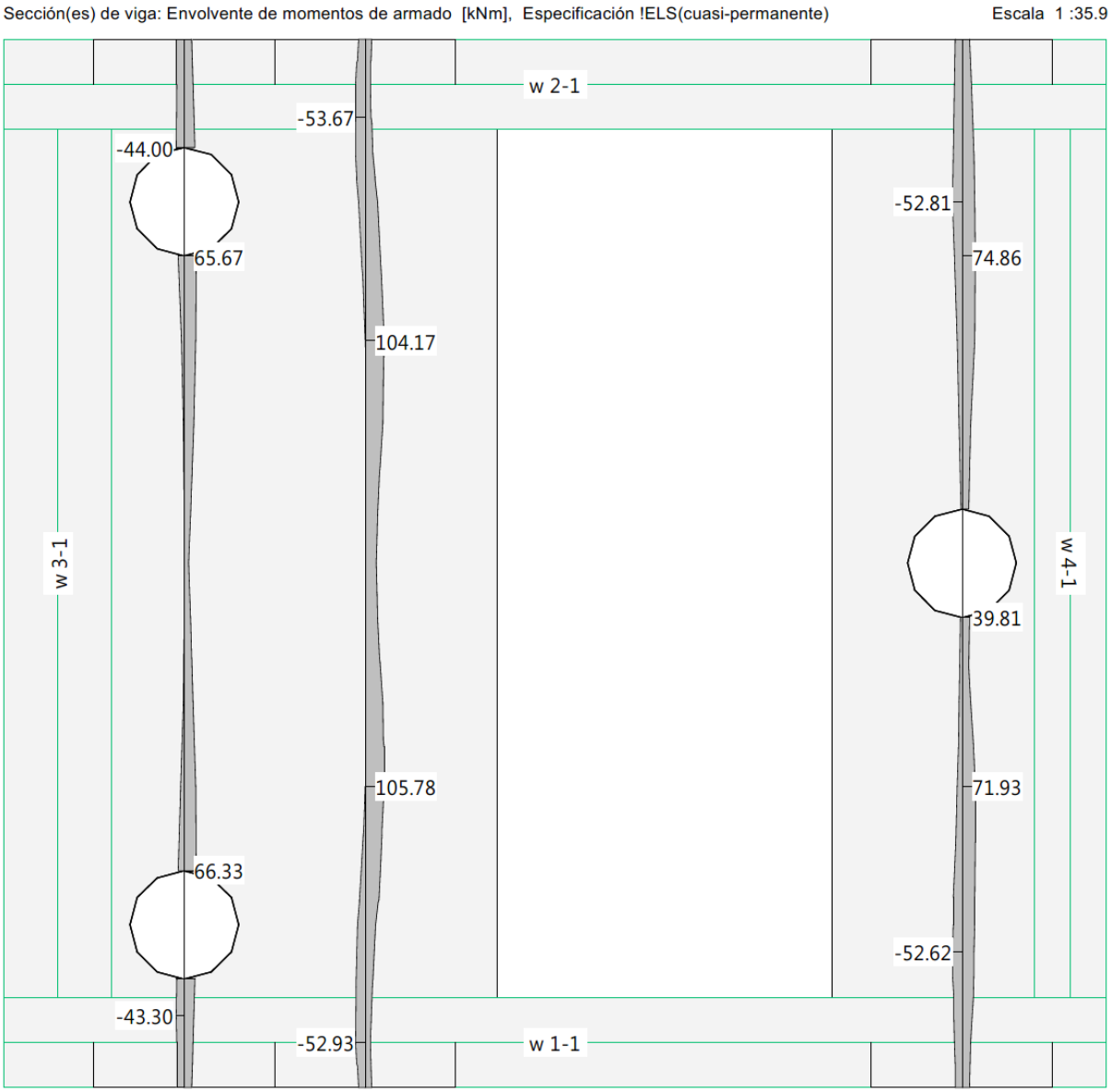
Alt : Superposición alternativa

Momento flector en dirección x (kNm)

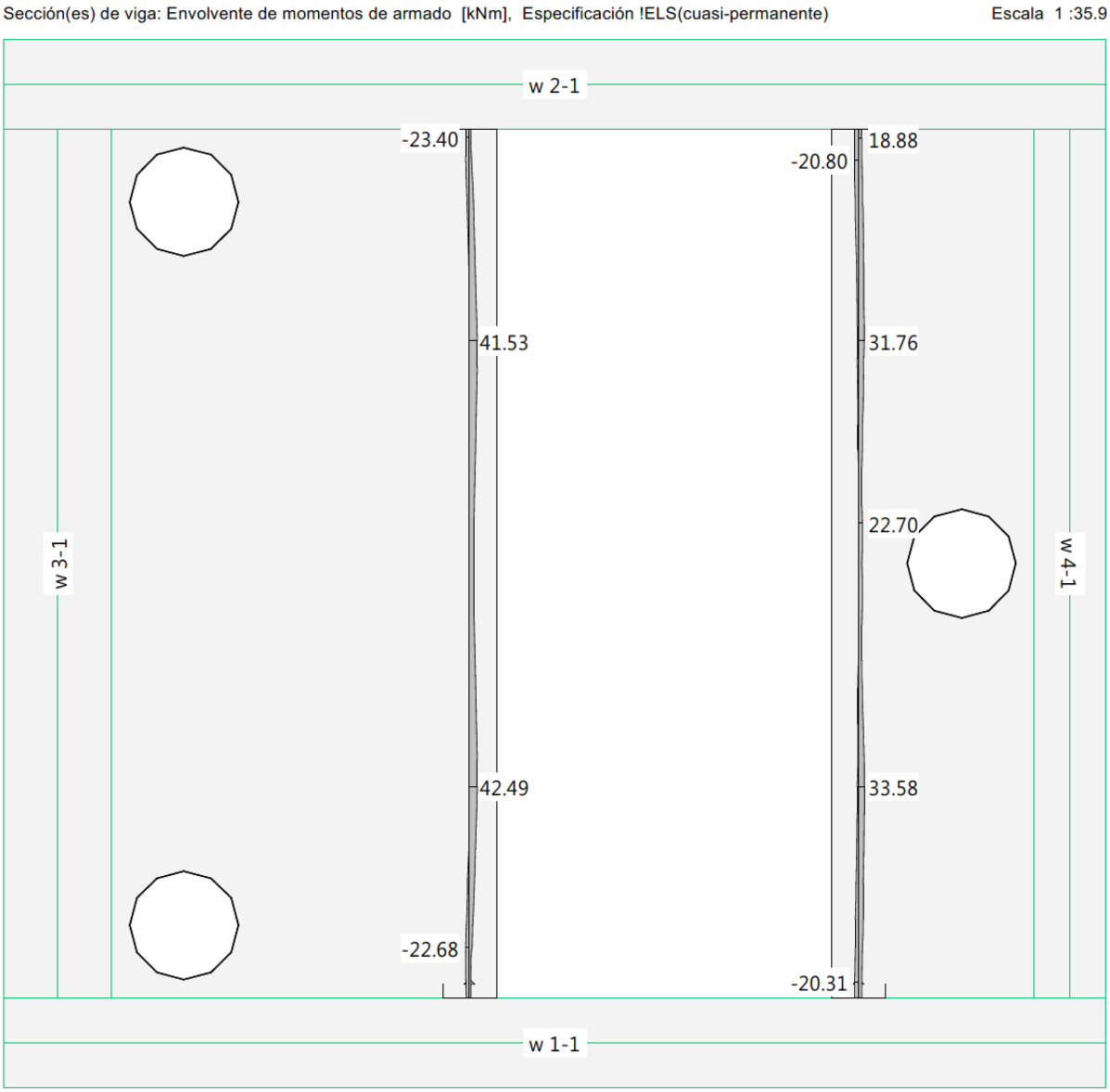
Sección(es) de viga: Envolvente de momentos de armado [kNm], Especificación !ELS(cuasi-permanente) Escala 1 :35.9



Momento flector en dirección y (kNm)



Momento flector en zunchos tapa hormigón (kNm)



```
                    Fisuración EHE08 cara superior (dirección x)
**************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
**************************************************

Título: Fisuración EHE08 losa cubierta cara superior (dirección x)
Fecha: 12/04/2016 9:55:09
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.300 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 19.54 cm², en capa interior 0.00 cm² y
total 19.54 cm²
Diámetro equivalente = 16.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.236 m
Inercia bruta = 0.002250 m4 e Inercia fisurada =0.000491 m4
fctm,fl = 3.77 y Mfis = 56.5 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 57.9 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
Estado tensional ss(Mk) = 138.7 N/mm², ssr(Mfis) = 135.4 N/mm²
Alargamiento medio de las armaduras, Esm = 0.000363
Separación = 100 mm y relación Aceficaz/As = 38.4
Separación media entre fisuras, Sm = 131 mm

Abertura característica de fisura, Wk = 0.081 mm

Se cumple el Estado Límite de Fisuración al ser la abertura característica de
fisura menor que la máxima
Wk = 0.081mm < Wmáx = 0.200 mm
```

```
                    Fisuración EHE08 cara inferior (dirección x)
**************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
**************************************************

Título: Fisuración EHE08 losa cubierta cara inferior (dirección x)
Fecha: 12/04/2016 9:56:39
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.300 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 20 mm
Armadura a tracción en capa exterior 19.38 cm², en capa interior 0.00 cm² y
total 19.38 cm²
Diámetro equivalente = 16.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.232 m
Inercia bruta = 0.002250 m4 e Inercia fisurada =0.000470 m4
fctm,fl = 3.77 y Mfis = 56.5 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 77.7 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
Estado tensional ss(Mk) = 191.1 N/mm², ssr(Mfis) = 139.0 N/mm²
Alargamiento medio de las armaduras, Esm = 0.000703
Separación = 100 mm y relación Aceficaz/As = 38.7
Separación media entre fisuras, Sm = 131 mm

Abertura característica de fisura, Wk = 0.157 mm

Se cumple el Estado Límite de Fisuración al ser la abertura característica de
fisura menor que la máxima
Wk = 0.157mm < Wmáx = 0.200 mm
```

```
                    Fisuración EHE08 cara superior (dirección y)
************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
************************************************

Título: Fisuración EHE08 losa cubierta cara superior (dirección y)
Fecha: 12/04/2016 9:57:52
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.300 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 19.54 cm², en capa interior 0.00 cm² y
total 19.54 cm²
Diámetro equivalente = 16.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.236 m
Inercia bruta = 0.002250 m4 e Inercia fisurada =0.000491 m4
fctm,fl = 3.77 y Mfis = 56.5 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 53.7 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
El momento de fisuración es superior al solicitante, Mfis > Mk, 56.5 mkN > 53.7
mkN
Abertura de fisura wk = 0.000 mm
```

```
                    Fisuración EHE08 cara inferior (dirección y)
*************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
*************************************************

Título: Fisuración EHE08 losa cubierta cara inferior (dirección y)
Fecha: 12/04/2016 9:58:48
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 1.00 m y canto 0.300 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 30.41 cm², en capa interior 0.00 cm² y
total 30.41 cm²
Diámetro equivalente = 20.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.234 m
Inercia bruta = 0.002250 m4 e Inercia fisurada =0.000675 m4
fctm,fl = 3.77 y Mfis = 56.5 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 105.8 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
Estado tensional ss(Mk) = 168.0 N/mm², ssr(Mfis) = 89.7 N/mm²
Alargamiento medio de las armaduras, Esm = 0.000720
Separación = 100 mm y relación Aceficaz/As = 24.7
Separación media entre fisuras, Sm = 125 mm

Abertura característica de fisura, Wk = 0.153 mm

Se cumple el Estado Límite de Fisuración al ser la abertura característica de
fisura menor que la máxima
Wk = 0.153mm < Wmáx = 0.200 mm
```

```
                        Fisuración EHE08 zuncho cara superior
************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
************************************************

Título: Fisuración EHE08 losa cubierta zuncho cara superior
Fecha: 12/04/2016 10:11:36
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 0.30 m y canto 0.600 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 6.03 cm², en capa interior 0.00 cm² y total
6.03 cm²
Diámetro equivalente = 20.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.536 m
Inercia bruta = 0.005400 m4 e Inercia fisurada =0.000899 m4
fctm,fl = 2.90 y Mfis = 52.1 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 23.4 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
El momento de fisuración es superior al solicitante, Mfis > Mk, 52.1 mkN > 23.4
mkN
Abertura de fisura wk = 0.000 mm
```

```
                    Fisuración EHE08 zuncho cara inferior
*************************************************
******** CALCULO A FISURACION EHE08 V4.0 *********
*************************************************

Título: Fisuración EHE08 losa cubierta zuncho cara inferior
Fecha: 12/04/2016 10:12:52
Acciona Ingeniería

Hipótesis de cálculo
--------------------
Cálculos según Art. 49.2 y Anejo 8 de EHE08

Parámetros de fisuración adoptados
----------------------------------
Abertura característica máxima Wmáx = 0.200 mm
Coeficiente beta 1.70, K1 = 0.125, K2 = 0.50
Sección tipo viga plana, muro o losa

Sección de cálculo
------------------
Hormigón de resistencia característica fck = 30 N/mm² y E = 28577 N/mm²
Acero de límite elástico fyk = 500 N/mm² y Es = 200000 N/mm²
Sección rectangular de ancho 0.30 m y canto 0.600 m
Recubrimiento 40 mm y diámetro de la barra transvesal 16 mm
Armadura a tracción en capa exterior 9.42 cm², en capa interior 0.00 cm² y total
9.42 cm²
Diámetro equivalente = 20.0mm
Armadura a compresión 0.00 cm²
Canto útil considerado d = 0.534 m
Inercia bruta = 0.005400 m4 e Inercia fisurada =0.001296 m4
fctm,fl = 2.90 y Mfis = 52.1 mkN

Acciones consideradas
---------------------
Flexión simple con Mk = 42.5 mkN

Resultados del cálculo
----------------------
El momento de fisuración es superior al solicitante, Mfis > Mk, 52.1 mkN > 42.5
mkN
Abertura de fisura wk = 0.000 mm
```

APÉNDICE 2

APOYOS DEL DEPÓSITO DE CONEXIÓN

1.- COMPROBACIÓN DE TENSIONES EN TUBERÍAS

A continuación se muestran imágenes según el grupo de tuberías donde se muestran las Tensiones de Von Mises de las mismas. A estas Tensiones de Von Mises faltaría añadir la tensión debida a la presión circunferencial en la tubería.

La suma directa de las tensiones de Von Mises debidas al comportamiento viga de las tuberías y de la tensión circunferencial debida a las presiones internas de la misma no es correcta, pero el valor resultante está del lado de la seguridad.

Por lo tanto a efectos de verificar tensiones se procederá a utilizar el anterior valor suma de las tensiones de Von Mises en las tuberías y de las tensiones circunferenciales a efectos de comprobación tensional:

- σ_θ = Tensión circunferencial en el espesor de la tubería debida a las presiones internas:
  - $\sigma_\theta = \frac{p \cdot R}{t}$
- σ_{VM} = Tensión de Von Mises en las paredes de la tubería debidas al comportamiento viga. Obtenidas directamente del modelo de cálculo.

Acero al carbono S235:

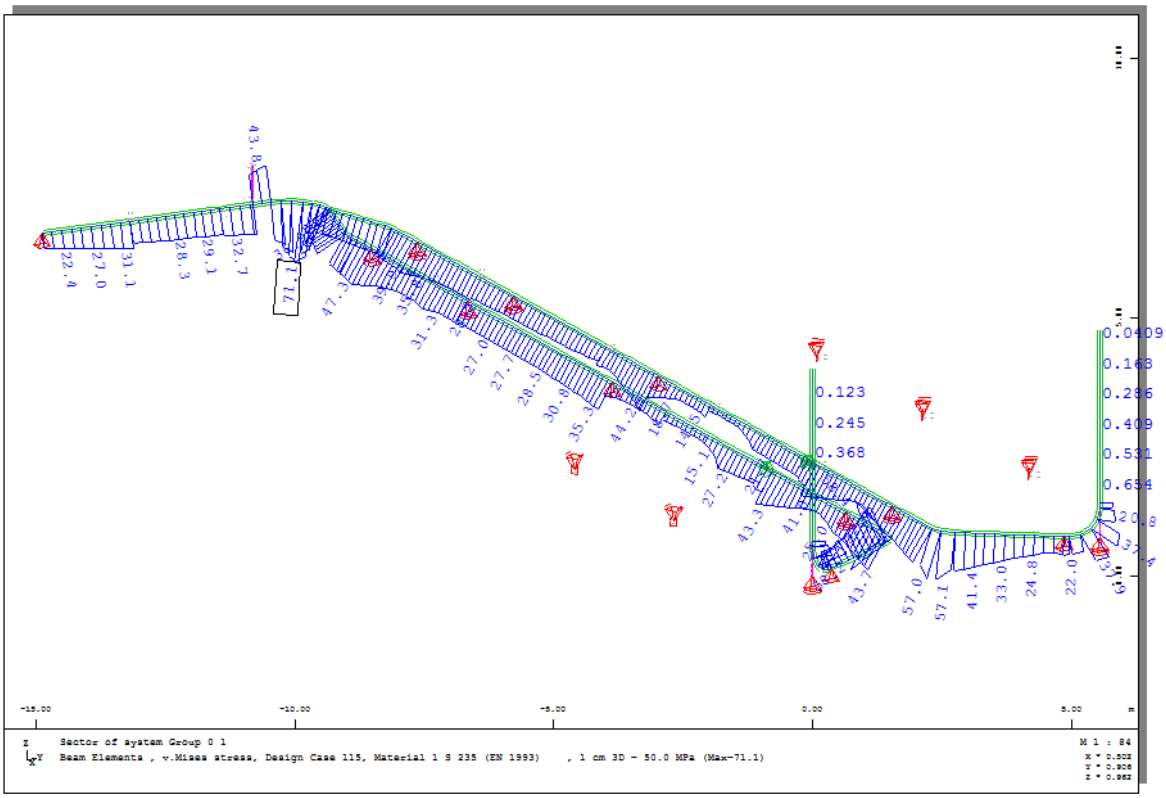
- Presiones de servicio $\sigma_{VM,VIGA} + \sigma_\theta \leq \frac{f_y}{2{,}15} = \frac{235}{2{,}15} = 109\ N/mm^2$
- Presiones máximas transitorias $\sigma_{VM,VIGA} + \sigma_\theta \leq \frac{f_y}{1{,}875} = \frac{235}{1{,}875} = 125\ N/mm^2$

Acero inoxidable AISI 316L:

- Presiones de servicio $\sigma_{VM,VIGA} + \sigma_\theta \leq \frac{f_y}{2{,}15} = \frac{220}{2{,}15} = 102\ N/mm^2$
- Presiones máximas transitorias $\sigma_{VM,VIGA} + \sigma_\theta \leq \frac{f_y}{1{,}875} = \frac{220}{1{,}875} = 117\ N/mm^2$

Se incluyen las imágenes de las máximas tensiones resultantes en cada grupo, indicando la combinación para la cual se obtienen.

Grupo 1. Tuberías en bombeo de trasvase. Φ400 y Φ700mm.



Tensión máxima de Von Mises = 71.1 N/mm^2

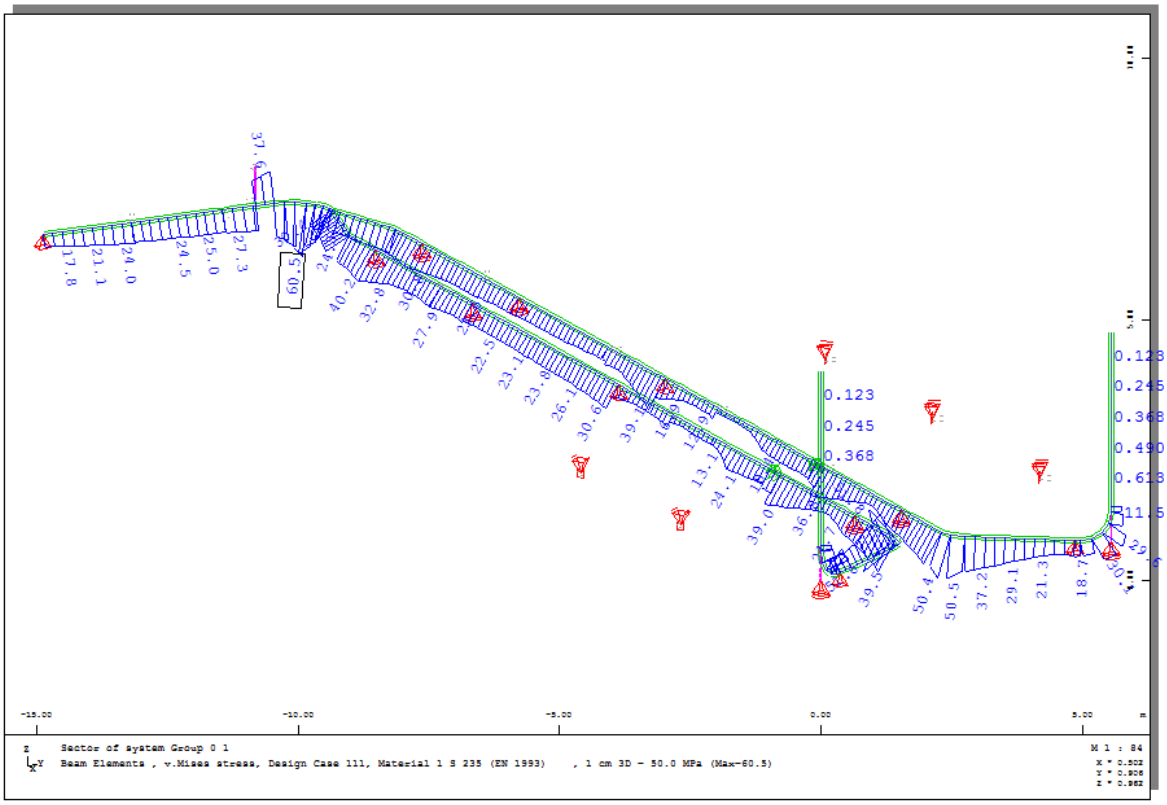
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 115:

Presión · radio/espesor = 125.301 msnm 0.01·0.5·0.7/0.01 = 43.9 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 71.1 + 43.9 = **115 N/mm^2**

Al tratarse de una combinación transitoria, el límite queda superior, de 125,3 N/mm2.

Por otro lado, si, para este grupo concreto se toma la máxima tensión en servicio:



Tensión máxima de Von Mises = 60.5 N/mm^2

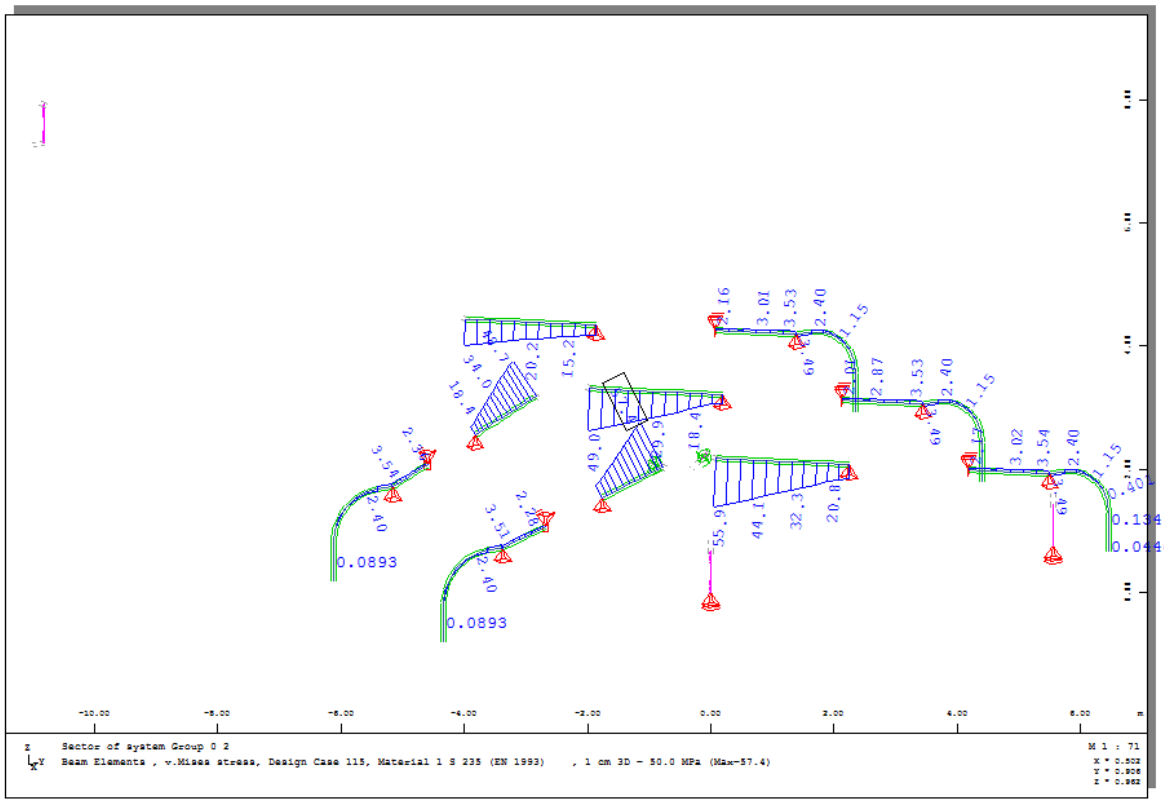
Tensión circunferencial máxima para la combinación 111 = 35.1 N/mm^2

Queda, por tanto, en total: 60.5 + 35.1 = **95.6 N/mm^2**

Valor menor del límite de 109,3 N/mm^2

OK

Grupo 2. Tuberías que llegan al grupo 1. Φ400mm



Tensión máxima de Von Mises = 57.4 N/mm^2

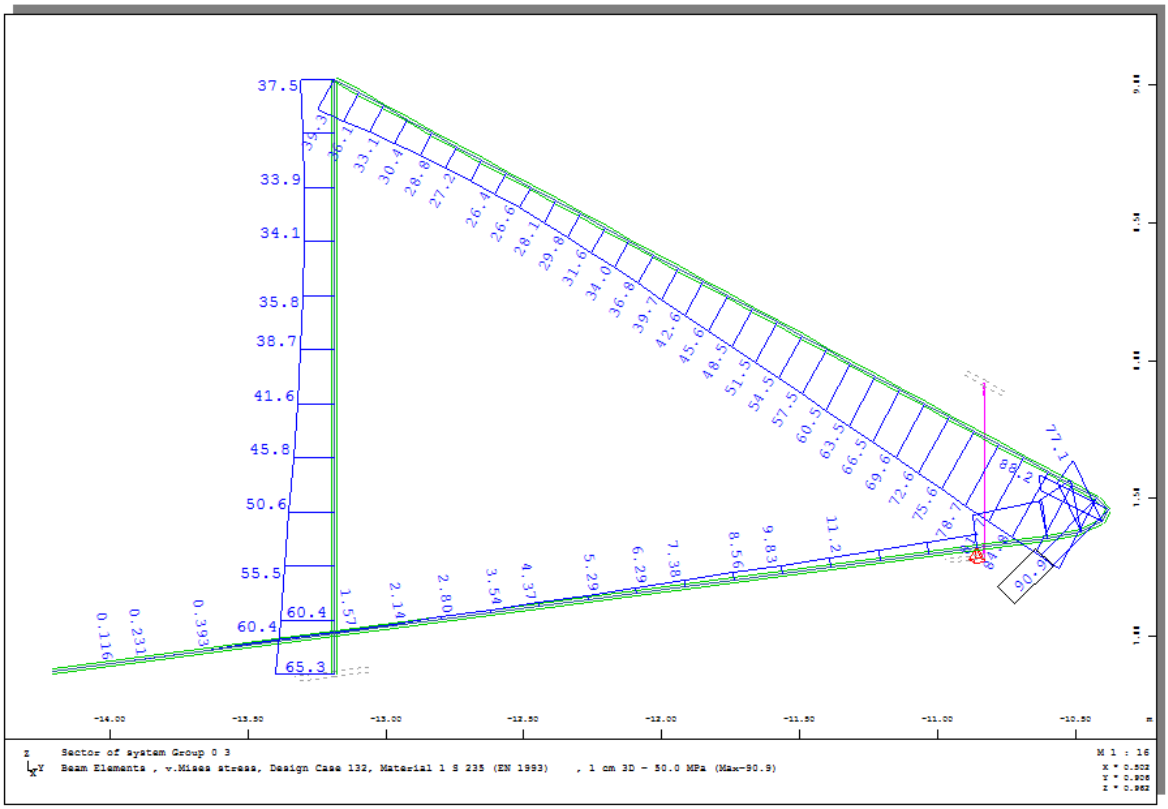
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 112

Presión · radio/espesor = 125.301 msnm 0.01·0.5·0.4/0.008 = 31.3 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 57.4 + 31.3 = **88.7 N/mm^2**

OK

Grupo 3. Tubería en bombeo de trasvase de Φ300mm, conecta con la Φ700mm



Tensión máxima de Von Mises = 90.9 N/mm^2

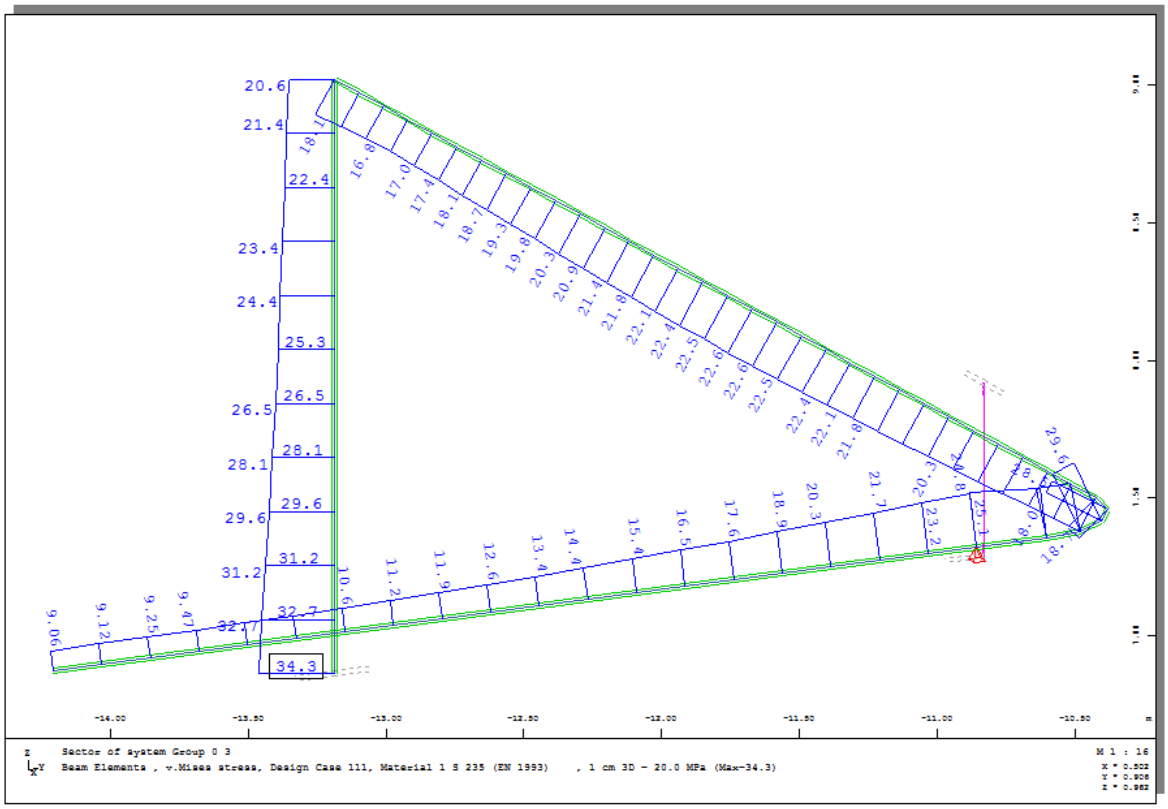
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 132

Presión · radio/espesor = 123.06 msnm 0.01·0.5·0.3/0.008 = 23.1 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 90.9 + 23.1 = **114 N/mm^2**

OK

Por otro lado, si, para este grupo concreto se toma la máxima tensión en servicio:



Tensión máxima de Von Mises = 34.3 N/mm^2

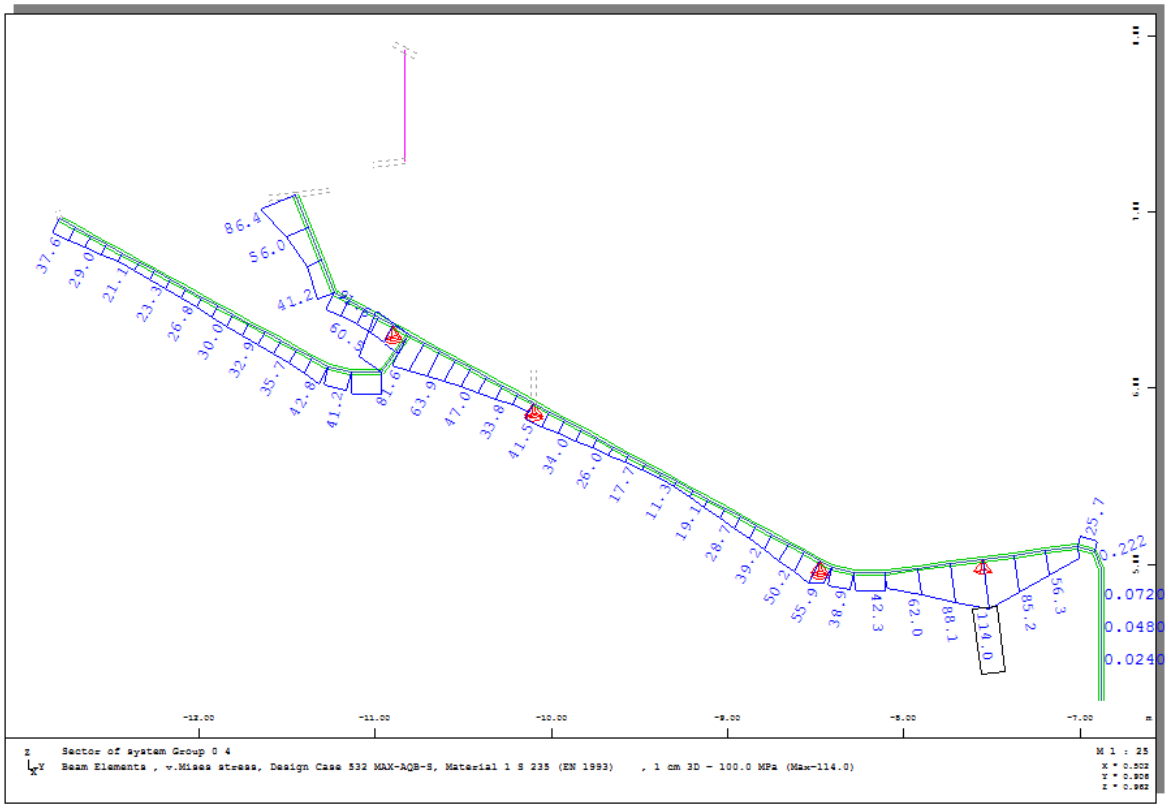
Tensión circunferencial máxima para la combinación 111 = 18.4 N/mm^2

Queda, por tanto, en total: 34.3 + 18.4 = **52.7 N/mm^2**

Valor menor del límite de 109,3 N/mm^2

OK

Grupo 4. Tubería auxiliar de Φ150mm



Tensión máxima de Von Mises = 114 N/mm^2

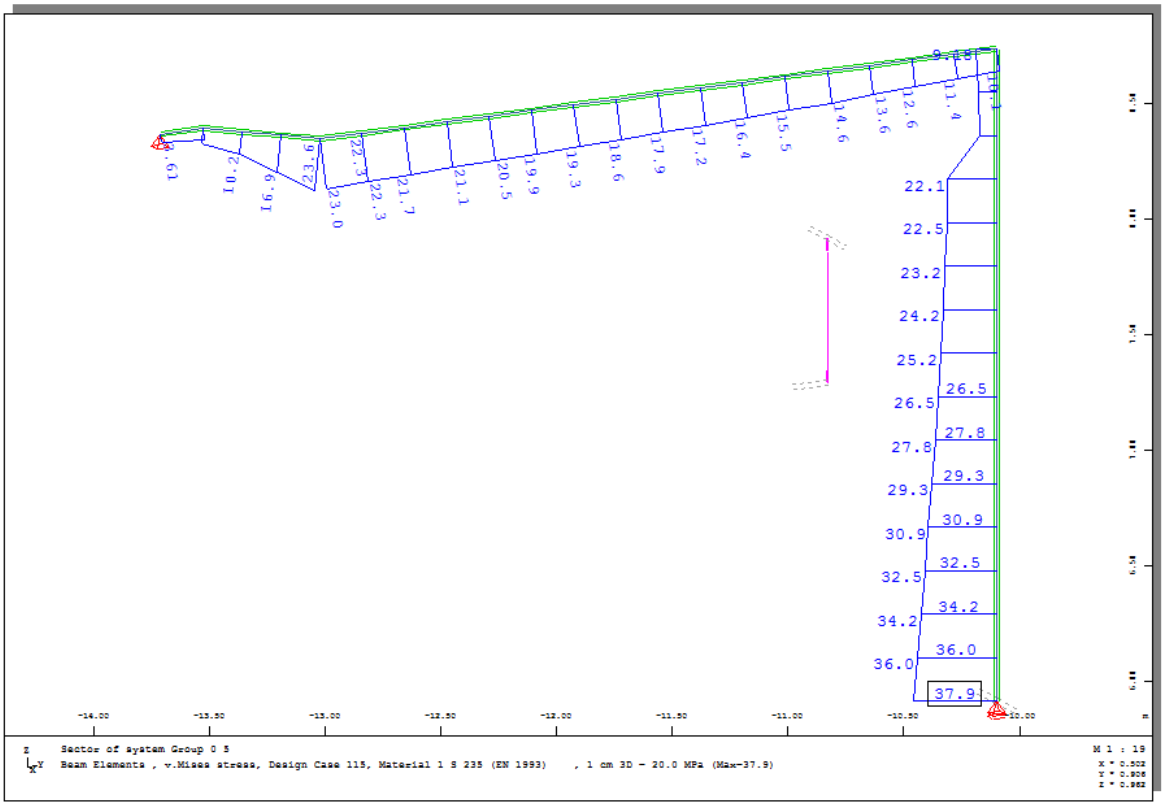
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 115

Presión · radio/espesor = 125.75 msnm 0.01·0.5·0.15/0.008 = 11.8 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 114 + 11.8 = **125.8 N/mm^2**

Pero esto ocurre justo en la zona de apoyo, y siguiendo los criterios de la *AWWA M-11 Steel Pipe - A guide for Design and Installation*, La tensión *Se* no debe superar el límite elástico del acero de la tubería. No es necesario aplicar ningún coeficiente de seguridad debido a que, como se indica en el manual mencionado, los ensayos muestran que se trata de una tensión muy localizada, de forma que el diseño tendrá un factor de seguridad de, aproximadamente, 2. Se realizará un estudio más detallado en el siguiente apartado.

Grupo 5. Tubería auxiliar de Φ150mm



Tensión máxima de Von Mises = 37.9 N/mm^2

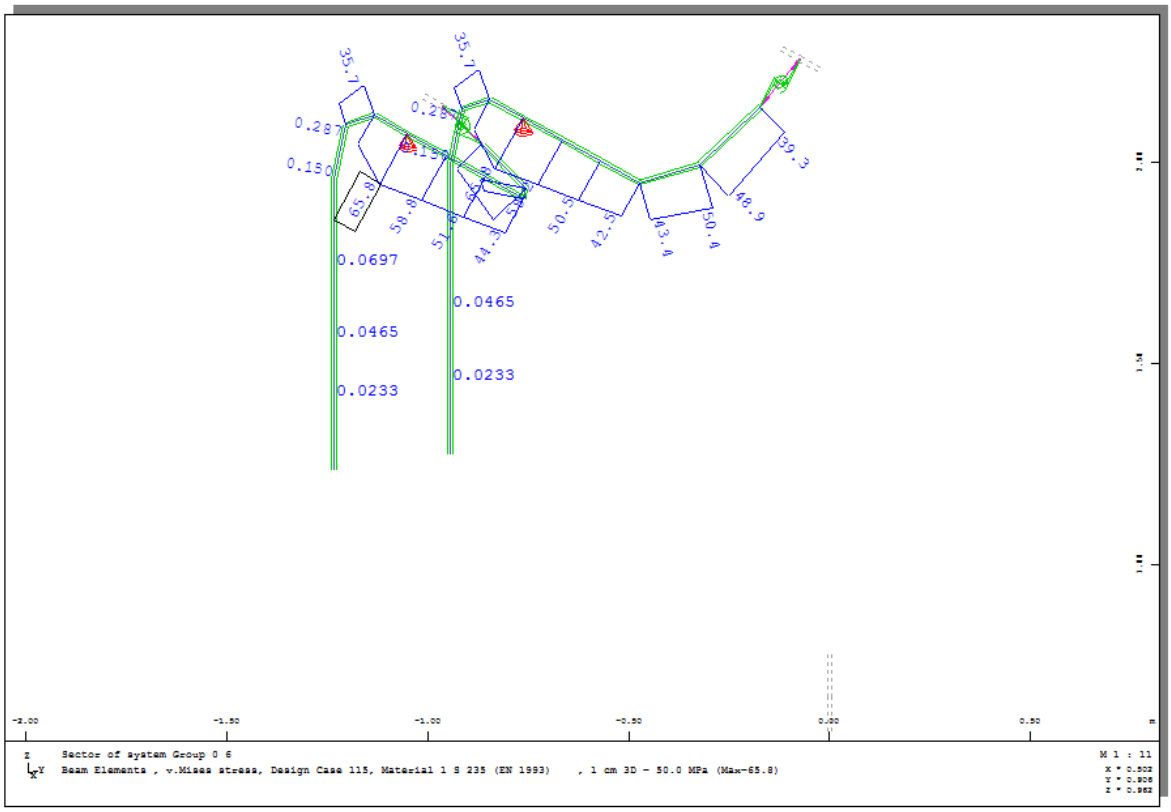
Tensión circunferencial máxima, para la combinación

Presión · radio/espesor = 122.64 msnm 0.01·0.5·0.15/0.008 = 11.5 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 37.9 + 11.5 = 49.4 N/mm^2

OK

Grupo 6. Tuberías de desagüe, Φ150mm



Tensión máxima de Von Mises = 65.8 N/mm^2

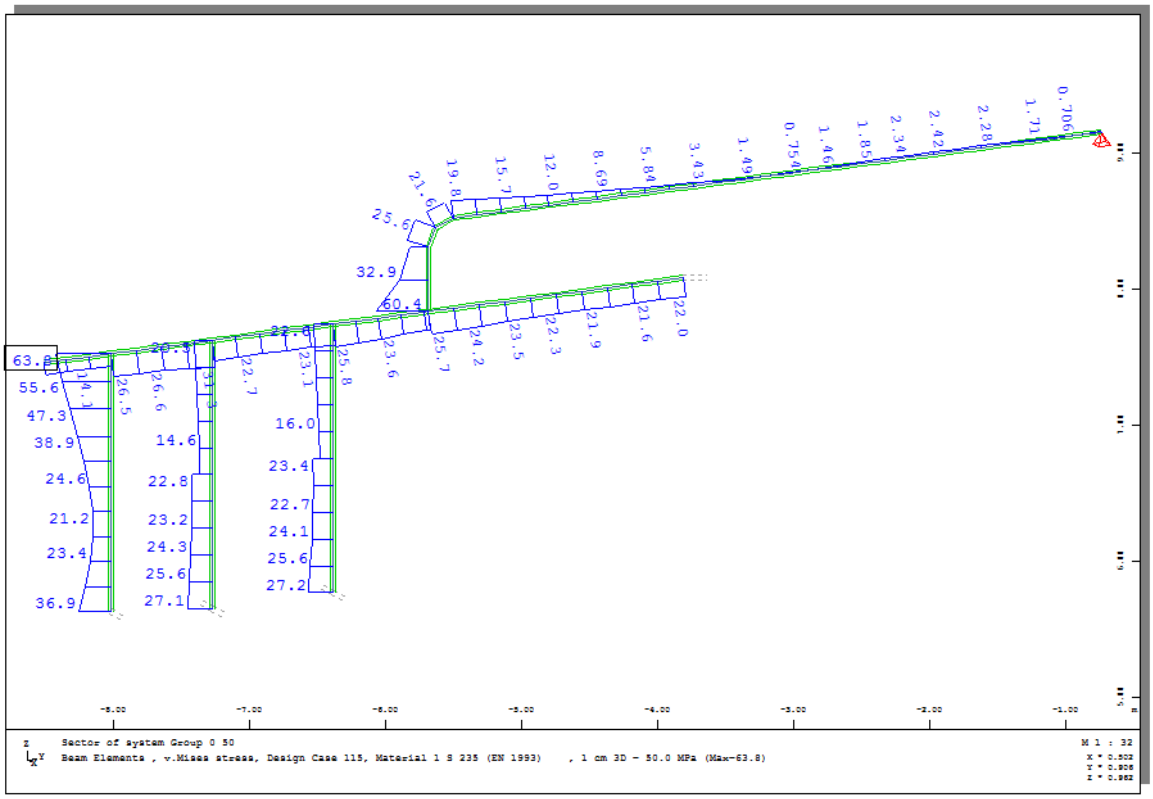
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 115

Presión · radio/espesor = 125.636 msnm 0.01·0.5·0.15/0.008 = 11.8 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 65.8 + 11.8 = **77.6 N/mm^2**

OK

Grupo 50. Conexión vertical de tuberías. Φ600 y Φ400mm



Tensión máxima de Von Mises, en tubería de 400mm = 63.8 N/mm^2

Tensión circunferencial máxima, para la combinación 115

Presión · radio/espesor = 124.27 msnm 0.01·0.5·0.45/0.01 = 24.9 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 76.2 + 24.9 = **88.7 N/mm^2**

OK

Tensión máxima de Von Mises, en tubería de 600mm = 27.2 N/mm^2

Tensión circunferencial para la combinación 115:

Presión · radio/espesor = 124.27 msnm 0.01·0.5·0.6/0.01 = 37 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 27.2 + 37 = 64.2 N/mm^2

OK

Tensión máxima de Von Mises, en tubería de 200mm = 60.4 N/mm^2

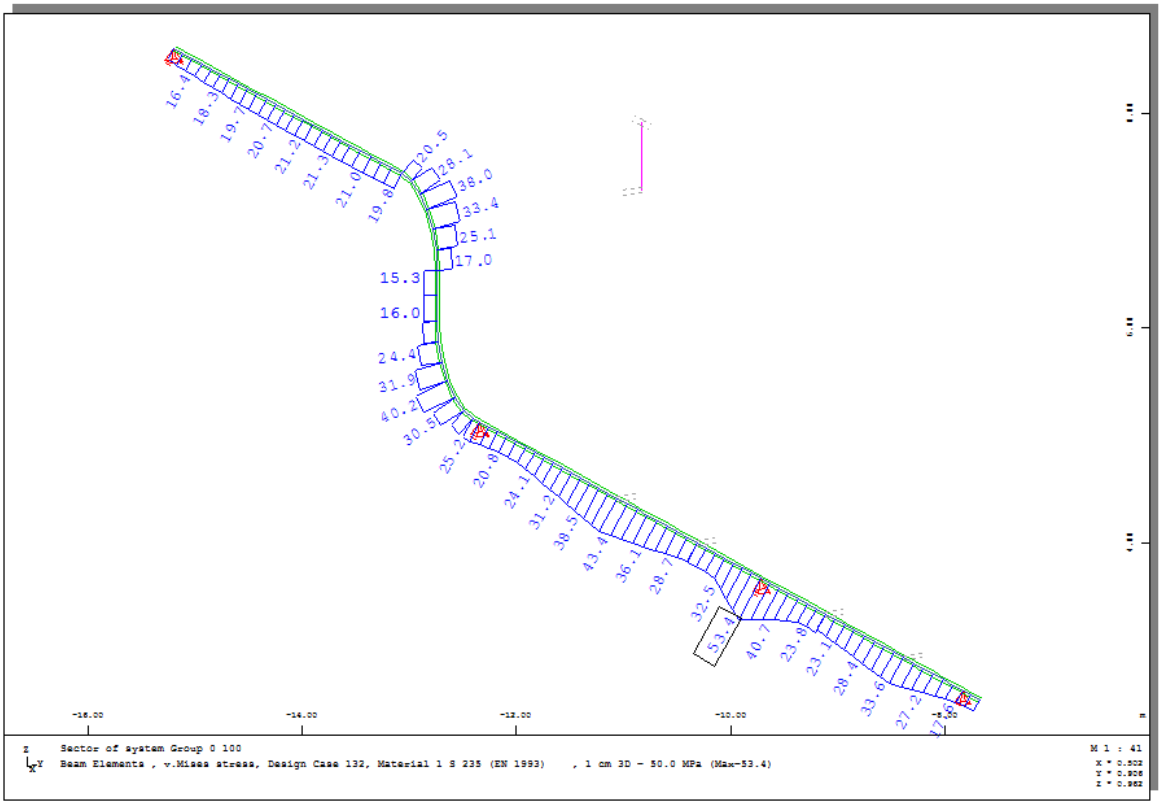
Tensión circunferencial para la combinación 132:

Presión · radio/espesor = 94.28 msnm 0.01·0.5·0.2/0.008 = 11.8 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 60.4 + 11.8 = 72.2 N/mm^2

OK

Grupo 100. Bombeo en línea, Φ600mm y tubería auxiliar Φ150mm



Tensión máxima de Von Mises = 53.4 N/mm^2

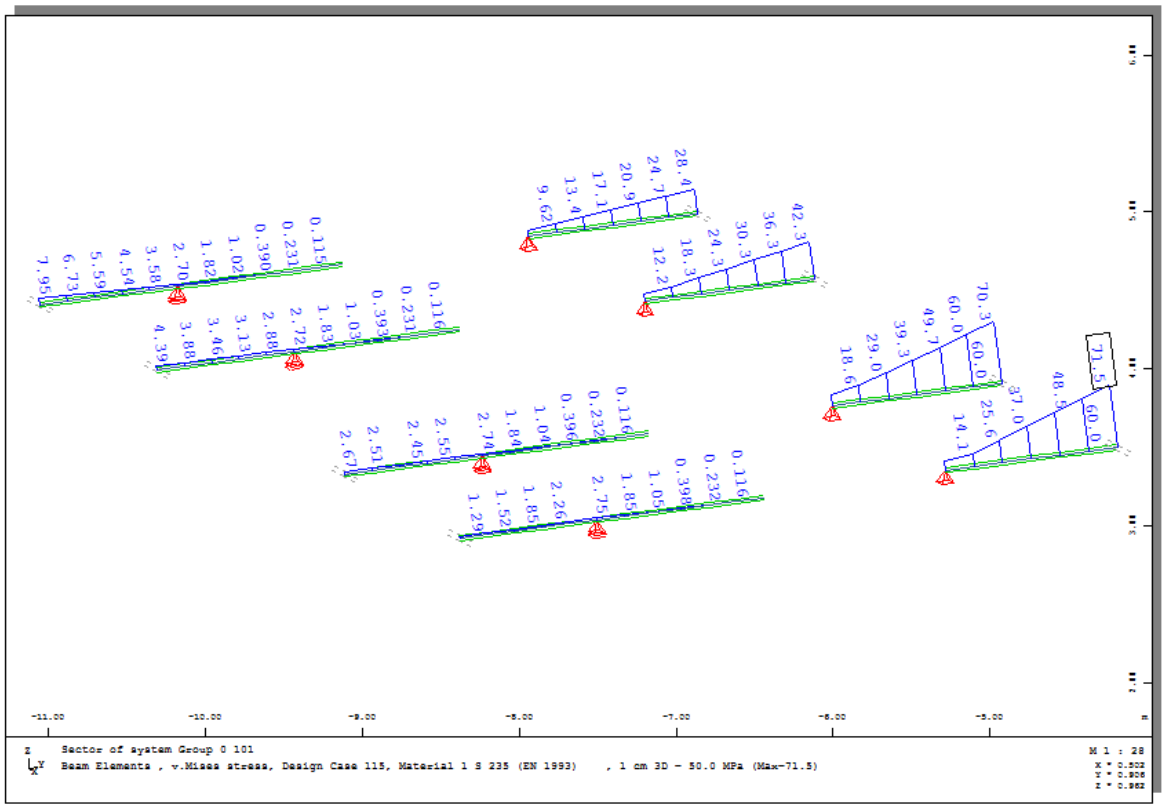
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 132, en la tubería en línea.

Presión · radio/espesor = 96.96 msnm 0.01·0.5·0.6/0.01 = 29.1 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 53.4 + 37 = **90.4 N/mm^2**

OK

Grupo 101. Bombeo en línea. Tuberías horizontales, Φ300mm y 200mm



Tensión máxima de Von Mises = 71.5 N/mm^2

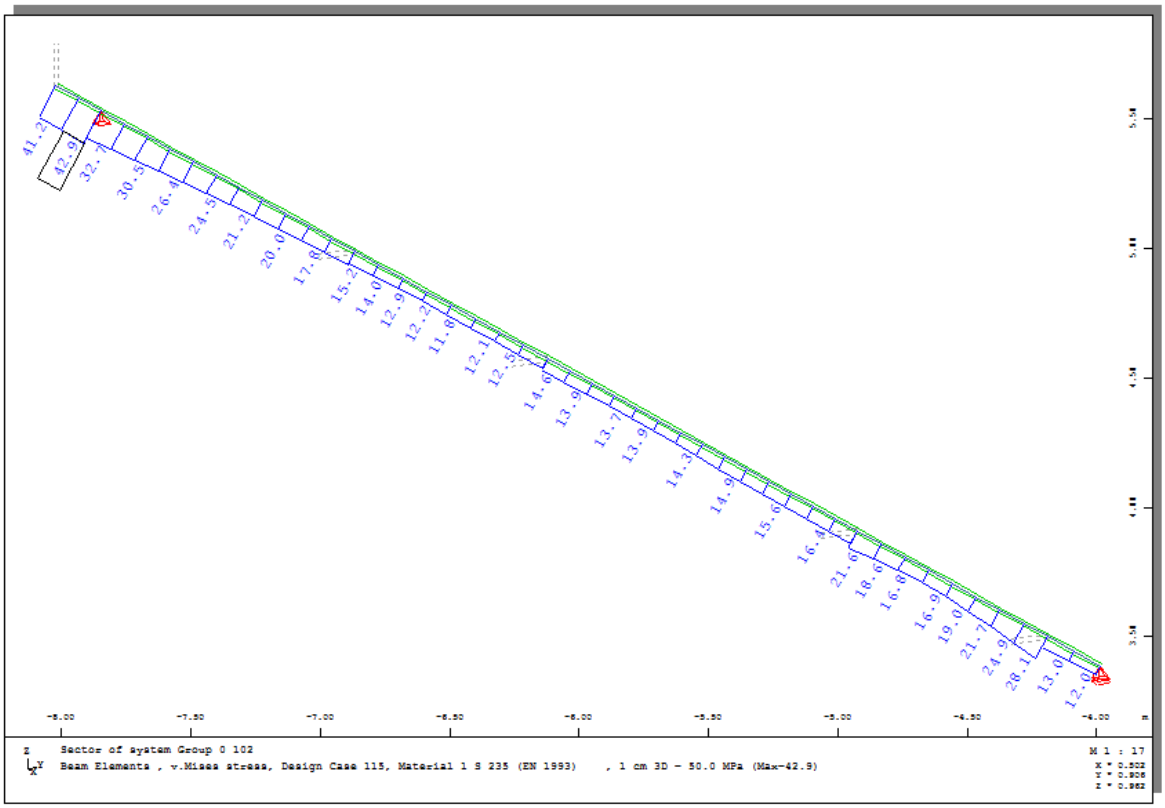
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 115

Presión · radio/espesor = 96.96 msnm 0.01·0.5·0.2/0.008 = 12.1 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 71.5+12.2 = **83.6 N/mm^2**

OK

Grupo 102. Bombeo en línea. Tubería de Φ400mm, junto a tuberías de trasvase



Tensión máxima de Von Mises = 42.9 N/mm^2

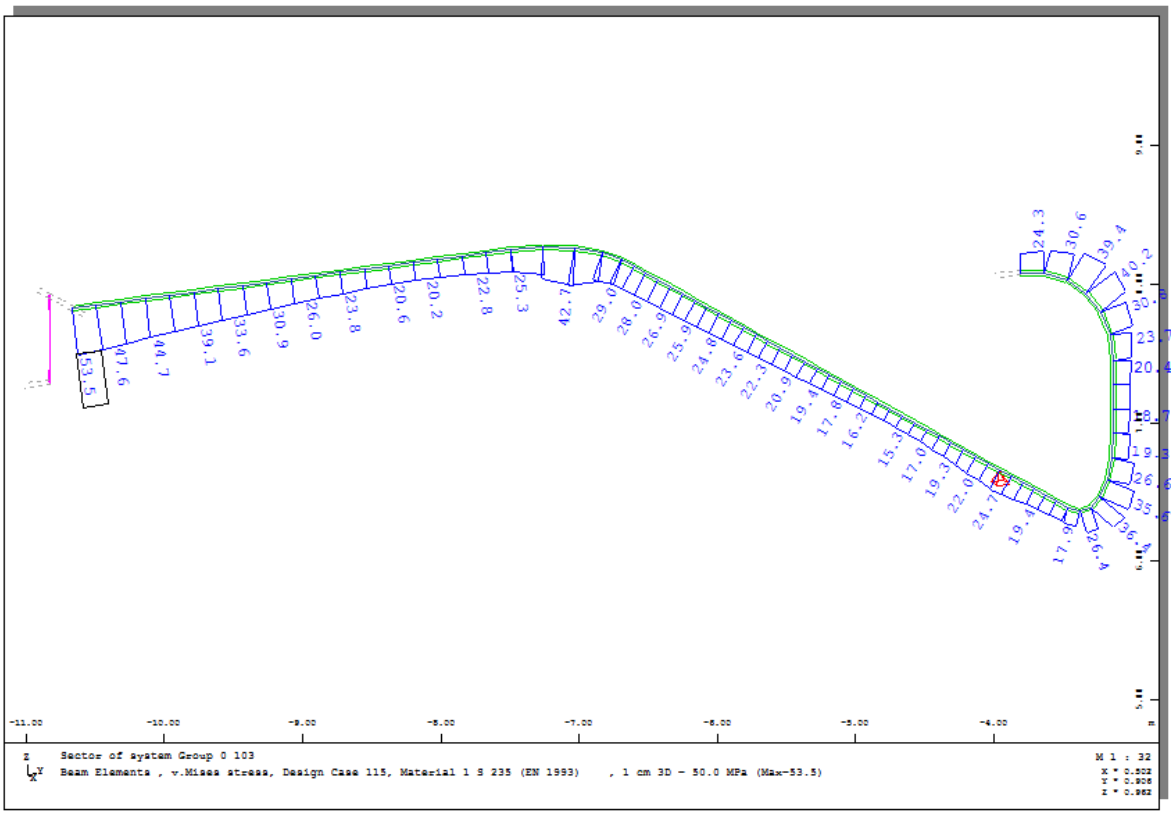
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 115

Presión · radio/espesor = 96.94 msnm 0.01·0.5·0.4/0.01 = 31.1 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 42.9 + 31.1 = **74 N/mm^2**

OK

Grupo 103. Bombeo en línea. Tubería de Φ600mm



Tensión máxima de Von Mises = 53.5 N/mm^2

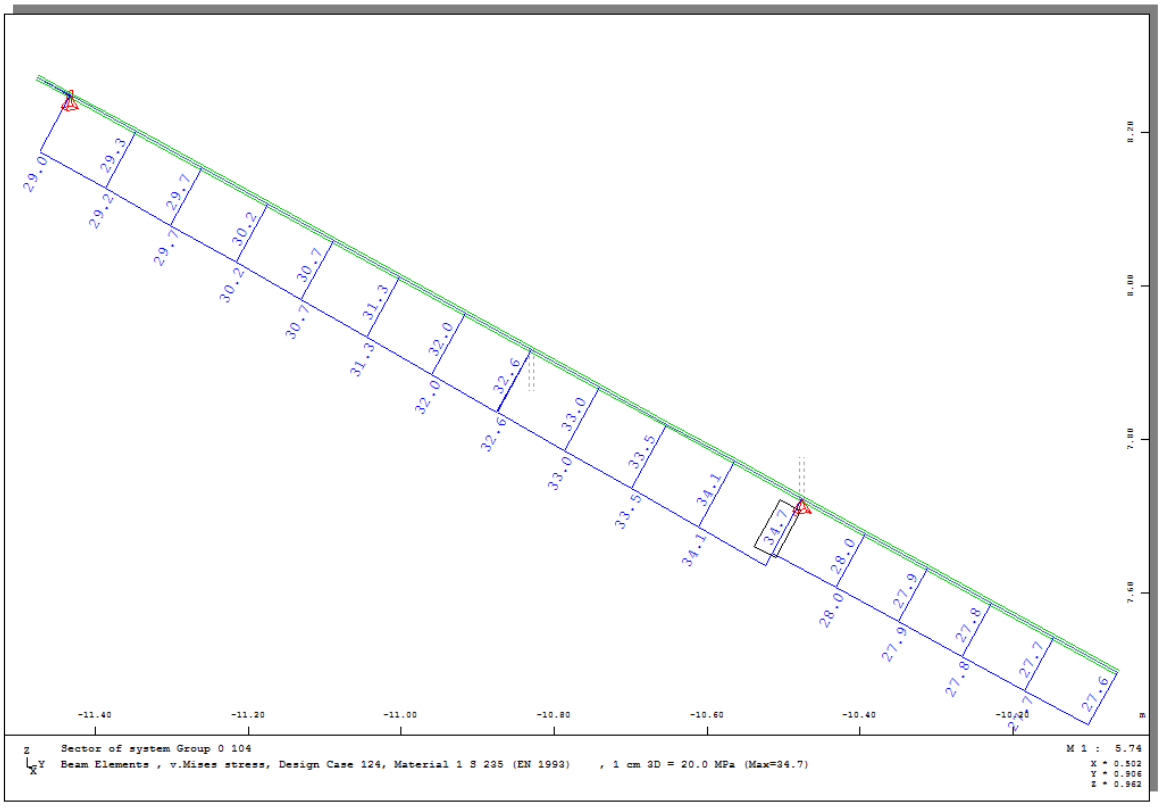
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 115

Presión · radio/espesor = 94.96 msnm 0.01·0.5·0.6/0.01 = 28.5 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 53.5 + 28.5 = **82 N/mm^2**

OK

Grupo 104. Tubería de Φ1450mm



Tensión máxima de Von Mises = 38 N/mm^2

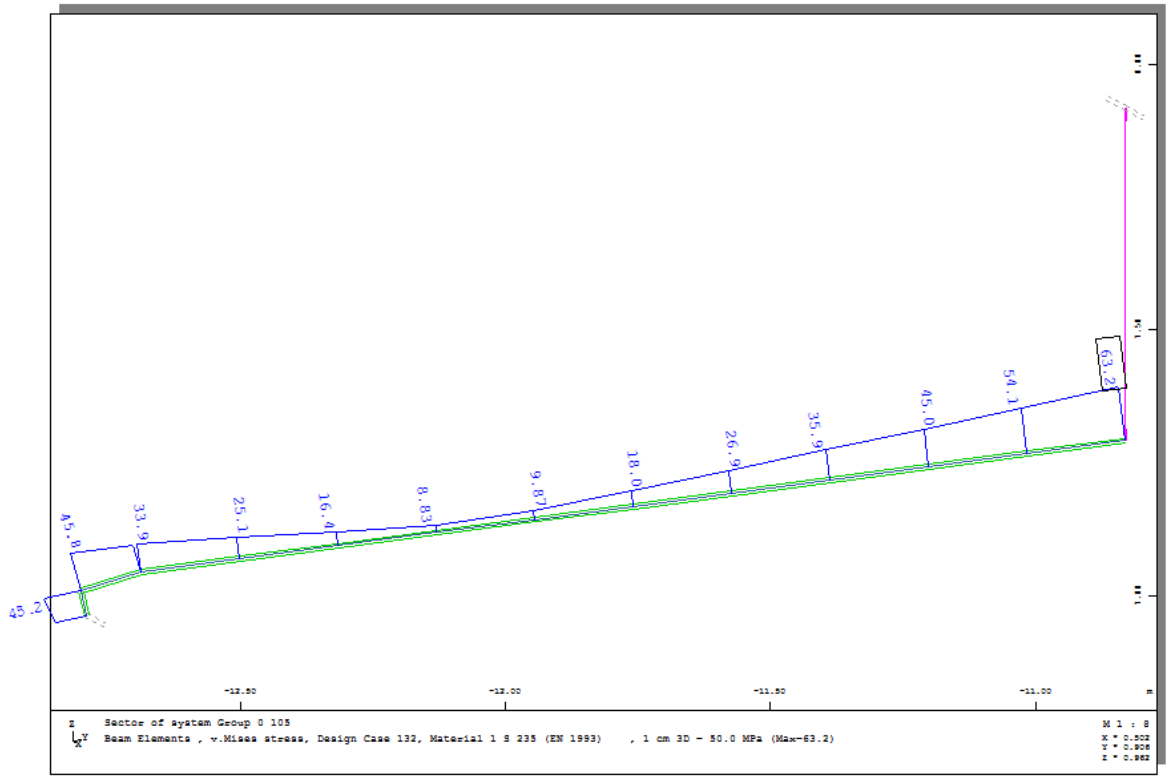
Tensión circunferencial máxima, para la combinación 132

Presión · radio/espesor = 97 msnm 0.01·0.5·1.45/0.012 = 58.6 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 38 + 58.6 = **96.6 N/mm^2**

OK

Grupo 105. Tubería auxiliar que llega a tubería de 1450 mm



Tensión máxima de Von Mises = 63.2 N/mm^2

Tensión circunferencial máxima, para la combinación 132

Presión · radio/espesor = 97.3 msnm 0.01·0.5·0.15/0.008 = 9.1 N/mm^2

Queda por tanto una tensión total = 63.2 + 9.1 = **72.3 N/mm^2**

OK

2.- COMPROBACIÓN DE TENSIONES EN TUBERÍAS, EN ZONAS DE APOYO

Para la comprobación de tensiones en las tuberías, en las zonas de apoyo, se ha seguido el Capítulo 7 del "AWWA M-11 *Steel Pipe - A guide for Design and Installation, Supports for Pipe".* En este capítulo se indica que los apoyos generan tensiones adicionales. La tensión localizada mayor se produce en la esquina del apoyo, y estas tensiones dependen de la carga, la relación diámetro-espesor y el ángulo de contacto del apoyo con la tubería.

Se ha considerado, del lado de la seguridad, un ángulo de contacto de 120º para la comprobación de tensiones en todos los apoyos. La tensión local en el apoyo se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$S_{cs} = k\frac{P}{t^2}\log_e\left(\frac{R}{t}\right)$$

Es decir:

Where:

S_{cs} = local bending stress at saddle (psi)
k = 0.02 – 0.00012 (A-90) (contact angle factor)
A = contact angle (degrees) (See Figure 7-1)
P = total saddle reaction (lb)
R = pipe radius (in.)
t = pipe wall thickness (in.)

k = factor de ángulo de contacto

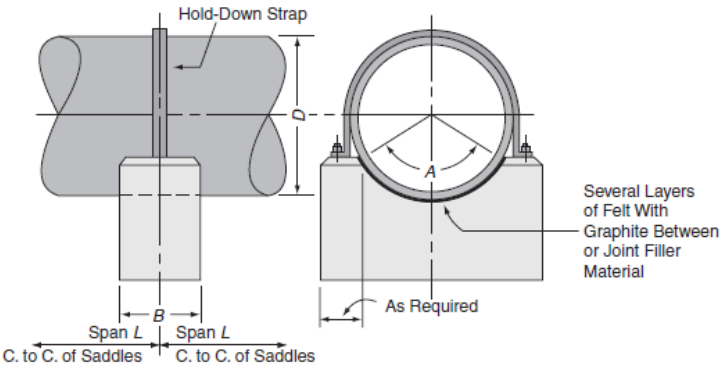
A = ángulo de contacto (grados)

P = reacción en el apoyo (libras)

R = radio de la tubería (pulgadas)

t = espesor de la tubería (pulgadas)

Debido a que se trata de un manual americano, todas las unidades empleadas no son del S.I. Por tanto, habrá que convertir las unidades para poder utilizar su formulación.



Pipe acting as a self-supporting bridge may rest on suitably padded concrete saddles

A esta tensión local hay que añadirle, donde exista, la tensión debida a la flexión de la tubería, Sls, de forma que la tensión efectiva en la zona de apoyo quedará:

$$S_e = (S_{cs}^2 + S_{ls}^2 - S_{cs}S_{ls})^{1/2}$$

Donde:

- Scs = Tensión punta (flexión local) en la zona de apoyo calculado mediante la formulación anterior

- Sls = Tensión longitudinal debida a la felxión de la tubería trabajando como viga, incluyendo esfuerzos axiles. Esta tensión se obtiene a partir del modelo de cálculo utilizado, pero se adopta de nuevo la simplificación del lado de la seguridad de utilizar la tensión de Von Mises resultante.

- Sh = Tensión circunferencial en el espesor debido a la presión interna.

    - Como se comenta a continuación, esta tensión es favorable cuando el apoyo está comprimido y se desprecia, y es desfavorable cuando el apoyo está traccionado, sumandose en este caso a Scs

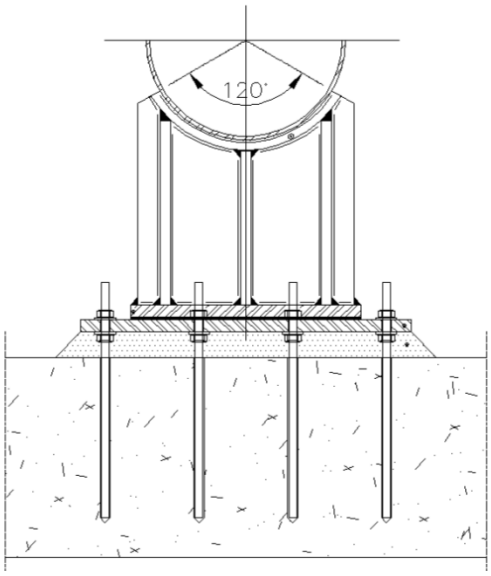
La tensión *Se* no debe superar el límite elástico del acero de la tubería. No es necesario aplicar ningún coeficiente de seguridad debido a que, como se indica en el manual mencionado, los ensayos muestran que se trata de una tensión muy localizada, de forma que el diseño tendrá un factor de seguridad de, aproximadamente, 2.

Trabajando siempre del lado de la seguridad, cuando se tienen compresiones sobre el apoyo, no se va a considerar el efecto de la tensión circunferencial debida a la presión de la tubería, ya que esta presión genera fuerzas que se contrarrestarían con la

reacción. En cambio, cuando se obtengan reacciones de tracción en el apoyo, dicha presión genera fuerzas que se deben sumar a la reacción.

Nota: Adicionalmente no se tiene en cuenta el factor RF que multiplica a la tensión de flexión local Scs, factor de reducción que disminuye el valor de Scs cuando la reacción en el apoyo es de compresión. Cuando la reacción en el apoyo es de tracción no hay reducción de la tensión local de flexión y la hipótesis es correcta, siempre que se añada, como se ha hecho, la tensión circunferencial debida a la presión interna, Sh, a Scs.

Por último indicar que pese a que las tipologías de apoyos se dividen en deslizantes y no deslizantes, siendo el ángulo de contacto en los deslizantes de 120º, en los no deslizantes se asume el mismo ángulo de contacto del lado de la seguridad. Es decir, se asumen 120º en cualquier caso.



Aplicando todo lo visto anteriormente, se muestran los cálculos de todos los apoyos, según su detalle en el plano. Se ha considerado la máxima compresión y la máxima tracción (donde existiese).

Nota: Las reacciones utilizadas en el dimensionamiento se especifican en el apartado 7.1 del presente anejo

DETALLE 1

	DET 1							
	P	=	9.07	[kN]	P	=	2039.02	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	7.5	[MPa]	S	=	1085.07	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-19.9	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	7.5	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	7.5	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**24.51**	**[MPa]**	**OK**			

	DET 1							
	P	=	-0.9	[kN]	P	=	-202.33	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	-0.7	[MPa]	S	=	-107.67	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	17.6	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	-0.7	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	-31.3	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	-32.0	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**43.59**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 2

	DET 2							
	P	=	60.4	[kN]	P	=	13578.46	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.35	[m]	R	=	13.7795	[in]
	t	=	0.01	[m]	t	=	0.3937	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	35.2	[MPa]	S	=	5107.92	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-35.8	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	35.2	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	35.2	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**61.50**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 3

	DET 3							
	P	=	102.3	[kN]	P	=	22997.95	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.35	[m]	R	=	13.7795	[in]
	t	=	0.01	[m]	t	=	0.3937	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	59.6	[MPa]	S	=	8651.32	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-47.3	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	59.6	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	59.6	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**92.83**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 4

	DET 4							
	P	=	20.6	[kN]	P	=	4631.06	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	17.0	[MPa]	S	=	2464.43	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-34	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	17.0	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	17.0	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**44.97**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 5

	DET 5							
	P	=	6.5	[kN]	P	=	1461.26	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	5.4	[MPa]	S	=	777.61	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-4.97	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	5.4	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	5.4	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**8.95**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 6

	DET 6							
	P	=	4.6	[kN]	P	=	1034.12	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.15	[m]	R	=	5.9055	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	3.5	[MPa]	S	=	501.13	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-3	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	3.5	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	3.5	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**5.59**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 7

	DET 7							
	P	=	36.8	[kN]	P	=	8272.97	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	30.4	[MPa]	S	=	4402.47	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-42.9	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	30.4	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	30.4	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**63.75**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 8

	DET 8							
	P	=	10	[kN]	P	=	2248.09	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	8.2	[MPa]	S	=	1196.32	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-12.3	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	8.2	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	8.2	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**17.91**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 9

DET 9

P	=	5.2	[kN]	P	=	1169.01	[lb]
A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
R	=	0.1	[m]	R	=	3.9370	[in]
t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
Scs	=	3.4	[MPa]	S	=	488.13	[psi]

fy	=	220	[MPa]	
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-12.2	[MPa]
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	3.4	[MPa]
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	3.4	[MPa]
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**14.19**	**[MPa] OK**

DET 9

P	=	-3.9	[kN]	P	=	-876.75	[lb]
A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
R	=	0.1	[m]	R	=	3.9370	[in]
t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
Scs	**=**	**-2.5**	**[MPa]**	S	=	-366.10	[psi]

fy	=	210	[MPa]	
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	12.2	[MPa]
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	-2.5	[MPa]
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	-12.1	[MPa]
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	-14.6	[MPa]
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**23.26**	**[MPa] OK**

DETALLE 10	**DET 10**							
	P	=	16.2	[kN]	P	=	3641.90	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	13.4	[MPa]	S	=	1938.05	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-22	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	13.4	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	13.4	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**30.93**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 11 **DET 11**

P	=	8.4	[kN]	P	=	1888.39	[lb]
A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
R	=	0.3	[m]	R	=	11.8110	[in]
t	=	0.01	[m]	t	=	0.3937	[in]
k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
Scs	=	4.7	[MPa]	S	=	679.57	[psi]

fy	=	220	[MPa]	
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-16.5	[MPa]
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	4.7	[MPa]
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	4.7	[MPa]
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**19.27**	**[MPa]** **OK**

DETALLE 12	**DET 12**							
	P	=	64.7	[kN]	P	=	14545.14	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.725	[m]	R	=	28.5433	[in]
	t	=	0.012	[m]	t	=	0.4724	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	30.2	[MPa]	S	=	4383.13	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-35.3	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	30.2	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	30.2	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**56.80**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 13

	DET 13							
	P	=	9.8	[kN]	P	=	2203.13	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	8.1	[MPa]	S	=	1172.40	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-37.2	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	8.1	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	8.1	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**41.83**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 14

DET 14

P	=	5	[kN]	P	=	1124.04	[lb]
A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
R	=	0.075	[m]	R	=	2.9528	[in]
t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
Scs	=	2.9	[MPa]	S	=	415.90	[psi]

fy	=	220	[MPa]

Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-65.8	[MPa]
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	2.9	[MPa]
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	2.9	[MPa]
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**67.28**	**[MPa] OK**

DET 14

P	=	-27.2	[kN]	P	=	-6114.80	[lb]
A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
R	=	0.075	[m]	R	=	2.9528	[in]
t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
Scs	=	-15.6	[MPa]	S	=	-2262.47	[psi]

fy	=	210	[MPa]

Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	65.8	[MPa]
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	-15.6	[MPa]
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	-11.8	[MPa]
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	-27.4	[MPa]
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**82.97**	**[MPa] OK**

DETALLE 15

	DET 15							
	P	=	166.6	[kN]	P	=	37453.16	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	137.4	[MPa]	S	=	19930.77	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-15.6	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	137.4	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	137.4	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**145.84**	**[MPa]**	**OK**			

	DET 15							
	P	=	-2.4	[kN]	P	=	-539.54	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.2	[m]	R	=	7.8740	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	-2.0	[MPa]	S	=	-287.12	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	15.6	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	-2.0	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	-31.3	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	-33.3	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**43.24**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 16

	DET 16							
	P	=	26.4	[kN]	P	=	5934.95	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.3	[m]	R	=	11.8110	[in]
	t	=	0.01	[m]	t	=	0.3937	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	14.7	[MPa]	S	=	2135.80	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-26.5	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	14.7	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	14.7	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**36.18**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 17

	DET 17						
	P	=	51.8	[kN]	P	=	11645.10
	A	=	120	[º]	A	=	120.00
	R	=	0.3	[m]	R	=	11.8110
	t	=	0.01	[m]	t	=	0.3937
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640
	Scs	=	28.9	[MPa]	S	=	4190.70
	fy	=	220	[MPa]			
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-53.4	[MPa]			
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	28.9	[MPa]			
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]			
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	28.9	[MPa]			
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**72.31**	**[MPa]**	**OK**		

DETALLE 18

	DET 18							
	P	=	50.7	[kN]	P	=	11397.81	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.3	[m]	R	=	11.8110	[in]
	t	=	0.01	[m]	t	=	0.3937	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	28.3	[MPa]	S	=	4101.71	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-32.9	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	28.3	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	28.3	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**53.03**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 19

	DET 19							
	P	=	-40.8	[kN]	P	=	-9172.20	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.075	[m]	R	=	2.9528	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	-23.4	[MPa]	S	=	-3393.71	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	114	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	-23.4	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	-11.8	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	-35.2	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**135.08**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 20

	DET 20							
	P	=	24.2	[kN]	P	=	5440.38	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.075	[m]	R	=	2.9528	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	13.9	[MPa]	S	=	2012.93	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-55.9	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	13.9	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	13.9	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**63.98**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 21

	DET 21							
	P	=	8.9	[kN]	P	=	2000.80	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.075	[m]	R	=	2.9528	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	5.1	[MPa]	S	=	740.29	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-41.5	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	5.1	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	5.1	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**44.27**	**[MPa]**	**OK**			

DETALLE 22

	DET 22							
	P	=	11.3	[kN]	P	=	2540.34	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.075	[m]	R	=	2.9528	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	6.5	[MPa]	S	=	939.92	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	-42	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	6.5	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	0	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	6.5	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**45.59**	**[MPa]**	**OK**			

	DET 22							
	P	=	-21.3	[kN]	P	=	-4788.43	[lb]
	A	=	120	[º]	A	=	120.00	[º]
	R	=	0.075	[m]	R	=	2.9528	[in]
	t	=	0.008	[m]	t	=	0.3150	[in]
	k	=	0.0164	[adim]	k	=	0.01640	[adim]
	Scs	=	-12.2	[MPa]	S	=	-1771.71	[psi]
	fy	=	220	[MPa]				
Tensión en zona de apoyo, obtenida del modelo	Sls	=	42	[MPa]				
Tensión en el apoyo, formulación AWWA	Scs	=	-12.2	[MPa]				
Tensión circunferencial, de presión	Sp	=	-11.8	[MPa]				
Hoop stress = Scs + Sp	Sh	=	-24.0	[MPa]				
Tensión efectiva	**Se**	**=**	**57.87**	**[MPa]**	**OK**			

3.- APOYOS

3.1 REACCIONES

A continuación se muestra la tabla de reacciones de cada apoyo por caso de carga. Antes, se incluye una relación entre el número de apoyo del modelo y el detalle al que corresponde en planos:

DETALLE 1: NR 61,49,58,60,122

DETALLE 2: NR 70,71

DETALLE 3: NR 5,6

DETALLE 3A: NR 10,11

DETALLE 4: NR 124,125

DETALLE 5: NR 4,55,56,57,59

DETALLE 6: NR 72,86,105,117

DETALLE 7: NR 3

DETALLE 8: NR 16

DETALLE 9: NR 113,114,115,116

DETALLE 10: NR 63,64

DETALLE 11: NR 7

DETALLE 12: NR 104

DETALLE 13: NR 136

DETALLE 14: NR 126,127

DETALLE 15: NR 24,17

DETALLE 16: NR 137

DETALLE 17: NR 65

DETALLE 18: NR 67

DETALLE 19: NR 66

DETALLE 20: NR134

DETALLE 21: NR 78

DETALLE 22: NR 15

El resto de puntos se corresponden con puntos fijos en los muros de hormigón.

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
100	3	62.8	9.9	36.7	0	0	0
100	4	0	0	4.8	-0.79	-1.1	0
100	5	0	0	25.1	0	0	0
100	6	0	0	45.8	0	0	0
100	7	0	36.8	8.3	0	0	0
100	10	0	0	69.7	0	0	0
100	11	0	0	53.3	0	0	0
100	12	0	-3.9	11.8	0	0	0
100	13	14.5	11.2	27.6	0	0	0
100	15	0	0	11	0	0	0
100	16	0	0	5.4	0	0	0
100	17	0	0	5.3	0	0	0
100	19	0	-28.7	1	0	0	0
100	24	0	0	5.4	0	0	0
100	49	-44.5	-36.2	8.1	0	0	0
100	55	0	0	4.8	-0.79	-1.11	0
100	56	0	0	4.8	-0.78	-1.1	0
100	57	0	0	4.8	0.99	-1.15	0
100	58	-10.9	10.2	6.8	0	0	0
100	59	0	0	4.9	0.79	-1.1	0
100	60	-10.3	-13.4	7.5	0	0	0
100	61	-10.9	-24.6	0	0	0	0
100	63	-21.8	10.1	14.1	0	0	0
100	64	-20.3	-9.4	14.3	0	0	0
100	65	0	33.3	51.3	0	0	0
100	66	1.2	0.4	0.1	0	0	0
100	67	-24.7	-19.9	49.1	0	0	0
100	68	-1293.6	-17.6	24.4	57.9	0	0
100	70	55.6	75.7	57.2	0	0	0
100	71	89.6	-27	49.2	0	0	0
100	72	0	0	4.6	0	0	0
100	78	0	0	5	0	0	0
100	86	0	0	3.8	0	0	0
100	104	0	-209	64.1	0	0	0
100	105	0	0	2.8	0	0	0
100	106	-2.6	4.7	0.2	0	0	0
100	107	-2.9	4.4	0.3	0	0	0
100	108	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
100	109	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
100	110	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
100	113	-14.3	-9.2	-0.1	0	0	0
100	114	-12.8	-37.4	2.5	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
100	115	-7.5	-26.8	2.3	0	0	0
100	116	-4.7	-26	1	0	0	0
100	117	0	0	1	0	0	0
100	119	-0.1	-0.3	0.7	0	0	0
100	122	-36.4	23.2	9.3	0	0	0
100	124	0	0	14.8	0	0	0
100	125	0	0	15.4	0	0	0
100	126	0	0	5	0	0	0
100	127	0	0	4.6	0	0	0
100	134	0	0	1.6	0	0	0
100	136	2.5	-0.6	9.6	0	0	0
100	137	0	161.6	24.1	0	0	0
101	3	63.7	9.4	36.7	0	0	0
101	4	0	0	4.8	-0.79	-1.1	0
101	5	0	0	23.4	0	0	0
101	6	0	0	44.3	0	0	0
101	7	0	41.9	8.3	0	0	0
101	10	0	0	75.1	0	0	0
101	11	0	0	58.9	0	0	0
101	12	0	-4.4	11.8	0	0	0
101	13	7.7	12.8	30.3	0	0	0
101	15	0	0	5.4	0	0	0
101	16	0	0	5.5	0	0	0
101	17	0	0	5.3	0	0	0
101	19	0	-31.2	0.9	0	0	0
101	24	0	0	5.4	0	0	0
101	49	-44.5	-36.3	8.1	0	0	0
101	55	0	0	4.8	-0.79	-1.11	0
101	56	0	0	4.8	-0.78	-1.1	0
101	57	0	0	4.8	0.99	-1.15	0
101	58	-10.9	10.2	6.8	0	0	0
101	59	0	0	4.9	0.79	-1.1	0
101	60	-10.3	-13.4	7.5	0	0	0
101	61	-11.6	-25.4	0	0	0	0
101	63	-21.8	10.1	14.1	0	0	0
101	64	-20.3	-9.4	14.3	0	0	0
101	65	0	38	51.6	0	0	0
101	66	-1.7	-0.7	-0.3	0	0	0
101	67	-26.5	-20.8	48.6	0	0	0
101	68	-1480.2	-33.4	25.2	37.28	0	0
101	70	49.5	76.3	57.5	0	0	0
101	71	78.4	-27.1	49.4	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
101	72	0	0	4.4	0	0	0
101	78	0	0	2.8	0	0	0
101	86	0	0	3.5	0	0	0
101	104	0	-256.1	63.6	0	0	0
101	105	0	0	2.5	0	0	0
101	106	-2.6	4.7	0.2	0	0	0
101	107	-2.9	4.4	0.3	0	0	0
101	108	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
101	109	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
101	110	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
101	113	-14.7	-12.3	-0.1	0	0	0
101	114	-13.2	-41.3	2.5	0	0	0
101	115	-7.7	-30.3	2.3	0	0	0
101	116	-4.9	-29.5	1	0	0	0
101	117	0	0	0.5	0	0	0
101	119	-0.1	-0.8	0.9	0	0	0
101	122	-36.5	23.3	9.3	0	0	0
101	124	0	0	14.8	0	0	0
101	125	0	0	15.4	0	0	0
101	126	0	0	5	0	0	0
101	127	0	0	4.5	0	0	0
101	134	0	0	2.1	0	0	0
101	136	3.1	-0.7	9.6	0	0	0
101	137	0	184.1	24.9	0	0	0
102	3	63.7	9.5	36.2	0	0	0
102	4	0	0	4.8	-0.79	-1.1	0
102	5	0	0	21.7	0	0	0
102	6	0	0	43.2	0	0	0
102	7	0	42.3	8.3	0	0	0
102	10	0	0	74.8	0	0	0
102	11	0	0	58.3	0	0	0
102	12	0	-4.5	11.7	0	0	0
102	13	7.7	12.9	30.3	0	0	0
102	15	0	0	5.4	0	0	0
102	16	0	0	5.5	0	0	0
102	17	0	0	5.3	0	0	0
102	19	0	-30.7	1	0	0	0
102	24	0	0	5.3	0	0	0
102	49	-44.5	-36.3	8	0	0	0
102	55	0	0	4.8	-0.79	-1.11	0
102	56	0	0	4.8	-0.78	-1.1	0
102	57	0	0	4.8	0.99	-1.15	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
102	58	-10.9	10.2	6.8	0	0	0
102	59	0	0	4.9	0.79	-1.1	0
102	60	-10.3	-13.4	7.5	0	0	0
102	61	-11.6	-25.4	0	0	0	0
102	63	-21.8	10.1	14.1	0	0	0
102	64	-20.3	-9.4	14.3	0	0	0
102	65	0	38.3	50.7	0	0	0
102	66	-1.7	-0.7	-0.3	0	0	0
102	67	-26.9	-20.8	47.5	0	0	0
102	68	-1492.8	-33.9	25.2	37.51	0	0
102	70	49.4	76.2	57.7	0	0	0
102	71	78.5	-27.1	49.5	0	0	0
102	72	0	0	4.4	0	0	0
102	78	0	0	2.8	0	0	0
102	86	0	0	3.5	0	0	0
102	104	0	-257.9	63.8	0	0	0
102	105	0	0	2.5	0	0	0
102	106	-2.6	4.7	0.2	0	0	0
102	107	-2.9	4.4	0.3	0	0	0
102	108	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
102	109	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
102	110	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
102	113	-14.7	-12.5	-0.1	0	0	0
102	114	-13.2	-41.5	2.5	0	0	0
102	115	-7.7	-30.6	2.3	0	0	0
102	116	-4.9	-29.8	1	0	0	0
102	117	0	0	0.5	0	0	0
102	119	-0.1	-0.8	0.9	0	0	0
102	122	-36.5	23.3	9.3	0	0	0
102	124	0	0	14.8	0	0	0
102	125	0	0	15.4	0	0	0
102	126	0	0	5	0	0	0
102	127	0	0	4.5	0	0	0
102	134	0	0	2.1	0	0	0
102	136	3.1	-0.7	9.6	0	0	0
102	137	0	185.7	25.1	0	0	0
103	3	64.1	9.7	36.8	0	0	0
103	4	0	0	4.8	-0.79	-1.1	0
103	5	0	0	21.7	0	0	0
103	6	0	0	43.1	0	0	0
103	7	0	44.3	8.4	0	0	0
103	10	0	0	75	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
103	11	0	0	58.5	0	0	0
103	12	0	-4.7	11.7	0	0	0
103	13	7.5	13.2	30.4	0	0	0
103	15	0	0	5.3	0	0	0
103	16	0	0	5.4	0	0	0
103	17	0	0	5.3	0	0	0
103	19	0	-30.7	1	0	0	0
103	24	0	0	5.3	0	0	0
103	49	-44.5	-36.3	8	0	0	0
103	55	0	0	4.8	-0.79	-1.11	0
103	56	0	0	4.8	-0.78	-1.1	0
103	57	0	0	4.8	0.99	-1.15	0
103	58	-10.9	10.2	6.8	0	0	0
103	59	0	0	4.9	0.79	-1.1	0
103	60	-10.3	-13.4	7.5	0	0	0
103	61	-11.3	-25.1	0	0	0	0
103	63	-21.8	10.1	14.1	0	0	0
103	64	-20.3	-9.4	14.3	0	0	0
103	65	0	40.1	51.8	0	0	0
103	66	-1.8	-0.7	-0.3	0	0	0
103	67	-27.3	-20.6	48.1	0	0	0
103	68	-1564.7	-36.9	25.2	36.03	0	0
103	70	48.8	76.1	57.7	0	0	0
103	71	78.5	-26.9	49.5	0	0	0
103	72	0	0	4.4	0	0	0
103	78	0	0	2.8	0	0	0
103	86	0	0	3.4	0	0	0
103	104	0	-269.1	63.6	0	0	0
103	105	0	0	2.4	0	0	0
103	106	-2.6	4.7	0.2	0	0	0
103	107	-2.9	4.4	0.3	0	0	0
103	108	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
103	109	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
103	110	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
103	113	-14.9	-13.7	-0.1	0	0	0
103	114	-13.4	-43.1	2.5	0	0	0
103	115	-7.8	-31.9	2.3	0	0	0
103	116	-4.9	-31.2	1	0	0	0
103	117	0	0	0.3	0	0	0
103	119	-0.1	-0.8	1	0	0	0
103	122	-36.4	23.2	9.4	0	0	0
103	124	0	0	14.8	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
103	125	0	0	15.4	0	0	0
103	126	0	0	5	0	0	0
103	127	0	0	4.5	0	0	0
103	134	0	0	2.1	0	0	0
103	136	3.1	-0.7	9.6	0	0	0
103	137	0	194.4	25.2	0	0	0
104	3	63.4	9.7	35.9	0	0	0
104	4	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
104	5	0	0	24.7	0	0	0
104	6	0	0	46	0	0	0
104	7	0	36.8	8.3	0	0	0
104	10	0	0	70.5	0	0	0
104	11	0	0	53.8	0	0	0
104	12	0	-3.9	11.8	0	0	0
104	13	14.9	-3.9	28.8	0	0	0
104	15	0	0	10.2	0	0	0
104	16	0	0	5.4	0	0	0
104	17	0	0	10.4	0	0	0
104	19	0	-28.6	1	0	0	0
104	24	0	0	10.5	0	0	0
104	49	-47.5	-40.3	8.1	0	0	0
104	55	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
104	56	0	0	6.5	-1.74	-2.45	0
104	57	0	0	6.3	2.2	-2.55	0
104	58	-13.8	6.4	6.8	0	0	0
104	59	0	0	6.5	1.76	-2.45	0
104	60	-13.2	-9.6	7.5	0	0	0
104	61	-13.7	-28.6	0	0	0	0
104	63	-22	10.2	14.1	0	0	0
104	64	-20.5	-9.5	14.3	0	0	0
104	65	0	33.3	51.3	0	0	0
104	66	1.2	0.4	-1.2	0	0	0
104	67	-24.6	-19.9	49	0	0	0
104	68	-1293.7	-17.6	24.4	58.04	0	0
104	70	66.5	76.5	57.3	0	0	0
104	71	100.7	-27.5	49.3	0	0	0
104	72	0	0	4.6	0	0	0
104	78	0	0	5	0	0	0
104	86	0	0	3.8	0	0	0
104	104	0	-209	64.2	0	0	0
104	105	0	0	2.8	0	0	0
104	106	-5.6	6.3	-4.1	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
104	107	-6.2	5.9	-3.9	0	0	0
104	108	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
104	109	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
104	110	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
104	113	-14.3	-9.2	-0.1	0	0	0
104	114	-12.8	-37.4	2.5	0	0	0
104	115	-7.5	-26.8	2.3	0	0	0
104	116	-4.7	-26	1	0	0	0
104	117	0	0	1	0	0	0
104	119	0	-0.7	0.7	0	0	0
104	122	-39.1	27.5	9.4	0	0	0
104	124	0	0	14.9	0	0	0
104	125	0	0	15.4	0	0	0
104	126	0	0	4	0	0	0
104	127	0	0	3.5	0	0	0
104	134	0	0	2.3	0	0	0
104	136	5.2	-0.9	9.6	0	0	0
104	137	0	161.6	24.1	0	0	0
105	3	64.2	9.2	35.9	0	0	0
105	4	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
105	5	0	0	23.1	0	0	0
105	6	0	0	44.5	0	0	0
105	7	0	41.9	8.3	0	0	0
105	10	0	0	76	0	0	0
105	11	0	0	59.4	0	0	0
105	12	0	-4.4	11.8	0	0	0
105	13	8	-2.4	31.5	0	0	0
105	15	0	0	4.7	0	0	0
105	16	0	0	5.4	0	0	0
105	17	0	0	10.4	0	0	0
105	19	0	-31.1	0.9	0	0	0
105	24	0	0	10.4	0	0	0
105	49	-47.6	-40.4	8	0	0	0
105	55	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
105	56	0	0	6.5	-1.74	-2.45	0
105	57	0	0	6.3	2.2	-2.55	0
105	58	-13.8	6.4	6.8	0	0	0
105	59	0	0	6.5	1.76	-2.45	0
105	60	-13.2	-9.6	7.5	0	0	0
105	61	-14.4	-29.4	-0.1	0	0	0
105	63	-22	10.2	14.1	0	0	0
105	64	-20.5	-9.5	14.4	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
105	65	0	38	51.6	0	0	0
105	66	-1.7	-0.7	-1.6	0	0	0
105	67	-26.4	-20.8	48.5	0	0	0
105	68	-1480.2	-33.4	25.2	37.41	0	0
105	70	60.4	77.1	57.6	0	0	0
105	71	89.5	-27.6	49.5	0	0	0
105	72	0	0	4.4	0	0	0
105	78	0	0	2.9	0	0	0
105	86	0	0	3.5	0	0	0
105	104	0	-256.1	63.6	0	0	0
105	105	0	0	2.5	0	0	0
105	106	-5.6	6.3	-4.1	0	0	0
105	107	-6.2	5.9	-3.9	0	0	0
105	108	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
105	109	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
105	110	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
105	113	-14.7	-12.3	-0.1	0	0	0
105	114	-13.2	-41.3	2.5	0	0	0
105	115	-7.7	-30.3	2.3	0	0	0
105	116	-4.9	-29.5	1	0	0	0
105	117	0	0	0.5	0	0	0
105	119	-0.1	-1.3	1	0	0	0
105	122	-39.3	27.6	9.3	0	0	0
105	124	0	0	14.9	0	0	0
105	125	0	0	15.4	0	0	0
105	126	0	0	4	0	0	0
105	127	0	0	3.5	0	0	0
105	134	0	0	2.9	0	0	0
105	136	5.8	-1	9.5	0	0	0
105	137	0	184.1	24.9	0	0	0
106	3	64.3	9.4	35.4	0	0	0
106	4	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
106	5	0	0	21.3	0	0	0
106	6	0	0	43.5	0	0	0
106	7	0	42.3	8.3	0	0	0
106	10	0	0	75.7	0	0	0
106	11	0	0	58.9	0	0	0
106	12	0	-4.5	11.7	0	0	0
106	13	8	-2.2	31.6	0	0	0
106	15	0	0	4.7	0	0	0
106	16	0	0	5.4	0	0	0
106	17	0	0	10.4	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
106	19	0	-30.7	1	0	0	0
106	24	0	0	10.4	0	0	0
106	49	-47.6	-40.4	8	0	0	0
106	55	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
106	56	0	0	6.5	-1.74	-2.45	0
106	57	0	0	6.3	2.2	-2.55	0
106	58	-13.8	6.4	6.8	0	0	0
106	59	0	0	6.5	1.76	-2.45	0
106	60	-13.2	-9.6	7.5	0	0	0
106	61	-14.3	-29.3	-0.1	0	0	0
106	63	-22	10.2	14.2	0	0	0
106	64	-20.5	-9.5	14.4	0	0	0
106	65	0	38.3	50.7	0	0	0
106	66	-1.7	-0.7	-1.6	0	0	0
106	67	-26.7	-20.8	47.4	0	0	0
106	68	-1492.8	-33.9	25.2	37.65	0	0
106	70	60.3	77.1	57.8	0	0	0
106	71	89.6	-27.6	49.5	0	0	0
106	72	0	0	4.4	0	0	0
106	78	0	0	2.9	0	0	0
106	86	0	0	3.5	0	0	0
106	104	0	-257.9	63.8	0	0	0
106	105	0	0	2.5	0	0	0
106	106	-5.6	6.3	-4.1	0	0	0
106	107	-6.2	5.9	-3.9	0	0	0
106	108	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
106	109	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
106	110	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
106	113	-14.7	-12.5	-0.1	0	0	0
106	114	-13.2	-41.5	2.5	0	0	0
106	115	-7.7	-30.6	2.3	0	0	0
106	116	-4.9	-29.7	1	0	0	0
106	117	0	0	0.5	0	0	0
106	119	-0.1	-1.3	1	0	0	0
106	122	-39.2	27.6	9.4	0	0	0
106	124	0	0	14.9	0	0	0
106	125	0	0	15.4	0	0	0
106	126	0	0	3.9	0	0	0
106	127	0	0	3.5	0	0	0
106	134	0	0	2.9	0	0	0
106	136	5.8	-1	9.5	0	0	0
106	137	0	185.7	25.1	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
107	3	64.6	9.6	36	0	0	0
107	4	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
107	5	0	0	21.4	0	0	0
107	6	0	0	43.4	0	0	0
107	7	0	44.3	8.4	0	0	0
107	10	0	0	75.8	0	0	0
107	11	0	0	59.1	0	0	0
107	12	0	-4.7	11.7	0	0	0
107	13	7.9	-2	31.6	0	0	0
107	15	0	0	4.5	0	0	0
107	16	0	0	5.4	0	0	0
107	17	0	0	10.4	0	0	0
107	19	0	-30.7	1	0	0	0
107	24	0	0	10.4	0	0	0
107	49	-47.6	-40.4	8	0	0	0
107	55	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
107	56	0	0	6.5	-1.74	-2.45	0
107	57	0	0	6.3	2.2	-2.55	0
107	58	-13.8	6.4	6.8	0	0	0
107	59	0	0	6.5	1.76	-2.45	0
107	60	-13.2	-9.6	7.5	0	0	0
107	61	-14.1	-29.1	-0.1	0	0	0
107	63	-22	10.2	14.2	0	0	0
107	64	-20.5	-9.5	14.4	0	0	0
107	65	0	40.1	51.8	0	0	0
107	66	-1.8	-0.7	-1.6	0	0	0
107	67	-27.2	-20.6	48	0	0	0
107	68	-1564.8	-36.9	25.2	36.17	0	0
107	70	59.6	76.9	57.8	0	0	0
107	71	89.6	-27.4	49.6	0	0	0
107	72	0	0	4.4	0	0	0
107	78	0	0	2.8	0	0	0
107	86	0	0	3.4	0	0	0
107	104	0	-269.1	63.7	0	0	0
107	105	0	0	2.4	0	0	0
107	106	-5.6	6.3	-4.1	0	0	0
107	107	-6.2	5.9	-3.9	0	0	0
107	108	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
107	109	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
107	110	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
107	113	-14.9	-13.7	-0.1	0	0	0
107	114	-13.4	-43.1	2.5	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
107	115	-7.8	-31.9	2.3	0	0	0
107	116	-4.9	-31.2	1	0	0	0
107	117	0	0	0.3	0	0	0
107	119	-0.1	-1.3	1	0	0	0
107	122	-39.1	27.5	9.4	0	0	0
107	124	0	0	14.9	0	0	0
107	125	0	0	15.4	0	0	0
107	126	0	0	3.9	0	0	0
107	127	0	0	3.5	0	0	0
107	134	0	0	2.9	0	0	0
107	136	5.9	-1	9.5	0	0	0
107	137	0	194.4	25.2	0	0	0
108	3	75.5	6.4	22.5	0	0	0
108	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
108	5	0	0	22.7	0	0	0
108	6	0	0	56.3	0	0	0
108	7	0	36.8	8.3	0	0	0
108	10	0	0	80.7	0	0	0
108	11	0	0	55.9	0	0	0
108	12	0	-3.9	11.8	0	0	0
108	13	12.6	-353.6	30.7	0	0	0
108	15	0	0	-10.1	0	0	0
108	16	0	0	5.1	0	0	0
108	17	0	0	125.4	0	0	0
108	19	0	-27.8	1	0	0	0
108	24	0	0	125.4	0	0	0
108	49	14.9	52.3	7.8	0	0	0
108	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
108	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
108	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
108	58	51.7	104.1	6.3	0	0	0
108	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
108	60	53.1	-108	7.1	0	0	0
108	61	55.2	65.7	-0.8	0	0	0
108	63	-26.3	12.2	15.6	0	0	0
108	64	-24.7	-11.4	15.8	0	0	0
108	65	0	33.3	51.3	0	0	0
108	66	1.1	0.2	-32.1	0	0	0
108	67	-21.3	-20.7	47.6	0	0	0
108	68	-1294.4	-17.2	24.7	61.04	0	0
108	70	310.2	94.9	59.3	0	0	0
108	71	349.1	-37.6	49.2	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
108	72	0	0	4.6	0	0	0
108	78	0	0	7.6	0	0	0
108	86	0	0	3.8	0	0	0
108	104	0	-208.9	64.7	0	0	0
108	105	0	0	2.8	0	0	0
108	106	0	0	9	0	0	0
108	107	0	0	8.9	0	0	0
108	108	0	0	9.1	0	0	0
108	109	0	0	9.1	0	0	0
108	110	0	0	9.1	0	0	0
108	113	-14.3	-9.2	0.2	0	0	0
108	114	-12.8	-37.4	2.5	0	0	0
108	115	-7.5	-26.9	1.9	0	0	0
108	116	-4.7	-25.5	0.3	0	0	0
108	117	0	0	1	0	0	0
108	119	0.6	-10.3	0.9	0	0	0
108	122	30.7	-58.6	9.5	0	0	0
108	124	0	0	15.5	0	0	0
108	125	0	0	15.9	0	0	0
108	126	0	0	-19.8	0	0	0
108	127	0	0	-20.2	0	0	0
108	134	0	0	19.1	0	0	0
108	136	4.6	-0.9	9.7	0	0	0
108	137	0	161.6	24.1	0	0	0
109	3	76.3	5.9	22.5	0	0	0
109	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
109	5	0	0	21	0	0	0
109	6	0	0	54.7	0	0	0
109	7	0	41.9	8.3	0	0	0
109	10	0	0	86.2	0	0	0
109	11	0	0	61.5	0	0	0
109	12	0	-4.4	11.8	0	0	0
109	13	5.7	-352.1	33.4	0	0	0
109	15	0	0	-15.7	0	0	0
109	16	0	0	5.2	0	0	0
109	17	0	0	125.4	0	0	0
109	19	0	-30.3	0.9	0	0	0
109	24	0	0	125.4	0	0	0
109	49	14.9	52.2	7.8	0	0	0
109	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
109	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
109	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
109	58	51.7	104.1	6.3	0	0	0
109	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
109	60	53.1	-108	7.1	0	0	0
109	61	54.5	65	-0.8	0	0	0
109	63	-26.3	12.2	15.6	0	0	0
109	64	-24.7	-11.4	15.8	0	0	0
109	65	0	38	51.6	0	0	0
109	66	-1.9	-0.8	-32.5	0	0	0
109	67	-23.1	-21.6	47.1	0	0	0
109	68	-1481	-33.1	25.4	40.41	0	0
109	70	304.1	95.5	59.6	0	0	0
109	71	337.8	-37.7	49.5	0	0	0
109	72	0	0	4.4	0	0	0
109	78	0	0	5.5	0	0	0
109	86	0	0	3.5	0	0	0
109	104	0	-256	64.2	0	0	0
109	105	0	0	2.5	0	0	0
109	106	0	0	9	0	0	0
109	107	0	0	8.9	0	0	0
109	108	0	0	9.1	0	0	0
109	109	0	0	9.1	0	0	0
109	110	0	0	9.1	0	0	0
109	113	-14.7	-12.3	0.2	0	0	0
109	114	-13.2	-41.3	2.5	0	0	0
109	115	-7.7	-30.4	1.9	0	0	0
109	116	-4.9	-29	0.3	0	0	0
109	117	0	0	0.5	0	0	0
109	119	0.6	-10.9	1.2	0	0	0
109	122	30.6	-58.5	9.5	0	0	0
109	124	0	0	15.5	0	0	0
109	125	0	0	15.9	0	0	0
109	126	0	0	-19.8	0	0	0
109	127	0	0	-20.2	0	0	0
109	134	0	0	19.7	0	0	0
109	136	5.2	-0.9	9.7	0	0	0
109	137	0	184.1	24.9	0	0	0
110	3	76.4	6	22	0	0	0
110	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
110	5	0	0	19.2	0	0	0
110	6	0	0	53.7	0	0	0
110	7	0	42.3	8.3	0	0	0
110	10	0	0	85.9	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
110	11	0	0	61	0	0	0
110	12	0	-4.5	11.7	0	0	0
110	13	5.7	-351.9	33.5	0	0	0
110	15	0	0	-15.7	0	0	0
110	16	0	0	5.1	0	0	0
110	17	0	0	125.4	0	0	0
110	19	0	-29.8	0.9	0	0	0
110	24	0	0	125.4	0	0	0
110	49	14.9	52.2	7.8	0	0	0
110	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
110	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
110	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
110	58	51.7	104.1	6.3	0	0	0
110	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
110	60	53.1	-108	7.1	0	0	0
110	61	54.6	65	-0.8	0	0	0
110	63	-26.3	12.2	15.7	0	0	0
110	64	-24.7	-11.4	15.8	0	0	0
110	65	0	38.3	50.7	0	0	0
110	66	-1.9	-0.9	-32.5	0	0	0
110	67	-23.4	-21.6	46.1	0	0	0
110	68	-1493.6	-33.5	25.4	40.64	0	0
110	70	304.1	95.5	59.8	0	0	0
110	71	337.9	-37.7	49.5	0	0	0
110	72	0	0	4.4	0	0	0
110	78	0	0	5.4	0	0	0
110	86	0	0	3.5	0	0	0
110	104	0	-257.8	64.4	0	0	0
110	105	0	0	2.5	0	0	0
110	106	0	0	9	0	0	0
110	107	0	0	8.9	0	0	0
110	108	0	0	9.1	0	0	0
110	109	0	0	9.1	0	0	0
110	110	0	0	9.1	0	0	0
110	113	-14.7	-12.5	0.2	0	0	0
110	114	-13.2	-41.5	2.5	0	0	0
110	115	-7.7	-30.7	1.9	0	0	0
110	116	-4.9	-29.2	0.4	0	0	0
110	117	0	0	0.5	0	0	0
110	119	0.6	-10.9	1.2	0	0	0
110	122	30.6	-58.5	9.5	0	0	0
110	124	0	0	15.5	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
110	125	0	0	15.9	0	0	0
110	126	0	0	-19.8	0	0	0
110	127	0	0	-20.2	0	0	0
110	134	0	0	19.7	0	0	0
110	136	5.2	-0.9	9.7	0	0	0
110	137	0	185.7	25.1	0	0	0
111	3	76.7	6.2	22.6	0	0	0
111	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
111	5	0	0	19.3	0	0	0
111	6	0	0	53.6	0	0	0
111	7	0	44.3	8.4	0	0	0
111	10	0	0	86	0	0	0
111	11	0	0	61.1	0	0	0
111	12	0	-4.7	11.7	0	0	0
111	13	5.6	-351.7	33.5	0	0	0
111	15	0	0	-15.8	0	0	0
111	16	0	0	5.1	0	0	0
111	17	0	0	125.4	0	0	0
111	19	0	-29.8	0.9	0	0	0
111	24	0	0	125.4	0	0	0
111	49	14.9	52.2	7.8	0	0	0
111	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
111	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
111	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
111	58	51.7	104.1	6.3	0	0	0
111	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
111	60	53.1	-108	7.1	0	0	0
111	61	54.8	65.3	-0.8	0	0	0
111	63	-26.3	12.2	15.7	0	0	0
111	64	-24.7	-11.4	15.8	0	0	0
111	65	0	40.1	51.8	0	0	0
111	66	-2	-0.9	-32.5	0	0	0
111	67	-23.9	-21.4	46.6	0	0	0
111	68	-1565.5	-36.5	25.4	39.16	0	0
111	70	303.4	95.3	59.8	0	0	0
111	71	337.9	-37.5	49.5	0	0	0
111	72	0	0	4.4	0	0	0
111	78	0	0	5.4	0	0	0
111	86	0	0	3.4	0	0	0
111	104	0	-269	64.3	0	0	0
111	105	0	0	2.4	0	0	0
111	106	0	0	9	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
111	107	0	0	8.9	0	0	0
111	108	0	0	9.1	0	0	0
111	109	0	0	9.1	0	0	0
111	110	0	0	9.1	0	0	0
111	113	-14.9	-13.7	0.2	0	0	0
111	114	-13.4	-43.1	2.5	0	0	0
111	115	-7.8	-32	1.9	0	0	0
111	116	-4.9	-30.7	0.4	0	0	0
111	117	0	0	0.3	0	0	0
111	119	0.6	-10.9	1.2	0	0	0
111	122	30.7	-58.6	9.5	0	0	0
111	124	0	0	15.5	0	0	0
111	125	0	0	15.8	0	0	0
111	126	0	0	-19.8	0	0	0
111	127	0	0	-20.2	0	0	0
111	134	0	0	19.7	0	0	0
111	136	5.2	-0.9	9.7	0	0	0
111	137	0	194.4	25.2	0	0	0
112	3	79.1	5.6	16.5	0	0	0
112	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
112	5	0	0	20.3	0	0	0
112	6	0	0	57.4	0	0	0
112	7	0	36.8	8.3	0	0	0
112	10	0	0	82.3	0	0	0
112	11	0	0	59.5	0	0	0
112	12	0	-3.9	11.8	0	0	0
112	13	25.4	-440.4	37.1	0	0	0
112	15	0	0	-15.6	0	0	0
112	16	0	0	5.1	0	0	0
112	17	0	0	156.5	0	0	0
112	19	0	-27.3	1	0	0	0
112	24	0	0	156.5	0	0	0
112	49	-61.3	-52.8	7.8	0	0	0
112	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
112	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
112	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
112	58	-23.7	0.4	6.2	0	0	0
112	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
112	60	-22.5	-4.8	7	0	0	0
112	61	-19	-38.5	-0.8	0	0	0
112	63	-27.5	12.7	16	0	0	0
112	64	-25.8	-11.9	16.2	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
112	65	0	33.3	51.3	0	0	0
112	66	1	0.2	-40.4	0	0	0
112	67	-20.4	-20.6	47.1	0	0	0
112	68	-1294.8	-17.1	24.8	61.84	0	0
112	70	377.6	99.6	59.9	0	0	0
112	71	420.2	-40.3	49.6	0	0	0
112	72	0	0	4.6	0	0	0
112	78	0	0	8	0	0	0
112	86	0	0	3.8	0	0	0
112	104	0	-208.9	64.9	0	0	0
112	105	0	0	2.8	0	0	0
112	106	0	0	9	0	0	0
112	107	0	0	8.9	0	0	0
112	108	0	0	9.1	0	0	0
112	109	0	0	9.1	0	0	0
112	110	0	0	9.1	0	0	0
112	113	-14.3	-9.2	0.2	0	0	0
112	114	-12.8	-37.4	2.5	0	0	0
112	115	-7.5	-26.9	1.8	0	0	0
112	116	-4.7	-25.4	0.3	0	0	0
112	117	0	0	1	0	0	0
112	119	0.8	-12.9	1	0	0	0
112	122	-43.9	47.9	9.5	0	0	0
112	124	0	0	15.6	0	0	0
112	125	0	0	16	0	0	0
112	126	0	0	-26.3	0	0	0
112	127	0	0	-26.7	0	0	0
112	134	0	0	23.7	0	0	0
112	136	73.4	-9.1	7.9	0	0	0
112	137	0	161.6	24.1	0	0	0
113	3	79.9	5.1	16.5	0	0	0
113	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
113	5	0	0	18.6	0	0	0
113	6	0	0	55.8	0	0	0
113	7	0	41.9	8.3	0	0	0
113	10	0	0	87.7	0	0	0
113	11	0	0	65.1	0	0	0
113	12	0	-4.4	11.8	0	0	0
113	13	18.6	-438.8	39.8	0	0	0
113	15	0	0	-21.2	0	0	0
113	16	0	0	5.1	0	0	0
113	17	0	0	156.5	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
113	19	0	-29.8	0.9	0	0	0
113	24	0	0	156.5	0	0	0
113	49	-61.4	-52.9	7.7	0	0	0
113	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
113	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
113	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
113	58	-23.7	0.4	6.2	0	0	0
113	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
113	60	-22.5	-4.8	7	0	0	0
113	61	-19.6	-39.3	-0.9	0	0	0
113	63	-27.5	12.7	16	0	0	0
113	64	-25.8	-11.9	16.2	0	0	0
113	65	0	38	51.6	0	0	0
113	66	-2	-0.9	-40.8	0	0	0
113	67	-22.2	-21.5	46.6	0	0	0
113	68	-1481.3	-32.9	25.5	41.22	0	0
113	70	371.5	100.2	60.3	0	0	0
113	71	409	-40.4	49.8	0	0	0
113	72	0	0	4.4	0	0	0
113	78	0	0	5.9	0	0	0
113	86	0	0	3.5	0	0	0
113	104	0	-256	64.4	0	0	0
113	105	0	0	2.5	0	0	0
113	106	0	0	9	0	0	0
113	107	0	0	8.9	0	0	0
113	108	0	0	9.1	0	0	0
113	109	0	0	9.1	0	0	0
113	110	0	0	9.1	0	0	0
113	113	-14.7	-12.3	0.2	0	0	0
113	114	-13.2	-41.3	2.5	0	0	0
113	115	-7.7	-30.4	1.8	0	0	0
113	116	-4.9	-28.9	0.3	0	0	0
113	117	0	0	0.5	0	0	0
113	119	0.8	-13.5	1.2	0	0	0
113	122	-44	48	9.5	0	0	0
113	124	0	0	15.6	0	0	0
113	125	0	0	16	0	0	0
113	126	0	0	-26.3	0	0	0
113	127	0	0	-26.7	0	0	0
113	134	0	0	24.2	0	0	0
113	136	74	-9.2	7.8	0	0	0
113	137	0	184.1	24.9	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
114	3	80	5.3	16	0	0	0
114	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
114	5	0	0	16.8	0	0	0
114	6	0	0	54.8	0	0	0
114	7	0	42.3	8.3	0	0	0
114	10	0	0	87.5	0	0	0
114	11	0	0	64.6	0	0	0
114	12	0	-4.5	11.7	0	0	0
114	13	18.5	-438.7	39.9	0	0	0
114	15	0	0	-21.2	0	0	0
114	16	0	0	5.1	0	0	0
114	17	0	0	156.5	0	0	0
114	19	0	-29.4	0.9	0	0	0
114	24	0	0	156.5	0	0	0
114	49	-61.4	-52.9	7.7	0	0	0
114	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
114	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
114	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
114	58	-23.7	0.4	6.2	0	0	0
114	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
114	60	-22.5	-4.8	7	0	0	0
114	61	-19.6	-39.2	-0.9	0	0	0
114	63	-27.5	12.7	16.1	0	0	0
114	64	-25.8	-11.9	16.2	0	0	0
114	65	0	38.3	50.7	0	0	0
114	66	-2	-0.9	-40.8	0	0	0
114	67	-22.6	-21.5	45.5	0	0	0
114	68	-1493.9	-33.4	25.5	41.45	0	0
114	70	371.4	100.1	60.4	0	0	0
114	71	409.1	-40.4	49.8	0	0	0
114	72	0	0	4.4	0	0	0
114	78	0	0	5.9	0	0	0
114	86	0	0	3.5	0	0	0
114	104	0	-257.8	64.5	0	0	0
114	105	0	0	2.5	0	0	0
114	106	0	0	9	0	0	0
114	107	0	0	8.9	0	0	0
114	108	0	0	9.1	0	0	0
114	109	0	0	9.1	0	0	0
114	110	0	0	9.1	0	0	0
114	113	-14.7	-12.5	0.2	0	0	0
114	114	-13.2	-41.5	2.5	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
114	115	-7.7	-30.7	1.8	0	0	0
114	116	-4.9	-29.2	0.3	0	0	0
114	117	0	0	0.5	0	0	0
114	119	0.8	-13.5	1.2	0	0	0
114	122	-44	48	9.5	0	0	0
114	124	0	0	15.6	0	0	0
114	125	0	0	16	0	0	0
114	126	0	0	-26.3	0	0	0
114	127	0	0	-26.7	0	0	0
114	134	0	0	24.2	0	0	0
114	136	74.1	-9.2	7.8	0	0	0
114	137	0	185.7	25.1	0	0	0
115	3	80.3	5.5	16.7	0	0	0
115	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
115	5	0	0	16.9	0	0	0
115	6	0	0	54.7	0	0	0
115	7	0	44.3	8.4	0	0	0
115	10	0	0	87.6	0	0	0
115	11	0	0	64.8	0	0	0
115	12	0	-4.7	11.7	0	0	0
115	13	18.4	-438.5	40	0	0	0
115	15	0	0	-21.3	0	0	0
115	16	0	0	5.1	0	0	0
115	17	0	0	156.5	0	0	0
115	19	0	-29.4	0.9	0	0	0
115	24	0	0	156.5	0	0	0
115	49	-61.4	-52.9	7.7	0	0	0
115	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
115	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
115	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
115	58	-23.7	0.4	6.2	0	0	0
115	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
115	60	-22.5	-4.8	7	0	0	0
115	61	-19.4	-39	-0.9	0	0	0
115	63	-27.5	12.7	16.1	0	0	0
115	64	-25.8	-11.9	16.2	0	0	0
115	65	0	40.1	51.8	0	0	0
115	66	-2.1	-0.9	-40.8	0	0	0
115	67	-23	-21.2	46.1	0	0	0
115	68	-1565.9	-36.4	25.5	39.97	0	0
115	70	370.8	100	60.4	0	0	0
115	71	409	-40.2	49.9	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
115	72	0	0	4.4	0	0	0
115	78	0	0	5.8	0	0	0
115	86	0	0	3.4	0	0	0
115	104	0	-269	64.4	0	0	0
115	105	0	0	2.4	0	0	0
115	106	0	0	9	0	0	0
115	107	0	0	8.9	0	0	0
115	108	0	0	9.1	0	0	0
115	109	0	0	9.1	0	0	0
115	110	0	0	9.1	0	0	0
115	113	-14.9	-13.7	0.2	0	0	0
115	114	-13.4	-43.1	2.5	0	0	0
115	115	-7.8	-32	1.8	0	0	0
115	116	-4.9	-30.6	0.3	0	0	0
115	117	0	0	0.3	0	0	0
115	119	0.8	-13.5	1.2	0	0	0
115	122	-43.9	47.9	9.5	0	0	0
115	124	0	0	15.6	0	0	0
115	125	0	0	16	0	0	0
115	126	0	0	-26.3	0	0	0
115	127	0	0	-26.7	0	0	0
115	134	0	0	24.2	0	0	0
115	136	74.1	-9.2	7.8	0	0	0
115	137	0	194.4	25.2	0	0	0
116	3	54.5	4.8	12.9	0	0	0
116	4	0	0	-0.3	0.47	0.66	0
116	5	0	0	-5.5	0	0	0
116	6	0	0	25.7	0	0	0
116	7	0	0	2.9	0	0	0
116	10	0	0	26.4	0	0	0
116	11	0	0	0.2	0	0	0
116	12	0	0	3.7	0	0	0
116	13	12.1	23.6	10.1	0	0	0
116	15	0	0	3.5	0	0	0
116	16	0	0	1	0	0	0
116	17	0	0	-2.3	0	0	0
116	19	0	-21.1	0.4	0	0	0
116	24	0	0	-2.4	0	0	0
116	49	-46.7	-39.5	1.2	0	0	0
116	55	0	0	-0.3	0.47	0.66	0
116	56	0	0	-0.3	0.47	0.66	0
116	57	0	0	-0.2	-0.59	0.69	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
116	58	-13.1	6.8	1.7	0	0	0
116	59	0	0	-0.2	-0.47	0.66	0
116	60	-12.5	-10	2.3	0	0	0
116	61	-14.7	-29.7	-1.8	0	0	0
116	63	-21.6	10	8.3	0	0	0
116	64	-20.1	-9.3	8.1	0	0	0
116	65	0	0	13.6	0	0	0
116	66	0.2	-0.2	0.8	0	0	0
116	67	-16.4	-18.2	14.7	0	0	0
116	68	28.1	28	6.1	25.38	0	0
116	70	47.7	75.8	20.3	0	0	0
116	71	73.5	-29.1	13.7	0	0	0
116	72	0	0	1.6	0	0	0
116	78	0	0	1.6	0	0	0
116	86	0	0	1.5	0	0	0
116	104	0	-21.4	18.5	0	0	0
116	105	0	0	1.4	0	0	0
116	106	0	0	3.1	0	0	0
116	107	0	0	3.1	0	0	0
116	108	0	0	3.2	0	0	0
116	109	0	0	3.2	0	0	0
116	110	0	0	3.2	0	0	0
116	113	-11.3	12.8	1	0	0	0
116	114	-10.2	-9.6	1	0	0	0
116	115	-5.9	-1.4	0.2	0	0	0
116	116	-3.8	0.4	0.1	0	0	0
116	117	0	0	1.3	0	0	0
116	119	0	0	0.6	0	0	0
116	122	-40.1	27.7	3	0	0	0
116	124	0	0	4.1	0	0	0
116	125	0	0	3.7	0	0	0
116	126	0	0	2.2	0	0	0
116	127	0	0	2.3	0	0	0
116	134	0	0	0.6	0	0	0
116	136	0.5	-0.4	4.4	0	0	0
116	137	0	0	7	0	0	0
117	3	-43.7	4.1	25.5	0	0	0
117	4	0	0	4.8	-0.79	-1.1	0
117	5	0	0	56.4	0	0	0
117	6	0	0	7.9	0	0	0
117	7	0	36.8	8.3	0	0	0
117	10	0	0	47.3	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
117	11	0	0	90.5	0	0	0
117	12	0	-3.9	12.5	0	0	0
117	13	-9.8	-35.3	24.3	0	0	0
117	15	0	0	11.3	0	0	0
117	16	0	0	9.9	0	0	0
117	17	0	0	15.3	0	0	0
117	19	0	8.7	1.9	0	0	0
117	24	0	0	15.5	0	0	0
117	49	48.8	42.7	10.2	0	0	0
117	55	0	0	4.8	-0.79	-1.11	0
117	56	0	0	4.8	-0.78	-1.1	0
117	57	0	0	4.8	0.99	-1.15	0
117	58	15.4	-3.4	6.3	0	0	0
117	59	0	0	4.9	0.79	-1.1	0
117	60	14.8	6.6	6	0	0	0
117	61	18.8	34.9	3.8	0	0	0
117	63	21.4	-10	1.4	0	0	0
117	64	20	9.2	2.2	0	0	0
117	65	0	33.3	49.5	0	0	0
117	66	0.3	0.5	0.3	0	0	0
117	67	8.4	17	50.7	0	0	0
117	68	-1350.3	-73.3	26.3	46.3	0	0
117	70	-42.2	-76.1	48.5	0	0	0
117	71	-58.1	32.1	53.4	0	0	0
117	72	0	0	4.4	0	0	0
117	78	0	0	5.8	0	0	0
117	86	0	0	3.5	0	0	0
117	104	0	-166.4	59.9	0	0	0
117	105	0	0	2.8	0	0	0
117	106	-2.6	4.7	0.2	0	0	0
117	107	-2.9	4.4	0.3	0	0	0
117	108	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
117	109	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
117	110	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
117	113	8.2	-34.8	-3.9	0	0	0
117	114	7.5	-18.3	2.9	0	0	0
117	115	4.3	-23.7	5.2	0	0	0
117	116	3	-27.6	2.4	0	0	0
117	117	0	0	1.5	0	0	0
117	119	-0.1	0.1	0.6	0	0	0
117	122	44.3	-32.6	7	0	0	0
117	124	0	0	18	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
117	125	0	0	20	0	0	0
117	126	0	0	5	0	0	0
117	127	0	0	4	0	0	0
117	134	0	0	1.3	0	0	0
117	136	2.5	0	9.7	0	0	0
117	137	0	161.6	25.2	0	0	0
118	3	-42.9	3.6	25.6	0	0	0
118	4	0	0	4.8	-0.79	-1.1	0
118	5	0	0	54.7	0	0	0
118	6	0	0	6.3	0	0	0
118	7	0	41.9	8.3	0	0	0
118	10	0	0	52.8	0	0	0
118	11	0	0	96.1	0	0	0
118	12	0	-4.4	12.4	0	0	0
118	13	-16.6	-33.7	27	0	0	0
118	15	0	0	5.7	0	0	0
118	16	0	0	10	0	0	0
118	17	0	0	15.2	0	0	0
118	19	0	6.1	1.9	0	0	0
118	24	0	0	15.5	0	0	0
118	49	48.8	42.6	10.1	0	0	0
118	55	0	0	4.8	-0.79	-1.11	0
118	56	0	0	4.8	-0.78	-1.1	0
118	57	0	0	4.8	0.99	-1.15	0
118	58	15.4	-3.4	6.3	0	0	0
118	59	0	0	4.9	0.79	-1.1	0
118	60	14.8	6.6	6	0	0	0
118	61	18.1	34.1	3.7	0	0	0
118	63	21.5	-10	1.4	0	0	0
118	64	20	9.2	2.2	0	0	0
118	65	0	37.9	49.8	0	0	0
118	66	-2.6	-0.5	-0.1	0	0	0
118	67	6.6	16.1	50.2	0	0	0
118	68	-1536.9	-89.1	27	25.68	0	0
118	70	-48.3	-75.5	48.8	0	0	0
118	71	-69.3	31.9	53.7	0	0	0
118	72	0	0	4.3	0	0	0
118	78	0	0	3.7	0	0	0
118	86	0	0	3.2	0	0	0
118	104	0	-213.5	59.4	0	0	0
118	105	0	0	2.5	0	0	0
118	106	-2.6	4.7	0.2	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
118	107	-2.9	4.4	0.3	0	0	0
118	108	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
118	109	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
118	110	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
118	113	7.8	-37.8	-3.9	0	0	0
118	114	7.1	-22.1	2.9	0	0	0
118	115	4.1	-27.3	5.2	0	0	0
118	116	2.8	-31	2.4	0	0	0
118	117	0	0	1	0	0	0
118	119	-0.2	-0.5	0.9	0	0	0
118	122	44.2	-32.5	7	0	0	0
118	124	0	0	18	0	0	0
118	125	0	0	20	0	0	0
118	126	0	0	5	0	0	0
118	127	0	0	4	0	0	0
118	134	0	0	1.9	0	0	0
118	136	3.1	0	9.7	0	0	0
118	137	0	184.1	26	0	0	0
119	3	-42.8	3.8	25.1	0	0	0
119	4	0	0	4.8	-0.79	-1.1	0
119	5	0	0	53	0	0	0
119	6	0	0	5.3	0	0	0
119	7	0	42.3	8.3	0	0	0
119	10	0	0	52.5	0	0	0
119	11	0	0	95.5	0	0	0
119	12	0	-4.4	12.4	0	0	0
119	13	-16.7	-33.6	27	0	0	0
119	15	0	0	5.7	0	0	0
119	16	0	0	10	0	0	0
119	17	0	0	15.2	0	0	0
119	19	0	6.6	1.9	0	0	0
119	24	0	0	15.4	0	0	0
119	49	48.8	42.6	10.1	0	0	0
119	55	0	0	4.8	-0.79	-1.11	0
119	56	0	0	4.8	-0.78	-1.1	0
119	57	0	0	4.8	0.99	-1.15	0
119	58	15.4	-3.4	6.3	0	0	0
119	59	0	0	4.9	0.79	-1.1	0
119	60	14.8	6.6	6	0	0	0
119	61	18.1	34.2	3.7	0	0	0
119	63	21.5	-10	1.5	0	0	0
119	64	20	9.2	2.2	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
119	65	0	38.2	48.8	0	0	0
119	66	-2.6	-0.5	-0.1	0	0	0
119	67	6.3	16.2	49.1	0	0	0
119	68	-1549.5	-89.6	27	25.91	0	0
119	70	-48.4	-75.5	49	0	0	0
119	71	-69.2	32	53.7	0	0	0
119	72	0	0	4.2	0	0	0
119	78	0	0	3.7	0	0	0
119	86	0	0	3.2	0	0	0
119	104	0	-215.3	59.6	0	0	0
119	105	0	0	2.5	0	0	0
119	106	-2.6	4.7	0.2	0	0	0
119	107	-2.9	4.4	0.3	0	0	0
119	108	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
119	109	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
119	110	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
119	113	7.8	-38	-3.9	0	0	0
119	114	7.1	-22.4	2.9	0	0	0
119	115	4.1	-27.5	5.2	0	0	0
119	116	2.8	-31.3	2.4	0	0	0
119	117	0	0	1	0	0	0
119	119	-0.2	-0.5	0.9	0	0	0
119	122	44.2	-32.5	7	0	0	0
119	124	0	0	18	0	0	0
119	125	0	0	20	0	0	0
119	126	0	0	5	0	0	0
119	127	0	0	4	0	0	0
119	134	0	0	1.9	0	0	0
119	136	3.2	0	9.7	0	0	0
119	137	0	185.7	26.2	0	0	0
120	3	-42.5	4	25.7	0	0	0
120	4	0	0	4.8	-0.79	-1.1	0
120	5	0	0	53	0	0	0
120	6	0	0	5.2	0	0	0
120	7	0	44.3	8.3	0	0	0
120	10	0	0	52.6	0	0	0
120	11	0	0	95.7	0	0	0
120	12	0	-4.7	12.4	0	0	0
120	13	-16.8	-33.4	27.1	0	0	0
120	15	0	0	5.6	0	0	0
120	16	0	0	9.9	0	0	0
120	17	0	0	15.2	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
120	19	0	6.6	1.9	0	0	0
120	24	0	0	15.4	0	0	0
120	49	48.8	42.6	10.1	0	0	0
120	55	0	0	4.8	-0.79	-1.11	0
120	56	0	0	4.8	-0.78	-1.1	0
120	57	0	0	4.8	0.99	-1.15	0
120	58	15.4	-3.4	6.3	0	0	0
120	59	0	0	4.9	0.79	-1.1	0
120	60	14.8	6.6	6	0	0	0
120	61	18.3	34.4	3.7	0	0	0
120	63	21.4	-10	1.5	0	0	0
120	64	20	9.2	2.2	0	0	0
120	65	0	40.1	49.9	0	0	0
120	66	-2.7	-0.6	-0.1	0	0	0
120	67	5.8	16.4	49.7	0	0	0
120	68	-1621.4	-92.6	27	24.43	0	0
120	70	-49	-75.6	49	0	0	0
120	71	-69.3	32.2	53.7	0	0	0
120	72	0	0	4.2	0	0	0
120	78	0	0	3.6	0	0	0
120	86	0	0	3.1	0	0	0
120	104	0	-226.5	59.4	0	0	0
120	105	0	0	2.4	0	0	0
120	106	-2.6	4.7	0.2	0	0	0
120	107	-2.9	4.4	0.3	0	0	0
120	108	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
120	109	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
120	110	-2.6	-4.7	0.1	0	0	0
120	113	7.6	-39.2	-3.9	0	0	0
120	114	7	-23.9	2.9	0	0	0
120	115	4	-28.9	5.2	0	0	0
120	116	2.8	-32.7	2.5	0	0	0
120	117	0	0	0.8	0	0	0
120	119	-0.2	-0.5	0.9	0	0	0
120	122	44.3	-32.6	7	0	0	0
120	124	0	0	18	0	0	0
120	125	0	0	20	0	0	0
120	126	0	0	5	0	0	0
120	127	0	0	4	0	0	0
120	134	0	0	1.9	0	0	0
120	136	3.2	0	9.7	0	0	0
120	137	0	194.5	26.4	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
121	3	-43.2	4	24.7	0	0	0
121	4	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
121	5	0	0	56	0	0	0
121	6	0	0	8.1	0	0	0
121	7	0	36.8	8.3	0	0	0
121	10	0	0	48.2	0	0	0
121	11	0	0	91	0	0	0
121	12	0	-3.9	12.5	0	0	0
121	13	-9.4	-50.4	25.5	0	0	0
121	15	0	0	10.6	0	0	0
121	16	0	0	9.9	0	0	0
121	17	0	0	20.3	0	0	0
121	19	0	8.7	1.9	0	0	0
121	24	0	0	20.6	0	0	0
121	49	45.8	38.6	10.2	0	0	0
121	55	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
121	56	0	0	6.5	-1.74	-2.45	0
121	57	0	0	6.3	2.2	-2.55	0
121	58	12.5	-7.2	6.3	0	0	0
121	59	0	0	6.5	1.76	-2.45	0
121	60	11.9	10.3	6	0	0	0
121	61	16	30.9	3.8	0	0	0
121	63	21.3	-9.9	1.5	0	0	0
121	64	19.8	9.2	2.3	0	0	0
121	65	0	33.3	49.5	0	0	0
121	66	0.3	0.5	-1.1	0	0	0
121	67	8.5	17	50.6	0	0	0
121	68	-1350.4	-73.3	26.3	46.44	0	0
121	70	-31.3	-75.2	48.6	0	0	0
121	71	-47	31.6	53.5	0	0	0
121	72	0	0	4.4	0	0	0
121	78	0	0	5.9	0	0	0
121	86	0	0	3.5	0	0	0
121	104	0	-166.4	59.9	0	0	0
121	105	0	0	2.8	0	0	0
121	106	-5.6	6.3	-4.1	0	0	0
121	107	-6.2	5.9	-3.9	0	0	0
121	108	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
121	109	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
121	110	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
121	113	8.2	-34.8	-3.9	0	0	0
121	114	7.5	-18.3	2.9	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
121	115	4.3	-23.7	5.2	0	0	0
121	116	3	-27.6	2.4	0	0	0
121	117	0	0	1.5	0	0	0
121	119	-0.1	-0.3	0.6	0	0	0
121	122	41.5	-28.3	7	0	0	0
121	124	0	0	18	0	0	0
121	125	0	0	20	0	0	0
121	126	0	0	4	0	0	0
121	127	0	0	3	0	0	0
121	134	0	0	2.1	0	0	0
121	136	5.3	-0.3	9.6	0	0	0
121	137	0	161.6	25.2	0	0	0
122	3	-42.3	3.5	24.8	0	0	0
122	4	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
122	5	0	0	54.4	0	0	0
122	6	0	0	6.6	0	0	0
122	7	0	41.9	8.3	0	0	0
122	10	0	0	53.6	0	0	0
122	11	0	0	96.6	0	0	0
122	12	0	-4.4	12.4	0	0	0
122	13	-16.3	-48.9	28.2	0	0	0
122	15	0	0	5	0	0	0
122	16	0	0	9.9	0	0	0
122	17	0	0	20.3	0	0	0
122	19	0	6.2	1.9	0	0	0
122	24	0	0	20.5	0	0	0
122	49	45.7	38.6	10.1	0	0	0
122	55	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
122	56	0	0	6.5	-1.74	-2.45	0
122	57	0	0	6.3	2.2	-2.55	0
122	58	12.5	-7.2	6.3	0	0	0
122	59	0	0	6.5	1.76	-2.45	0
122	60	11.9	10.3	6	0	0	0
122	61	15.3	30.1	3.7	0	0	0
122	63	21.3	-9.9	1.5	0	0	0
122	64	19.8	9.2	2.3	0	0	0
122	65	0	37.9	49.8	0	0	0
122	66	-2.6	-0.5	-1.4	0	0	0
122	67	6.7	16.1	50.1	0	0	0
122	68	-1536.9	-89.1	27	25.82	0	0
122	70	-37.4	-74.6	48.9	0	0	0
122	71	-58.2	31.5	53.7	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
122	72	0	0	4.3	0	0	0
122	78	0	0	3.7	0	0	0
122	86	0	0	3.2	0	0	0
122	104	0	-213.5	59.4	0	0	0
122	105	0	0	2.5	0	0	0
122	106	-5.6	6.3	-4.1	0	0	0
122	107	-6.2	5.9	-3.9	0	0	0
122	108	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
122	109	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
122	110	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
122	113	7.8	-37.8	-3.9	0	0	0
122	114	7.1	-22.1	2.9	0	0	0
122	115	4.1	-27.3	5.2	0	0	0
122	116	2.8	-31	2.4	0	0	0
122	117	0	0	1	0	0	0
122	119	-0.1	-0.9	0.9	0	0	0
122	122	41.4	-28.2	7	0	0	0
122	124	0	0	18	0	0	0
122	125	0	0	20	0	0	0
122	126	0	0	4	0	0	0
122	127	0	0	3	0	0	0
122	134	0	0	2.6	0	0	0
122	136	5.9	-0.4	9.6	0	0	0
122	137	0	184.1	26	0	0	0
123	3	-42.3	3.6	24.3	0	0	0
123	4	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
123	5	0	0	52.6	0	0	0
123	6	0	0	5.5	0	0	0
123	7	0	42.3	8.3	0	0	0
123	10	0	0	53.3	0	0	0
123	11	0	0	96.1	0	0	0
123	12	0	-4.4	12.4	0	0	0
123	13	-16.3	-48.7	28.3	0	0	0
123	15	0	0	5	0	0	0
123	16	0	0	9.9	0	0	0
123	17	0	0	20.3	0	0	0
123	19	0	6.7	1.9	0	0	0
123	24	0	0	20.5	0	0	0
123	49	45.7	38.6	10.1	0	0	0
123	55	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
123	56	0	0	6.5	-1.74	-2.45	0
123	57	0	0	6.3	2.2	-2.55	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
123	58	12.5	-7.2	6.3	0	0	0
123	59	0	0	6.5	1.76	-2.45	0
123	60	11.9	10.3	6	0	0	0
123	61	15.3	30.2	3.7	0	0	0
123	63	21.3	-9.9	1.5	0	0	0
123	64	19.8	9.2	2.3	0	0	0
123	65	0	38.2	48.8	0	0	0
123	66	-2.6	-0.5	-1.4	0	0	0
123	67	6.4	16.2	49	0	0	0
123	68	-1549.5	-89.6	27	26.05	0	0
123	70	-37.5	-74.7	49.1	0	0	0
123	71	-58.1	31.5	53.8	0	0	0
123	72	0	0	4.2	0	0	0
123	78	0	0	3.7	0	0	0
123	86	0	0	3.2	0	0	0
123	104	0	-215.3	59.6	0	0	0
123	105	0	0	2.5	0	0	0
123	106	-5.6	6.3	-4.1	0	0	0
123	107	-6.2	5.9	-3.9	0	0	0
123	108	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
123	109	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
123	110	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
123	113	7.8	-38	-3.9	0	0	0
123	114	7.1	-22.4	2.9	0	0	0
123	115	4.1	-27.5	5.2	0	0	0
123	116	2.8	-31.3	2.4	0	0	0
123	117	0	0	1	0	0	0
123	119	-0.1	-0.9	0.9	0	0	0
123	122	41.4	-28.2	7	0	0	0
123	124	0	0	18	0	0	0
123	125	0	0	20	0	0	0
123	126	0	0	4	0	0	0
123	127	0	0	3	0	0	0
123	134	0	0	2.6	0	0	0
123	136	5.9	-0.4	9.6	0	0	0
123	137	0	185.7	26.2	0	0	0
124	3	-41.9	3.8	24.9	0	0	0
124	4	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
124	5	0	0	52.7	0	0	0
124	6	0	0	5.4	0	0	0
124	7	0	44.3	8.3	0	0	0
124	10	0	0	53.5	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
124	11	0	0	96.3	0	0	0
124	12	0	-4.7	12.4	0	0	0
124	13	-16.4	-48.5	28.3	0	0	0
124	15	0	0	4.8	0	0	0
124	16	0	0	9.9	0	0	0
124	17	0	0	20.3	0	0	0
124	19	0	6.6	1.9	0	0	0
124	24	0	0	20.5	0	0	0
124	49	45.7	38.6	10.1	0	0	0
124	55	0	0	6.5	-1.76	-2.46	0
124	56	0	0	6.5	-1.74	-2.45	0
124	57	0	0	6.3	2.2	-2.55	0
124	58	12.5	-7.2	6.3	0	0	0
124	59	0	0	6.5	1.76	-2.45	0
124	60	11.9	10.3	6	0	0	0
124	61	15.6	30.5	3.7	0	0	0
124	63	21.3	-9.9	1.5	0	0	0
124	64	19.8	9.2	2.3	0	0	0
124	65	0	40.1	49.9	0	0	0
124	66	-2.7	-0.6	-1.5	0	0	0
124	67	6	16.4	49.6	0	0	0
124	68	-1621.5	-92.5	27	24.57	0	0
124	70	-38.2	-74.8	49.1	0	0	0
124	71	-58.1	31.7	53.8	0	0	0
124	72	0	0	4.2	0	0	0
124	78	0	0	3.7	0	0	0
124	86	0	0	3.1	0	0	0
124	104	0	-226.5	59.5	0	0	0
124	105	0	0	2.4	0	0	0
124	106	-5.6	6.3	-4.1	0	0	0
124	107	-6.2	5.9	-3.9	0	0	0
124	108	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
124	109	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
124	110	-5.6	-6.3	-4.3	0	0	0
124	113	7.6	-39.2	-3.9	0	0	0
124	114	7	-23.9	2.9	0	0	0
124	115	4	-28.9	5.2	0	0	0
124	116	2.8	-32.7	2.4	0	0	0
124	117	0	0	0.8	0	0	0
124	119	-0.1	-0.9	0.9	0	0	0
124	122	41.5	-28.3	7	0	0	0
124	124	0	0	18	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
124	125	0	0	20	0	0	0
124	126	0	0	4	0	0	0
124	127	0	0	3	0	0	0
124	134	0	0	2.6	0	0	0
124	136	5.9	-0.4	9.6	0	0	0
124	137	0	194.5	26.4	0	0	0
125	3	-31.1	0.6	11.3	0	0	0
125	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
125	5	0	0	54	0	0	0
125	6	0	0	18.3	0	0	0
125	7	0	36.8	8.3	0	0	0
125	10	0	0	58.4	0	0	0
125	11	0	0	93.1	0	0	0
125	12	0	-3.9	12.5	0	0	0
125	13	-11.8	-400.1	27.4	0	0	0
125	15	0	0	-9.8	0	0	0
125	16	0	0	9.6	0	0	0
125	17	0	0	135.3	0	0	0
125	19	0	9.5	1.9	0	0	0
125	24	0	0	135.5	0	0	0
125	49	108.2	131.2	9.9	0	0	0
125	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
125	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
125	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
125	58	78	90.5	5.8	0	0	0
125	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
125	60	78.2	-88.1	5.6	0	0	0
125	61	84.9	125.3	3	0	0	0
125	63	16.9	-7.9	3	0	0	0
125	64	15.6	7.2	3.7	0	0	0
125	65	0	33.3	49.5	0	0	0
125	66	0.2	0.4	-31.9	0	0	0
125	67	11.8	16.2	49.2	0	0	0
125	68	-1351.2	-72.9	26.5	49.44	0	0
125	70	212.4	-56.8	50.6	0	0	0
125	71	201.3	21.5	53.5	0	0	0
125	72	0	0	4.4	0	0	0
125	78	0	0	8.4	0	0	0
125	86	0	0	3.5	0	0	0
125	104	0	-166.3	60.5	0	0	0
125	105	0	0	2.8	0	0	0
125	106	0	0	9	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
125	107	0	0	8.9	0	0	0
125	108	0	0	9.1	0	0	0
125	109	0	0	9.1	0	0	0
125	110	0	0	9.1	0	0	0
125	113	8.2	-34.8	-3.6	0	0	0
125	114	7.5	-18.3	2.8	0	0	0
125	115	4.4	-23.8	4.7	0	0	0
125	116	2.9	-27.1	1.8	0	0	0
125	117	0	0	1.5	0	0	0
125	119	0.6	-10	0.8	0	0	0
125	122	111.3	-114.4	7.2	0	0	0
125	124	0	0	18.6	0	0	0
125	125	0	0	20.5	0	0	0
125	126	0	0	-19.8	0	0	0
125	127	0	0	-20.7	0	0	0
125	134	0	0	18.9	0	0	0
125	136	4.7	-0.2	9.8	0	0	0
125	137	0	161.6	25.2	0	0	0
126	3	-30.2	0.1	11.4	0	0	0
126	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
126	5	0	0	52.3	0	0	0
126	6	0	0	16.8	0	0	0
126	7	0	41.9	8.3	0	0	0
126	10	0	0	63.8	0	0	0
126	11	0	0	98.7	0	0	0
126	12	0	-4.4	12.4	0	0	0
126	13	-18.6	-398.6	30.1	0	0	0
126	15	0	0	-15.4	0	0	0
126	16	0	0	9.7	0	0	0
126	17	0	0	135.3	0	0	0
126	19	0	7	1.9	0	0	0
126	24	0	0	135.5	0	0	0
126	49	108.2	131.1	9.8	0	0	0
126	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
126	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
126	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
126	58	78	90.5	5.8	0	0	0
126	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
126	60	78.2	-88.1	5.6	0	0	0
126	61	84.2	124.5	2.9	0	0	0
126	63	16.9	-7.9	3	0	0	0
126	64	15.6	7.2	3.7	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
126	65	0	37.9	49.8	0	0	0
126	66	-2.8	-0.7	-32.3	0	0	0
126	67	10	15.3	48.7	0	0	0
126	68	-1537.7	-88.7	27.3	28.81	0	0
126	70	206.3	-56.3	50.9	0	0	0
126	71	190.1	21.3	53.7	0	0	0
126	72	0	0	4.3	0	0	0
126	78	0	0	6.3	0	0	0
126	86	0	0	3.2	0	0	0
126	104	0	-213.4	60	0	0	0
126	105	0	0	2.5	0	0	0
126	106	0	0	9	0	0	0
126	107	0	0	8.9	0	0	0
126	108	0	0	9.1	0	0	0
126	109	0	0	9.1	0	0	0
126	110	0	0	9.1	0	0	0
126	113	7.8	-37.8	-3.7	0	0	0
126	114	7.1	-22.1	2.8	0	0	0
126	115	4.1	-27.4	4.8	0	0	0
126	116	2.8	-30.5	1.8	0	0	0
126	117	0	0	1	0	0	0
126	119	0.6	-10.5	1.1	0	0	0
126	122	111.2	-114.3	7.2	0	0	0
126	124	0	0	18.6	0	0	0
126	125	0	0	20.4	0	0	0
126	126	0	0	-19.8	0	0	0
126	127	0	0	-20.7	0	0	0
126	134	0	0	19.4	0	0	0
126	136	5.2	-0.3	9.8	0	0	0
126	137	0	184.1	26	0	0	0
127	3	-30.1	0.3	10.9	0	0	0
127	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
127	5	0	0	50.5	0	0	0
127	6	0	0	15.7	0	0	0
127	7	0	42.3	8.3	0	0	0
127	10	0	0	63.6	0	0	0
127	11	0	0	98.2	0	0	0
127	12	0	-4.4	12.4	0	0	0
127	13	-18.6	-398.4	30.2	0	0	0
127	15	0	0	-15.4	0	0	0
127	16	0	0	9.7	0	0	0
127	17	0	0	135.3	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
127	19	0	7.5	1.9	0	0	0
127	24	0	0	135.5	0	0	0
127	49	108.2	131.1	9.8	0	0	0
127	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
127	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
127	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
127	58	78	90.5	5.8	0	0	0
127	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
127	60	78.2	-88.1	5.6	0	0	0
127	61	84.2	124.5	2.9	0	0	0
127	63	16.9	-7.9	3	0	0	0
127	64	15.6	7.2	3.7	0	0	0
127	65	0	38.2	48.8	0	0	0
127	66	-2.8	-0.7	-32.3	0	0	0
127	67	9.7	15.4	47.6	0	0	0
127	68	-1550.3	-89.2	27.2	29.04	0	0
127	70	206.3	-56.3	51.1	0	0	0
127	71	190.2	21.4	53.7	0	0	0
127	72	0	0	4.2	0	0	0
127	78	0	0	6.3	0	0	0
127	86	0	0	3.2	0	0	0
127	104	0	-215.2	60.2	0	0	0
127	105	0	0	2.5	0	0	0
127	106	0	0	9	0	0	0
127	107	0	0	8.9	0	0	0
127	108	0	0	9.1	0	0	0
127	109	0	0	9.1	0	0	0
127	110	0	0	9.1	0	0	0
127	113	7.8	-38	-3.7	0	0	0
127	114	7.1	-22.4	2.8	0	0	0
127	115	4.1	-27.6	4.8	0	0	0
127	116	2.8	-30.8	1.8	0	0	0
127	117	0	0	1	0	0	0
127	119	0.6	-10.5	1.1	0	0	0
127	122	111.2	-114.3	7.2	0	0	0
127	124	0	0	18.6	0	0	0
127	125	0	0	20.4	0	0	0
127	126	0	0	-19.8	0	0	0
127	127	0	0	-20.8	0	0	0
127	134	0	0	19.4	0	0	0
127	136	5.3	-0.3	9.8	0	0	0
127	137	0	185.7	26.2	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
128	3	-29.8	0.5	11.5	0	0	0
128	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
128	5	0	0	50.6	0	0	0
128	6	0	0	15.6	0	0	0
128	7	0	44.3	8.3	0	0	0
128	10	0	0	63.7	0	0	0
128	11	0	0	98.3	0	0	0
128	12	0	-4.7	12.4	0	0	0
128	13	-18.7	-398.2	30.2	0	0	0
128	15	0	0	-15.5	0	0	0
128	16	0	0	9.6	0	0	0
128	17	0	0	135.3	0	0	0
128	19	0	7.5	1.9	0	0	0
128	24	0	0	135.5	0	0	0
128	49	108.2	131.1	9.8	0	0	0
128	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
128	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
128	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
128	58	78	90.5	5.8	0	0	0
128	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
128	60	78.2	-88.1	5.6	0	0	0
128	61	84.4	124.8	2.9	0	0	0
128	63	16.9	-7.9	3	0	0	0
128	64	15.6	7.2	3.7	0	0	0
128	65	0	40.1	49.9	0	0	0
128	66	-2.9	-0.7	-32.3	0	0	0
128	67	9.2	15.6	48.2	0	0	0
128	68	-1622.3	-92.2	27.3	27.56	0	0
128	70	205.6	-56.4	51.1	0	0	0
128	71	190.2	21.5	53.7	0	0	0
128	72	0	0	4.2	0	0	0
128	78	0	0	6.2	0	0	0
128	86	0	0	3.1	0	0	0
128	104	0	-226.4	60	0	0	0
128	105	0	0	2.4	0	0	0
128	106	0	0	9	0	0	0
128	107	0	0	8.9	0	0	0
128	108	0	0	9.1	0	0	0
128	109	0	0	9.1	0	0	0
128	110	0	0	9.1	0	0	0
128	113	7.6	-39.2	-3.6	0	0	0
128	114	7	-23.9	2.8	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
128	115	4	-29	4.8	0	0	0
128	116	2.7	-32.2	1.8	0	0	0
128	117	0	0	0.8	0	0	0
128	119	0.6	-10.6	1.1	0	0	0
128	122	111.3	-114.4	7.2	0	0	0
128	124	0	0	18.6	0	0	0
128	125	0	0	20.4	0	0	0
128	126	0	0	-19.8	0	0	0
128	127	0	0	-20.8	0	0	0
128	134	0	0	19.4	0	0	0
128	136	5.3	-0.3	9.8	0	0	0
128	137	0	194.5	26.4	0	0	0
129	3	-27.5	-0.1	5.4	0	0	0
129	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
129	5	0	0	51.6	0	0	0
129	6	0	0	19.4	0	0	0
129	7	0	36.8	8.3	0	0	0
129	10	0	0	59.9	0	0	0
129	11	0	0	96.7	0	0	0
129	12	0	-3.9	12.5	0	0	0
129	13	1.1	-486.9	33.8	0	0	0
129	15	0	0	-15.3	0	0	0
129	16	0	0	9.6	0	0	0
129	17	0	0	166.4	0	0	0
129	19	0	10	1.9	0	0	0
129	24	0	0	166.6	0	0	0
129	49	32	26.1	9.9	0	0	0
129	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
129	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
129	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
129	58	2.6	-13.3	5.7	0	0	0
129	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
129	60	2.6	15.2	5.5	0	0	0
129	61	10.7	21	2.9	0	0	0
129	63	15.7	-7.4	3.4	0	0	0
129	64	14.5	6.7	4.1	0	0	0
129	65	0	33.3	49.5	0	0	0
129	66	0.1	0.3	-40.2	0	0	0
129	67	12.7	16.3	48.7	0	0	0
129	68	-1351.5	-72.8	26.6	50.24	0	0
129	70	279.8	-52.2	51.2	0	0	0
129	71	272.5	18.8	53.8	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
129	72	0	0	4.4	0	0	0
129	78	0	0	8.9	0	0	0
129	86	0	0	3.5	0	0	0
129	104	0	-166.3	60.7	0	0	0
129	105	0	0	2.8	0	0	0
129	106	0	0	9	0	0	0
129	107	0	0	8.9	0	0	0
129	108	0	0	9.1	0	0	0
129	109	0	0	9.1	0	0	0
129	110	0	0	9.1	0	0	0
129	113	8.2	-34.8	-3.6	0	0	0
129	114	7.5	-18.3	2.8	0	0	0
129	115	4.4	-23.8	4.7	0	0	0
129	116	2.9	-27	1.7	0	0	0
129	117	0	0	1.5	0	0	0
129	119	0.8	-12.6	0.9	0	0	0
129	122	36.8	-7.9	7.2	0	0	0
129	124	0	0	18.8	0	0	0
129	125	0	0	20.6	0	0	0
129	126	0	0	-26.2	0	0	0
129	127	0	0	-27.2	0	0	0
129	134	0	0	23.4	0	0	0
129	136	73.5	-8.5	7.9	0	0	0
129	137	0	161.6	25.2	0	0	0
130	3	-26.7	-0.6	5.4	0	0	0
130	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
130	5	0	0	49.9	0	0	0
130	6	0	0	17.9	0	0	0
130	7	0	41.9	8.3	0	0	0
130	10	0	0	65.4	0	0	0
130	11	0	0	102.3	0	0	0
130	12	0	-4.4	12.4	0	0	0
130	13	-5.7	-485.4	36.5	0	0	0
130	15	0	0	-20.9	0	0	0
130	16	0	0	9.6	0	0	0
130	17	0	0	166.4	0	0	0
130	19	0	7.5	1.9	0	0	0
130	24	0	0	166.6	0	0	0
130	49	31.9	26	9.8	0	0	0
130	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
130	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
130	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
130	58	2.6	-13.3	5.7	0	0	0
130	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
130	60	2.6	15.2	5.5	0	0	0
130	61	10	20.3	2.9	0	0	0
130	63	15.7	-7.4	3.4	0	0	0
130	64	14.5	6.7	4.1	0	0	0
130	65	0	37.9	49.8	0	0	0
130	66	-2.9	-0.7	-40.6	0	0	0
130	67	10.9	15.5	48.1	0	0	0
130	68	-1538	-88.6	27.3	29.62	0	0
130	70	273.7	-51.6	51.6	0	0	0
130	71	261.2	18.7	54	0	0	0
130	72	0	0	4.3	0	0	0
130	78	0	0	6.8	0	0	0
130	86	0	0	3.2	0	0	0
130	104	0	-213.4	60.2	0	0	0
130	105	0	0	2.5	0	0	0
130	106	0	0	9	0	0	0
130	107	0	0	8.9	0	0	0
130	108	0	0	9.1	0	0	0
130	109	0	0	9.1	0	0	0
130	110	0	0	9.1	0	0	0
130	113	7.8	-37.8	-3.6	0	0	0
130	114	7.1	-22.1	2.8	0	0	0
130	115	4.1	-27.4	4.7	0	0	0
130	116	2.8	-30.4	1.7	0	0	0
130	117	0	0	1	0	0	0
130	119	0.7	-13.1	1.1	0	0	0
130	122	36.7	-7.8	7.2	0	0	0
130	124	0	0	18.8	0	0	0
130	125	0	0	20.6	0	0	0
130	126	0	0	-26.3	0	0	0
130	127	0	0	-27.2	0	0	0
130	134	0	0	23.9	0	0	0
130	136	74.1	-8.6	7.9	0	0	0
130	137	0	184.1	26	0	0	0
131	3	-26.6	-0.5	4.9	0	0	0
131	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
131	5	0	0	48.1	0	0	0
131	6	0	0	16.8	0	0	0
131	7	0	42.3	8.3	0	0	0
131	10	0	0	65.1	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
131	11	0	0	101.8	0	0	0
131	12	0	-4.4	12.4	0	0	0
131	13	-5.8	-485.2	36.6	0	0	0
131	15	0	0	-20.8	0	0	0
131	16	0	0	9.6	0	0	0
131	17	0	0	166.4	0	0	0
131	19	0	8	1.9	0	0	0
131	24	0	0	166.6	0	0	0
131	49	31.9	26	9.8	0	0	0
131	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
131	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
131	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
131	58	2.6	-13.3	5.7	0	0	0
131	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
131	60	2.6	15.2	5.5	0	0	0
131	61	10.1	20.3	2.9	0	0	0
131	63	15.7	-7.4	3.4	0	0	0
131	64	14.5	6.7	4.1	0	0	0
131	65	0	38.2	48.8	0	0	0
131	66	-2.9	-0.7	-40.6	0	0	0
131	67	10.6	15.5	47.1	0	0	0
131	68	-1550.7	-89.1	27.3	29.85	0	0
131	70	273.6	-51.6	51.7	0	0	0
131	71	261.3	18.7	54.1	0	0	0
131	72	0	0	4.2	0	0	0
131	78	0	0	6.7	0	0	0
131	86	0	0	3.2	0	0	0
131	104	0	-215.2	60.3	0	0	0
131	105	0	0	2.5	0	0	0
131	106	0	0	9	0	0	0
131	107	0	0	8.9	0	0	0
131	108	0	0	9.1	0	0	0
131	109	0	0	9.1	0	0	0
131	110	0	0	9.1	0	0	0
131	113	7.8	-38	-3.6	0	0	0
131	114	7.1	-22.4	2.8	0	0	0
131	115	4.1	-27.6	4.7	0	0	0
131	116	2.8	-30.7	1.7	0	0	0
131	117	0	0	1	0	0	0
131	119	0.7	-13.1	1.1	0	0	0
131	122	36.7	-7.8	7.2	0	0	0
131	124	0	0	18.8	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
131	125	0	0	20.6	0	0	0
131	126	0	0	-26.3	0	0	0
131	127	0	0	-27.2	0	0	0
131	134	0	0	23.9	0	0	0
131	136	74.1	-8.6	7.9	0	0	0
131	137	0	185.7	26.2	0	0	0
132	3	-26.3	-0.3	5.5	0	0	0
132	4	0	0	1.2	1.22	1.7	0
132	5	0	0	48.2	0	0	0
132	6	0	0	16.7	0	0	0
132	7	0	44.3	8.3	0	0	0
132	10	0	0	65.2	0	0	0
132	11	0	0	102	0	0	0
132	12	0	-4.7	12.4	0	0	0
132	13	-5.9	-485	36.7	0	0	0
132	15	0	0	-21	0	0	0
132	16	0	0	9.6	0	0	0
132	17	0	0	166.4	0	0	0
132	19	0	8	1.9	0	0	0
132	24	0	0	166.6	0	0	0
132	49	31.9	26	9.8	0	0	0
132	55	0	0	1.2	1.22	1.7	0
132	56	0	0	1.2	1.2	1.69	0
132	57	0	0	1.6	-1.52	1.76	0
132	58	2.6	-13.3	5.7	0	0	0
132	59	0	0	1.6	-1.21	1.69	0
132	60	2.6	15.2	5.5	0	0	0
132	61	10.3	20.6	2.9	0	0	0
132	63	15.7	-7.4	3.4	0	0	0
132	64	14.5	6.7	4.1	0	0	0
132	65	0	40.1	49.9	0	0	0
132	66	-3	-0.8	-40.6	0	0	0
132	67	10.1	15.7	47.6	0	0	0
132	68	-1622.6	-92	27.4	28.37	0	0
132	70	273	-51.7	51.7	0	0	0
132	71	261.3	18.9	54.1	0	0	0
132	72	0	0	4.2	0	0	0
132	78	0	0	6.7	0	0	0
132	86	0	0	3.1	0	0	0
132	104	0	-226.4	60.2	0	0	0
132	105	0	0	2.4	0	0	0
132	106	0	0	9	0	0	0

LC	NR	P-X	P-Y	P-Z	M-X	M-Y	M-Z
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
132	107	0	0	8.9	0	0	0
132	108	0	0	9.1	0	0	0
132	109	0	0	9.1	0	0	0
132	110	0	0	9.1	0	0	0
132	113	7.6	-39.2	-3.6	0	0	0
132	114	7	-23.9	2.8	0	0	0
132	115	4	-29	4.7	0	0	0
132	116	2.7	-32.1	1.7	0	0	0
132	117	0	0	0.8	0	0	0
132	119	0.7	-13.2	1.1	0	0	0
132	122	36.8	-7.9	7.2	0	0	0
132	124	0	0	18.8	0	0	0
132	125	0	0	20.6	0	0	0
132	126	0	0	-26.3	0	0	0
132	127	0	0	-27.2	0	0	0
132	134	0	0	23.9	0	0	0
132	136	74.1	-8.6	7.9	0	0	0
132	137	0	194.5	26.4	0	0	0

3.2.- COMPROBACIÓN ANCLAJES

Se han dispuesto anclajes químicos en los apoyos. En las siguientes figuras se verán los resúmenes de cálculo realizados mediante el programa informático "*Hilti PROFIS Anchor*", con el que se han comprobado todos los anclajes que se basa en el cumplimiento de la norma ETAG para anclajes.

En los casos en los que se dispone llave de cortante, no se han incluido en el cálculo de los pernos los cortantes, ya que éstos los recoge la chapa de cortante. El dimensionamiento de esta chapa se incluye tras la comprobación de los anclajes.

Se presenta siempre la comprobación para la peor combinación de cargas (dimensionante de anclajes) para el caso de anclajes fijos. No se han considerado apoyos deslizantes, por estar éstos sometidos exclusivamente a fuerzas verticales.

En cuanto a las combinaciones de carga a utilizar, se han utilizado las combinaciones en servicio anteriormente definidas.

El programa realiza la verificación de los diversos Estados Límites a partir de los coeficientes de minoración de resistencia de su Homologación y Norma Europea, que son adecuados en caso de que las cargas se introduzcan según la teoría de Estados Límites, al introducir las cargas en servicio se ha de tomar alguna medida adicional.

Esta medida consistirá en exigir un coeficiente de seguridad en el cálculo de los pernos de 1.5 o superior, o lo que es lo mismo, una relación de aprovechamiento de 67% o inferior.

De esta manera el margen de seguridad es adecuado, teniendo en cuenta que son los empujes descompensados debido a la presión de agua en transitorios los que provocan las cargas dimensionantes en los pernos y que esta acción según el CTE, por ejemplo, tiene un coeficiente de mayoración de 1.20.

Los coeficientes de mayoración del resto de cargas permanentes peso propio, peso de agua, carga muerta (valvulería) etc., son favorables dado que comprimen los apoyos, por lo que su mayoración (1.35 o 1.20) es favorable y por lo tanto menos condicionate que la combinación en servicio.

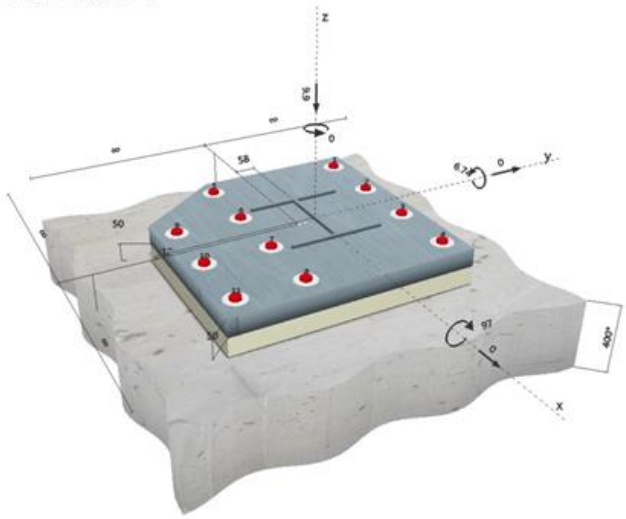
3.2.1.- DETALLES 1A Y 1B

Ambos detalles son simétricos, con las mismas dimensiones. Por ello se comprueba la chapa más solicitada.

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar.

Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 330 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación Nº.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Criterio ingenieril SOFA BOND - después de ensayos según ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; e_b = 50 mm; t = 50 mm
	Mortero multiuso, $f_{c,Grout}$ = 25.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 671 mm x 671 mm x 50 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	HD; (L x W x T x FT) = 244 mm x 260 mm x 10 mm x 10 mm
Material Base:	fisurado hormigón, C25/30, f_c = 30.00 N/mm²; h = 400 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	con refuerzo longitudinal d>= 12 + Malla cerrada (estribos, cercos) s <=
	Armado control de fisuración (splitting) de acuerdo con EOTA TR 029, 5.2.2.6.

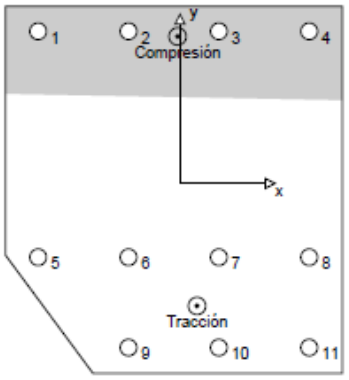
Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sísmo	Fuego	Util. Max. [%]
1	**Mx max**	**N = -9.900; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = -97.000; M_y = -6.740; M_z = 0.000**	**no**	**no**	**67**
2	Nmin	N = 1.800; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = -18.710; M_y = 3.030; M_z = 0.000	no	no	14
3	My max	N = -31.700; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = -28.500; M_y = -14.700; M_z = 0.000	no	no	18

2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño



Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000
5	20.655	0.000	0.000	0.000
6	20.440	0.000	0.000	0.000
7	20.226	0.000	0.000	0.000
8	20.012	0.000	0.000	0.000
9	31.898	0.000	0.000	0.000
10	31.683	0.000	0.000	0.000
11	31.469	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.11 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 3.18 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(34/-244): 176.383 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(-5/293): 186.283 [kN]

3 Carga a tracción (EOTA TR 029, Sección 5.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	31.898	98.252	33	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	176.383	331.723	54	OK
Rotura por cono de hormigón**	176.383	267.214	67	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
281.000	2.860	98.252	31.898

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
1598052	864000	18.00	930	465	∞

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	k	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.020	9.18	2.300	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
8	0.982	20	0.959	1.000	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
285.586	497.585	1.500	331.723	176.383

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
1757700	980100	495	990

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
8	0.983	20	0.961	1.000	1.000	7.200

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
236.409	1.500	267.214	176.383

4 Cortante (EOTA TR 029, Sección 5.2.3)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk} = 23.628 [kN] δ_N = 0.053 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] δ_V = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.053 [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk} = 23.628 [kN] δ_N = 0.122 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] δ_V = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.122 [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los anclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La verificación de la transferencia de cargas al material base debe ser verificada de acuerdo EOTA TR 029 Section 7!
- El diseño, es sólo válido si el espacio libre, en la perforación, no es mayor que el dado en la tabla 4.1. de la EOTA TR029. Para diámetros mayores, de espacio libre de perforación, ver el capítulo 1.1. de EOTA TR029.
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo

- El diseño por el método SOFA asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse rellenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación a los ELS no es ejecutada para el método SOFA; esta verificación debe ser llevada a cabo por el usuario!

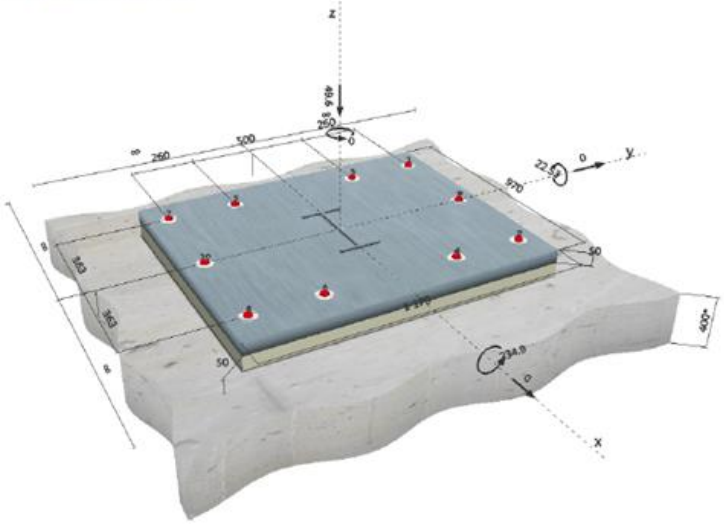
¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.2.2.- DETALLE 2

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar

Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 330 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación N°.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Criterio ingenieril SOFA BOND - después de ensayos según ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; e_b = 50 mm; t = 50 mm
	Mortero . multiuso, $f_{c,Grout}$ = 25.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 970 mm x 1170 mm x 50 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	IPE; (L x W x T x FT) = 300 mm x 150 mm x 11 mm x 11 mm
Material Base:	fisurado hormigón, C25/30, f_c = 30.00 N/mm²; h = 400 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	sin armadura de borde longitudinal
	Armado control de fisuración (splitting) de acuerdo con EOTA TR 029, 5.2.2.6.

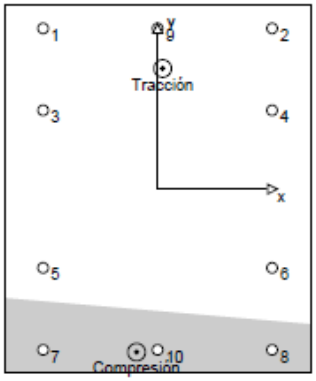
Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sísmo	Fuego	Util. Max. [%]
1	**M max**	**N = -49.600; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 234.900; M_y = -22.530; M_z = 0.000**	**no**	**no**	**67**
2	Min N	N = -13.700; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 41.090; M_y = -16.270; M_z = 0.000	no	no	12
3	Max mx	N = -60.300; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 207.700; M_y = 56.000; M_z = 0.000	no	no	61

2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño



Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	47.500	0.000	0.000	0.000
2	50.899	0.000	0.000	0.000
3	33.243	0.000	0.000	0.000
4	36.642	0.000	0.000	0.000
5	5.827	0.000	0.000	0.000
6	9.226	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	49.199	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.12 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 3.51 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(16/383): 232.536 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(-67/-517): 282.136 [kN]

3 Carga a tracción (EOTA TR 029, Sección 5.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	50.899	98.252	52	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	232.536	440.435	53	OK
Rotura por cono de hormigón**	232.536	351.374	67	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
281.000	2.860	98.252	50.899

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
2797021	864000	18.00	930	465	∞

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	k	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.020	9.18	2.300	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
16	0.967	164	0.739	1.000	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
285.586	660.652	1.500	440.435	232.536

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]			
3003000	980100	495	990			
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
16	0.969	164	0.751	1.000	1.000	7.200
$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]			
236.409	1.500	351.374	232.536			

4 Cortante (EOTA TR 029, Sección 5.2.3)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk} = 37.703 [kN] $\quad \delta_N$ = 0.085 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_V$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.085 [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk} = 37.703 [kN] $\quad \delta_N$ = 0.194 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_V$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.194 [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los anclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rigida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La verificación de la transferencia de cargas al material base debe ser verificada de acuerdo EOTA TR 029 Section 7!
- El diseño, es sólo válido si el espacio libre, en la perforación, no es mayor que el dado en la tabla 4.1. de la EOTA TR029. Para diámetros mayores, de espacio libre de perforación, ver el capítulo 1.1. de EOTA TR029.
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo

- El diseño por el método SOFA asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse rellenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación a los ELS no es ejecutada para el método SOFA; esta verificación debe ser llevada a cabo por el usuario!

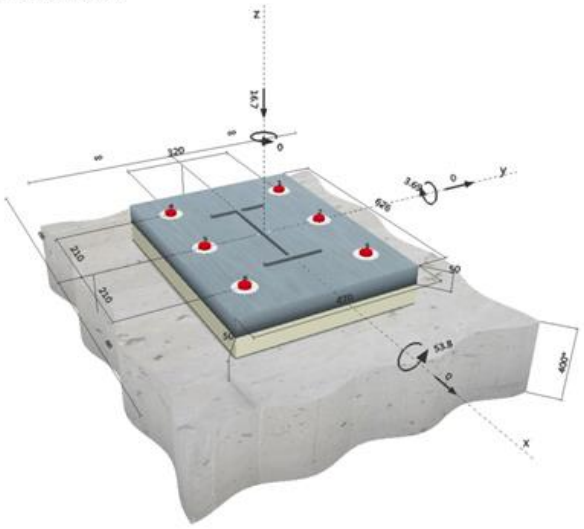
¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.2.3.- DETALLE 7

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar

Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 330 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación Nº.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Método fib (07/2011)-después de tests de ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; e_b = 50 mm; t = 50 mm
	Mortero , multiuso, $f_{c,Grout}$ = 25.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 626 mm x 470 mm x 50 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	IPE; (L x W x T x FT) = 300 mm x 150 mm x 11 mm x 11 mm
Material Base:	fisurado hormigón, C25/30, f_c = 25.00 N/mm²; h = 400 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	con refuerzo longitudinal d>= 12
	Presencia de armadura de control de fisuración por splitting según fib (07/2011), 16.1.5

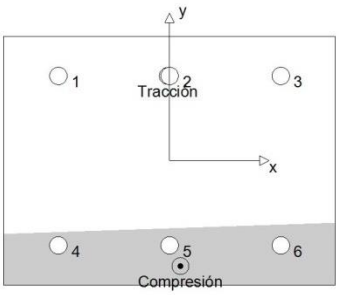
Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sísmo	Fuego	Util. Max. [%]
1	**My max**	**N = -16.700; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 53.800; M_y = 3.690; M_z = 0.000**	**no**	**no**	**65**
2	Min N	N = -4.900; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 17.820; M_y = -0.340; M_z = 0.000	no	no	22
3	Combinación 1	N = -36.700; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 42.080; M_y = 6.630; M_z = 0.000	no	no	46

2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño



Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	48.014	0.000	0.000	0.000
2	46.865	0.000	0.000	0.000
3	45.716	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.17 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 5.13 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(-3/160): 140.596 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(20/-199): 157.296 [kN]

3 Carga a tracción (fib (07/2011), sección 16.2.1)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	48.014	98.252	49	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	140.596	274.392	52	OK
Rotura por cono de hormigón**	140.596	217.632	65	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
281.000	2.860	98.252	48.014

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\psi_{A,Np}$	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
1254397	864000	1.452	18.00	930	465	∞

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	max $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.020	9.18	7.42	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
3	0.993	0	1.000	1.000	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
285.586	411.589	1.500	274.392	140.596

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
1395900	980100	1.424	495	990		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
3	0.993	0	1.000	1.000	1.000	7.700
$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]			
230.798	1.500	217.632	140.596			

4 Cortante (fib (07/2011), sección 16.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk} = 35.566 [kN] $\quad \delta_{N}$ = 0.080 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_{V}$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.080 [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk} = 35.566 [kN] $\quad \delta_{N}$ = 0.183 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_{V}$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.183 [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los aclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo

- El diseño por el método fib (07/2011) asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse llenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación de tranferencia de cargas al material base es necesaria según fib (07/2011).

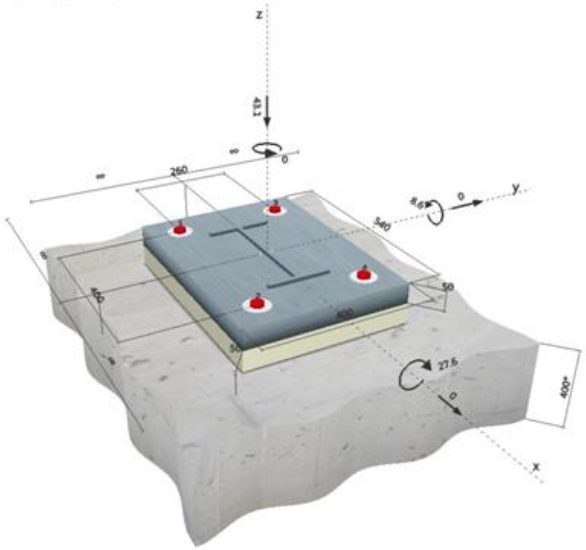
¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.2.4.- DETALLE 9

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar

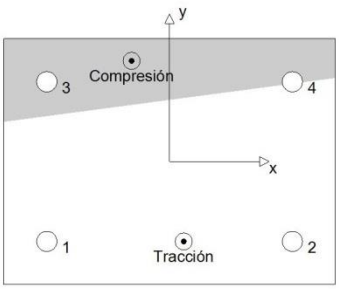
Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 330 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación Nº.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Método fib (07/2011)-después de tests de ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; e_b = 50 mm; t = 50 mm
	Mortero , multiuso, $f_{c,Grout}$ = 25.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 540 mm x 400 mm x 50 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	IPE; (L x W x T x FT) = 300 mm x 150 mm x 11 mm x 11 mm
Material Base:	fisurado hormigón, C20/25, f_c = 20.00 N/mm²; h = 400 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	sin armadura de borde longitudinal

Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño



Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	30.892	0.000	0.000	0.000
2	38.907	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.18 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 5.48 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(23/-130): 69.799 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(-62/164): 112.899 [kN]

3 Carga a tracción (fib (07/2011), sección 16.2.1)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	38.907	98.252	40	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	69.799	254.347	28	OK
Rotura por cono de hormigón**	69.799	184.659	38	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
281.000	2.860	98.252	38.907

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\psi_{A,Np}$	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
1235806	864000	1.430	18.00	930	465	∞

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	max $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.000	9.00	6.64	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
23	0.953	0	1.000	1.000	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
279.916	381.521	1.500	254.347	69.799

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
1376100	980100	1.404	495	990

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
23	0.956	0	1.000	1.000	1.000	7.700

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
206.432	1.500	184.659	69.799

4 Cortante (fib (07/2011), sección 16.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk} = 28.820 [kN] δ_N = 0.065 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] δ_V = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.065 [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk} = 28.820 [kN] δ_N = 0.148 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] δ_V = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.148 [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los aclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo

- El diseño por el método fib (07/2011) asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse llenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación de tranferencia de cargas al material base es necesaria según fib (07/2011).

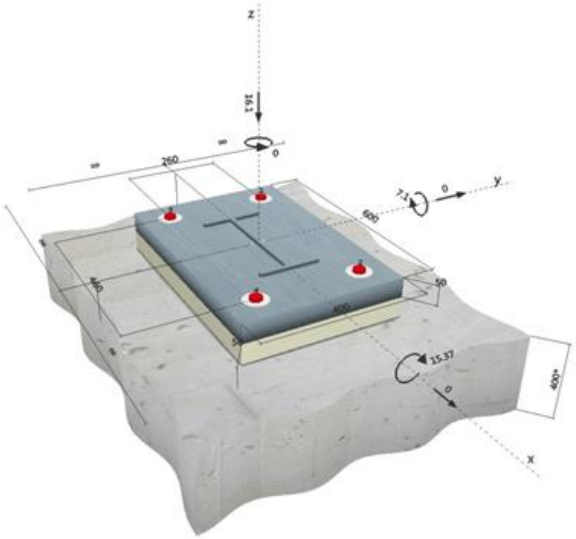
¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.2.5.- DETALLE 10

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar

Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 330 mm ($h_{ef,lim}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación Nº.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Método fib (07/2011)-después de tests de ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; e_b = 50 mm; t = 50 mm
	Mortero multiuso, $f_{c,Grout}$ = 30.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 600 mm x 400 mm x 50 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	IPE; (L x W x T x FT) = 300 mm x 150 mm x 11 mm x 11 mm
Material Base:	fisurado hormigón, C20/25, f_c = 20.00 N/mm²; h = 400 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	sin armadura de borde longitudinal

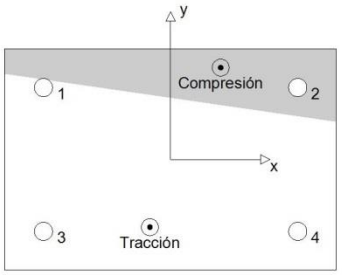
Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sísmo	Fuego	Util. Max. [%]
1	**M max**	**N = -16.100; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = -15.370; M_y = 7.100; M_z = 0.000**	**no**	**no**	**25**
2	Min N	N = -1.400; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 11.960; M_y = -5.590; M_z = 0.000	no	no	23

2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño



Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	1.297	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	24.298	0.000	0.000	0.000
4	18.419	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.10 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 3.12 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(-38/-122): 44.014 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(91/166): 60.114 [kN]

3 Carga a tracción (fib (07/2011), sección 16.2.1)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	24.298	98.252	25	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	44.014	261.046	17	OK
Rotura por cono de hormigón**	44.014	189.962	24	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
281.000	2.860	98.252	24.298

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\psi_{A,Np}$	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
1533252	864000	1.775	18.00	930	465	∞

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	max $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	$^0\psi_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.000	9.00	6.64	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
39	0.922	79	0.855	1.000	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
279.916	391.568	1.500	261.046	44.014

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
1692900	980100	1.727	495	990

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
39	0.927	79	0.862	1.000	1.000	7.700

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
206.432	1.500	189.962	44.014

4 Cortante (fib (07/2011), sección 16.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk} = 17.999 [kN] $\quad \delta_N$ = 0.041 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_V$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.041 [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk} = 17.999 [kN] $\quad \delta_N$ = 0.093 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_V$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.093 [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los aclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo

- El diseño por el método fib (07/2011) asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse llenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación de tranferencia de cargas al material base es necesaria según fib (07/2011).

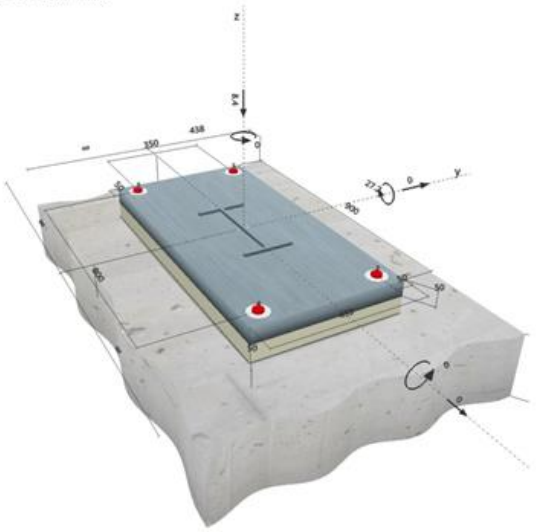
¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.2.6.- DETALLES 11 y 18

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar

Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 330 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación Nº.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Método fib (07/2011)-después de tests de ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; e_b = 50 mm; t = 50 mm
	Mortero multiuso, $f_{c,Grout}$ = 25.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 900 mm x 450 mm x 50 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	IPE; (L x W x T x FT) = 300 mm x 150 mm x 11 mm x 11 mm
Material Base:	fisurado hormigón, C25/30, f_c = 25.00 N/mm²; h = 400 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	sin armadura de borde longitudinal

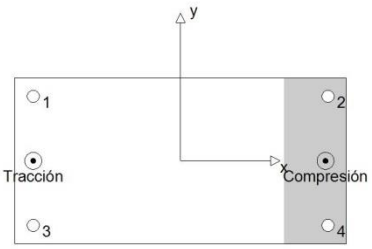
Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sísmo	Fuego	Util. Max. [%]
1	**My max, DET 11**	**N = -8.400; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 0.000; M_y = 27.200; M_z = 0.000**	**no**	**no**	**27**
2	My max, DET 17	N = -48.100; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = -15.260; M_y = -11.520; M_z = 0.000	no	no	12
3	N min DET 17	N = -14.700; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = -9.170; M_y = -10.170; M_z = 0.000	no	no	13

2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño



Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	15.061	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	15.061	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.03 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 1.01 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(-400/0): 30.121 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(393/0): 38.521 [kN]

3 Carga a tracción (fib (07/2011), sección 16.2.1)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	15.061	98.252	16	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	30.121	192.005	16	OK
Rotura por cono de hormigón**	30.121	147.992	21	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	30.121	112.945	27	OK

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
281.000	2.860	98.252	15.061

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\psi_{A,Np}$	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
1001793	864000	1.159	18.00	930	465	263

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	max $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.020	9.18	7.42	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	0.870	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
285.586	288.008	1.500	192.005	30.121

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
1096920	980100	1.119	495	990		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
0	1.000	0	1.000	0.859	1.000	7.700
$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]			
230.798	1.500	147.992	30.121			

3.4 Fallo por fisuración (Splitting)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$	
2026786	2224871	0.911	746	1492	1.000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
0	1.000	0	1.000	0.806	1.000	7.700
$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Sd} [kN]			
230.798	1.500	112.945	30.121			

4 Cortante (fib (07/2011), sección 16.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk} = 11.156 [kN] $\quad \delta_{N}$ = 0.025 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_{V}$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.025 [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk} = 11.156 [kN] $\quad \delta_{N}$ = 0.057 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_{V}$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.057 [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los aclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo
- El diseño por el método fib (07/2011) asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse llenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación de tranferencia de cargas al material base es necesaria según fib (07/2011).

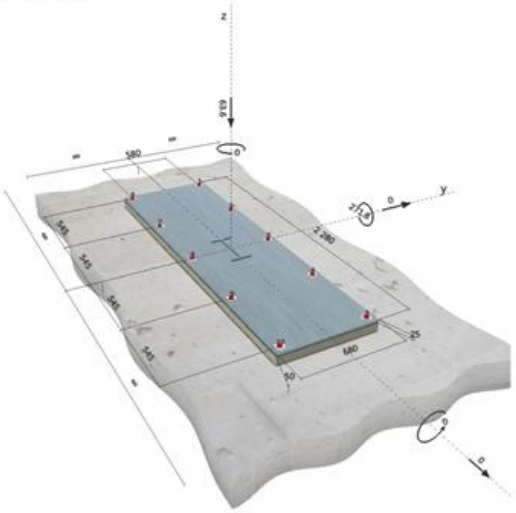
¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.2.7.- DETALLE 12

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar

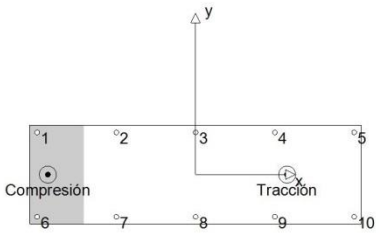
Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 350 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación Nº.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Criterio ingenieril SOFA BOND - después de ensayos según ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; e_b = 50 mm; t = 25 mm
	Mortero multiuso, $f_{c,Grout}$ = 25.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 2280 mm x 680 mm x 25 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	IPE; (L x W x T x FT) = 300 mm x 150 mm x 11 mm x 11 mm
Material Base:	no fisurado hormigón, C25/30, f_c = 30.00 N/mm²; h = 500 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	con refuerzo longitudinal d>= 12
	Armado control de fisuración (splitting) de acuerdo con EOTA TR 029, 5.2.2.6.

Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño



Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	3.381	0.000	0.000	0.000
3	11.620	0.000	0.000	0.000
4	19.858	0.000	0.000	0.000
5	28.097	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000
7	3.381	0.000	0.000	0.000
8	11.620	0.000	0.000	0.000
9	19.858	0.000	0.000	0.000
10	28.097	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.05 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 1.50 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(629/0): 125.913 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(-1016/0): 189.513 [kN]

3 Carga a tracción (EOTA TR 029, Sección 5.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	28.097	98.252	29	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	125.913	1023.887	13	OK
Rotura por cono de hormigón**	125.913	570.863	23	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	125.913	547.133	24	OK

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
281.000	2.860	98.252	28.097

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
3871178	864000	18.00	930	465	∞

ψ_c	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm²]	k	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.020	18.36	3.200	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
357	0.566	0	1.000	1.000	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
605.789	1535.830	1.500	1023.887	125.913

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
4376550	1102500	525	1050

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
357	0.596	0	1.000	1.000	1.000	10.100

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
362.230	1.500	570.863	125.913

3.4 Fallo por fisuración (Splitting)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$
6110000	2016400	710	1420	1.123

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
357	0.666	0	1.000	1.000	1.000	10.100

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
362.230	1.500	547.133	125.913

4 Cortante (EOTA TR 029, Sección 5.2.3)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk} = 20.813 [kN] $\quad \delta_{N} = 0.050$ [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_{V} = 0.000$ [mm]

$\delta_{NV} = 0.050$ [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk} = 20.813 [kN] $\quad \delta_{N} = 0.101$ [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_{V} = 0.000$ [mm]

$\delta_{NV} = 0.101$ [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los aclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La verificación de la transferencia de cargas al material base debe ser verificada de acuerdo EOTA TR 029 Section 7!
- El diseño, es sólo válido si el espacio libre, en la perforación, no es mayor que el dado en la tabla 4.1. de la EOTA TR029. Para diámetros mayores, de espacio libre de perforación, ver el capítulo 1.1. de EOTA TR029.
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo

- El diseño por el método SOFA asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse rellenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación a los ELS no es ejecutada para el método SOFA; esta verificación debe ser llevada a cabo por el usuario!

¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.2.8.- DETALLE 13

Este anclaje se realiza en hormigón de nueva ejecución, por lo que se dispondrán varillas roscadas de calidad 8.8 cuando el hormigón esté fresco.

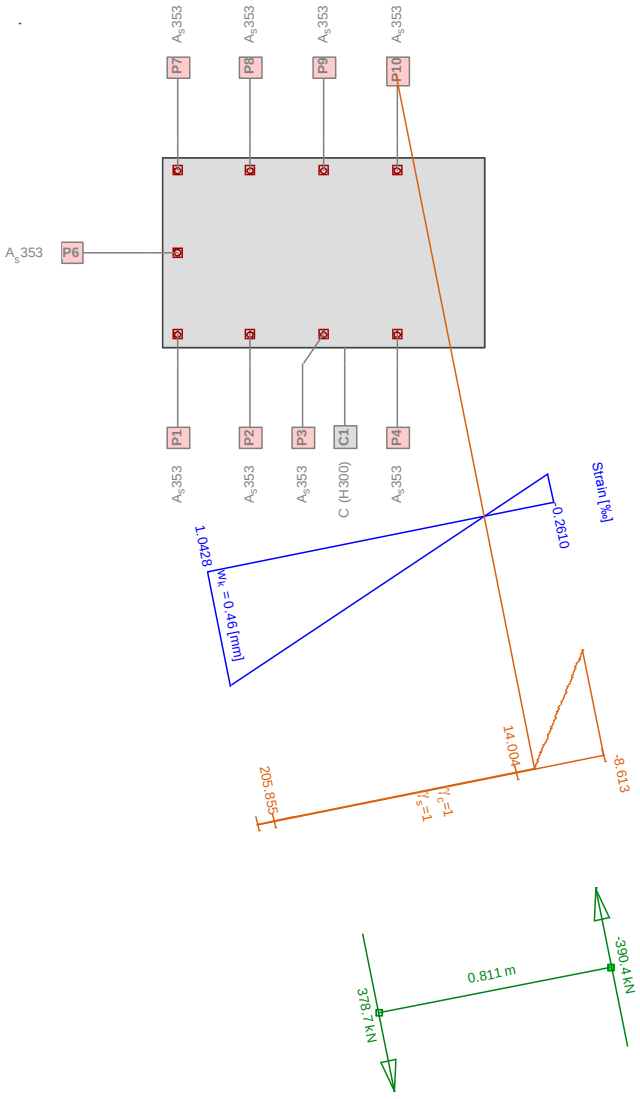
La geometría de la placa de anclaje dispuesta tiene unas dimensiones en planta de 1100x650 mm y un espesor de 50 mm.

Los esfuerzos en el centro de gravedad de la placa se extraen de las envolventes realizadas anteriormente, concretamente en el apartado 3 de este apéndice y en servicio estos valores son:

N = 7.80 kN	Vx = 74.1 kN	Vy = 74.1 kN
Mz = 0 m·kN	My = 207.5 m·kN	Mx = -25.8 m·kN

Para todos los valores se aplica un coeficiente de mayoración de 1,50.

A continuación se presenta el estado tensional bajo la placa (s:



Stress analysis Cross section (Girder): APOYO_13

Action forces

No.	AP	P	Bending and axial force N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Shear forces and torsion V_y [kN]	V_z [kN]	T [kNm]	Remarks -
1	!SLS		-11.7	38.7	311.3				

Extreme stresses and strain

Name	Class	y_q [m]	z_q [m]	ε [‰]	σ_d [N/mm²]	γ [-]
C1	H300	1.100	0.650	-0.2610	-8.613	1.00
C1	H300	-0.000	0	1.0428	0	1.00
P10	8.8	0.800	0.605	0.0667	14.004	1.00
P1	8.8	0.050	0.045	0.9803	205.855	1.00

Stresses in homogeneous cross section (linear material properties)

Name	Weight	y_q [m]	z_q [m]	σ_{elas} [N/mm²]
C1	1.00	1.100	0.650	-2.891
C1	1.00	-0.000	0	2.858

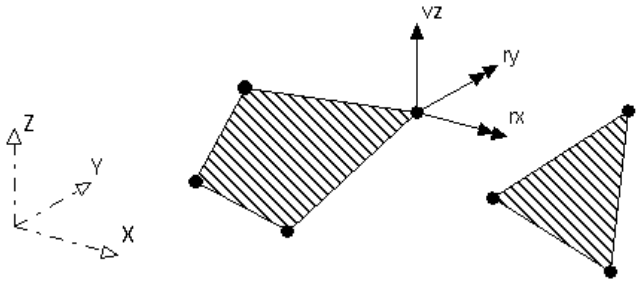
Stresses and strain during the last iterations step

Internal forces N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Strain and Curvature ε_x [‰]	χ_y [km⁻¹]	χ_z [km⁻¹]	Stiffness Values N/ε_x [kN]	M_y/χ_y [kNm²]	M_z/χ_z [kNm²]
-11.7	38.7	311.3	0.3909	0.2	1.1	29994.00	1.835E+5	2.935E+5

Para la obtención de los esfuerzos en la placa se ha ralizado un modelo de cálculo con ayuda del programa CEDRUS-7 de CUBUS-AG.

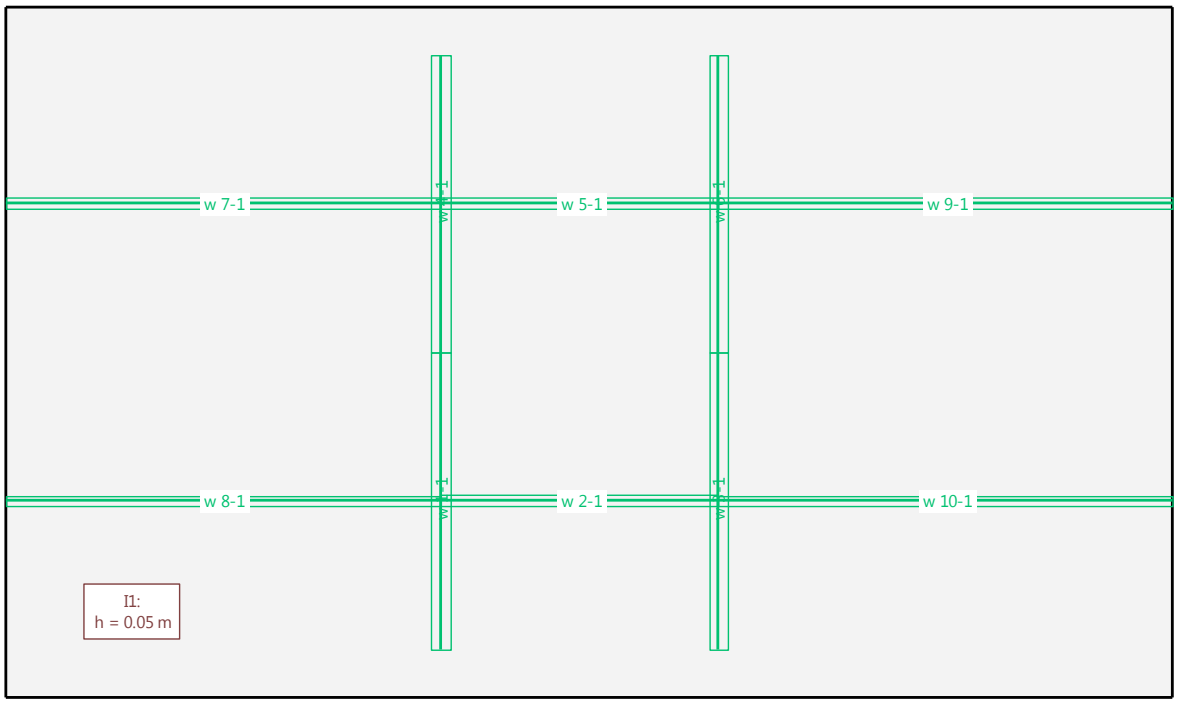
Éste es un programa de elementos finitos que permite el análisis elástico lineal, estático y dinámico, de placas (tanto en flexión como con acciones contenidas en el plano de la misma), estando concebido especialmente para losas de hormigón, ya sea armado o pretensado, pero pudiendo utilizarse también en placas metálicas.

El programa utiliza para la modelización de la estructura elementos híbridos triangulares y cuadriláteros de forma arbitraria, con tres grados de libertad de movimiento en los nodos de esquina de los mismos para el caso de placa sometida a flexión: v_z (desplazamiento perpendicular al plano del elemento), r_x y r_y (rotaciones sobre los ejes “x” e “y” contenidos en el plano del elemento).



Tipos de elementos finitos empleados y grados de libertad permitidos por CEDRUS-5

La geometría del modelo de cálculo es la siguiente:



Geometría del modelo introducido en CEDRUS-7

STRUCTURE DATA

MATERIALS Code: Spanish Code EHE

ID	Type	Member	E [kN/mm²]	ν	ρ [t/m³]	α [‰]	Class	f [N/mm²]	
C	Concrete	(general)	32.10	0.17	2.50	0.010	H250	-25.00	f_{ck}
R	Reinforcement ste	(general)	205.00	0.30	8.00	0.012	AEH500	500.00	f_{yk}
S	Construction stee	(general)	210.00	0.30	8.00	0.012	AE275	235.00	f_y

MATERIAL BOXES: Isotropic

Id	Geometry: Slab thickness [m]	Geometry: Top surface level [m]	f_E	Materials: Body	Materials: Reinforcement
I1	0.05	0	1.000	S	R

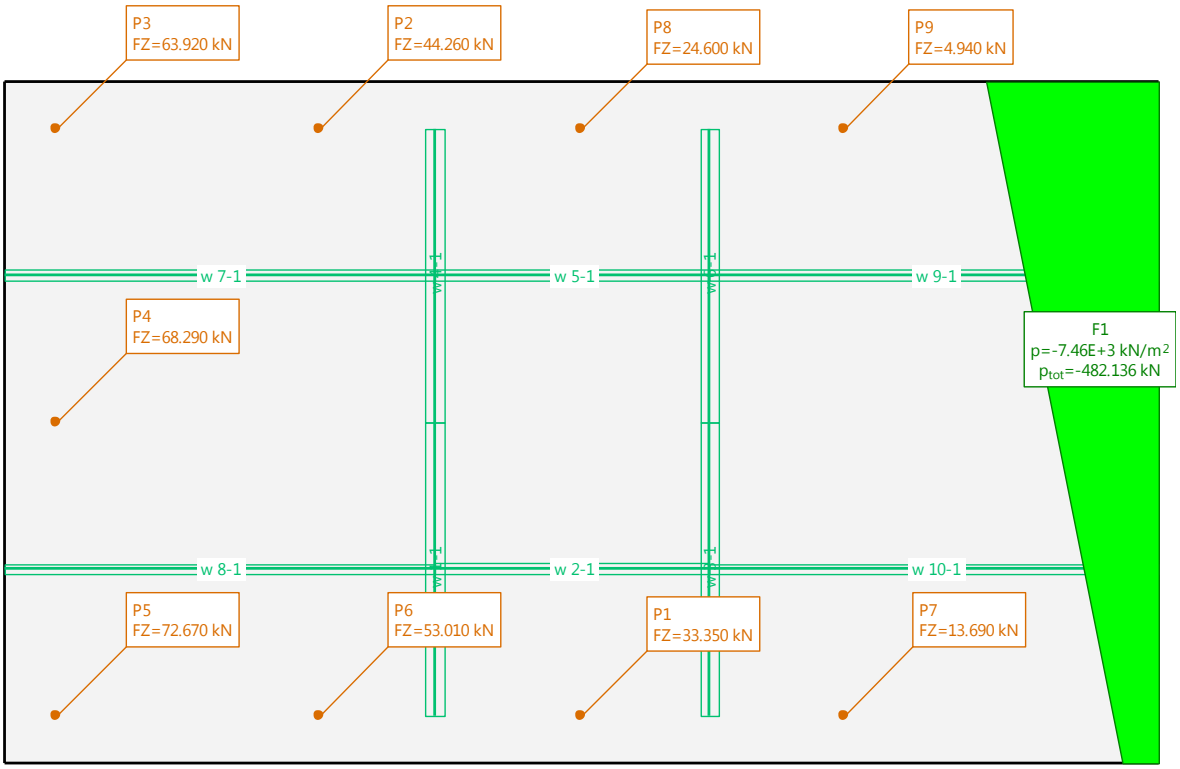
MATERIAL BOXES: Distance to edge and basic reinforcement

Id	Reinforcement cover u_{XT} [cm]	u_{YT} [cm]	u_{XB} [cm]	u_{YB} [cm]	Basic reinforcement as_{XT} [cm²/m]	as_{YT} [cm²/m]	as_{XB} [cm²/m]	as_{YB} [cm²/m]
I1	0	0	0	0	-	-	-	-

WALLS

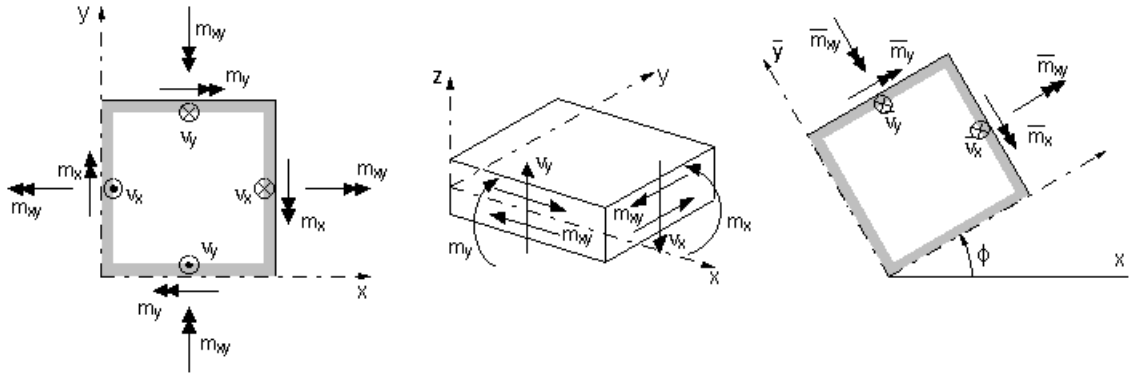
Id	Type Description	N.Lin.	sdz [kN/m²]	Support srx [kN]	sry [kN]	Geometry Width [m]	Height [m]	$f_{E\ sdz}$	Materials Body	Reinforcement
W1	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.02	3.00	1.000	C	R
W2	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.01	3.00	1.000	C	R
W3	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.02	3.00	1.000	C	R
W4	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.02	3.00	1.000	C	R
W5	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.01	3.00	1.000	C	R
W6	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.02	3.00	1.000	C	R
W7	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.01	3.00	1.000	C	R
W8	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.01	3.00	1.000	C	R
W9	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.01	3.00	1.000	C	R
W10	free rotati	No	1.0000E+10	free	free	0.01	3.00	1.000	C	R

Las cargas equivalentes introducidas en el modelo son las siguientes:



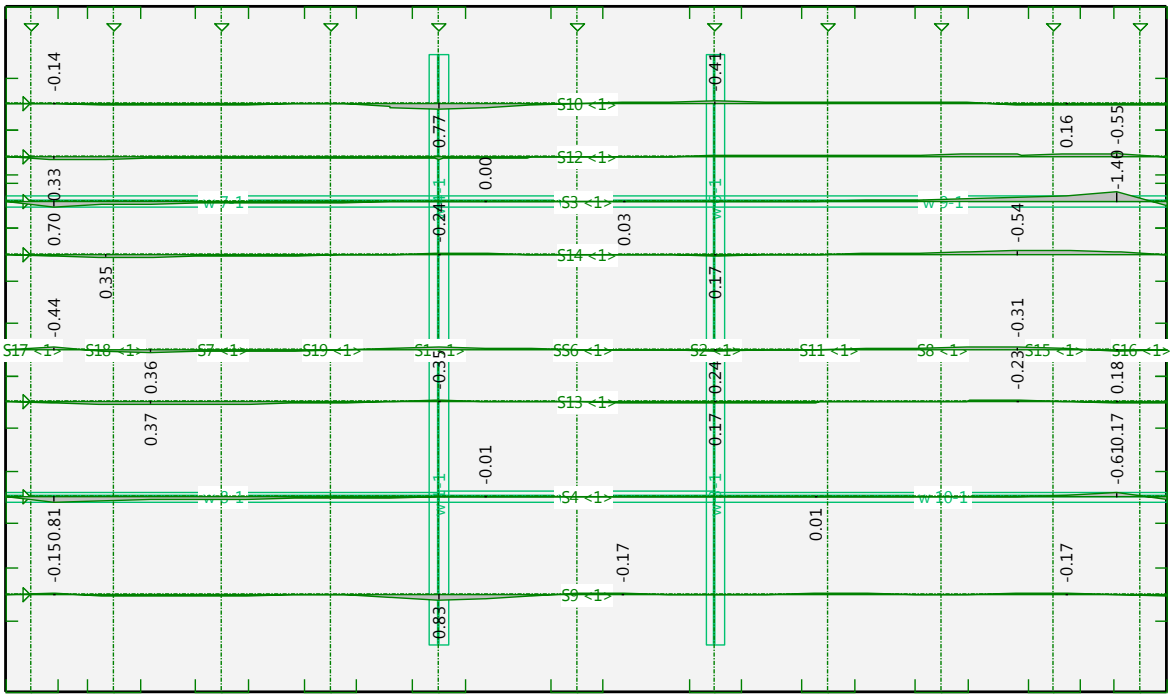
Cargas introducidas en el modelo

A continuación pueden observarse los diferentes esfuerzos unitarios que el programa integra en el ancho de cada sección, así como el criterio de signos empleado para ello:

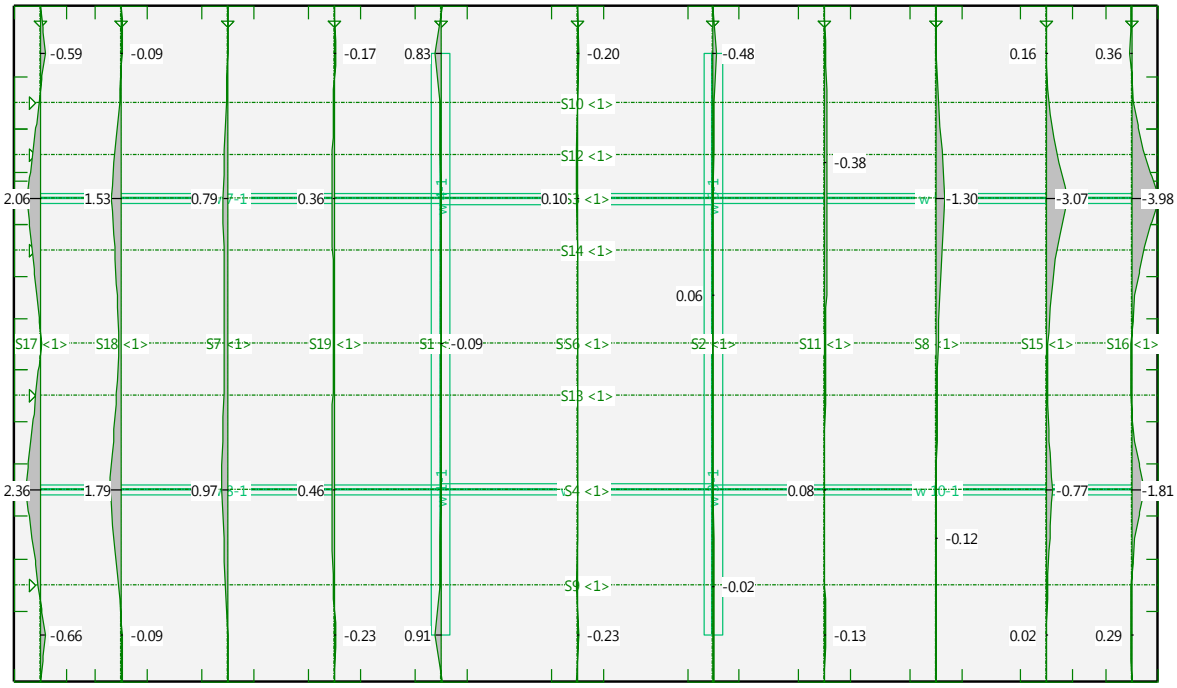


Esfuerzos y criterio de signos

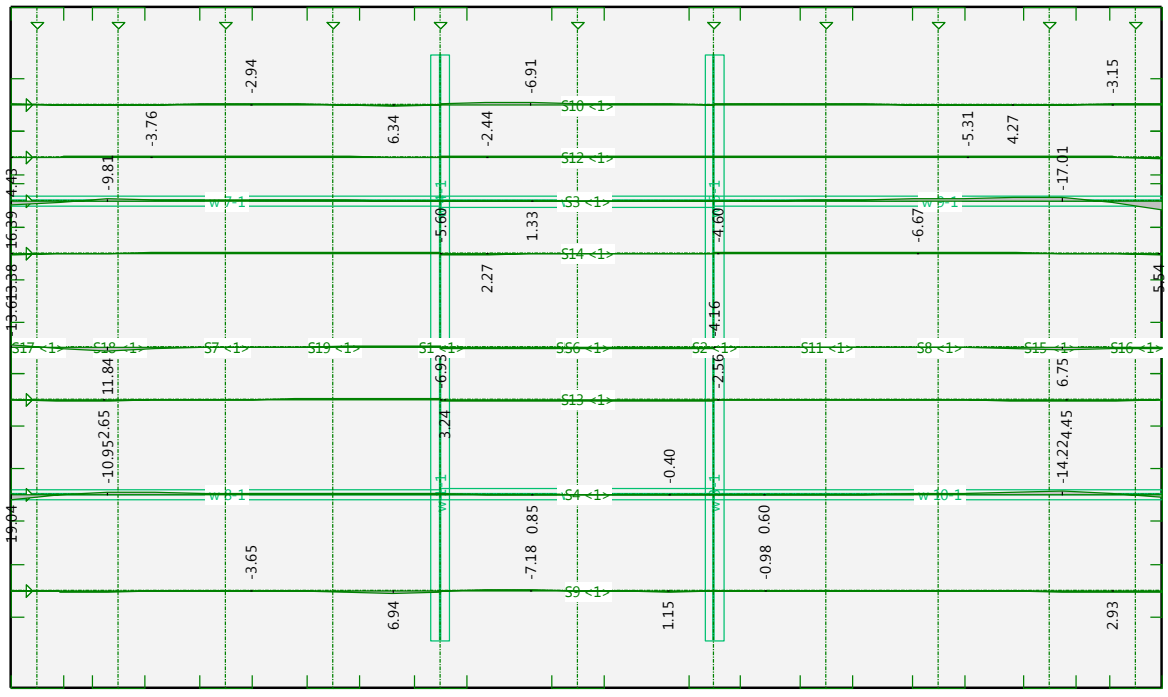
La salida gráfica de los esfuerzos, integrados en las secciones de cálculo, se presentan, para cada carga, bajo estas líneas:



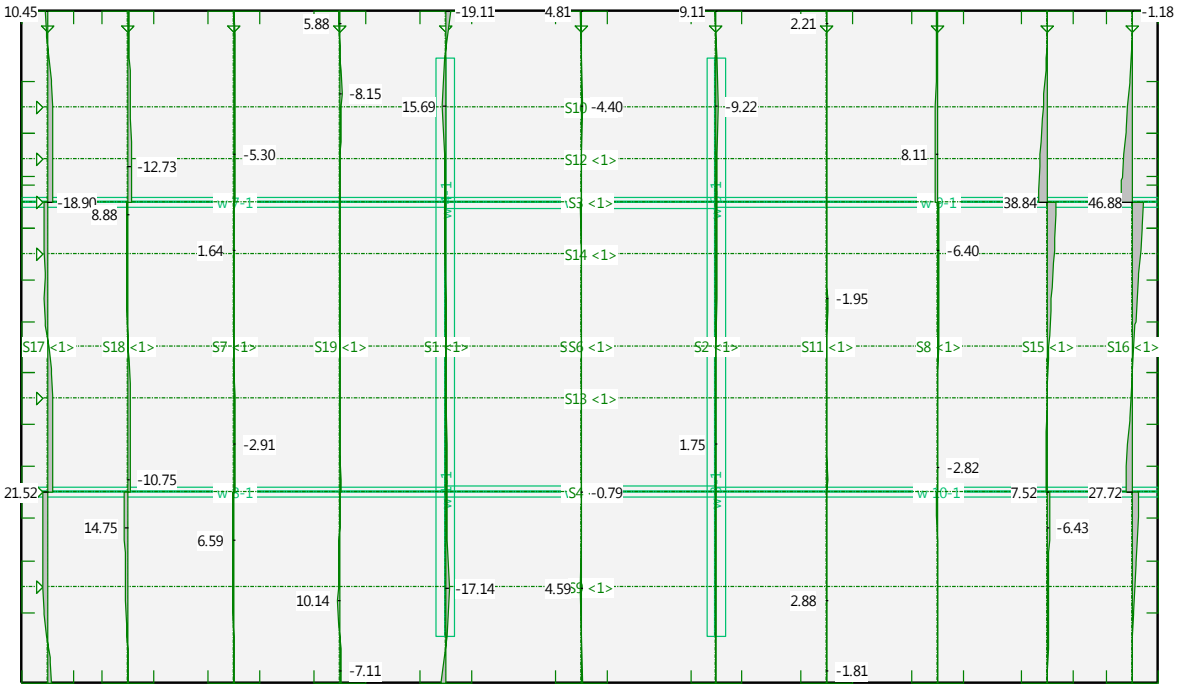
Momento flector (m·kN) en secciones paralelas a X



Momento flector (m·kN) en secciones paralelas a Y



Esfuerzo cortante (kN) en secciones paralelas a X



Esfuerzo cortante (kN) en secciones paralelas a Y

CÁLCULO DE UNIÓN A LA CIMENTACIÓN SEGÚN EAE (Artículo 65.2)

Fecha = 03/05/2016
Título = Placa Apoyo 13

Notas:
- Esta hoja aborda el cálculo de placas de anclaje rectangulares con simetría doble tanto para la placa como para el perfil soldado en ella.
- Para la comprobación de las tensiones en el hormigón y la determinación de las fuerzas de tracción que solicitan a los anclajes, se ha utilizado la analogía con el hormigón armado , es decir, se ha considerado la sección de la placa en planta como la sección de un pilar de hormigón armado con armadura exclusivamente de tracción. Esta analogía supone la adopción de la hipótesis de que la placa es lo suficientemente rígida como para mantenerse plana tras la deformación.

1. Datos previos

1.1 Barras roscadas

Calidad =	8.8
f_{yb} (MPa) =	640
f_{ub} (MPa) =	800
Métrica =	M24
d (mm) =	24
d_0 mm) =	26
A (mm²) =	452
A_s (mm²) =	353
E_s (MPa) =	210000
γ_{M2} =	1.25

1.2 Chapa placa de base

Tipo de acero =	S275
f_y (MPa) =	255
f_u (MPa) =	410
γ_{M0} =	1.00
a (mm) =	1100
b (mm) =	650
t (mm) =	50
Tipo de perfil =	Doble T
h_p (mm) =	280
b_p (mm) =	560

1.3 Cimentación

f_{ck} (MPa) =	30
γ_c =	1.50
f_{cd} (MPa) =	20.00
E_c (MPa) =	33620
H (m) =	1.34
a_r (mm) =	100
b_r (mm) =	50

1.4 Disposición de los taladros en la placa de base

n_b =	5	*(número de pernos por fila según la dimensión "b")*
n_a =	3	*(número de pernos por fila según la dimensión "a")*

		Límite inferior	Límite superior	
e_b (mm) =	50	31	150	*Cumple*
e_a (mm) =	45	31	150	*Cumple*
m_{min} (mm) =	85	48		*Cumple*

3. Comprobación del hormigón de la cimentación

3.1 Compresión en el hormigón (Art. 65.2.2 EAE)

σ_{cd}(MPa) = 6.613 *(Valor máximo)*

El mortero de nivelación tendrá:
- una resistencia característica igual o mayor que 6 MPa
- un espesor igual o menor que 220 mm

β_j =	0.667
a_1 (mm) =	1300
b_1 (mm) =	750
k_j =	1.17
f_j (MPa) =	15.6 *Cumple*

4. Comprobación de la placa de base

- Flexión de eje X			- Flexión de eje Y		
x_{ef} (mm) =	50	[ancho reparto]	y_{ef} (mm) =	50	[ancho reparto]
t (mm) =	50		t (mm) =	50	
$M_{x,d}$ (mkN) =	1.4		$M_{y,d}$ (mkN) =	4.0	
$V_{z,d}$ (kN) =	17.0		$V_{z,d}$ (kN) =	46.9	
A (mm²) =	2500	[x_{ef} t]	A (mm²) =	2500	[y_{ef} t]
I_x (mm^4) =	520833	[x_{ef} t^3 /12]	I_y (mm^4) =	520833	[y_{ef} t^3 /12]
$\sigma_{y,d}$ (MPa) =	67.2	[$M_{x,d}$ t / (2 I_x)]	$\sigma_{x,d}$ (MPa) =	191.0	[$M_{y,d}$ t / (2 I_y)]
$\tau_{yz,d}$ (MPa) =	6.8	[$V_{z,d}$ /A]	$\tau_{xz,d}$ (MPa) =	18.8	[$V_{z,d}$ /A]
$\sigma_{co,d,x-y}$ (MPa) =	171.4	[$\sqrt{(\sigma_{x,d}^2 + \sigma_{y,d}^2 - \sigma_{x,d}\,\sigma_{y,d} + 3\,\tau_{xz,d}^2 + 3\,\tau_{yz,d}^2)}$]			
f_y (MPa) =	255				
γ_{M0} =	1.00				
$\sigma_{co,Rd}$ (MPa) =	255	[f_y / γ_{M0}]	*Cumple*		

A continuación se realiza la comprobación de los pernos de anclaje y de la correcta transferencia de carga a la cimentación:

COMPROBACIÓN DE PERNOS DE ANCLAJE EN HORMIGÓN ARMADO

Fecha: 11/05/2016
Título: Termosolar Orellana. Soporte 11. Hipótesis 1

1. COMPROBACIÓN DE LOS ANCLAJES

1.1 Resumen de características geométricas y mecánicas

1.1.1 Geometría cimentación rectangular equivalente

b_{eq} (mm) = 1300 [dimensión paralela a X]
a_{eq} (mm) = 800 [dimensión paralela a Y]
h (m) = 1.34 [canto de la cimentación]

1.1.2 Características mecánicas de la cimentación

Estado hormigón: Sin fisurar [en la zona de embebido de anclajes en condiciones de servicio]
f_{ck} (MPa) = 30
Existencia de armadura de confinamiento: No existe

1.1.3 Características mecánicas de los anclajes

d (mm) = 24 [diámetro del perno]
A_s (mm²) = 353 [área resistente del perno]
f_{yk} (MPa) = 640 [límite elástico del acero del perno]
f_{uk} (MPa) = 800 [tensión de rotura del acero del perno]

Consideración flexión en anclajes: No [ETAG No 001. Anexo C. Artículo 4.2.2.3]

1.1.4 Situación de los anclajes

		Columna					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
		x (mm)	x (mm)	x (mm)	x (mm)	x (mm)	x (mm)
Fila	y (mm)	-500	-250	0	250	500	
F1	280	x	x	x	x	x	
F2	0	x				x	
F3	-280	x	x	x	x	x	
F4							
F5							
F6							

1.2 Esfuerzos en los anclajes

1.2.1 Tracción de cálculo en anclajes (procedente de programa cálculo seccional)

	Columna					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fila	F_{td} (kN)	F_{td} (kN)	F_{td} (kN)	F_{td} (kN)	F_{td} (kN)	F_{td} (kN)
F1	63.9	44.3	24.6	4.9		
F2	68.3					
F3	72.7	53.0	33.4	13.7		

1.2.2 Cortante de cálculo en anclajes

- Esfuerzos cortantes y torsor en el centro de gravedad de la placa

V_{xd} (kN) = 111.2
V_{yd} (kN) = 13.8
T_d (mkN) = 0.0

- Cortante V_x

	Columna					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fila	$F_{vd,x}$ (kN)	$F_{vd,x}$ (kN)	$F_{vd,x}$ (kN)	$F_{vd,x}$ (kN)	$F_{vd,x}$ (kN)	$F_{vd,x}$ (kN)
F1	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	
F2	9.3				9.3	
F3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	

- Cortante V_y

	Columna					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fila	$F_{vd,y}$ (kN)	$F_{vd,y}$ (kN)	$F_{vd,y}$ (kN)	$F_{vd,y}$ (kN)	$F_{vd,y}$ (kN)	$F_{vd,y}$ (kN)
F1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
F2	1.2				1.2	
F3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	

1.3 Resistencia a la rotura del acero de los anclajes (control tensional criterio Von Mises)

1.3.1 Tensión normal debida a la tracción

	Columna					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fila	σ (MPa)	σ (MPa)	σ (MPa)	σ (MPa)	σ (MPa)	σ (MPa)
F1	181.1	125.4	69.7	14.0	0.0	
F2	193.5				0.0	
F3	205.9	150.2	94.5	38.8	0.0	

1.3.2 Tensión tangencial debida al cortante

	Columna					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fila	τ (MPa)	τ (MPa)	τ (MPa)	τ (MPa)	τ (MPa)	τ (MPa)
F1	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	
F2	26.4				26.4	
F3	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	

1.3.4 Tensión de comparación

	Columna					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Fila	σ_{co} (MPa)	σ_{co} (MPa)	σ_{co} (MPa)	σ_{co} (MPa)	σ_{co} (MPa)	σ_{co} (MPa)
F1	186.8	133.5	83.4	47.9	45.8	
F2	198.8				45.8	
F3	210.9	157.0	105.0	60.0	45.8	

Se cumple la comprobación

1.4 Resistencia a la rotura del hormigón del macizo de anclaje (ACI 318 Apéndice D.5)

1.4.1 Resistencia de la unión frente a tracción (ACI 318 Apéndice D.5)

1.4.1.a Resistencia a la extracción por deslizamiento (pull-out) del anclaje más solicitado

N^h_{sd} (kN) =	72.7	
ϕ_p =	0.70	[coeficiente de reducción de resistencia en condición B - ACI 318 D.4.4 -]
$\psi_{c,p}$ =	1.40	[coeficiente de fisuración]
f_{ck} (MPa) =	30	

- Cálculo de la resistencia a la extracción sin placa de reparto

d_{tuerca} (mm) =	26.0	[diámetro de la circunferencia circunscrita a la tuerca hexagonal dispuesta]
A_{brg} (mm²) =	-13.3	[área de la tuerca]
N_p (kN) =	-3.2	[8 A_{brg} f_{ck}]
$N_{Rd,p}$ (kN) =	-3.1	[ϕ_p $\psi_{c,p}$ N_p]

No se cumple la comprobación. Es necesaria la disposición de una placa de reparto

- Cálculo de la resistencia a la extracción con placa de reparto

Existencia placa de reparto:	Existe	
Tipo acero placa:	S 275	
$d_{ext,placa}$ (mm) =	45	[diámetro exterior de la placa de reparto]
$d_{ext,tuerca}$ (mm) =	23.6	[diámetro medio exterior de la tuerca]
$t_{min,placa}$ (mm) =	8.8	[($d_{ext,placa}$ - $d_{ext,tuerca}$) √(N^h_{sd} ($d_{ext,placa}$ + $d_{ext,tuerca}$) / (π $d_{ext,tuerca}$ ($d_{ext,placa}^2$ - d^2) f_{yk}))]
t_{placa} (mm) =	10	
A_{brg} (mm²) =	1138.0	[área de la placa de reparto]
N_p (kN) =	273.1	[8 A_{brg} f_{ck}]
$N_{Rd,p}$ (kN) =	267.7	[$\phi_{c,p}$ $\psi_{c,p}$ N_p]

Se cumple la comprobación

1.4.1.b Resistencia al arrancamiento del hormigón (break-out)

- Cálculo de la resistencia del conjunto sin armadura de refuerzo

N^{g}_{sd} (kN) =	378.7	
h_{ef} (mm) =	300	[profundidad eficaz del anclaje]
h'_{ef} (mm) =	267	[profundidad eficaz de cálculo con influencia de 3 o más bordes]
A_{Nc} (cm²) =	6750	[área proyectada sobre superficie del grupo de anclajes traccionados]
A_{Nc0} (cm²) =	6400	[9 h'^{2}_{ef}]
Φ_{cb} =	0.7	[coeficiente de reducción de resistencia en condición B - ACI 318 D.4.4 -]
$e'_{N,x}$ (mm) =	155.7	[excentricidad según X de la tracción resultante respecto al cdg de anclajes traccionados]
$e'_{N,y}$ (mm) =	25.9	[excentricidad según Y de la tracción resultante respecto al cdg de anclajes traccionados]
$\psi_{ec,N}$ =	0.68	[$1 / (1 + 0.67\ e'_{N,x} / h'_{ef}) \cdot 1 / (1 + 0.67\ e'_{N,y} / h'_{ef})$]
c_{a1} (mm) =	120.0	[mínima distancia a borde]
$\psi_{ed,N}$ =	0.79	[$0.7 + 0.3\ c_{a1} / (1.5\ h'_{ef}) \leq 1.00$]
$\psi_{c,N}$ =	1.25	[coeficiente de fisuración]
$\psi_{cp,N}$ =	1.00	[anclajes "a priori"]
λ =	1.00	[hormigón no ligero]
k_c =	10	[anclajes "a priori"]
N_b (kN) =	238.5	[$k_c \lambda \sqrt{f_{ck}}\ h'^{3/2}_{ef}$; si $h'_{ef} < 280$ mm | $3.9 \lambda \sqrt{f_{ck}}\ h'^{5/3}_{ef}$; si $h'_{ef} \geq 280$ mm]
$N_{Rd,cb,g}$ (kN) =	117.6	[$\Phi_{cb} (A_{Nc} / A_{Nc0}) \psi_{ec,N} \psi_{ed,N} \psi_{c,N} \psi_{cp,N} N_b$]

No se cumple la comprobación. Es necesario reforzar

- Cálculo de la resistencia de cada anclaje traccionado considerado como aislado y sin armadura de refuerzo

Anclaje	N_{sd} (kN)	h'_{ef} (mm)	A_{Nc} (cm²)	A_{Nc0} (cm²)	Φ_{cb}	c_{a1} (mm)	$\psi_{ed,N}$	$\psi_{c,N}$	$\psi_{cp,N}$	N_b (kN)	$N_{Rd,cb}$ (kN)
F1-C1	63.9	300	3420	8100	0.70	120	0.78	1.25	1.00	287.2	82.8
F1-C2	44.3	300	4845	8100	0.70	120	0.78	1.25	1.00	287.2	117.2
F1-C3	24.6	300	5130	8100	0.70	120	0.78	1.25	1.00	287.2	124.1
F1-C4	4.9	300	4845	8100	0.70	120	0.78	1.25	1.00	287.2	117.2
F2-C1	68.3	300	4800	8100	0.70	150	0.80	1.25	1.00	287.2	119.1
F3-C1	72.7	300	3420	8100	0.70	120	0.78	1.25	1.00	287.2	82.8
F3-C2	53.0	300	4845	8100	0.70	120	0.78	1.25	1.00	287.2	117.2
F3-C3	33.4	300	5130	8100	0.70	120	0.78	1.25	1.00	287.2	124.1
F3-C4	13.7	300	4845	8100	0.70	120	0.78	1.25	1.00	287.2	117.2

Se cumple la comprobación

- Cálculo de la resistencia con armadura de refuerzo

<u>Nota</u> : Cuando se confía la resistencia al arrancamiento a la armadura de refuerzo, ACI-318 no permite contar con la contribución del hormigón a dicha resistencia.

Existencia armad. refuerzo:	Existe	
N^{h}_{sd} (kN) =	72.7	
Nº barras de refuerzo por perno (n_b):	2	[eje del redondo a menos de 150 mm del eje del perno]
Diámetro refuerzo (mm) =	16	

1.4.1.c Resistencia al desprendimiento lateral (side-face blowout) en borde superior

c_{a1} (mm) =	120	[distancia de la fila superior de anclajes traccionados al borde superior]
$h_{ef,min}$ (mm) =	300	[2.5 c_{a1}]

Embebido superficial. El desprendimiento lateral no es crítico

1.4.1.d Resistencia al desprendimiento lateral (side-face blowout) en borde inferior

c_{a1} (mm) =	120	[distancia de la fila superior de anclajes traccionados al borde inferior]
$h_{ef,min}$ (mm) =	300	[2.5 c_{a1}]

Embebido superficial. El desprendimiento lateral no es crítico

1.4.1.e Resistencia al desprendimiento lateral (side-face blowout) en borde izquierdo

c_{a1} (mm) =	150	[distancia de la columna izquierda de anclajes traccionados al borde izquierdo]
$h_{ef,min}$ (mm) =	375	[2.5 c_{a1}]

Embebido superficial. El desprendimiento lateral no es crítico

1.4.1.f Resistencia al desprendimiento lateral (side-face blowout) en borde derecho

c_{a1} (mm) =	400	[distancia de la columna derecha de anclajes traccionados al borde derecho]
$h_{ef,min}$ (mm) =	1000	[2.5 c_{a1}]

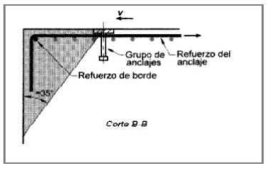
Embebido superficial. El desprendimiento lateral no es crítico

1.4.2 Resistencia de la unión frente a cortante (ACI 318 Apéndice D.6)

1.4.2.a Resistencia al arrancamiento del hormigón (break out) en bordes paralelos a eje Y

- Cálculo de la resistencia del conjunto en borde derecho

$V^{g}_{x,sd}$ (kN) =	27.8	[cortante, con dirección X y sentido hacia el borde derecho, resultante en columna derecha]
c_{a1} (mm) =	150	[distancia al borde derecho de la columna derecha]
c'_{a1} (mm) =	150.0	[distancia al borde derecho eficaz de cálculo con influencia de 3 o más bordes]
A_{Vc} (cm²) =	1800	[área proyectada sobre borde derecho del grupo de anclajes solicitados]
A_{Vc0} (cm²) =	1013	[4.5 c'^{2}_{a1}]
Φ_{cb} =	0.7	[coeficiente de reducción de resistencia en condición B - ACI 318 D.4.4 -]
$e'_{V,x}$ (mm) =	0.0	[excentricidad de $V_{x,sd}$ con respecto al centro de gravedad de anclajes solicitados]
$\psi_{ec,V}$ =	1.00	[1 / (1 + 0.67 $e'_{V,x}$ / c'_{a1})]
c_{a2} (mm) =	120.0	[mínima distancia a borde paralelo al eje Y]
$\psi_{ed,V}$ =	0.86	[0.7 + 0.3 c_{a2} / (1.5 c'_{a1}) ≤ 1.00]
$\Phi_{refuerzo\ borde}$ (mm) =	Nulo	[diámetro refuerzo de borde -ver definición en figura -]
$\psi_{c,V}$ =	1.40	[coeficiente de fisuración]
$\psi_{h,V}$ =	1.00	[√(1.5 c'_{a1} / h) ≥ 1.00]
λ =	1.00	[hormigón no ligero]
l_e (mm) =	300	[h_{ef}]
V_b (kN) =	49.0	[0.6 $\{l_e/d\}^{0.2}$ √d λ √f_{ck} $\{c'_{a1}\}^{3/2}$]
$V_{x,Rd,cb,g}$ (kN) =	73.4	[Φ_{cb} (A_{Vc} / A_{Vc0}) $\psi_{ec,V}$ $\psi_{ed,V}$ $\psi_{c,V}$ $\psi_{h,V}$ V_b]



Se cumple la comprobación

- Cálculo de la resistencia de cada anclaje considerado como aislado

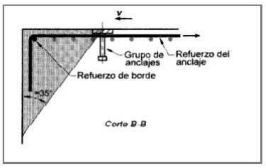
Anclaje	$V_{x,sd}$ (kN)	c'_{a1} (mm)	A_{Vc} (cm²)	A_{Vc0} (cm²)	ϕ_{cb}	c_{a2} (mm)	$\psi_{ed,V}$	$\psi_{c,V}$	$\psi_{h,V}$	V_b (kN)	$V_{x,Rd,cb}$ (kN)
F1-C1	9.3	1150.0	10720	59513	0.70	120.0	0.72	1.40	1.13	1040.5	150.2
F1-C2	9.3	900.0	10720	36450	0.70	120.0	0.73	1.40	1.00	720.4	151.4
F1-C3	9.3	650.0	7800	19013	0.70	120.0	0.74	1.40	1.00	442.1	131.0
F1-C4	9.3	400.0	4320	7200	0.70	120.0	0.76	1.40	1.00	213.4	95.4
F1-C5	9.3	150.0	776	1013	0.70	120.0	0.86	1.40	1.00	49.0	31.7
F2-C1	9.3	893.3	10720	35912	0.70	400.0	0.79	1.40	1.00	712.4	164.5
F2-C5	9.3	150.0	1013	1013	0.70	400.0	1.00	1.40	1.00	49.0	48.0
F3-C1	9.3	1150.0	10720	59513	0.70	120.0	0.72	1.40	1.13	1040.5	150.2
F3-C2	9.3	900.0	10720	36450	0.70	120.0	0.73	1.40	1.00	720.4	151.4
F3-C3	9.3	650.0	7800	19013	0.70	120.0	0.74	1.40	1.00	442.1	131.0
F3-C4	9.3	400.0	4320	7200	0.70	120.0	0.76	1.40	1.00	213.4	95.4
F3-C5	9.3	150.0	776	1013	0.70	120.0	0.86	1.40	1.00	49.0	31.7

Se cumple la comprobación

1.4.2.b Resistencia al arrancamiento del hormigón (break out) en bordes paralelos a eje X

- Cálculo de la resistencia del conjunto en borde superior

$V^{g}_{y,sd}$ (kN) =	5.8	[cortante, con dirección Y y sentido hacia el borde superior, resultante en fila superior]
c_{a1} (mm) =	120	[distancia al borde superior de la columna superior]
c'_{a1} (mm) =	120.0	[distancia al borde superior eficaz de cálculo con influencia de 3 o más bordes]
A_{Vc} (cm²) =	2340	[área proyectada sobre borde superior del grupo de anclajes solicitados]
A_{Vc0} (cm²) =	648	[4.5 c'^{2}_{a1}]
ϕ_{cb} =	0.7	[coeficiente de reducción de resistencia en condición B - ACI 318 D.4.4 -]
$e'_{V,y}$ (mm) =	0.0	[excentricidad de $V_{y,sd}$ con respecto al centro de gravedad de anclajes solicitados]
$\psi_{ec,V}$ =	1.00	[1 / (1 + 0.67 $e'_{V,y}$ / c'_{a1})]
c_{a2} (mm) =	150.0	[mínima distancia a borde paralelo al eje X]
$\psi_{ed,V}$ =	0.95	[0.7 + 0.3 c_{a2} / (1.5 c'_{a1}) ≤ 1.00]
$\phi_{refuerzo\ borde}$ (mm) =	Nulo	[diámetro refuerzo de borde -ver definición en figura -]
$\psi_{c,V}$ =	1.40	[coeficiente de fisuración]
$\psi_{h,V}$ =	1.00	[√(1.5 c'_{a1} / h) ≥ 1.00]
λ =	1.00	[hormigón no ligero]
l_e (mm) =	300	[h_{ef}]
V_b (kN) =	35.1	[0.6 $(l_e/d)^{0.2}$ √d λ √f_{ck} $(c'_{a1})^{3/2}$]
$V_{y,Rd,cb,g}$ (kN) =	117.9	[ϕ_{cb} (A_{Vc} / A_{Vc0}) $\psi_{ec,V}$ $\psi_{ed,V}$ $\psi_{c,V}$ $\psi_{h,V}$ V_b]



Se cumple la comprobación

- Cálculo de la resistencia de cada anclaje considerado como aislado

Anclaje	$V_{y,sd}$ (kN)	c'_{a1} (mm)	A_{Vc} (cm²)	A_{Vc0} (cm²)	ϕ_{cb}	c_{a2} (mm)	$\psi_{ed,V}$	$\psi_{c,V}$	$\psi_{h,V}$	V_b (kN)	$V_{y,Rd,cb}$ (kN)
F1-C1	1.2	120.0	594	648	0.70	150.0	0.95	1.40	1.00	35.1	29.9
F1-C2	1.2	120.0	648	648	0.70	400.0	1.00	1.40	1.00	35.1	34.4
F1-C3	1.2	120.0	648	648	0.70	650.0	1.00	1.40	1.00	35.1	34.4
F1-C4	1.2	120.0	648	648	0.70	400.0	1.00	1.40	1.00	35.1	34.4
F1-C5	1.2	120.0	594	648	0.70	150.0	0.95	1.40	1.00	35.1	29.9
F2-C1	1.2	400.0	4500	7200	0.70	150.0	0.78	1.40	1.00	213.4	101.3
F2-C5	1.2	400.0	4500	7200	0.70	150.0	0.78	1.40	1.00	213.4	101.3
F3-C1	1.2	680.0	11934	20808	0.70	150.0	0.74	1.40	1.00	473.1	197.9
F3-C2	1.2	680.0	13260	20808	0.70	400.0	0.82	1.40	1.00	473.1	241.6
F3-C3	1.2	680.0	13260	20808	0.70	650.0	0.89	1.40	1.00	473.1	263.3
F3-C4	1.2	680.0	13260	20808	0.70	400.0	0.82	1.40	1.00	473.1	241.6
F3-C5	1.2	680.0	11934	20808	0.70	150.0	0.74	1.40	1.00	473.1	197.9

Se cumple la comprobación

1.4.2.c Resistencia al cabeceo (pry-out) de los anclajes solicitados a cortante

- Cálculo de la resistencia del conjunto

V^g_{sd} (kN) =	112.0	[cortante resultante]
h_{ef} (mm) =	300	[profundidad eficaz del anclaje]
h'_{ef} (mm) =	300	[profundidad eficaz de cálculo con influencia de 3 o más bordes]
A_{Nc} (cm²) =	6750	[área proyectada sobre superficie del grupo de anclajes]
A_{Nc0} (cm²) =	8100	[9 h'^2_{ef}]
$e'_{N,x}$ (mm) =	0.0	[excentricidad según X]
$e'_{N,y}$ (mm) =	0.0	[excentricidad según Y]
$\psi_{ec,N}$ =	1.00	[1 / (1 + 0.67 $e'_{N,x}$ / h'_{ef}) · 1 / (1+ 0.67 $e'_{N,y}$ / h'_{ef})]
c_{a1} (mm) =	120.0	[mínima distancia a borde]
$\psi_{ed,N}$ =	0.78	[0.7 + 0.3 c_{a1} / (1.5 h'_{ef}) ≤ 1.00]
$\psi_{c,N}$ =	1.25	[coeficiente de fisuración]
$\psi_{cp,N}$ =	1.00	[anclajes "a priori"]
λ =	1.00	[hormigón no ligero]
k_c =	10	[anclajes "a priori"]
N_b (kN) =	287.2	[k_c λ √f_{ck} $h'^{3/2}_{ef}$; si h'_{ef} < 280 mm | 3.9 λ √f_{ck} $h'^{5/3}_{ef}$; si h'_{ef} ≥ 280 mm]
$N_{cb,g}$ (kN) =	233.3	[(A_{Nc} / A_{Nc0}) $\psi_{ec,N}$ $\psi_{ed,N}$ $\psi_{c,N}$ $\psi_{cp,N}$ N_b]
Φ_{cp} =	0.70	[coeficiente de reducción de resistencia en condición B - ACI 318 D.4.4 -]
k_{cp} =	2.0	[1.0 si h_{ef} < 65 mm; 2.0 si h_{ef} ≥ 65 mm]
$V_{Rd,cp,g}$ (kN) =	326.7	[Φ_{cp} k_{cp} $N_{cb,g}$]

Se cumple la comprobación

- Cálculo de la resistencia de cada anclaje considerado como aislado

Anclaje	V_{sd} (kN)	h'_{ef} (mm)	A_{Nc} (cm²)	A_{Nc0} (cm²)	c_{a1} (mm)	$\psi_{ed,N}$	$\psi_{c,N}$	N_b (kN)	N_{cb} (kN)	k_{cp}	$V_{Rd,cp}$ (kN)
F1-C1	9.3	300	3420	8100	120	0.78	1.25	287.2	118.2	2.0	165.5
F1-C2	9.3	300	4845	8100	120	0.78	1.25	287.2	167.5	2.0	234.5
F1-C3	9.3	300	5130	8100	120	0.78	1.25	287.2	177.3	2.0	248.3
F1-C4	9.3	300	4845	8100	120	0.78	1.25	287.2	167.5	2.0	234.5
F1-C5	9.3	300	3420	8100	120	0.78	1.25	287.2	118.2	2.0	165.5
F2-C1	9.3	300	4800	8100	150	0.80	1.25	287.2	170.2	2.0	238.3
F2-C5	9.3	300	4800	8100	150	0.80	1.25	287.2	170.2	2.0	238.3
F3-C1	9.3	300	3420	8100	120	0.78	1.25	287.2	118.2	2.0	165.5
F3-C2	9.3	300	4845	8100	120	0.78	1.25	287.2	167.5	2.0	234.5
F3-C3	9.3	300	5130	8100	120	0.78	1.25	287.2	177.3	2.0	248.3
F3-C4	9.3	300	4845	8100	120	0.78	1.25	287.2	167.5	2.0	234.5
F3-C5	9.3	300	3420	8100	120	0.78	1.25	287.2	118.2	2.0	165.5

Se cumple la comprobación

1.4.3 Resistencia de la unión frente a la interacción de tracción y cortante (ACI 318 Apéndice D.7)

- Capacidad resistente movilizada frente a tracción

$\eta_{N,p}$ =	0.27	$[N^{h}_{sd} / N_{Rd,p}]$
$\eta_{N,cb}$ =	0.48	$[máx\ (N_{sd,i} / N_{Rd,cb,i})]$
$\eta_{N,cb,g}$ =	0.28	$[N^{g}_{sd} / N_{Rd,cb,g}]$
$\eta_{N,sb}$ =	0.00	$[max\ (N^{h}_{sd,i} / N_{Rd,sb,i})]$
$\eta_{N,sb,g}$ =	0.00	$[max\ (N^{g}_{sd} / N_{Rd,sb,g})]$
η_{N} =	0.48	$[máx\ (\eta_{N,p}\ ;\ \eta_{N,cb}\ ;\ \eta_{N,cb,g}\ ;\ \eta_{N,sb}\ ;\ \eta_{N,sb,g})]$

- Capacidad resistente movilizada frente a cortante

$\eta_{V,x,cb}$ =	0.29	$[máx\ (V_{x,sd,i} / V_{x,Rd,cb,i})]$
$\eta_{V,x,cb,g}$ =	0.38	$[V^{g}_{x,sd} / V_{x,Rd,cb,g}]$
$\eta_{V,y,cb}$ =	0.04	$[máx\ (V_{y,sd,i} / V_{y,Rd,cb,i})]$
$\eta_{V,y,cb,g}$ =	0.05	$[V^{g}_{y,sd} / V_{y,Rd,cb,g}]$
$\eta_{V,cp}$ =	0.06	$[máx\ (V_{sd,i} / V_{Rd,cp,i})]$
$\eta_{V,cp,g}$ =	0.34	$[V^{g}_{sd} / V_{Rd,cp,g}]$
η_{V} =	0.38	$[máx\ (\eta_{V,x,cb}\ ;\ \eta_{V,x,cb,g}\ ;\ \eta_{V,y,cb}\ ;\ \eta_{V,y,cb,g}\ ;\ \eta_{V,cp}\ ;\ \eta_{V,cp,g})]$

- Capacidad resistente movilizada global

$\eta_{N} + \eta_{V}$ = 0.86

Se cumple la comprobación

1.4.4 Resistencia de la unión frente a la fisuración radial o splitting (ACI 318 Apéndice D.8)

Nota : Según ACI 318, apéndice D.8.1, la fisuración radial en anclajes "a priori" queda garantizada respetando los recubrimientos definidos para armaduras pasivas y garantizando una separación mínima entre anclajes igual a 4 veces el diámetro de los pernos

s_{min} (mm) = 250

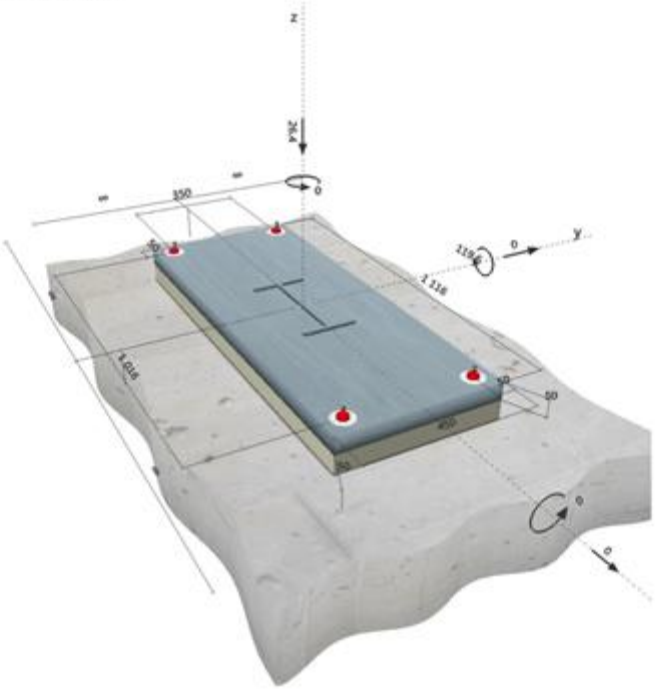
Se cumple la comprobación

3.2.9.- DETALLES 16 y 17

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar

Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 330 mm ($h_{ef,lim}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación Nº.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Método fib (07/2011)-después de tests de ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restricción (placa de anclaje): 2.00; e_b = 50 mm; t = 50 mm
	Mortero , multiuso, $f_{c,0mut}$ = 25.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 1116 mm x 450 mm x 50 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	IPE; (L x W x T x FT) = 300 mm x 150 mm x 11 mm x 11 mm
Material Base:	fisurado hormigón, C25/30, f_c = 25.00 N/mm²; h = 400 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	sin armadura de borde longitudinal

Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sísmo	Fuego	Util. Max. [%]
1	**My max, DET 16**	**N = -26.400; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = 0.000; M_y = 119.600; M_z = 0.000**	**no**	**no**	**55**
2	My max, DET 17	N = -51.800; V_x = 0.000; V_y = 0.000; M_x = -15.260; M_y = 54.700; M_z = 0.000	no	no	24

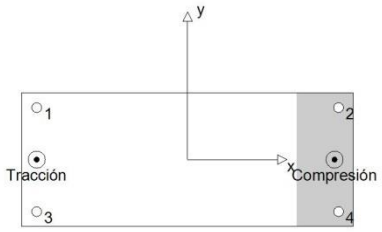
2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño

Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	53.142	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	53.142	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.10 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 3.09 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(-508/0): 106.283 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(494/0): 132.683 [kN]



3 Carga a tracción (fib (07/2011), sección 16.2.1)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	53.142	98.252	55	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	106.283	262.081	41	OK
Rotura por cono de hormigón**	106.283	208.262	52	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
281.000	2.860	98.252	53.142

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\psi_{A,Np}$	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
1189331	864000	1.377	18.00	930	465	∞

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	max $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.020	9.18	7.42	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
285.586	393.121	1.500	262.081	106.283

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
1326600	980100	1.354	495	990

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000	7.700

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
230.798	1.500	208.262	106.283

4 Cortante (fib (07/2011), sección 16.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por desconchamiento*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk} = 39.364 [kN] $\quad \delta_N$ = 0.089 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_V$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.089 [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk} = 39.364 [kN] $\quad \delta_N$ = 0.203 [mm]

V_{Sk} = 0.000 [kN] $\quad \delta_V$ = 0.000 [mm]

δ_{NV} = 0.203 [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los aclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo

- El diseño por el método fib (07/2011) asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse llenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación de tranferencia de cargas al material base es necesaria según fib (07/2011).

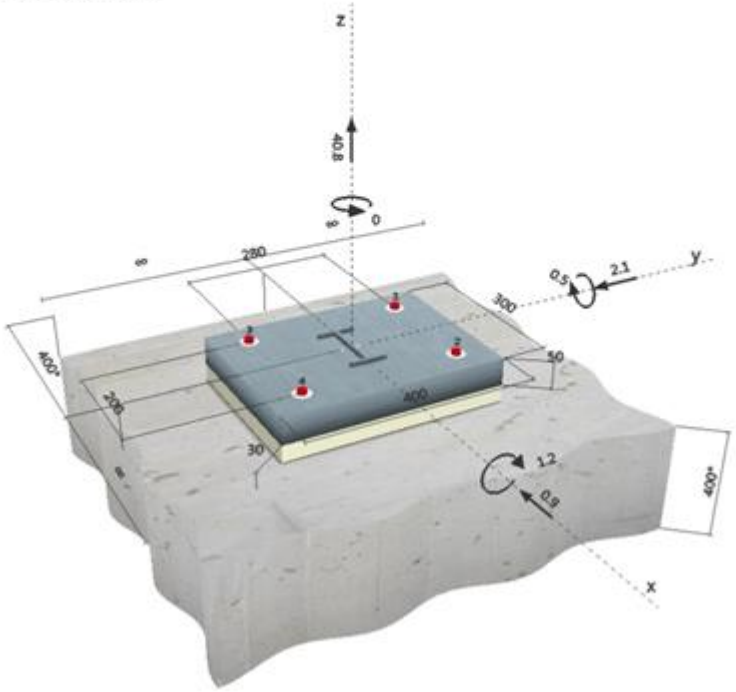
¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.2.10.- DETALLE 19

El anclaje constará de una varilla roscada de acero inoxidable clase A4, con una resina epoxi a base de adhesivo de metacrilato de uretano, para su fijación al hormigón existente, rellenado con un set dinámico o similar

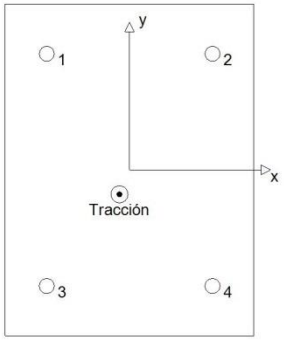
Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act}$ = 320 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Material:	A4
Homologación Nº.:	ETA 11/0493
Establecidos I Válidos:	15/04/2015 | 15/04/2020
Prueba:	Método fib (07/2011)-después de tests de ETAG BOND
Fijación a distancia:	sin Empotramiento (anclaje); Nivel de restrición (placa de anclaje): 2.00; e_b = 30 mm; t = 50 mm
	Mortero , multiuso, $f_{c,Grout}$ = 30.00 N/mm²
Placa de anclaje:	l_x x l_y x t = 300 mm x 400 mm x 50 mm; (Espesor de placa recomendado: no calculado
Perfil:	IPE; (L x W x T x FT) = 120 mm x 64 mm x 6 mm x 6 mm
Material Base:	fisurado hormigón, C20/25, f_c = 20.00 N/mm²; h = 400 mm, Temp. corto/largo: 0/0 °C
Instalación:	**taladro hecho con martillo, Condición de instalación: seco**
Armadura:	sin armadura
	sin armadura de borde longitudinal

Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño



Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	9.307	0.571	-0.225	-0.525
2	6.807	0.571	-0.225	-0.525
3	13.593	0.571	-0.225	-0.525
4	11.093	0.571	-0.225	-0.525

Máxima extensión del hormigón a compresión: - [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: - [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(-12/-29): 40.800 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

3 Carga a tracción (fib (07/2011), sección 16.2.1)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Resultado
Fallo por Acero*	13.593	58.824	24	OK
Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón**	40.800	192.416	22	OK
Rotura por cono de hormigón**	40.800	141.298	29	OK
Fallo por fisuración (Splitting)**	40.800	111.685	37	OK

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

3.1 Fallo por Acero

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
110.000	1.870	58.824	13.593

3.2 Rotura combinada por (extracción) pull-out - cono de hormigón

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\psi_{A,Np}$	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
539716	245760	2.196	18.00	496	248	300

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	max $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.000	8.50	12.25	1.422	1.128

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
12	0.953	29	0.894	1.000	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
136.722	288.624	1.500	192.416	40.800

3.3 Rotura por cono de hormigón

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
1215200	921600	1.319	480	960

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
12	0.975	29	0.942	0.888	1.000	7.700

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
197.120	1.500	141.298	40.800

3.4 Fallo por fisuración (Splitting)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$
2111732	2092073	1.009	723	1446	1.081

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_1
12	0.983	29	0.961	0.824	1.000	7.700

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
197.120	1.500	111.685	40.800

4 Cortante (fib (07/2011), sección 16.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_V [%]	Resultado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	0.571	35.256	2	OK
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	0.571	3.646	16	OK
Fallo por desconchamiento**	2.285	307.569	1	OK
Rotura de borde de hormigón en dirección x-**	1.142	62.731	2	OK

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

4.1 Fallo por Acero (sin brazo de palanca)

$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
55.000	1.560	35.256	0.571

4.2 Fallo por Acero (con brazo de palanca)

l [mm]	α_M
63	2.00

N_{Sd} / $N_{Rd,s}$	1 - N_{Sd} / $N_{Rd,s}$	M^0_{Rk} [kNm]	$M_{Rk,s} = M^0_{Rk,s} (1 - N_{Sd}/N_{Rd,s})$ [kNm]
0.231	0.769	0.233	0.179

$V^M_{Rk,s} = \alpha_M * M_{Rk,s} / l$ [kN]	$\gamma_{Ms,b,V}$	$V^M_{Rd,s}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
5.688	1.560	3.646	0.571

4.3 Fallo por desconchamiento (cono de hormigón)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k_4
1215200	921600	1.319	480	960	2.000

$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	0.888	1.000

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,c1}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
197.120	1.500	307.569	2.285

4.4 Rotura de borde de hormigón en dirección x-

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_V	α	β
192	16.0	1.700	0.062	0.050

c_1 [mm]	$A_{c,V}$ [mm²]	$A^0_{c,V}$ [mm²]	$\psi_{A,V}$
500	712000	1125000	0.633

$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{\alpha,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$	$\psi_{90°,V}$
1.000	1.369	1.652	0	1.000	1.000	2.000

$V^0_{Rk,c}$ [kN]	n_1	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
131.445	2	1.500	62.731	1.142

La resistencia límite según fib (07/2011) Ec. (10.2-6) es decisiva

5 Cargas combinadas de tracción y cortante (fib (07/2011), sección 16.3)

	β_N	β_V	α	Utilización $\beta_{N,V}$ [%]	Resultado
Acero sin brazo de palanca	0.231	0.016	2.000	6	OK
Acero con brazo de palanca	0.036	0.120	1.000	16	OK
hormigón	0.365	0.018	1.500	23	OK

$\beta_N^{\alpha} + \beta_V^{\alpha} <= 1$

6 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

N_{Sk}	=	10.069 [kN]	δ_N	= 0.044 [mm]
V_{Sk}	=	0.423 [kN]	δ_V	= 0.017 [mm]
			δ_{NV}	= 0.047 [mm]

Carga de largo plazo:

N_{Sk}	=	10.069 [kN]	δ_N	= 0.100 [mm]
V_{Sk}	=	0.423 [kN]	δ_V	= 0.025 [mm]
			δ_{NV}	= 0.103 [mm]

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

7 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los aclajes debido a deformaciones elasticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisible!
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo

- El diseño por el método fib (07/2011) asume que no hay espacio libre entre los anclajes y la placa de anclaje que está presente. Esto puede materializarse llenando el espacio con mortero de suficiente resistencia a la compresión (por ejemplo, mediante el uso del set Sísmico /para llenar) o por otros medios adecuados
- La conformidad con las normas vigentes (e.g. EC3) es responsabilidad del usuario
- La verificación de tranferencia de cargas al material base es necesaria según fib (07/2011).

¡La fijación cumple los criterios de diseño!

3.3.- COMPROBACIÓN DE PERFILES EN APOYO ELEVADO (DETALLE 13)

3.3.1.- DETALLE 13

En este caso, se toman para la comprobación los esfuerzos de la basa, ya que la sección inferior del perfil será la más solicitada:

La sección resistente está formada por dos perfiles HEB280. Se detallan los cálculos a continuación. Del lado de la seguridad se consideran los dos perfiles independientemente. Las cargas de diseño por perfil son:

- NEd = 7.8/2 = 3.9 kN (compresión en chapa)
- MEd,x = -25.76/2 = -12.88 kN
- MEd,y = 207.48/2 = 103.74 kNm
- Ved,x = 74.1/2 = 37.05 kN
- Ved,y = 9.2/2 = 4.6 kN

BARRA	=	PILARES	
PERFIL	=	**HEB 280**	
h	=	280	[mm]
e	=	10.5	[mm]
b	=	280	[mm]
e1	=	18	[mm]
r	=	24	[mm]
A = Ag	=	13140	[mm2]
Ix	=	192700000	[mm4]
Wpl,x	=	1534000	[mm3]
Wel,x	=	1376000	[mm3]
ix	=	121.1	[mm]
Iy	=	65950000	[mm4]
Wpl,y	=	717600	[mm3]
Wel,y (Wy)	=	471000	[mm3]
iy	=	70.9	[mm]
Aw	=	765700	[mm2]
It	=	1850000	[mm4]
Iw	=	1688000000	[mm6]
MATERIAL	=	ACERO INOX AISI 316 L	
Fy	=	**220**	[N/mm2]
Fu	=	**450**	[N/mm2]
E	=	**210000**	[N/mm2]
G	=	**81000**	[N/mm2]
γM0	=	**1.875**	[adim]
γM1	=	1.1·γM0	
γM1	=	2.0625	[adim]

FUERZAS PLÁSTICAS RESISTENTES

Npl,Rd	=	A·fy/γM0	
Npl,Rd	=	1542	[kN]
Mx,pl,Rd	=	Wpl,x·fy/γM0	
Mx,pl,Rd	=	180	[kNm]
My,pl,Rd	=	Wpl,y·fy/γM0	
My,pl,Rd	=	84	[kNm]

AXIL RESISTENTE DE COMPRESIÓN POR PANDEO

EAE Y EN 1993-1-1

$N_{b,Rd}$	=	$\chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}$		
χ	=	$1/[\Phi+(\Phi^2 + \lambda_^2)^{0.5}]$		
$\lambda_$	=	$(A \cdot f_y / N_{cr})^{0,5}$		
N_{cr}	=	$\pi^2 \cdot EI / L_{cr}^2$		
$L_{cr,x}$	=		2200	[mm]
$N_{cr,x}$	=		82519	[kN]
$L_{cr,y}$	=		2200	[mm]
$N_{cr,y}$	=		28242	[kN]
$\lambda_,x$	=		0.19	[adim]
$\lambda_,y$	=		0.32	[adim]
Curva x-x	=	b		
Curva y-y	=	c		
α_{xx}	=		0.34	[adim]
α_{yy}	=		0.49	[adim]
Φ	=	$0.5 \cdot [1+\alpha \cdot (\lambda_-0.2)+ \lambda_^2]$		
Φ_{xx}	=		0.515	[adim]
Φ_{yy}	=		0.581	[adim]
χ_{xx}	=		1.005	[adim]
χ_{yy}	=		0.939	[adim]
$N_{b,Rd,x}$	=		1408.0	[kN]
$N_{b,Rd,y}$	=		1316.0	[kN]
$N_{b,Rd}$	=	MIN[Nb,Rd,x;Nb,Rd,y]		
$N_{b,Rd}$	=		**1316.0**	[kN]

MOMENTO RESISTENTE PANDEO LATERAL

EAE Y EN 1993-1-1

$M_{b,Rd}$	=	$\chi_{LT} \cdot W_x \cdot f_y / \gamma_{M1}$		
χ_{LT}	=	$1/[\Phi_{LT}+(\Phi_{LT}^2 + \beta \cdot \lambda_LT^2)^{0.5}]$		
$\lambda_$	=	$(W_x \cdot f_y / M_{cr})^{0,5}$		
M_{cr}	=	$C1 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I_{yy} / L_{cr}^2 \cdot (I_w/I_{yy}+L_{cr}^2 \cdot G \cdot I_t/(\pi^2 \cdot E \cdot I_{yy}))^{0.5}$		
L_{cr}	=		2200	[mm]
$M_{cr}/C1$	=		2062	[kN]
C1	=		1.00	[adim]
$\lambda_,LT$	=		0.4045	[adim]
Curva x-x	=	b		
α	=		0.34	[adim]
Φ	=	$0.5 \cdot [1+\alpha_{LT} \cdot (\lambda_LT-\lambda_LT,0)+ \beta \cdot \lambda_^2]$		
$\lambda_LT,0$	=		0.40	
β	=		0.75	

Φ	=	0.562	[adim]
χLT	=	0.995	[adim]
Mb,Rd	=	**162.8**	[kN]

INTERACCIÓN

Ned/Nb,Rd + Med,x/Mb,Rd + Med,y/Mpl,y,Rd = A

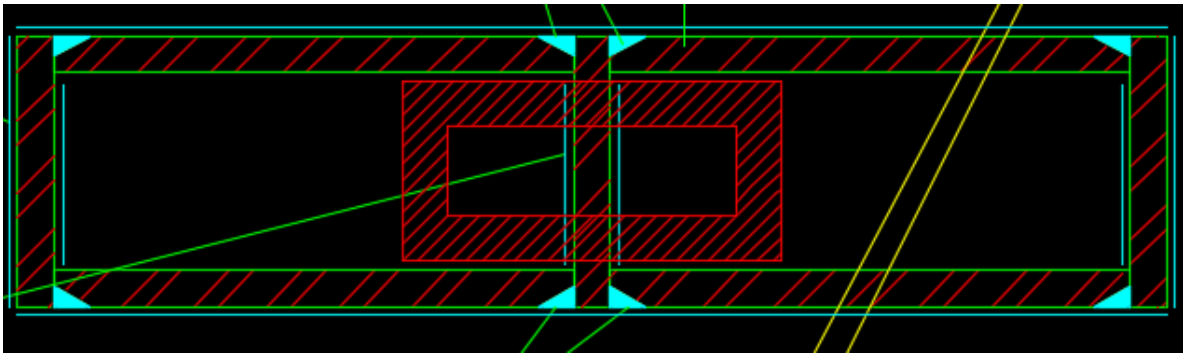
Ned	=	**3.90**	[kN]
Mx,Ed	=	**103.74**	[kNm]
Mz,Ed	=	**12.88**	[kNm]
A	=	0.793	[adim]
A	<	1	**OK**

3.4.- COMPROBACIÓN DEL ARMAZÓN DE ACERO (CHAPAS Y RIGIDIZADORES)

Se ha calculado la inercia de los perfiles resultantes de acero, mediante la composición de inercias de todas las chapas que conforman la unión de la cuna con la chapa de anclaje, para así obtener el momento resistente elástico de dicha sección. De esta forma se comprueba la resistencia de dicho armazón frente a los esfuerzos solicitantes. En los detalles 1 y 2 se ha comprobado la resistencia de la chapa de anclaje, por ser los detalles en los que existe un mayor brazo entre el final de la chapa y el inicio del armazón.

El esquema seguido es el que se muestra en la siguiente tabla, realizada para el Detalle 1.

3.4.1.- DETALLES 1A y 1B.



Como se ve, el armazón resultante se compone de 3 chapas en dirección vertical según el dibujo, por 4 chapas horizontales. Es el mismo armazón para ambos detalles. Queda lo siguiente:

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº	=	3	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	150	
h	=	150	[mm]	h	=	20	
A	=	3000	[mm2]	A	=	3000	[mm2]
Iy	=	5625000	[mm4]	Iz	=	100000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	5625000	[mm4]	Itot	=	100000	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**20**	[mm]	b	=	150	
h	=	**150**	[mm]	h	=	20	
A	=	3000	[mm2]	A	=	3000	[mm2]
Iy	=	5625000	[mm4]	Iz	=	100000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**310**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	288300000	[mm4]
Itot	=	5625000	[mm4]	Itot	=	288400000	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**20**	[mm]	b	=	150	
h	=	**150**	[mm]	h	=	20	
A	=	3000	[mm2]	A	=	3000	[mm2]
Iy	=	5625000	[mm4]	Iz	=	100000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**310**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	288300000	[mm4]
Itot	=	5625000	[mm4]	Itot	=	288400000	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	4	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**290**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	290	
A	=	5800	[mm2]	A	=	5800	[mm2]
Iy	=	193333	[mm4]	Iz	=	40648333	[mm4]
Dist cdg	=	**68**	[mm]	Dist cdg	=	**155**	[mm]
Steiner	=	26819200	[mm4]	Steiner	=	139345000	[mm4]
Itot	=	27012533	[mm4]	Itot	=	179993333	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**290**	[mm]	b	=	20	

h	=	**20**	[mm]	h	=	290	
A	=	5800	[mm2]	A	=	5800	[mm2]
Iy	=	193333	[mm4]	Iz	=	40648333	[mm4]
Dist cdg	=	**68**	[mm]	Dist cdg	=	**155**	[mm]
Steiner	=	26819200	[mm4]	Steiner	=	139345000	[mm4]
Itot	=	27012533	[mm4]	Itot	=	179993333	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**290**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	290	
A	=	5800	[mm2]	A	=	5800	[mm2]
Iy	=	193333	[mm4]	Iz	=	40648333	[mm4]
Dist cdg	=	**68**	[mm]	Dist cdg	=	**155**	[mm]
Steiner	=	26819200	[mm4]	Steiner	=	139345000	[mm4]
Itot	=	27012533	[mm4]	Itot	=	179993333	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**290**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	290	
A	=	5800	[mm2]	A	=	5800	[mm2]
Iy	=	193333	[mm4]	Iz	=	40648333	[mm4]
Dist cdg	=	**68**	[mm]	Dist cdg	=	**155**	[mm]
Steiner	=	26819200	[mm4]	Steiner	=	139345000	[mm4]
Itot	=	27012533	[mm4]	Itot	=	179993333	[mm4]

PERFIL RESULTANTE

My (long)				**Mz (transv)**			
A	**=**	**32200**	**[mm2]**				
Itot	**=**	**124925133**	**[mm4]**	**Itot**	**=**	**1296873333**	**[mm4]**

RESISTENCIA PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	32200	[mm2]	A	=	32200	[mm2]
Iy	=	124925133	[mm4]	Iz	=	1296873333	[mm4]
zmax	=	**75**	[mm]	ymax	=	**320**	[mm]
Wy	=	1665668	[mm3]	Wz	=	4052729	[mm3]
fy	=	**220**	[N/mm2]	fy	=	**220**	[N/mm2]
γ	=	**1.875**	[adim]	γ	=	**1.875**	[adim]
Mel,Rd,y	**=**	**217.6**	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**529.6**	**[kN·m]**
Msd, y	=	**97.04**	[kN·m]	Msd, z	=	**32.6**	[kN·m]
Nsd	=	**9.90**	[kN]	Nsd	=	**8.5**	[kN]
NRd	=	4207.5		NRd	=	4207.5	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.51 [adim] OK

Comprobación de resistencia de la chapa de anclaje:

En el caso de las chapas de anclaje, el cálculo se realiza con las combinaciones de servicio anteriormente definidas, dado que son los empujes de agua (codos, T's) los dimensionates. Aún así para tener un cierto margen de seguridad en el dimensionamiento en ELU de dichas chapas se impone un coeficiente de seguridad global mayor o igual a 1.50, lo que se consigue minorando el limite elástico del acero por dicho coeficiente, 1.50.

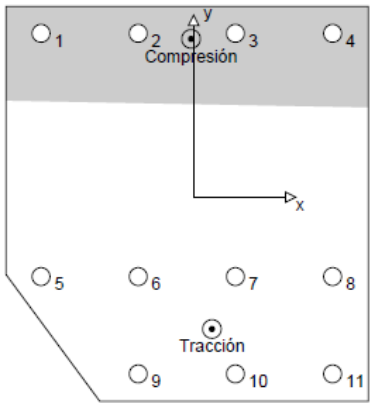
2 Caso de carga/Resultante de cargas

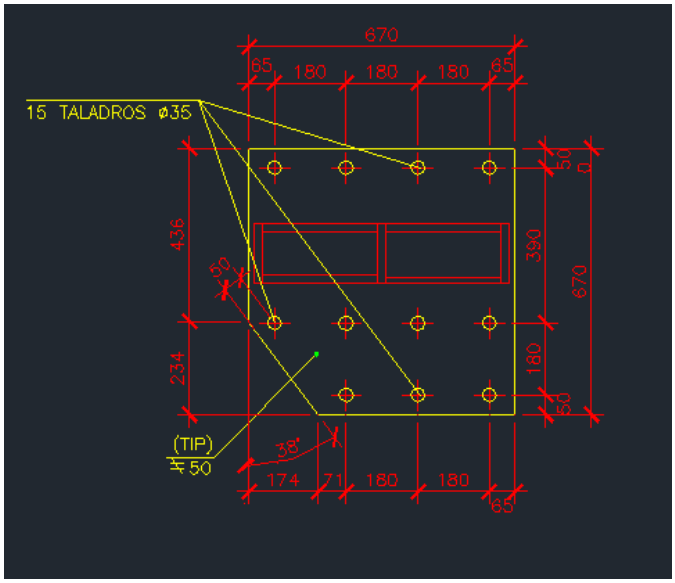
Caso de carga: Cargas de diseño

Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000
5	20.655	0.000	0.000	0.000
6	20.440	0.000	0.000	0.000
7	20.226	0.000	0.000	0.000
8	20.012	0.000	0.000	0.000
9	31.898	0.000	0.000	0.000
10	31.683	0.000	0.000	0.000
11	31.469	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.11 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 3.18 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(34/-244): 176.383 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(-5/293): 186.283 [kN]





Compresión				Tracción			
N_{Sd}	=	186.3	[kN]	N_{Sd}	=	176.4	[kN]
y	=	315	[mm]	y	=	261	[mm]
M_{Sd}	=	58.6845	[kN·m]	M_{Sd}	=	46.0404	[kN·m]
fy	=	220	[N/mm2]	fy	=	220	[N/mm2]
γ	=	**1.5**	[N/mm2]	γ	=	**1.5**	[N/mm2]
fy/γ	=	146.67	[N/mm2]	fy/γ	=	146.67	[N/mm2]
b	=	670	[mm]	b	=	670	[mm]
t	=	50	[mm]	t	=	50	[mm]
$M_{pl,Rd}$	=	61.42	[kN·m]	$M_{pl,Rd}$	=	61.42	[kN·m]
$M_{pl,Rd}$	<	M_{Sd}	OK	$M_{pl,Rd}$	<	M_{Sd}	OK

3.4.2.- DETALLE 2.

DETALLE 2

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº	=	5	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	600	
h	=	600	[mm]	h	=	20	
A	=	12000	[mm2]	A	=	12000	[mm2]
Iy	=	360000000	[mm4]	Iz	=	400000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	360000000	[mm4]	Itot	=	400000	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	600	
h	=	600	[mm]	h	=	20	
A	=	12000	[mm2]	A	=	12000	[mm2]
Iy	=	360000000	[mm4]	Iz	=	400000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	260	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	811200000	[mm4]
Itot	=	360000000	[mm4]	Itot	=	811600000	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	600	
h	=	600	[mm]	h	=	20	
A	=	12000	[mm2]	A	=	12000	[mm2]
Iy	=	360000000	[mm4]	Iz	=	400000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	460	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	2539200000	[mm4]
Itot	=	360000000	[mm4]	Itot	=	2539600000	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**20**	[mm]	b	=	600	
h	=	**600**	[mm]	h	=	20	
A	=	12000	[mm2]	A	=	12000	[mm2]
Iy	=	360000000	[mm4]	Iz	=	400000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**260**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	811200000	[mm4]
Itot	=	360000000	[mm4]	Itot	=	811600000	[mm4]

RECTÁNGULO 5

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**20**	[mm]	b	=	600	
h	=	**600**	[mm]	h	=	20	
A	=	12000	[mm2]	A	=	12000	[mm2]
Iy	=	360000000	[mm4]	Iz	=	400000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**460**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	2539200000	[mm4]
Itot	=	360000000	[mm4]	Itot	=	2539600000	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	8	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**180**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	180	
A	=	3600	[mm2]	A	=	3600	[mm2]
Iy	=	120000	[mm4]	Iz	=	9720000	[mm4]
Dist cdg	=	**195**	[mm]	Dist cdg	=	**360**	[mm]
Steiner	=	136890000	[mm4]	Steiner	=	466560000	[mm4]
Itot	=	137010000	[mm4]	Itot	=	476280000	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)

b	=	**240**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	4800	[mm2]
Iy	=	160000	[mm4]
Dist cdg	=	**195**	[mm]
Steiner	=	182520000	[mm4]
Itot	=	182680000	[mm4]

Mz (transv)

b	=	20	
h	=	240	
A	=	4800	[mm2]
Iz	=	23040000	[mm4]
Dist cdg	=	**130**	[mm]
Steiner	=	81120000	[mm4]
Itot	=	104160000	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)

b	=	**180**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	3600	[mm2]
Iy	=	120000	[mm4]
Dist cdg	=	**195**	[mm]
Steiner	=	136890000	[mm4]
Itot	=	137010000	[mm4]

Mz (transv)

b	=	20	
h	=	180	
A	=	3600	[mm2]
Iz	=	9720000	[mm4]
Dist cdg	=	**360**	[mm]
Steiner	=	466560000	[mm4]
Itot	=	476280000	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long)

b	=	**240**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	4800	[mm2]
Iy	=	160000	[mm4]
Dist cdg	=	**195**	[mm]
Steiner	=	182520000	[mm4]
Itot	=	182680000	[mm4]

Mz (transv)

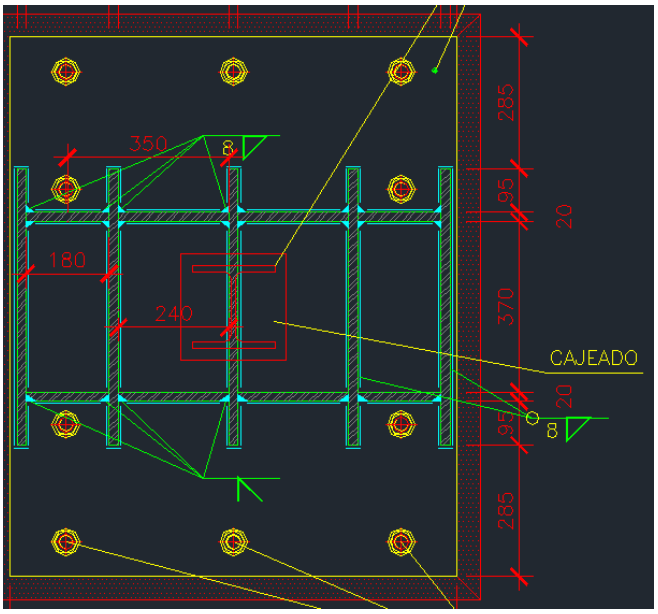
b	=	20	
h	=	240	
A	=	4800	[mm2]
Iz	=	23040000	[mm4]
Dist cdg	=	**130**	[mm]
Steiner	=	81120000	[mm4]
Itot	=	104160000	[mm4]

RESISTENCIA
PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	93600	[mm2]	A	=	93600	[mm2]
Iy	=	307876000	[mm4]	Iz	=	902456000	[mm4]
zmax	=	0	[mm]	ymax	=	0	[mm]
Wy	=	**300**	[mm]	Wz	=	**470**	[mm]
fy	=	10262533	[mm3]	fy	=	19201191	[mm3]
γ	=	**220**	[N/mm2]	γ	=	**220**	[N/mm2]
Mel,Rd,y	=	**1.875**	[adim]	**Mel,Rd,z**	=	**1.875**	[adim]
		1341.0	**[kN·m]**			**2509.0**	**[kN·m]**
Msd, y	=	**234.89**	[kN·m]	Msd, z	=	**56.01**	[kN·m]
Nsd	=	**49.6**	[kN]	Nsd	=	**60.3**	[kN]
NRd	=	12230.4		NRd	=	12230.4	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.20 [adim] OK



Comprobación de resistencia de la chapa de anclaje:

En el caso de las chapas de anclaje, el cálculo se realiza con las combinaciones de servicio anteriormente definidas, dado que son los empujes de agua (codos, T's) los dimensionates. Aún así para tener un cierto margen de seguridad en el dimensionamiento en ELU de dichas chapas se impone un coeficiente de seguridad global mayor o igual a 1.50, lo que se consigue minorando el limite elástico del acero por dicho coeficiente, 1.50.

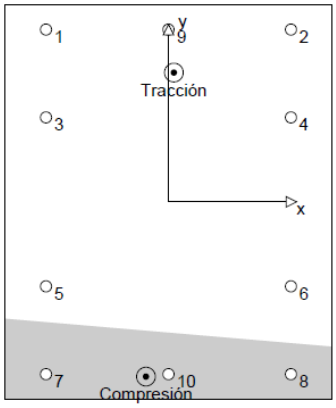
2 Caso de carga/Resultante de cargas

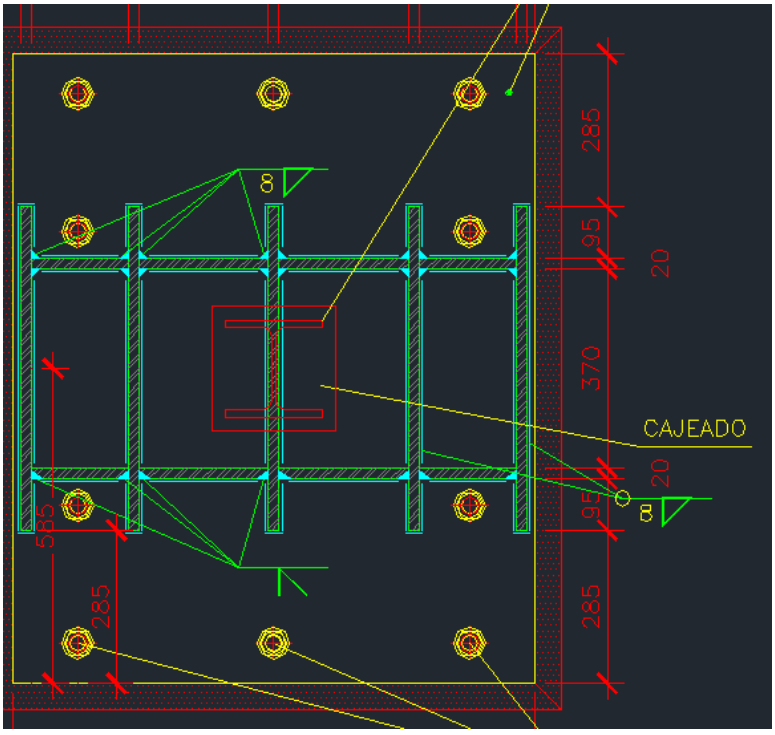
Caso de carga: Cargas de diseño

Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	47.500	0.000	0.000	0.000
2	50.899	0.000	0.000	0.000
3	33.243	0.000	0.000	0.000
4	36.642	0.000	0.000	0.000
5	5.827	0.000	0.000	0.000
6	9.226	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	49.199	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.12 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 3.51 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(16/383): 232.536 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(-67/-517): 282.136 [kN]





Compresión

				Tracción			
N_{Sd}	=	282.1	[kN]	N_{Sd}	=	232.5	[kN]
y	=	244	[mm]	y	=	106	[mm]
M_{Sd}	=	68.83	[kN·m]	M_{Sd}	=	24.645	[kN·m]
fy	=	220	[N/mm2]	fy	=	220	[N/mm2]
γ	=	**1.5**	[N/mm2]	γ	=	**1.5**	[N/mm2]
fy/γ	=	146.67	[N/mm2]	fy/γ	=	146.67	[N/mm2]
b	=	970	[mm]	b	=	670	[mm]
t	=	50	[mm]	t	=	50	[mm]
$M_{pl,Rd}$	=	88.92	[kN·m]	$M_{pl,Rd}$	=	61.42	[kN·m]
$M_{pl,Rd}$	<	M_{Sd}	OK	$M_{pl,Rd}$	<	M_{Sd}	OK

3.4.3.- DETALLE 7.

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº	=	4	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	440	
h	=	440	[mm]	h	=	20	
A	=	8800	[mm2]	A	=	8800	[mm2]
Iy	=	141973333	[mm4]	Iz	=	293333.333	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	103	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	93359200	[mm4]
Itot	=	141973333	[mm4]	Itot	=	93652533.3	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	440	
h	=	440	[mm]	h	=	20	
A	=	8800	[mm2]	A	=	8800	[mm2]
Iy	=	141973333	[mm4]	Iz	=	293333.333	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	310	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	845680000	[mm4]
Itot	=	141973333	[mm4]	Itot	=	845973333	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	440	
h	=	440	[mm]	h	=	20	
A	=	8800	[mm2]	A	=	8800	[mm2]
Iy	=	141973333	[mm4]	Iz	=	293333.333	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	103	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	93359200	[mm4]
Itot	=	141973333	[mm4]	Itot	=	93652533.3	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)

b	=	**20**	[mm]
h	=	**440**	[mm]
A	=	8800	[mm2]
Iy	=	141973333	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	141973333	[mm4]

Mz (transv)

b	=	440	
h	=	20	
A	=	8800	[mm2]
Iz	=	293333.333	[mm4]
Dist cdg	=	**310**	[mm]
Steiner	=	845680000	[mm4]
Itot	=	845973333	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	6	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)

b	=	**187**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	3740	[mm2]
Iy	=	124667	[mm4]
Dist cdg	=	**105**	[mm]
Steiner	=	41233500	[mm4]
Itot	=	41358167	[mm4]

Mz (transv)

b	=	20	
h	=	187	
A	=	3740	[mm2]
Iz	=	10898672	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	10898672	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)

b	=	**187**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	3740	[mm2]
Iy	=	124667	[mm4]
Dist cdg	=	**105**	[mm]
Steiner	=	41233500	[mm4]
Itot	=	41358167	[mm4]

Mz (transv)

b	=	20	
h	=	187	
A	=	3740	[mm2]
Iz	=	10898672	[mm4]
Dist cdg	=	**207**	[mm]
Steiner	=	160255260	[mm4]
Itot	=	171153932	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)

b	=	**187**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	3740	[mm2]
Iy	=	124667	[mm4]
Dist cdg	=	**105**	[mm]
Steiner	=	41233500	[mm4]
Itot	=	41358167	[mm4]

Mz (transv)

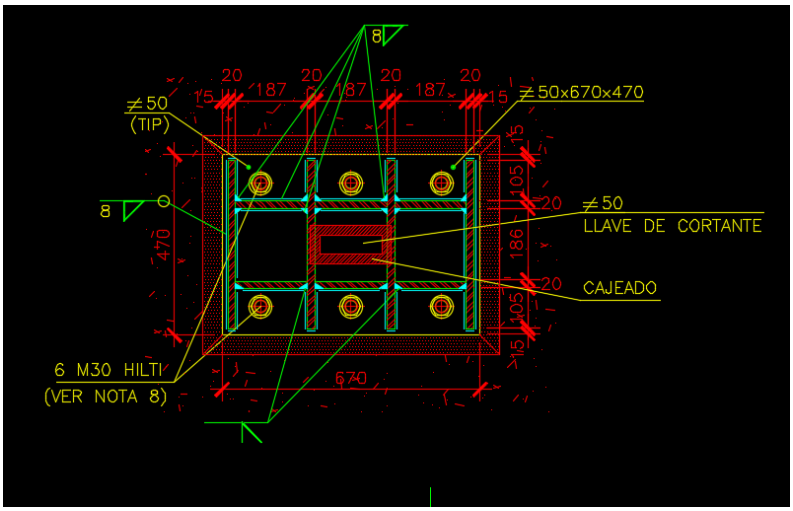
b	=	20	
h	=	187	
A	=	3740	[mm2]
Iz	=	10898672	[mm4]
Dist cdg	=	**207**	[mm]
Steiner	=	160255260	[mm4]
Itot	=	171153932	[mm4]

RESISTENCIA
PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	57640	[mm2]	A	=	57640	[mm2]
Iy	=	81604233 3	[mm4]	Iz	=	173970027 0	[mm4]
zmax	=	**220**	[mm]	ymax	=	**320**	[mm]
Wy	=	3709283	[mm3]	Wz	=	5436563	[mm3]
fy	=	**220**	[N/mm2]	fy	=	**220**	[N/mm2]
γ	=	**1.875**	[adim]	γ	=	**1.875**	[adim]
Mel,Rd,y	**=**	**484.7**	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**710.4**	**[kN·m]**
Msd, y	=	**53.8**	[kN·m]	Msd, z	=	**6.63**	[kN·m]
Nsd	=	**16.7**	[kN]	Nsd	=	**36.7**	[kN]
NRd	=	7531.6		NRd	=	7531.6	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.12 [adim] OK



3.4.4.-DETALLE 9.

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº	=	1	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				Mz (transv)			
b	=	20	[mm]	b	=	85	
h	=	85	[mm]	h	=	20	
A	=	1700	[mm2]	A	=	1700	[mm2]
Iy	=	1023541.67	[mm4]	Iz	=	56666.6667	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	1023541.67	[mm4]	Itot	=	56666.6667	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	2	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				Mz (transv)			
b	=	365	[mm]	b	=	20	
h	=	20	[mm]	h	=	365	
A	=	7300	[mm2]	A	=	7300	[mm2]
Iy	=	243333	[mm4]	Iz	=	81045208	[mm4]
Dist cdg	=	86	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	53990800	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	54234133	[mm4]	Itot	=	81045208	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				Mz (transv)			
b	=	365	[mm]	b	=	20	
h	=	20	[mm]	h	=	365	
A	=	7300	[mm2]	A	=	7300	[mm2]
Iy	=	243333	[mm4]	Iz	=	81045208	[mm4]

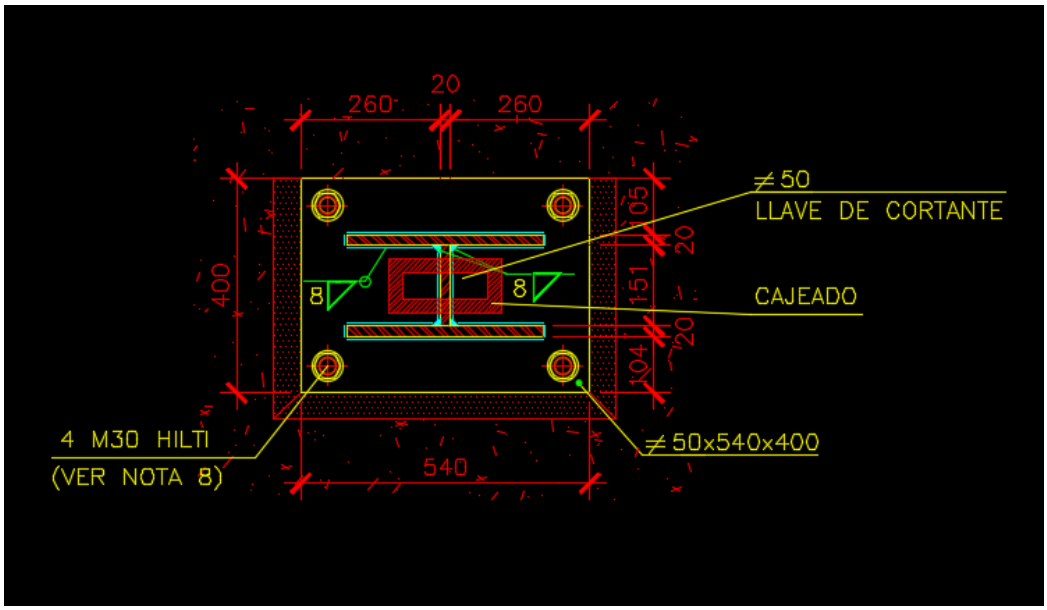
Dist cdg	=	**86**	[mm]	Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	53990800	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	54234133	[mm4]	Itot	=	81045208	[mm4]

RESISTENCIA
PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	16300	[mm2]	A	=	16300	[mm2]
Iy	=	10949180 8	[mm4]	Iz	=	16214708 3	[mm4]
zmax	=	**96**	[mm]	ymax	=	**182**	[mm]
Wy	=	1140540	[mm3]	Wz	=	890918	[mm3]
fy	=	**220**	[N/mm2]	fy	=	**220**	[N/mm2]
γ	=	**1.875**	[adim]	γ	=	**1.875**	[adim]
Mel,Rd,y	**=**	**149.0**	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**116.4**	**[kN·m]**
Msd, y	=	**27.6**	[kN·m]	Msd, z	=	**8.6**	[kN·m]
Nsd	=	**6.3**	[kN]	Nsd	=	**6.3**	[kN]
NRd	=	2129.9		NRd	=	2129.9	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.26 [adim] OK



3.4.5.- DETALLE 10.

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº	=	3	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	150	
h	=	150	[mm]	h	=	20	
A	=	3000	[mm2]	A	=	3000	[mm2]
Iy	=	5625000	[mm4]	Iz	=	100000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	5625000	[mm4]	Itot	=	100000	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	150	
h	=	150	[mm]	h	=	20	
A	=	3000	[mm2]	A	=	3000	[mm2]
Iy	=	5625000	[mm4]	Iz	=	100000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	269	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	217083000	[mm4]
Itot	=	5625000	[mm4]	Itot	=	217183000	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	150	
h	=	150	[mm]	h	=	20	
A	=	3000	[mm2]	A	=	3000	[mm2]
Iy	=	5625000	[mm4]	Iz	=	100000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	269	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	217083000	[mm4]
Itot	=	5625000	[mm4]	Itot	=	217183000	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	4	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**249**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	249	
A	=	4980	[mm2]	A	=	4980	[mm2]
Iy	=	166000	[mm4]	Iz	=	25730415	[mm4]
Dist cdg	=	**54**	[mm]	Dist cdg	=	**134**	[mm]
Steiner	=	14521680	[mm4]	Steiner	=	89420880	[mm4]
Itot	=	14687680	[mm4]	Itot	=	115151295	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**249**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	249	
A	=	4980	[mm2]	A	=	4980	[mm2]
Iy	=	166000	[mm4]	Iz	=	25730415	[mm4]
Dist cdg	=	**54**	[mm]	Dist cdg	=	**134**	[mm]
Steiner	=	14521680	[mm4]	Steiner	=	89420880	[mm4]
Itot	=	14687680	[mm4]	Itot	=	115151295	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**249**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	249	
A	=	4980	[mm2]	A	=	4980	[mm2]
Iy	=	166000	[mm4]	Iz	=	25730415	[mm4]
Dist cdg	=	**54**	[mm]	Dist cdg	=	**134**	[mm]
Steiner	=	14521680	[mm4]	Steiner	=	89420880	[mm4]
Itot	=	14687680	[mm4]	Itot	=	115151295	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long)

b	=	**249**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	4980	[mm2]
Iy	=	166000	[mm4]
Dist cdg	=	**54**	[mm]
Steiner	=	14521680	[mm4]
Itot	=	14687680	[mm4]

Mz (transv)

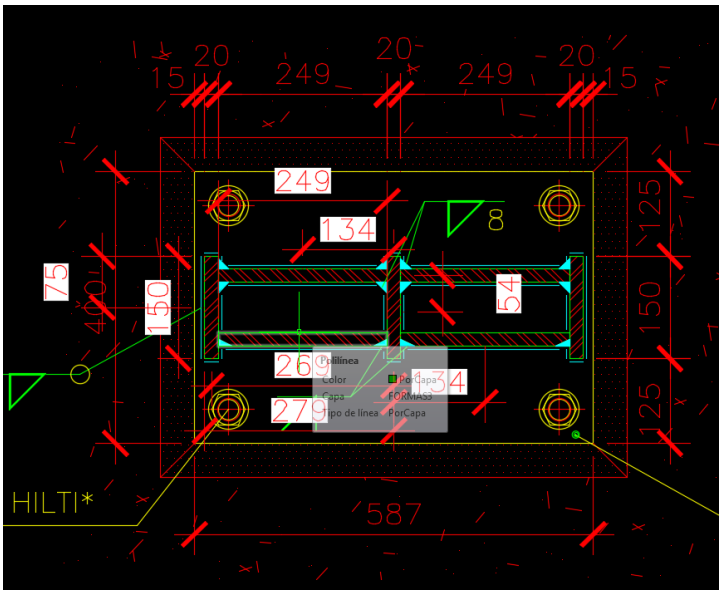
b	=	20	
h	=	249	
A	=	4980	[mm2]
Iz	=	25730415	[mm4]
Dist cdg	=	**134**	[mm]
Steiner	=	89420880	[mm4]
Itot	=	115151295	[mm4]

RESISTENCIA
PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	28920	[mm2]	A	=	28920	[mm2]
Iy	=	7562572	[mm4]	Iz	=	89507118	[mm4]
zmax	=	0	[mm]	ymax	=	0	[mm]
Wy	=	75	[mm]	Wz	=	320	[mm]
fy	=	1008343	[mm3]	Wz	=	2797097	[mm3]
γ	=	220	[N/mm2]	fy	=	220	[N/mm2]
Mel,Rd,y	**=**	1.875	[adim]	γ	=	1.875	[adim]
		131.8	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**365.5**	**[kN·m]**
Msd, y	=	15.37	[kN·m]	Msd, z	=	7.1	[kN·m]
Nsd	=	16.1	[kN]	Nsd	=	16.1	[kN]
NRd	=	3778.9		NRd	=	3778.9	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.14 [adim] OK



3.4.6.- DETALLE 11 y 18

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº	=	5	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	250	
h	=	250	[mm]	h	=	20	
A	=	5000	[mm2]	A	=	5000	[mm2]
Iy	=	26041666.7	[mm4]	Iz	=	166666.667	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	26041666.7	[mm4]	Itot	=	166666.667	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	250	
h	=	250	[mm]	h	=	20	
A	=	5000	[mm2]	A	=	5000	[mm2]
Iy	=	26041666.7	[mm4]	Iz	=	166666.667	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	260	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	338000000	[mm4]
Itot	=	26041666.7	[mm4]	Itot	=	338166667	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	250	
h	=	250	[mm]	h	=	20	
A	=	5000	[mm2]	A	=	5000	[mm2]
Iy	=	26041666.7	[mm4]	Iz	=	166666.667	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	410	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	840500000	[mm4]
Itot	=	26041666.7	[mm4]	Itot	=	840666667	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long)

b	=	20	[mm]
h	=	250	[mm]
A	=	5000	[mm2]
Iy	=	26041666.7	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	26041666.7	[mm4]

Mz (transv)

b	=	250	
h	=	20	
A	=	5000	[mm2]
Iz	=	166666.667	[mm4]
Dist cdg	=	260	[mm]
Steiner	=	338000000	[mm4]
Itot	=	338166667	[mm4]

RECTÁNGULO 5

My (long)

b	=	20	[mm]
h	=	250	[mm]
A	=	5000	[mm2]
Iy	=	26041666.7	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	26041666.7	[mm4]

Mz (transv)

b	=	250	
h	=	20	
A	=	5000	[mm2]
Iz	=	166666.667	[mm4]
Dist cdg	=	410	[mm]
Steiner	=	840500000	[mm4]
Itot	=	840666667	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	8	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)

b	=	130	[mm]
h	=	20	[mm]
A	=	2600	[mm2]
Iy	=	86667	[mm4]
Dist cdg	=	115	[mm]
Steiner	=	34385000	[mm4]
Itot	=	34471667	[mm4]

Mz (transv)

b	=	20	
h	=	130	
A	=	2600	[mm2]
Iz	=	3661667	[mm4]
Dist cdg	=	335	[mm]
Steiner	=	291785000	[mm4]
Itot	=	295446667	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long) **Mz (transv)**

b	=	**240**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	240	
A	=	4800	[mm2]	A	=	4800	[mm2]
Iy	=	160000	[mm4]	Iz	=	23040000	[mm4]
Dist cdg	=	**115**	[mm]	Dist cdg	=	**130**	[mm]
Steiner	=	63480000	[mm4]	Steiner	=	81120000	[mm4]
Itot	=	63640000	[mm4]	Itot	=	104160000	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long) **Mz (transv)**

b	=	**130**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	130	
A	=	2600	[mm2]	A	=	2600	[mm2]
Iy	=	86667	[mm4]	Iz	=	3661667	[mm4]
Dist cdg	=	**115**	[mm]	Dist cdg	=	**335**	[mm]
Steiner	=	34385000	[mm4]	Steiner	=	291785000	[mm4]
Itot	=	34471667	[mm4]	Itot	=	295446667	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long) **Mz (transv)**

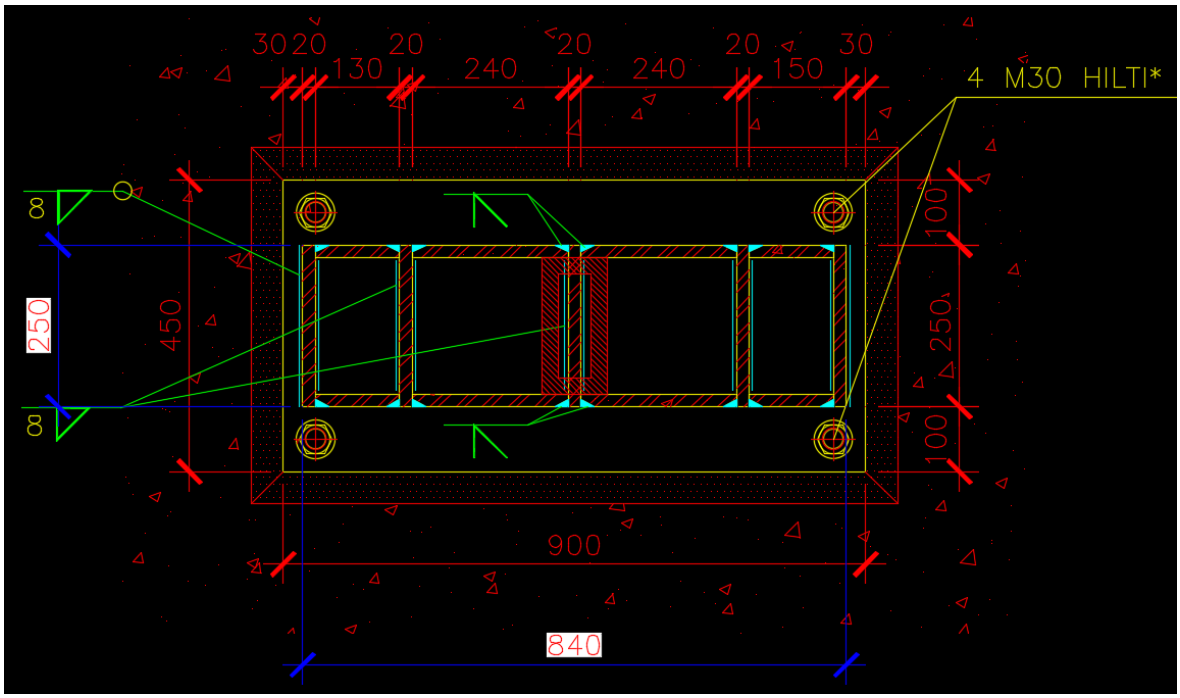
b	=	**260**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	260	
A	=	5200	[mm2]	A	=	5200	[mm2]
Iy	=	173333	[mm4]	Iz	=	29293333	[mm4]
Dist cdg	=	**124**	[mm]	Dist cdg	=	**130**	[mm]
Steiner	=	79955200	[mm4]	Steiner	=	87880000	[mm4]
Itot	=	80128533	[mm4]	Itot	=	117173333	[mm4]

RESISTENCIA
PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	55400	[mm2]	A	=	55400	[mm2]
Iy	=	50355873	[mm4]	Iz	=	398228666	[mm4]
zmax	=	75	[mm]	ymax	=	320	[mm]
Wy	=	6714116	[mm3]	Wz	=	12444646	[mm3]
fy	=	245	[N/mm2]	fy	=	245	[N/mm2]
γ	=	1.875	[adim]	γ	=	1.875	[adim]
Mel,Rd,y	**=**	**877.3**	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**1626.1**	**[kN·m]**
Msd, y	=	27.2	[kN·m]	Msd, z	=	15.2	[kN·m]
Nsd	=	50.7	[kN]	Nsd	=	8.5	[kN]
NRd	=	7238.9		NRd	=	7238.9	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.05 [adim] OK



3.4.7.- DETALLE 12.

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº	=	5	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	300	
h	=	300	[mm]	h	=	20	
A	=	6000	[mm2]	A	=	6000	[mm2]
Iy	=	45000000	[mm4]	Iz	=	200000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	45000000	[mm4]	Itot	=	200000	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	300	
h	=	300	[mm]	h	=	20	
A	=	6000	[mm2]	A	=	6000	[mm2]
Iy	=	45000000	[mm4]	Iz	=	200000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	646	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	2503896000	[mm4]
Itot	=	45000000	[mm4]	Itot	=	2504096000	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	20	[mm]	b	=	300	
h	=	300	[mm]	h	=	20	
A	=	6000	[mm2]	A	=	6000	[mm2]
Iy	=	45000000	[mm4]	Iz	=	200000	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	876	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	4604256000	[mm4]
Itot	=	45000000	[mm4]	Itot	=	4604456000	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long)

b	=	**20**	[mm]
h	=	**300**	[mm]
A	=	6000	[mm2]
Iy	=	45000000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	45000000	[mm4]

Mz (transv)

b	=	300	
h	=	20	
A	=	6000	[mm2]
Iz	=	200000	[mm4]
Dist cdg	=	**646**	[mm]
Steiner	=	2503896000	[mm4]
Itot	=	2504096000	[mm4]

RECTÁNGULO 5

My (long)

b	=	**20**	[mm]
h	=	**300**	[mm]
A	=	6000	[mm2]
Iy	=	45000000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	45000000	[mm4]

Mz (transv)

b	=	300	
h	=	20	
A	=	6000	[mm2]
Iz	=	200000	[mm4]
Dist cdg	=	**876**	[mm]
Steiner	=	4604256000	[mm4]
Itot	=	4604456000	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	4	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)

b	=	**210**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	4200	[mm2]
Iy	=	140000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	140000	[mm4]

Mz (transv)

b	=	20	
h	=	210	
A	=	4200	[mm2]
Iz	=	15435000	[mm4]
Dist cdg	=	**823**	[mm]
Steiner	=	2844781800	[mm4]
Itot	=	2860216800	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long) **Mz (transv)**

b	=	**626**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	626	
A	=	12520	[mm2]	A	=	12520	[mm2]
Iy	=	417333	[mm4]	Iz	=	408857293	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**323**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	1306199080	[mm4]
Itot	=	417333	[mm4]	Itot	=	1715056373	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long) **Mz (transv)**

b	=	**210**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	210	
A	=	4200	[mm2]	A	=	4200	[mm2]
Iy	=	140000	[mm4]	Iz	=	15435000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**823**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	2844781800	[mm4]
Itot	=	140000	[mm4]	Itot	=	2860216800	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long) **Mz (transv)**

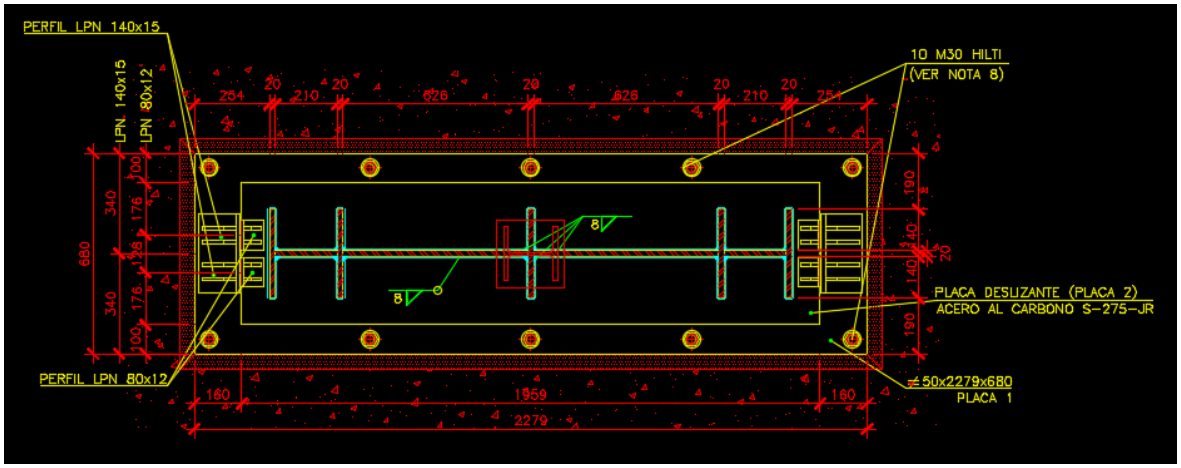
b	=	**626**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	626	
A	=	12520	[mm2]	A	=	12520	[mm2]
Iy	=	417333	[mm4]	Iz	=	408857293	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**323**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	1306199080	[mm4]
Itot	=	417333	[mm4]	Itot	=	1715056373	[mm4]

RESISTENCIA
PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	63440	[mm2]	A	=	63440	[mm2]
Iy	=	13612666 7	[mm4]	Iz	=	2336785034 7	[mm4]
zmax	=	**75**	[mm]	ymax	=	**320**	[mm]
Wy	=	1815022	[mm3]	Wz	=	73024532	[mm3]
fy	=	**245**	[N/mm2]	fy	=	**245**	[N/mm2]
γ	=	**1.875**	[adim]	γ	=	**1.875**	[adim]
Mel,Rd,y	**=**	**237.2**	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**9541.9**	**[kN·m]**
Msd, y	=	**0**	[kN·m]	Msd, z	=	**271.8**	[kN·m]
Nsd	=	**63.6**	[kN]	Nsd	=	**63.6**	[kN]
NRd	=	8289.5		NRd	=	8289.5	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.04 [adim] OK



Comprobación de resistencia de la chapa de anclaje:

En el caso de las chapas de anclaje, el cálculo se realiza con las combinaciones de servicio anteriormente definidas, dado que son los empujes de agua (codos, T's) los dimensionates. Aún así para tener un cierto margen de seguridad en el dimensionamiento en ELU de dichas chapas se impone un coeficiente de seguridad global mayor o igual a 1.50, lo que se consigue minorando el limite elástico del acero por dicho coeficiente, 1.50.

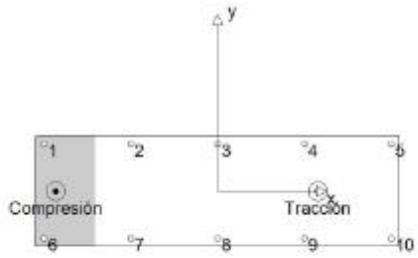
2 Caso de carga/Resultante de cargas

Caso de carga: Cargas de diseño

Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	3.452	0.000	0.000	0.000
3	11.895	0.000	0.000	0.000
4	20.339	0.000	0.000	0.000
5	28.783	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000
7	3.452	0.000	0.000	0.000
8	11.895	0.000	0.000	0.000
9	20.339	0.000	0.000	0.000
10	28.783	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.05 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 1.55 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(618/0): 128.939 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(-998/0): 192.539 [kN]



Compresión

N_{Sd}	=		192.5	[kN]
y	=		112	[mm]
M_{Sd}	=		21.56	[kN·m]
fy	=		220	[N/mm2]
γ	=		**1.5**	[N/mm2]
fy/γ	=		146.67	[N/mm2]
b	=		680	[mm]
t	=		50	[mm]
$M_{pl,Rd}$	=		62.33	[kN·m]
$M_{pl,Rd}$	<	M_{Sd}		OK

3.4.8.- DETALLE 13.

En la zona superior del apoyo (después se tiene el doble perfil HEB280).

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº = **4** [adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**20**	[mm]	b	=	240	
h	=	**240**	[mm]	h	=	20	
A	=	4800	[mm2]	A	=	4800	[mm2]
Iy	=	23040000	[mm4]	Iz	=	160000	[mm4]
Dist cdg	=	**130**	[mm]	Dist cdg	=	**150**	[mm]
Steiner	=	81120000	[mm4]	Steiner	=	108000000	[mm4]
Itot	=	104160000	[mm4]	Itot	=	108160000	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**20**	[mm]	b	=	240	
h	=	**240**	[mm]	h	=	20	
A	=	4800	[mm2]	A	=	4800	[mm2]
Iy	=	23040000	[mm4]	Iz	=	160000	[mm4]
Dist cdg	=	**130**	[mm]	Dist cdg	=	**150**	[mm]
Steiner	=	81120000	[mm4]	Steiner	=	108000000	[mm4]
Itot	=	104160000	[mm4]	Itot	=	108160000	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**20**	[mm]	b	=	240	
h	=	**240**	[mm]	h	=	20	
A	=	4800	[mm2]	A	=	4800	[mm2]
Iy	=	23040000	[mm4]	Iz	=	160000	[mm4]
Dist cdg	=	**130**	[mm]	Dist cdg	=	**150**	[mm]
Steiner	=	81120000	[mm4]	Steiner	=	108000000	[mm4]
Itot	=	104160000	[mm4]	Itot	=	108160000	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**20**	[mm]	b	=	240	
h	=	**240**	[mm]	h	=	20	
A	=	4800	[mm2]	A	=	4800	[mm2]
Iy	=	23040000	[mm4]	Iz	=	160000	[mm4]
Dist cdg	=	**130**	[mm]	Dist cdg	=	**150**	[mm]
Steiner	=	81120000	[mm4]	Steiner	=	108000000	[mm4]
Itot	=	104160000	[mm4]	Itot	=	108160000	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	3	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**420**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	420	
A	=	8400	[mm2]	A	=	8400	[mm2]
Iy	=	280000	[mm4]	Iz	=	123480000	[mm4]
Dist cdg	=	**260**	[mm]	Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	567840000	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	568120000	[mm4]	Itot	=	123480000	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**420**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	420	
A	=	8400	[mm2]	A	=	8400	[mm2]
Iy	=	280000	[mm4]	Iz	=	123480000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	280000	[mm4]	Itot	=	123480000	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)

b	=	**420**	[mm]
h	=	**20**	[mm]
A	=	8400	[mm2]
Iy	=	280000	[mm4]
Dist cdg	=	**260**	[mm]
Steiner	=	567840000	[mm4]
Itot	=	568120000	[mm4]

Mz (transv)

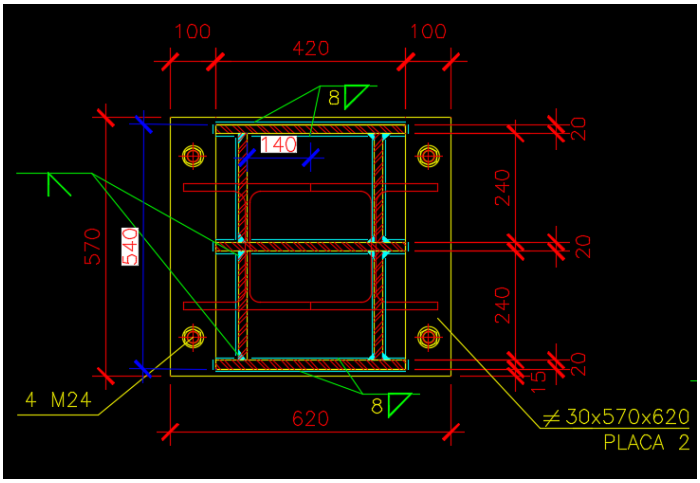
b	=	20	
h	=	420	
A	=	8400	[mm2]
Iz	=	123480000	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	123480000	[mm4]

RESISTENCIA
PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	44400	[mm2]	A	=	44400	[mm2]
Iy	=	144900480 0	[mm4]	Iz	=	80308000 0	[mm4]
zmax	=	**75**	[mm]	ymax	=	**320**	[mm]
Wy	=	19320064	[mm3]	Wz	=	2509625	[mm3]
fy	=	**245**	[N/mm2]	fy	=	**245**	[N/mm2]
γ	=	**1.875**	[adim]	γ	=	**1.875**	[adim]
Mel,Rd,y	**=**	**2524.5**	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**327.9**	**[kN·m]**
Msd, y	=	**4.1**	[kN·m]	Msd, z	=	**33.3**	[kN·m]
Nsd	=	**7.8**	[kN]	Nsd	=	**7.8**	[kN]
NRd	=	5801.6		NRd	=	5801.6	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.10 [adim] OK



R.A. se corresponde con la relación de aprovechamiento de la sección (armazón de chapas), que debe ser menor de 1.

3.4.9.- DETALLE 16,17

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº = 3 [adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				Mz (transv)			
b	=	20	[mm]	b	=	220	
h	=	220	[mm]	h	=	20	
A	=	4400	[mm2]	A	=	4400	[mm2]
Iy	=	17746666.7	[mm4]	Iz	=	146666.667	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	17746666.7	[mm4]	Itot	=	146666.667	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				Mz (transv)			
b	=	20	[mm]	b	=	220	
h	=	220	[mm]	h	=	20	
A	=	4400	[mm2]	A	=	4400	[mm2]
Iy	=	17746666.7	[mm4]	Iz	=	146666.667	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	213	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	199623600	[mm4]
Itot	=	17746666.7	[mm4]	Itot	=	199770267	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				Mz (transv)			
b	=	20	[mm]	b	=	220	
h	=	220	[mm]	h	=	20	
A	=	4400	[mm2]	A	=	4400	[mm2]
Iy	=	17746666.7	[mm4]	Iz	=	146666.667	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]	Dist cdg	=	213	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	199623600	[mm4]
Itot	=	17746666.7	[mm4]	Itot	=	199770267	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	4	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**80**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	80	
A	=	1600	[mm2]	A	=	1600	[mm2]
Iy	=	53333	[mm4]	Iz	=	853333	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**263**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	110670400	[mm4]
Itot	=	53333	[mm4]	Itot	=	111523733	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**193**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	193	
A	=	3860	[mm2]	A	=	3860	[mm2]
Iy	=	128667	[mm4]	Iz	=	11981762	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**106.5**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	43781085	[mm4]
Itot	=	128667	[mm4]	Itot	=	55762847	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				**Mz (transv)**			
b	=	**80**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	80	
A	=	1600	[mm2]	A	=	1600	[mm2]
Iy	=	53333	[mm4]	Iz	=	853333	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**263**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	110670400	[mm4]
Itot	=	53333	[mm4]	Itot	=	111523733	[mm4]

RECTÁNGULO 4

My (long) **Mz (transv)**

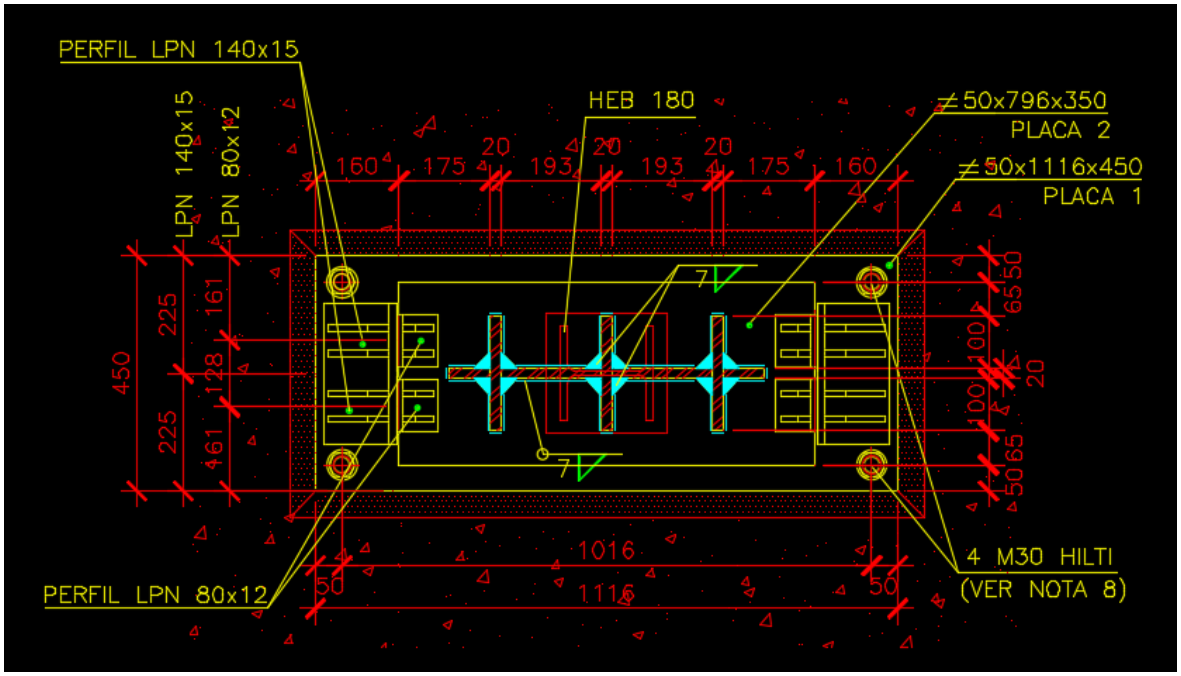
b	=	**193**	[mm]	b	=	20	
h	=	**20**	[mm]	h	=	193	
A	=	3860	[mm2]	A	=	3860	[mm2]
Iy	=	128667	[mm4]	Iz	=	11981762	[mm4]
Dist cdg	=	**0**	[mm]	Dist cdg	=	**106.5**	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]	Steiner	=	43781085	[mm4]
Itot	=	128667	[mm4]	Itot	=	55762847	[mm4]

RESISTENCIA PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	24120	[mm2]	A	=	24120	[mm2]
Iy	=	53604000	[mm4]	Iz	=	734260360	[mm4]
zmax	=	**75**	[mm]	ymax	=	**320**	[mm]
Wy	=	714720	[mm3]	Wz	=	2294564	[mm3]
fy	=	**245**	[N/mm2]	fy	=	**245**	[N/mm2]
γ	=	**1.875**	[adim]	γ	=	**1.875**	[adim]
Mel,Rd,y	**=**	**93.4**	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**299.8**	**[kN·m]**
Msd, y	=	**0**	[kN·m]	Msd, z	=	**119.6**	[kN·m]
Nsd	=	**51.8**	[kN]	Nsd	=	**51.8**	[kN]
NRd	=	3151.7		NRd	=	3151.7	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.42 [adim] OK



Comprobación de resistencia de la chapa de anclaje:

En el caso de las chapas de anclaje, el cálculo se realiza con las combinaciones de servicio anteriormente definidas, dado que son los empujes de agua (codos, T's) los dimensionates. Aún así para tener un cierto margen de seguridad en el dimensionamiento en ELU de dichas chapas se impone un coeficiente de seguridad global mayor o igual a 1.50, lo que se consigue minorando el limite elástico del acero por dicho coeficiente, 1.50.

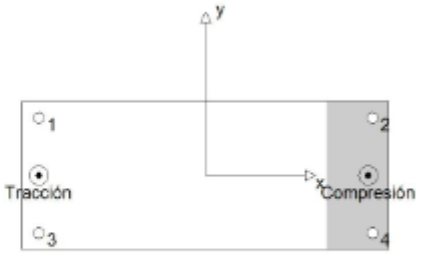
2 Caso de carga/Resultante de cargas

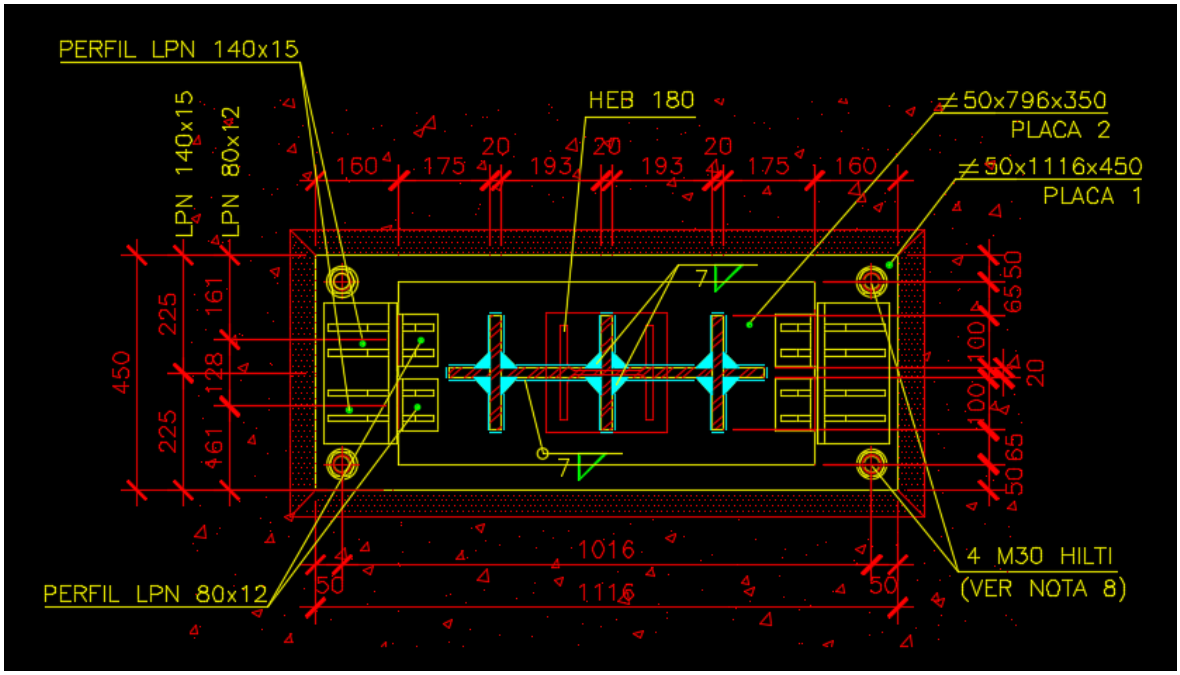
Caso de carga: Cargas de diseño

Reacciones en el anclaje [kN]
Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Carga a cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	53.142	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000
3	53.142	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000

Máxima extensión del hormigón a compresión: 0.10 [‰]
Máxima tensión del hormigón a compresión: 3.09 [N/mm²]
Tracción resultante en (x/y)=(-508/0): 106.283 [kN]
Compresión resultante en (x/y)=(494/0): 132.683 [kN]





Compresión				Tracción			
N_{Sd}	=	132.7	[kN]	N_{Sd}	=	106.3	[kN]
y	=	271	[mm]	y	=	271	[mm]
M_{Sd}	=	35.96	[kN·m]	M_{Sd}	=	28.8073	[kN·m]
fy	=	220	[N/mm2]	fy	=	220	[N/mm2]
γ	=	**1.5**	[N/mm2]	γ	=	**1.5**	[N/mm2]
fy/γ	=	146.67	[N/mm2]	fy/γ	=	146.67	[N/mm2]
b	=	450	[mm]	b	=	450	[mm]
t	=	50	[mm]	t	=	50	[mm]
$M_{pl,Rd}$	=	41.25	[kN·m]	$M_{pl,Rd}$	=	41.25	[kN·m]
$M_{pl,Rd}$	<	M_{Sd}	OK	$M_{pl,Rd}$	<	M_{Sd}	OK

3.4.10.- DETALLE 19

RECTÁNGULOS VERTICALES

Nº	=	3	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)				Mz (transv)			
b	=	15	[mm]	b	=	150	
h	=	150	[mm]	h	=	15	
A	=	2250	[mm2]	A	=	2250	[mm2]
Iy	=	4218750	[mm4]	Iz	=	42187.5	[mm4]
Dist cdg	=	68	[mm]	Dist cdg	=	178	[mm]
Steiner	=	10404000	[mm4]	Steiner	=	71289000	[mm4]
Itot	=	14622750	[mm4]	Itot	=	71331187.5	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)				Mz (transv)			
b	=	15	[mm]	b	=	150	
h	=	150	[mm]	h	=	15	
A	=	2250	[mm2]	A	=	2250	[mm2]
Iy	=	4218750	[mm4]	Iz	=	42187.5	[mm4]
Dist cdg	=	68	[mm]	Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	10404000	[mm4]	Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	14622750	[mm4]	Itot	=	42187.5	[mm4]

RECTÁNGULO 3

My (long)				Mz (transv)			
b	=	15	[mm]	b	=	150	
h	=	150	[mm]	h	=	15	
A	=	2250	[mm2]	A	=	2250	[mm2]
Iy	=	4218750	[mm4]	Iz	=	42187.5	[mm4]
Dist cdg	=	68	[mm]	Dist cdg	=	178	[mm]
Steiner	=	10404000	[mm4]	Steiner	=	71289000	[mm4]
Itot	=	14622750	[mm4]	Itot	=	71331187.5	[mm4]

RECTÁNGULOS HORIZONTALES

Nº	=	2	[adim]

RECTÁNGULO 1

My (long)

b	=	163	[mm]
h	=	15	[mm]
A	=	2445	[mm2]
Iy	=	45844	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	45844	[mm4]

Mz (transv)

b	=	15	
h	=	163	
A	=	2445	[mm2]
Iz	=	5413434	[mm4]
Dist cdg	=	89	[mm]
Steiner	=	19366845	[mm4]
Itot	=	24780279	[mm4]

RECTÁNGULO 2

My (long)

b	=	163	[mm]
h	=	15	[mm]
A	=	2445	[mm2]
Iy	=	45844	[mm4]
Dist cdg	=	0	[mm]
Steiner	=	0	[mm4]
Itot	=	45844	[mm4]

Mz (transv)

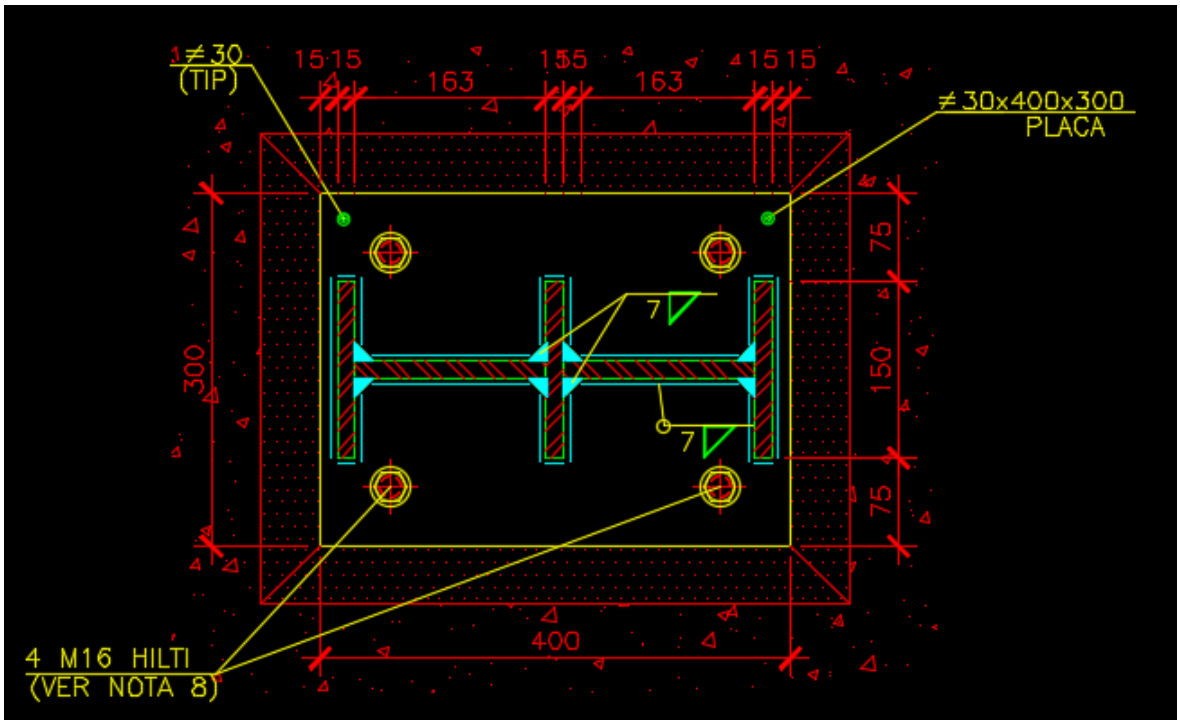
b	=	15	
h	=	163	
A	=	2445	[mm2]
Iz	=	5413434	[mm4]
Dist cdg	=	89	[mm]
Steiner	=	19366845	[mm4]
Itot	=	24780279	[mm4]

RESISTENCIA
PERFIL

My (long)				**Mz (transv)**			
A	=	11640	[mm2]	A	=	11640	[mm2]
Iy	=	4395993	[mm4]	Iz	=	19226512	[mm4]
zmax	=	75	[mm]	ymax	=	320	[mm]
Wy	=	586133	[mm3]	Wz	=	600829	[mm3]
fy	=	245	[N/mm2]	fy	=	245	[N/mm2]
γ	=	1.875	[adim]	γ	=	1.875	[adim]
Mel,Rd,y	**=**	**76.6**	**[kN·m]**	**Mel,Rd,z**	**=**	**78.5**	**[kN·m]**
Msd, y	=	0.5	[kN·m]	Msd, z	=	1.2	[kN·m]
Nsd	=	40.8	[kN]	Nsd	=	40.8	[kN]
NRd	=	1521.0		NRd	=	1521.0	

R.A. = Nsd/NRd + Msd,y/MRd,y + Msd,z/MRd,z

R.A. = 0.05 [adim] OK

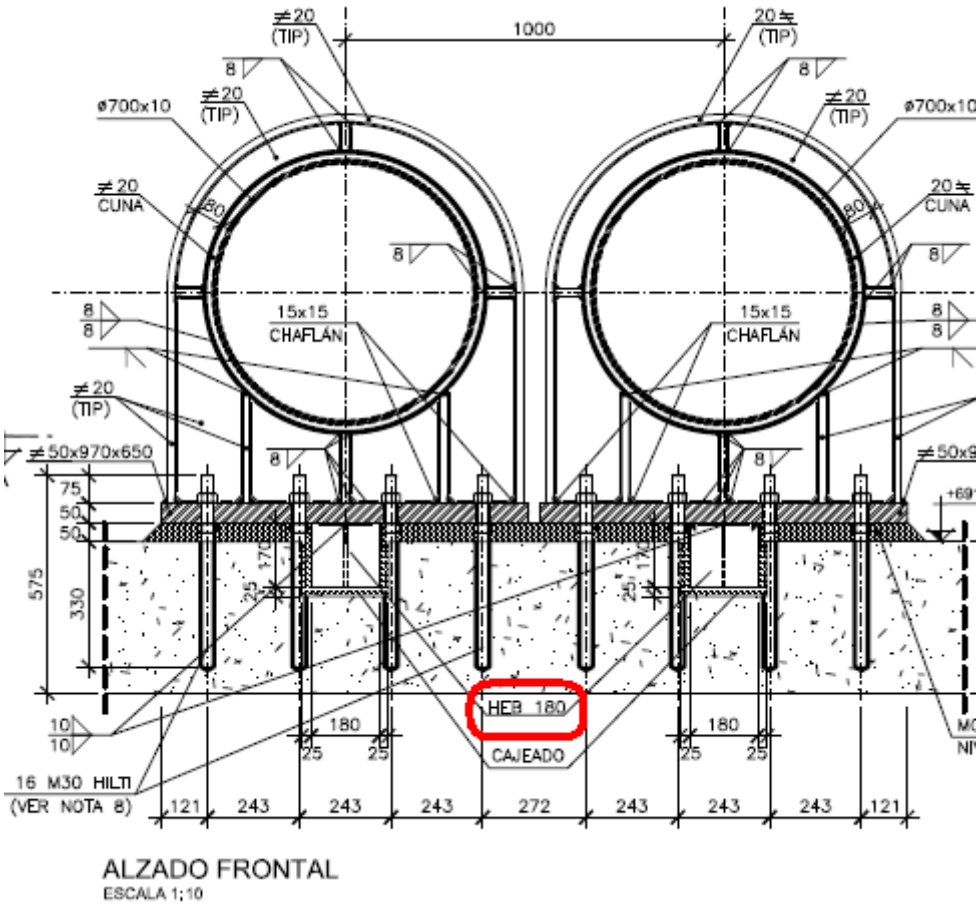


3.5.- LLAVE DE CORTANTE

Se ha comprobado la llave de cortante para el caso de cortante máximo en los apoyos. El cortante máximo tiene lugar en los apoyos del Detalle 2, y tiene un valor VEd = 403.7 kN.

Se divide la comprobación entre las llaves formadas por un HEB180 (DETALLES tipo 1, 2, 12, 16; dimensiona el DETALLE 2) y las llaves formadas por una chapa de 160mmx170mmx50mm (resto de detalles).

3.5.1.- COMPROBACIÓN LLAVE HEB180



LC	NR	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz	V TOT
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]
112	70	386.70	115.80	62.30	64.73	216.17	0.00	403.67

Colocando un perfil HEB180, en sentido longitudinal, tenemos:

Mpl = fy Wpl,y/1.875/1000000 = 220·482·1000/1.875/1000000 = 56.55 kN·m

Msd,long = VEd·(0.5·h+tgrout) = 386.7·(0.5·120+50)/1000 =42.5 kN·m

R.A. = 0.75

En la otra dirección, transversal, el momento plástico es mayor (eje fuerte), y el Msd resulta menor (el cortante es de 115.8 kN), por lo que queda comprobado.

Quedando dimensionada la llave de cortante.

3.5.2.- COMPROBACIÓN HORMIGÓN HEB180

En la dirección longitudinal de la tubería:

σc = VEd/Allave = 386.7/(0,180·0,120)/1000/2 = 9,35 N/mm2

fcd = 0,85·fck/1,5 = 0,85·25/1,5 = 14,166 kNm

En dirección transversal a la tubería:

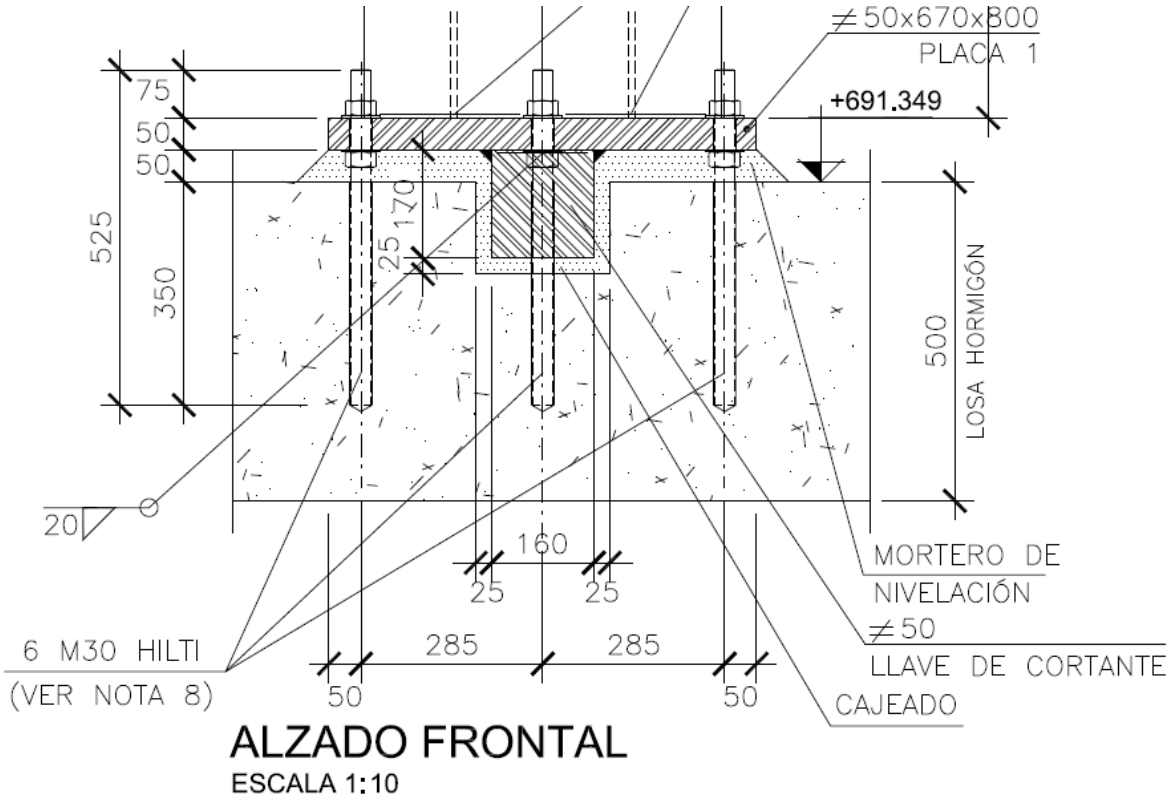
σc = VEd/Allave = 115.8/(0,180·0,120)/1000 = 5,36 N/mm2

fcd = 0,85·fck/1,5 = 0,85·25/1,5 = 14,166 kNm

Quedando comprobada la compresión en el hormigón.

3.5.3.- COMPROBACIÓN LLAVE CHAPA

El cortante máximo para el resto de detalles corresponde al DETALLE 13:



LC	NR	Px	Py	Pz	Mx	My	Mz
[adim]	[adim]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
115	136	74.1	-9.2	7.8	-25.8	207.5	0

Se coloca una chapa de 160mm de ancho, 170mm de alto (50mm son de grout) y 50mm de espesor. En dirección longitudinal, tenemos:

Mpl = fy·b·t^2/1.875/4/1000000 = 220·160·50^2/1.875/4/1000000 = 11.73 kN·m

Msd,long = VEd·(0.5·h+tgrout) = 74.1·(0.5·120+50)/1000 =8.151 kN·m

R.A. = 0.70

3.5.4.- COMPROBACIÓN HORMIGÓN CHAPA

En la dirección longitudinal de la tubería:

σc = VEd/Allave = 74.1/(0,160·0,120)/1000 = 3.86 N/mm2

fcd = 0,85·fck/1,5 = 0,85·25/1,5 = 14,166 kNm

En dirección transversal a la tubería:

σc = VEd/Allave = 9.2/(0,05·0,120)/1000 = 1.53 N/mm2

fcd = 0,85·fck/1,5 = 0,85·25/1,5 = 14,166 kNm

Quedando comprobada la compresión en el hormigón.

3.6.- COMPROBACIÓN UNIONES LPN

En los apoyos deslizantes longitudinales, que impiden movimientos transversales y verticales respecto al eje longitudinal de las tuberías, resulta necesario realizar una comprobación más detallada de la unión propuesta, al poder transmitir ésta el momento correspondiente al cortante transversal existente en el eje de la tubería.

Esto ocurre en los detalles 12, 16 y 17.

Se comprueba tanto la resistencia del menor perfil (LPN 80x12) como la resistencia de la soldadura.

3.6.1.- DETALLE 12

CARACTERÍSTICAS SECCIÓN ARMADA

My (long)

Ancho	=	**1771**	[mm]				
A	=	24120	[mm2]	Mz (transv)			
Itot	=	53604000	[mm4]	Itot	=	734260360	[mm4]
Ancho chapa	=	**2240**	[mm]				

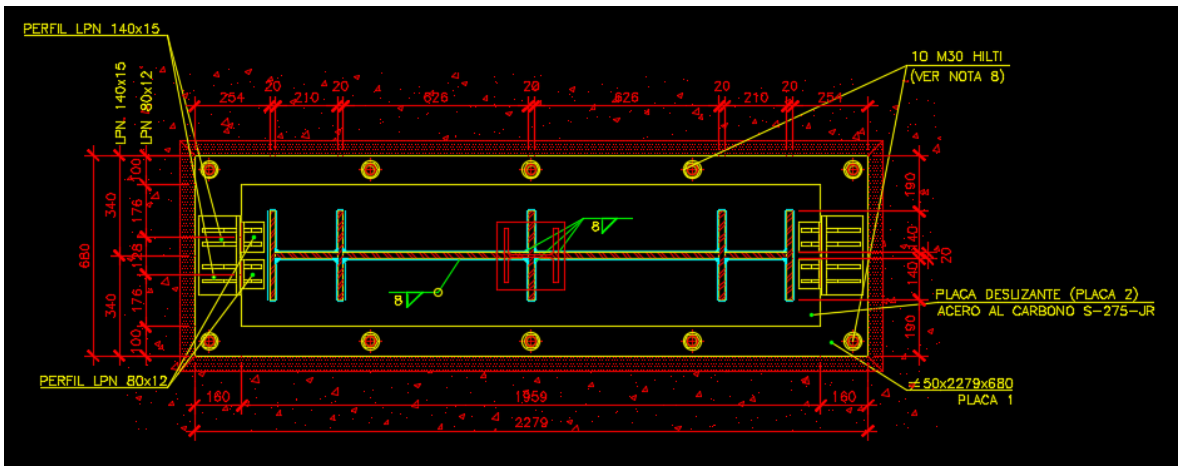
Axil compresión

N_{Sd}	=	**0**	[kN]	
N_{Sd}	=	**0**	[N]	
M_{Sd}	=	**271.8**	[kN·m]	
M_{Sd}	=	**271800000**	[N·mm]	
y	=	**885.5**	[mm]	
$\sigma_{max,compr}$	=	327.8	[MPa]	
$\sigma_{max,tracc}$	=	327.8	[MPa]	
Fibra neutra	=	885.5	[mm]	Desde el lado traccionado de la sección armada
F.n. desde chapa	=	1120.0	[mm]	Desde el final de la chapa deslizante
h	=	529.7	[mm]	
a	=	590.3	[mm]	
b	=	1093.3	[mm]	

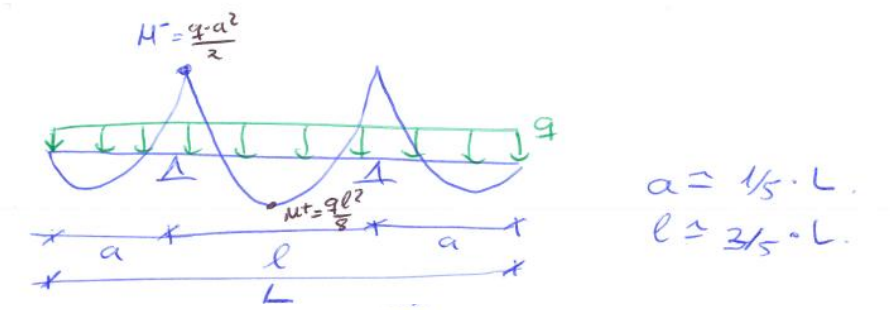
Sistema

C-T	=	N_{Sd}
T·b + C·a	=	M_{Sd}

T	=	**161.4**	[kN]
C	=	**161.4**	[kN]



Se colocan rigidizadores, de forma que la ley de momentos a lo largo del angular es la siguiente:



Resistencia del perfil

Apoyo doble

n	=	2	[adim]
LPN 80x12x100			
t	=	12	[mm]
a	=	80	[mm]
b	=	100	[mm]
Posición chapa			
a	=	26	[mm]
l	=	48	[mm]
q	=	T/(a·b)	Tracción distribuida en el área de apoyo del angular
q	=	10089.6	[kN/m2]
Mmax-	=	$q \cdot a^2/2$	
Mmax-	=	3.41	[kN·m/m]
Mmax+	=	$q \cdot l^2/8$	
Mmax+	=	2.91	[kN·m/m]
γ	=	1.35	[adim]
M_{Rd}	=	$t^2 \cdot fy/4 \cdot \gamma$	
M_{Rd}	=	5.87	[kN·m/m]
M_{Rd}	<	Mmax	**OK**

Soldadura

Método direccional Eurocódigo EN 1993-1-8 : 2005

nº cordones	=	**4**	[adim]	
V/cordón	=	40.36	[kN]	
M	=	1.08	[kN·m]	
f_u	=	**400**	[N/mm^2]	Del lado de la seguridad para AISI 316L
γ_{M2}	=	**1.25**	[adim]	
β_w	=	**0.9**	[adim]	
tw	=	**10**	[mm]	
h	=	**75**	[mm]	Longitud de la soldadura

$r_{\tau ll}$	=	V/h	[kN/m]
$r_{\tau ll}$	=	538.1	[kN/m]
$r_{\sigma total}$	=	$6 \cdot M/h^2$	
$r_{\sigma total}$	=	1148.0	[kN/m]
$r_{\sigma perp}$	=	811.7	[kN/m]
$r_{\tau perp}$	=	811.7	[kN/m]

$[\sigma_\perp^2 + 3\,(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} \le f_u / (\beta_w\,\gamma_{M2})$ and $\sigma_\perp \le 0.9\,f_u / \gamma_{M2}$

σ_{perp}	=	$r_{\sigma perp}/(t_w \cdot \cos(45))$	
σ_{perp}	=	114.8	
τ_{perp}	=	$r_{\tau perp}/(t_w \cdot \cos(45))$	
τ_{perp}	=	114.8	
τ_{ll}	=	$r_{\tau ll}/(t_w \cdot \cos(45))$	
τ_{ll}	=	76.1	

$f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	=	355.6	[N/mm^2]	
$[\sigma_\perp^2 + 3\,(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5}$	=	264.7	[N/mm^2]	
264.7	<	355.6	OK	

$\sigma_\perp \le 0.9\,f_u / \gamma_{M2}$

$0.9 \cdot f_u/\gamma_{M2}$	=	288	[N/mm^2]	
σ_{perp}	=	114.8	[N/mm^2]	
114.8	<	288.0	OK	

3.6.2.- DETALLE 16

CARACTERÍSTICAS SECCIÓN ARMADA

My (long)

Ancho	=	**606**	[mm]				
A	=	24120	[mm2]	Mz (transv)			
Itot	=	53604000	[mm4]	Itot	=	734260360	[mm4]
Ancho chapa	=	**796**	[mm]				

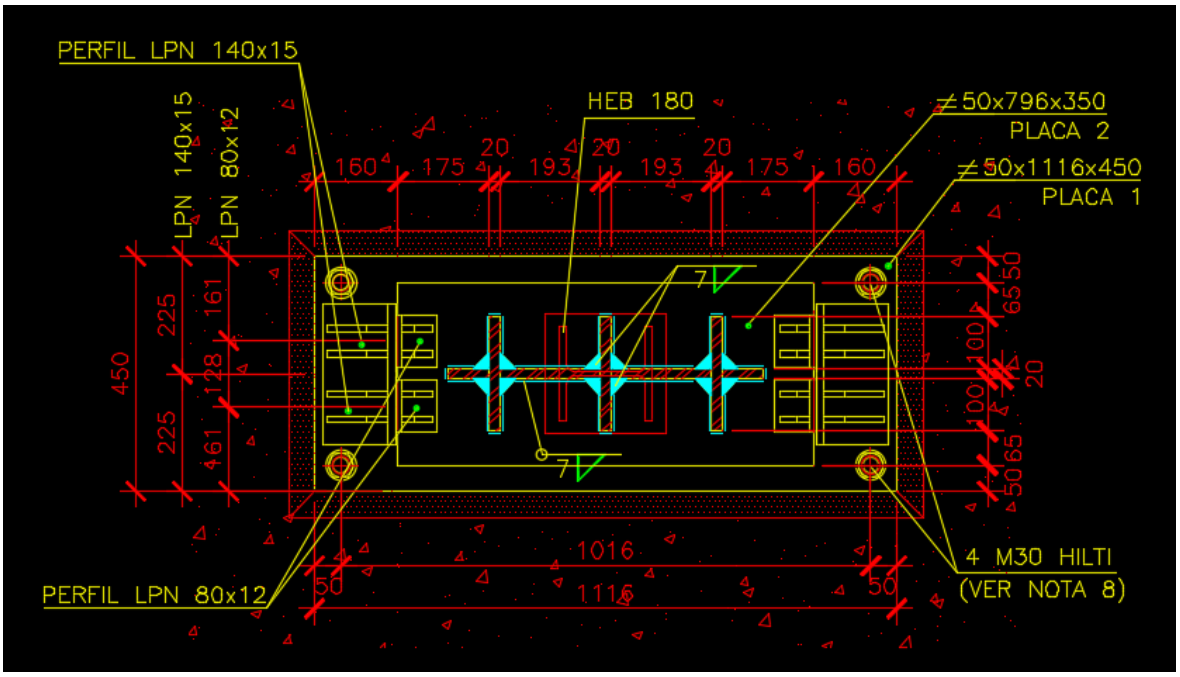
Axil compresión

N_{Sd}	=	**0**	[kN]	
N_{Sd}	=	**0**	[N]	
M_{Sd}	=	**119.6**	[kN·m]	
M_{Sd}	=	**119600000**	[N·mm]	
y	=	**303**	[mm]	
$\sigma_{max,compr}$	=	49.4	[MPa]	
$\sigma_{max,tracc}$	=	49.4	[MPa]	
Fibra neutra	=	303.0	[mm]	Desde el lado traccionado de la sección armada
F.n. desde chapa	=	398.0	[mm]	Desde el final de la chapa deslizante
h	=	196.0	[mm]	
a	=	202.0	[mm]	
b	=	371.3	[mm]	

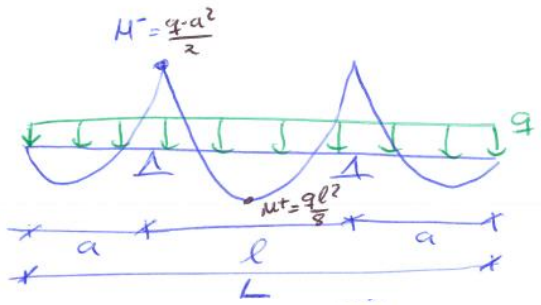
Sistema

C-T	=	N_{Sd}
T·b + C·a	=	M_{Sd}

T	=	**208.6**	[kN]
C	=	**208.6**	[kN]



Se colocan rigidizadores, de forma que la ley de momentos a lo largo del angular es la siguiente:



$a \simeq 1/5 \cdot L$

$l \simeq 3/5 \cdot L$

Resistencia del perfil

Apoyo doble

n	=	2	[adim]
LPN 80x12x100			
t	=	12	[mm]
a	=	80	[mm]
b	=	100	[mm]
Posición chapa			
a	=	26	[mm]
l	=	48	[mm]
q	=	T/(a·b)	Tracción distribuida en el área de apoyo del angular
q	=	13037.8	[kN/m2]
Mmax-	=	$q \cdot a^2/2$	
Mmax-	=	4.41	[kN·m/m]
Mmax+	=	$q \cdot l^2/8$	
Mmax+	=	3.75	[kN·m/m]
γ	=	1.35	[adim]
M_{Rd}	=	$t^2 \cdot fy/4 \cdot \gamma$	
M_{Rd}	=	5.87	[kN·m/m]
M_{Rd}	<	Mmax	**OK**

Soldadura

Método direccional Eurocódigo EN 1993-1-8 : 2005

nº cordones	=	**4**	[adim]	
V/cordón	=	52.15	[kN]	
M	=	1.39	[kN·m]	
f_u	=	**400**	[N/mm^2]	Del lado de la seguridad para AISI 316L
γ_{M2}	=	**1.25**	[adim]	
β_w	=	**0.9**	[adim]	
tw	=	**10**	[mm]	
h	=	**75**	[mm]	Longitud de la soldadura

$r_{\tau ll}$	=	V/h	[kN/m]	
$r_{\tau ll}$	=	695.3	[kN/m]	
$r_{\sigma total}$	=	$6 \cdot M/h^2$		
$r_{\sigma total}$	=	1483.4	[kN/m]	
$r_{\sigma perp}$	=	1048.9	[kN/m]	
$r_{\tau perp}$	=	1048.9	[kN/m]	

$$[\sigma_\perp{}^2 + 3\,(\tau_\perp{}^2 + \tau_\parallel{}^2)]^{0,5} \le f_u / (\beta_w\,\gamma_{M2}) \quad \text{and} \quad \sigma_\perp \le 0.9\,f_u / \gamma_{M2}$$

σ_{perp}	=	$r_{\sigma perp}/(t_w \cdot \cos(45))$		
σ_{perp}	=	148.3		
τ_{perp}	=	$r_{\tau perp}/(t_w \cdot \cos(45))$		
τ_{perp}	=	148.3		
τ_{ll}	=	$r_{\tau ll}/(t_w \cdot \cos(45))$		
τ_{ll}	=	98.3		

$f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	=	355.6	[N/mm^2]	
$[\sigma_\perp{}^2 + 3\,(\tau_\perp{}^2 + \tau_\parallel{}^2)]^{0,5}$	=	342.1	[N/mm^2]	
342.1	<	355.6	OK	

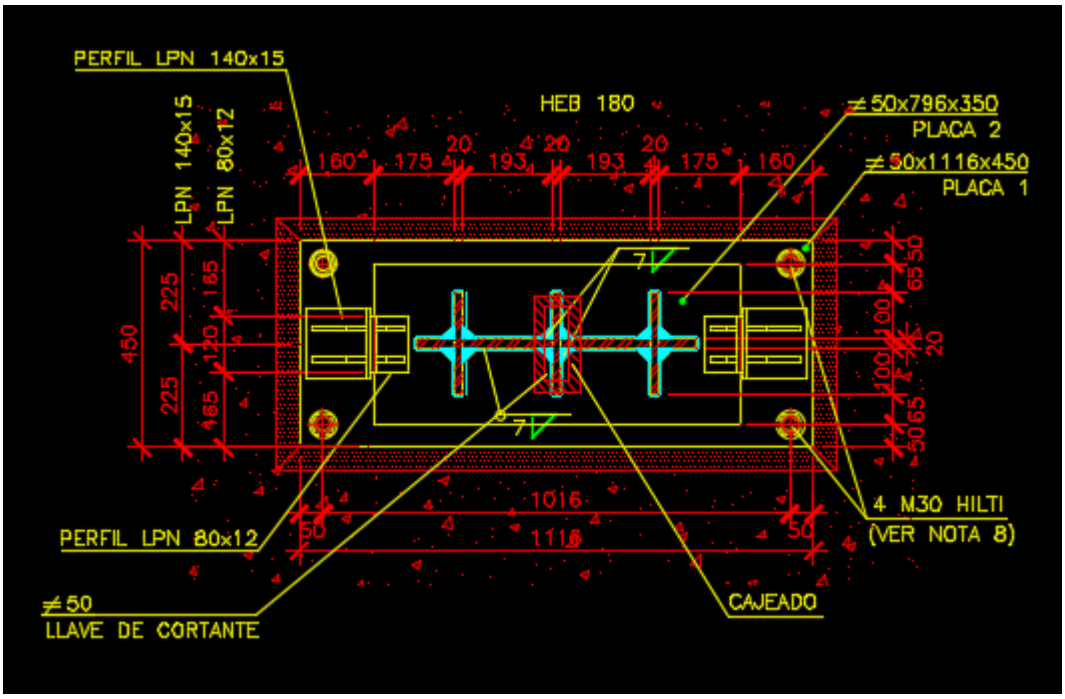
$$\sigma_\perp \le 0.9\,f_u / \gamma_{M2}$$

$0.9 \cdot f_u/\gamma_{M2}$	=	288	[N/mm^2]	
σ_{perp}	=	148.3	[N/mm^2]	
148.3	<	288.0	OK	

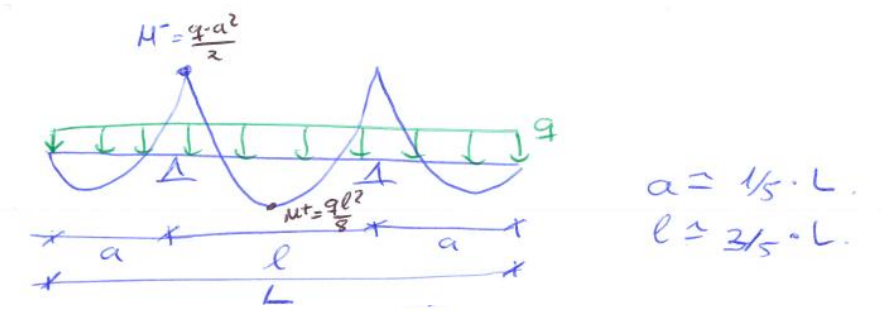
3.6.3.- DETALLE 17

CARACTERÍSTICAS SECCIÓN ARMADA

My (long)							
Ancho	=	**606**	[mm]				
A	=	24120	[mm2]	Mz (transv)			
Itot	=	53604000	[mm4]	Itot	=	734260360	[mm4]
Ancho chapa	=	**796**	[mm]				
Axil compresión							
N_{Sd}	=	**0**	[kN]				
N_{Sd}	=	**0**	[N]				
M_{Sd}	=	**24.7**	[kN·m]				
M_{Sd}	=	**24700000**	[N·mm]				
y	=	**303**	[mm]				
$\sigma_{max,compr}$	=	10.2	[MPa]				
$\sigma_{max,tracc}$	=	10.2	[MPa]				
Fibra neutra	=	303.0	[mm]	Desde el lado traccionado de la sección armada			
F.n. desde chapa	=	398.0	[mm]	Desde el final de la chapa deslizante			
h	=	196.0	[mm]				
a	=	202.0	[mm]				
b	=	371.3	[mm]				
Sistema							
C-T	=	N_{Sd}					
T·b + C·a	=	M_{Sd}					
T	=	**43.1**	[kN]				
C	=	**43.1**	[kN]				



Se colocan rigidizadores, de forma que la ley de momentos a lo largo del angular es la siguiente:



Resistencia del perfil

Apoyo único

n	=	1	[adim]
LPN 80x12x100			
t	=	12	[mm]
a	=	80	[mm]
b	=	120	[mm]
Posición chapa			
a	=	26	[mm]
l	=	48	[mm]
q	=	T/(a·b)	Tracción distribuida en el área de apoyo del angular
q	=	4487.6	[kN/m2]
Mmax-	=	$q \cdot a^2/2$	
Mmax-	=	1.52	[kN·m/m]
Mmax+	=	$q \cdot l^2/8$	
Mmax+	=	1.29	[kN·m/m]
γ	=	1.35	[adim]
M_{Rd}	=	$t^2 \cdot fy/4 \cdot \gamma$	
M_{Rd}	=	5.87	[kN·m/m]
M_{Rd}	<	Mmax	**OK**

Soldadura

Método direccional Eurocódigo EN 1993-1-8 : 2005

nº cordones	=	**2**	[adim]	
V/cordón	=	21.54	[kN]	
M	=	0.57	[kN·m]	
f_u	=	**400**	[N/mm^2]	Del lado de la seguridad para AISI 316L
γ_{M2}	=	**1.25**	[adim]	
β_w	=	**0.9**	[adim]	
tw	=	**10**	[mm]	
h	=	**75**	[mm]	Longitud de la soldadura

$r_{\tau ll}$	=	V/h	[kN/m]	
$r_{\tau ll}$	=	287.2	[kN/m]	
$r_{\sigma total}$	=	$6 \cdot M/h^2$		
$r_{\sigma total}$	=	612.7	[kN/m]	
$r_{\sigma perp}$	=	433.3	[kN/m]	
$r_{\tau perp}$	=	433.3	[kN/m]	

$[\sigma_\perp^2 + 3\,(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} \le f_u / (\beta_w\,\gamma_{M2})$ and $\sigma_\perp \le 0.9\,f_u / \gamma_{M2}$

σ_{perp}	=	$r_{\sigma perp}/(t_w \cdot \cos(45))$		
σ_{perp}	=	61.3		
τ_{perp}	=	$r_{\tau perp}/(t_w \cdot \cos(45))$		
τ_{perp}	=	61.3		
τ_{ll}	=	$r_{\tau ll}/(t_w \cdot \cos(45))$		
τ_{ll}	=	40.6		

$f_u/(\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	=	355.6	[N/mm^2]	
$[\sigma_\perp^2 + 3\,(\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5}$	=	141.3	[N/mm^2]	
141.3	<	355.6	OK	

$\sigma_\perp \le 0.9\,f_u / \gamma_{M2}$

$0.9 \cdot f_u/\gamma_{M2}$	=	288	[N/mm^2]	
σ_{perp}	=	61.3	[N/mm^2]	
61.3	<	288.0	OK	