

ANEJO Nº 2.1: ESTACIÓN DE BOMBEO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA	3
3. MATERIALES	4
4. CARGAS	5
5. COMBINACIÓN DE ACCIONES	9
6. MODELO DE CÁLCULO	10
7. VERIFICACIONES ESTRUCTURALES	13
8. VERIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIMENTACIÓN	36

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto la justificación de la solución estructural adoptada para la estación de bombeo ubicada en el paraje de la Cova Negra, que recoge el agua del canal adyacente de Bellús, y que la impulsa a través de tuberías de presión hacia la red de cañones de agua antiincendios.

Se trata de una planta soterrada de hormigón armado con una pequeña caseta de acceso al nivel del terreno, desde donde se desciende a la sala a través de una escalera también de hormigón. Las paredes laterales las constituyen los muros de contención de tierras. De particular relevancia es el detalle de entronque al canal de Bellús.

La estructura se completa interiormente con otros 2 muros de hormigón armado para la formación de la cámara de succión que recoge el agua capturada del canal, y que permite el posterior bombeo. Por último, una serie de pilares permiten el soporte de las losas.

Dado el nivel moderado de las cargas transmitidas al terreno, se opta por una cimentación superficial formada por una losa de hormigón.

En el presente documento se abordará la justificación de la solución estructural final tras los cambios realizados respecto al proyecto original para adaptarse a la realidad de la obra. Los cambios son debidos principalmente a la tipología y posición real del canal de Bellús encontrada tras las labores de excavación, por tratarse de una tubería metálica frente al canal de hormigón que se presuponía inicialmente. La posición real de la tubería ha obligado a modificar ligeramente la geometría de la cámara de succión.

Además se ha optado por una solución de techo de placas alveolares sobre dicha cámara para permitir una fácil ejecución sin encofrado, tras el desmontaje del tramo de tubería recayente dentro de la cámara de succión.

Por último, se decide la modificación del casetón de acceso y la escalera para permitir la ubicación de unas trampillas de 3x1m que permitan la sustitución de las bombas de impulsión ante eventuales averías.

2. NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

El diseño de la sala subterránea se ha llevado a cabo de acuerdo con la normativa española aplicable.

Normativa Española utilizada

- [1] EHE-08: Instrucción de Hormigón Estructural.
- [2] Documento Básico SE. Seguridad Estructural
- [3] Documento Básico SE-AE. Acciones en la edificación
- [4] Documento Básico SE-C. Cimientos

3. MATERIALES

De acuerdo con lo indicado en los correspondientes planos, se describen aquí las características de los materiales utilizados en el diseño de la sala.

Hormigón estructural (EHE-08)

1 - Cimentación, Muros, Losas de techo: HA-25/B/20/IIa Hormigón hidrófugo

2 - Pilares, Escalera, Techo de casetón de acceso: HA-25/B/20/IIa

Coeficiente de seg. del material: $\gamma_m = 1.5$

Acero de armaduras pasivas B-500S (EHE-08)

Límite elástico (f_y): 500 N/mm²

Carga unitaria de rotura (f_s): 550 N/mm²

Coef. de seguridad del material $\gamma_s := 1.15$

4. CARGAS

4.1. *Peso propio*

Esta carga representa el peso de todo el hormigón armado ($\gamma_c = 25 \text{ KN/m}^3$).

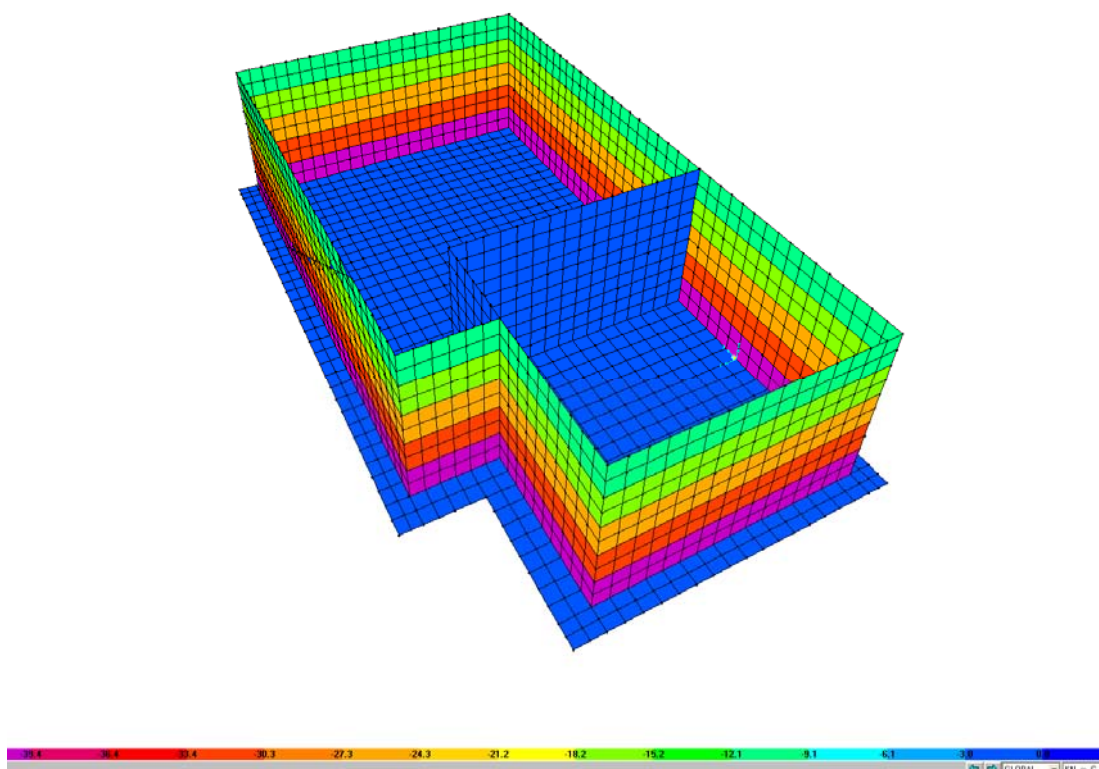
4.2. *Empuje de Tierras*

Se ha considerado el empuje de tierras sobre los muros soterrados de la sala, según el siguiente coeficiente de empuje:

$K_0 = 0,5$ Coeficiente de empuje al reposo

Y una densidad del terreno de 20 KN/m^3 .

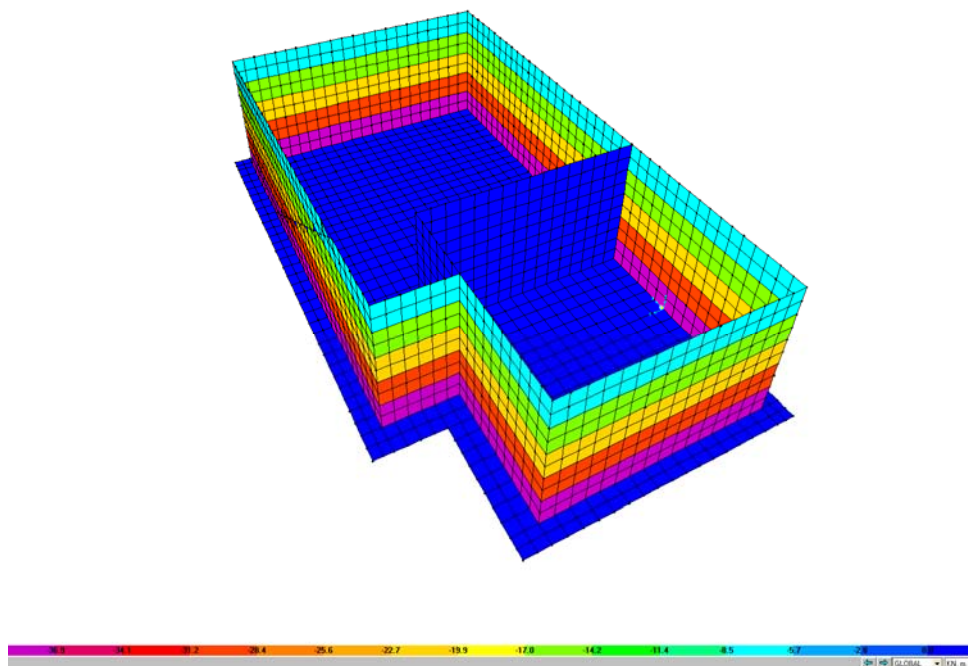
Para el cálculo de los empujes, a la altura de tierras se le añade una sobrecarga de uso de 5 KN/m^2 .



4.3. Empuje hidrostático

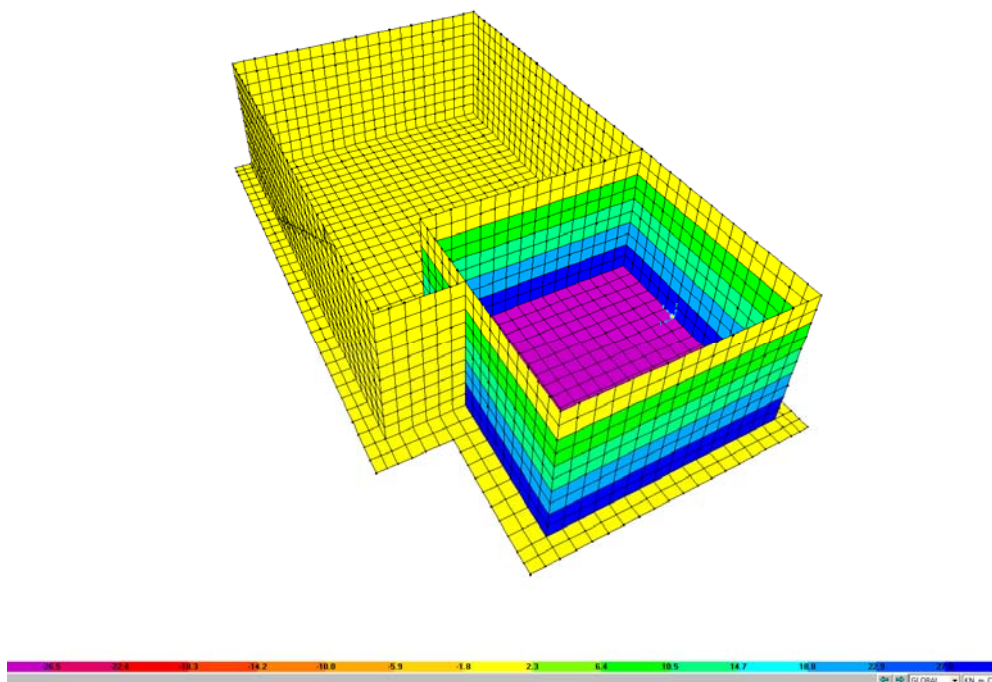
a) Muros de contención:

Se asume la saturación completa del terreno, y por tanto se aplicará un empuje hidrostático con origen a la cota superior del terreno.



b) Depósito interior:

Se considerarán las situaciones extremas de depósito lleno (altura de agua de 2,65 m) y vacío, para determinar los empujes sobre los muros y el peso sobre la cimentación.



4.4. Carga Muerta

- a) Tierras sobre el techo:

Se considera un paquete de terreno y acabados de 50 cm, asumiéndose una densidad media del conjunto de 20 KN/m³. Con lo que se aplica el siguiente valor de carga:

$$0,5 \times 20 = 10 \text{ KN/m}^2$$

- b) Peldañado de la escalera:

Suponiendo un peldañado ejecutado con hormigón, se obtendrá un valor conservador:

$$1,85 \text{ KN/m}^2$$

- c) Tabiques de ladrillo del casetón de acceso:

Se adopta un peso de valor:

$$2 \text{ KN/m}^2$$

- d) Pavimento sobre el techo del casetón de acceso:

Se adopta un peso de valor:

$$1 \text{ KN/m}^2$$

4.5. Sobrecargas de Uso

- a) Sobre la losa de techo: 5 KN/m²
- b) Sobre el techo del casetón de acceso: 2 KN/m² (por mantenimiento)
- c) Sobre la cimentación y la escalera: 5 KN/m² (por equipos de instalaciones y uso)
- d) Sobrecarga puntual de 100 kN por vehículo pesado sobre la losa de techo. No simultánea con la sobrecarga distribuida de 5 KN/m²

4.6. Viento

Sobre las paredes y el techo inclinado del casetón de acceso, se supondrá de forma conservadora que actúa la siguiente presión de viento, en las 2 direcciones ortogonales horizontales:

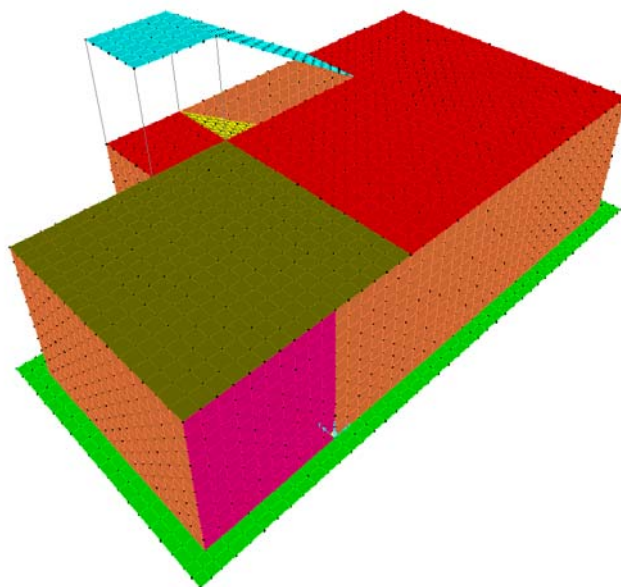
$$1 \text{ KN/m}^2$$

5. COMBINACIÓN DE ACCIONES

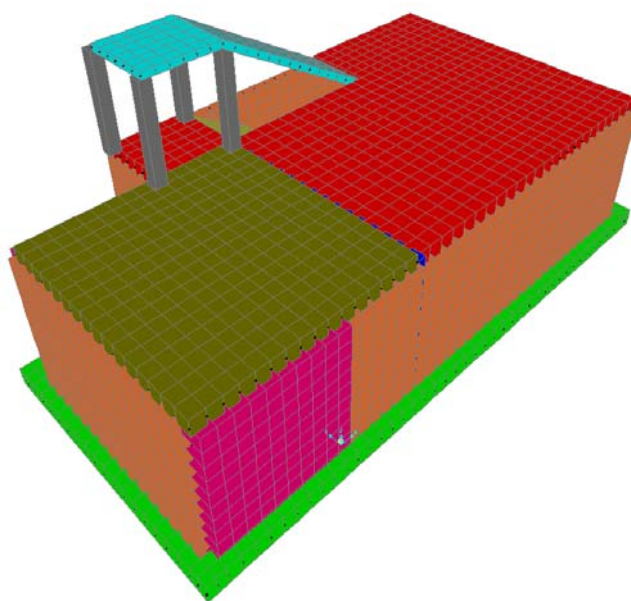
Estado Límite Último

	PP	C_MUERTA	SC	SC_puntual	E_TIERRA	E_AGUA_EXT	DEPOSITO	VTO_X	VTO_Y
ELU1	1.35	1.35	1.5		1.5	1.5	1.5	-0.9	
ELU2	1.35	1.35	1.5		1.5	1.5	1.5		0.9
ELU3	1.35	1.35	1.5		1.5	1.5		-0.9	
ELU4	1.35	1.35	1.5		1.5	1.5			0.9
ELU5	1	1			1	1		-1.5	
ELU6	1	1			1	1			1.5
ELU7	1.35	1.35			1.5	1.5	1.5	-0.9	
ELU8	1.35	1.35			1.5	1.5	1.5		0.9
ELU9	1.35	1.35		1.5	1.5	1.5	1.5	-0.9	
ELU10	1.35	1.35		1.5	1.5	1.5	1.5		0.9

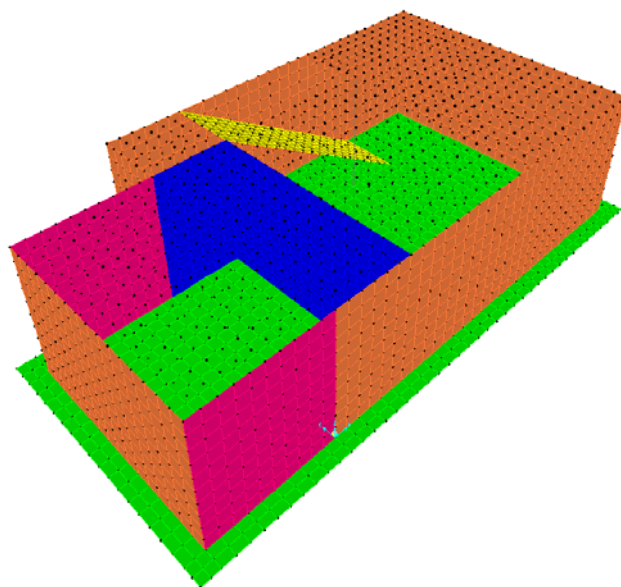
6. MODELO DE CÁLCULO



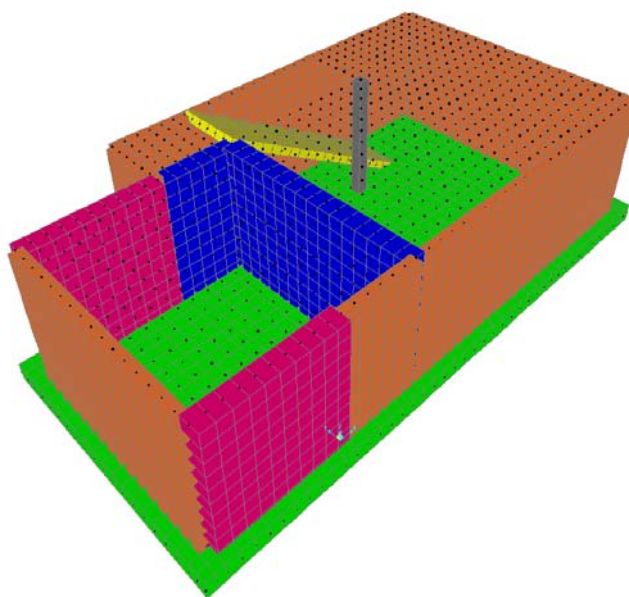
Vista general del modelo de elementos finitos



Vista renderizada del modelo de elementos finitos



Vista interior del modelo de elementos finitos



Vista interior renderizada del modelo de elementos finitos

Interacción suelo-estructura:

Se modelizará mediante el coeficiente de balasto.

Tabla 13.4.1. Valores del módulo de elasticidad E y coeficiente de balasto K_{s1}

TIPO DE SUELO	Módulo de elasticidad E(kp/cm ²)	Coeficiente de balasto Placa de 1 pie ² K_{s1} (kp/cm ³)
** Suelo fangoso	11,00 a 33,00	0,50 a 1,50
* Arena seca o húmeda, suelta (N_{SPT} de 3 a 9)	0,16H a 0,48H	1,20 a 3,60
* Arena seca o húmeda, media (N_{SPT} de 9 a 30)	0,48H a 1,60H	3,60 a 12,00
* Arena seca o húmeda, densa (N_{SPT} de 30 a 50)	1,60H a 3,20H	12,00 a 24,00
* Grava fina con arena fina	1,07H a 1,33H	8,00 a 10,00
* Grava media con arena fina	1,33H a 1,60H	10,00 a 12,00
* Grava media con arena gruesa	1,60H a 2,00H	12,00 a 15,00
* Grava gruesa con arena gruesa	2,00H a 2,66H	15,00 a 20,00
* Grava gruesa firmemente estratificada	2,66H a 5,32H	20,00 a 40,00
** Arcilla blanda (q_u entre 0,25 a 0,50 kp/cm ²)	15 a 30	0,65 a 1,30
** Arcilla media (q_u entre 0,50 a 2,00 kp/cm ²)	30 a 90	1,30 a 4,00
** Arcilla compacta (q_u entre 2,00 a 4,00 kp/cm ²)	90 a 180	4,00 a 8,00
Arcilla margosa dura (q_u entre 4,00 a 10,00 kp/cm ²)	180 a 480	8,00 a 21,00
Marga arenosa rígida	480 a 1000	21,00 a 44,00
Arena de miga y tosco	500 a 2500	22 a 110
Marga	500 a 50000	22 a 2200
Caliza margosa alterada	3500 a 5000	150 a 220
Caliza sana	20000 a 800000	885 a 36000
Granito meteorizado	700 a 200000	30 a 9000
Granito sano	40000 a 800000	1700 a 3600

En base a experiencia en coeficientes de balasto deducidos durante prospecciones geotécnicas en estructuras enterradas de dimensiones similares en terrenos arcillosos, se adopta como coeficiente de balasto global el siguiente valor:

$$K_s = 5000 \text{ KN/m}^3$$

El muelle total asociado a la cimentación (de área total $A = 14.4 \times 8.2 \text{ m}^2 - 1.65 \times 3 \text{ m}^2 = 113 \text{ m}^2$) se indica a continuación. Esta rigidez total del suelo se repartirá entre el total de nodos (1155) de la cimentación:

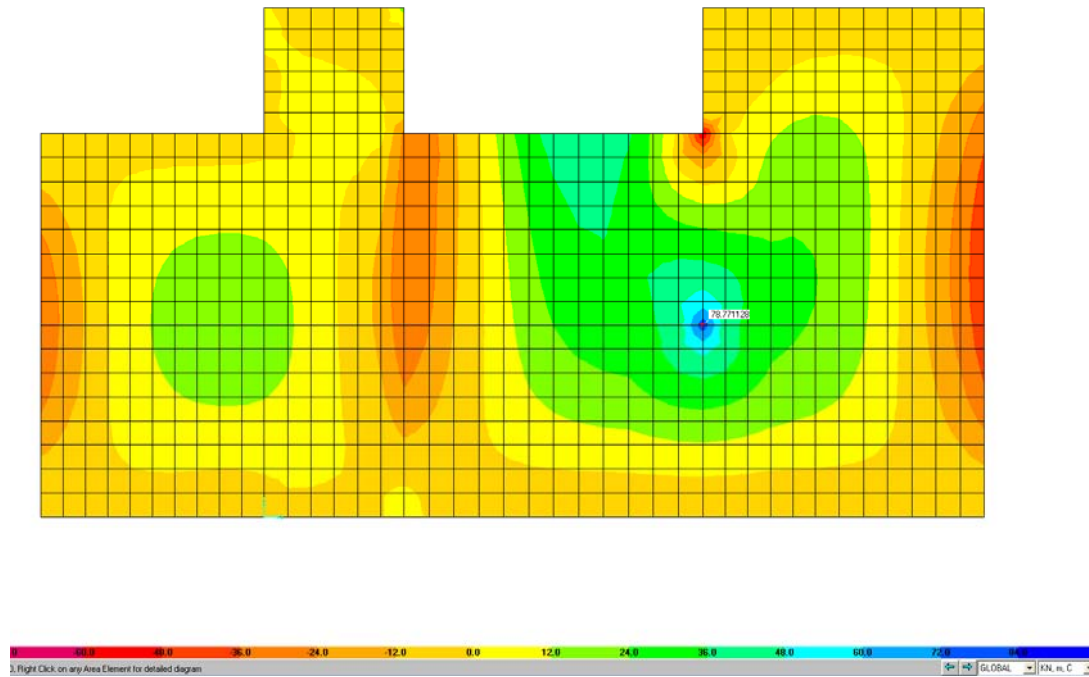
$$K_{z,muelle} = 5000 \times 113 / 1155 = 490 \text{ KN/m}$$

De manera conservadora, se adoptará una rigidez horizontal del 10% del valor anterior.

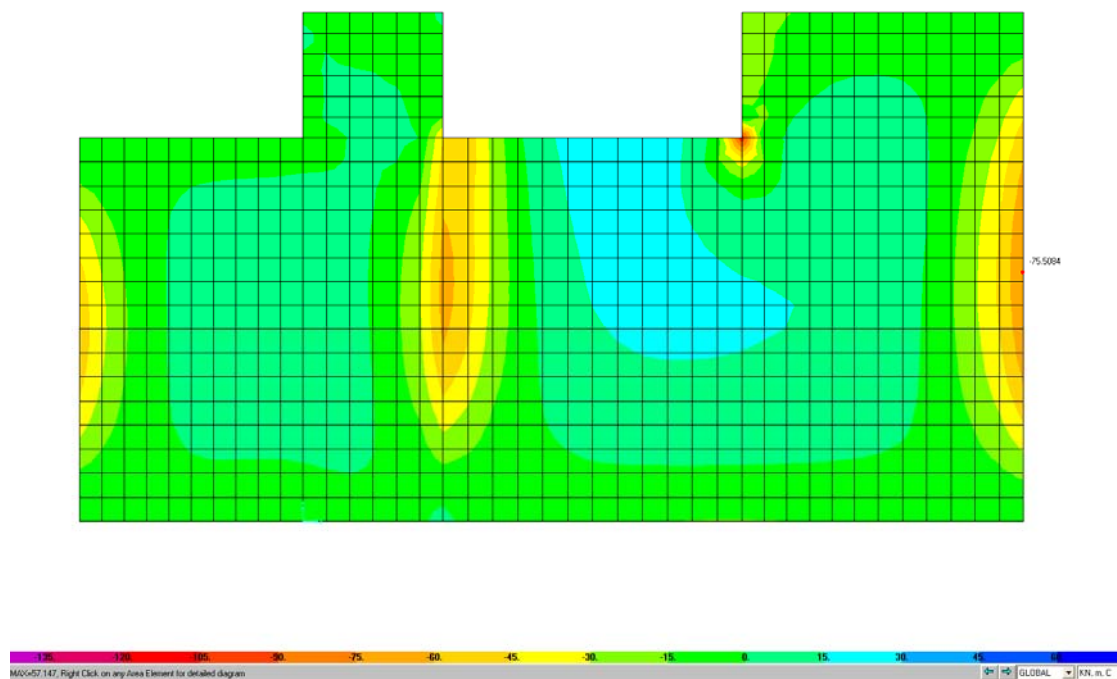
7. VERIFICACIONES ESTRUCTURALES

7.1. Losa de Techo

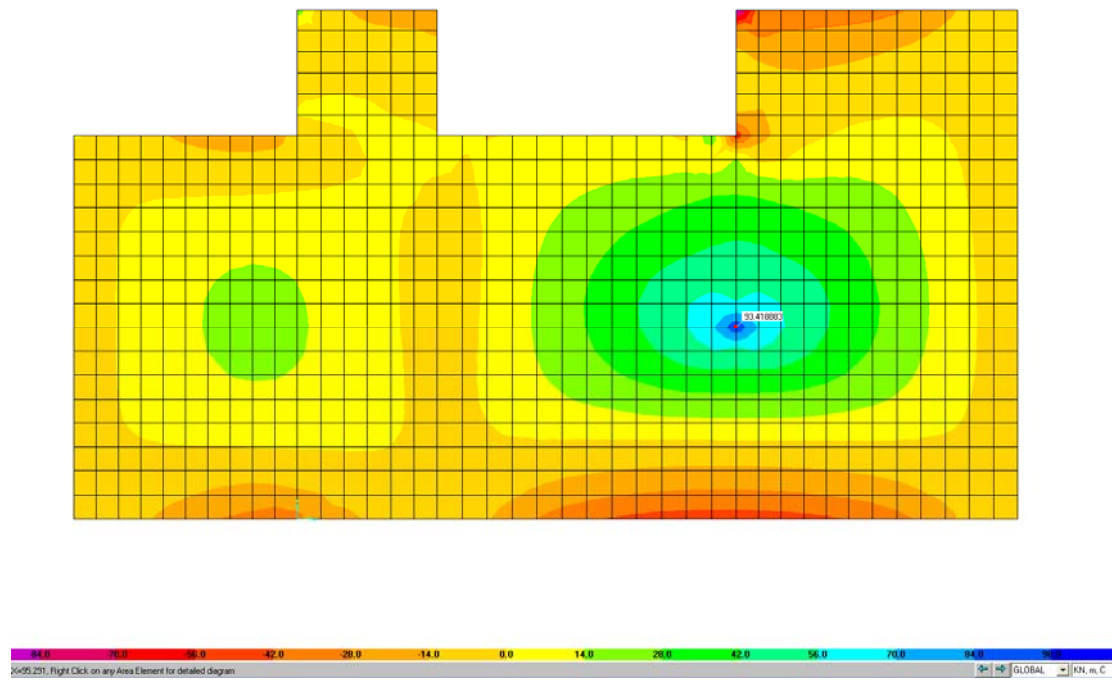
Armadura en dirección X. Envoltente ELU de $M_{11} +$ (KN·m/m)



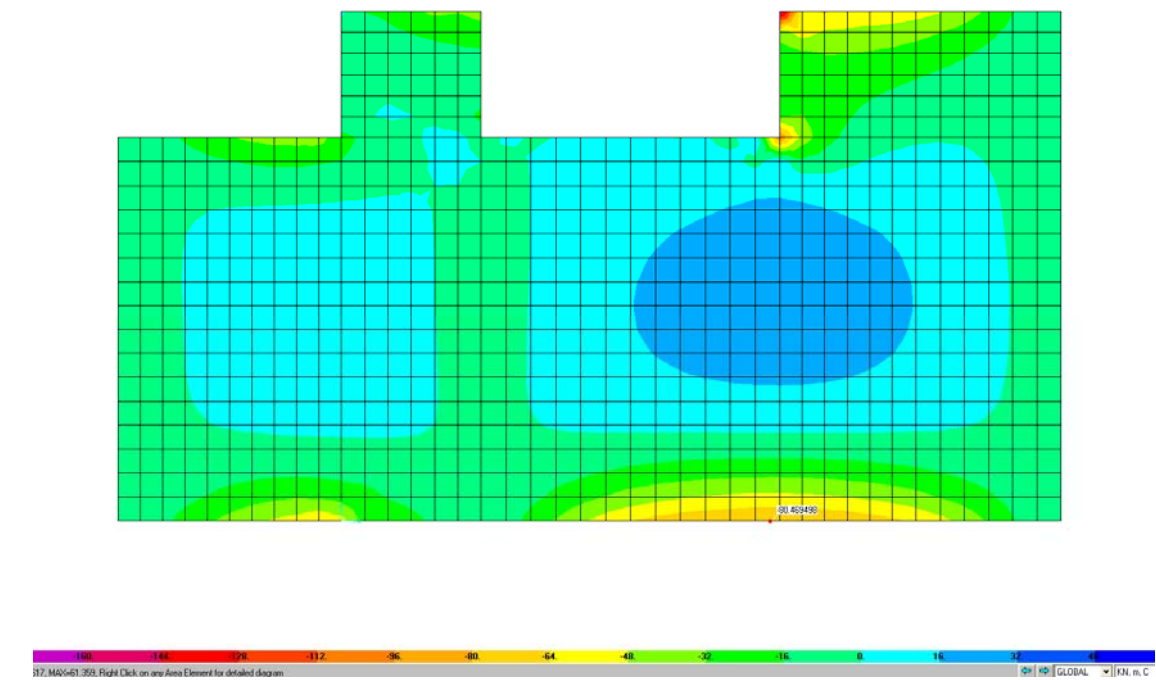
Armadura en dirección X. Envoltente ELU de $M_{11} -$ (KN·m/m)



Armadura en dirección Y. Envoltente ELU de M22 + (KN·m/m)



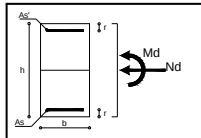
Armadura en dirección Y. Envoltente ELU de M22 - (KN·m/m)



Verificación de la armadura superior e inferior:

VERIFICACIÓN LOSA DE TECHO

DATOS												
h(cm)=	40				Nd(t)=	0	Preparado para:	fck(Mpa)=	25	fctk(Mpa)=	1.79547474	
r(cm)=	5.5				Md(t-m)=	9	Md > 0 (curv>0)	coef sueco=	1	fctm(Mpa)=	2.56496392	
b(cm)=	100				Vd(t)=	0		fck/coef(Mpa)=	25			
d(cm)=	34.5				Td(t-m)=	0		coef,c=	1.5			
elem. estructural:	losa							cansancio=	0.85			
DIMENSIONADO:	C							fcd(MPa)=	16.66667			
								fy(MPa)=	500			
								coef,s=	1.15			
								fyd(MPa)=	434.7826			
SOLICITACIONES NORMALES												
No,aprox=	566.66667		M1d(t-m)=	9		M2d(t-m)=	9	Xlim(cm)=	21.28161	>	.259d=	8.9355
								M1c(xlim)=	62.67931		M1c(+inf)=	82.1666667
								M2c(xlim)=	-7.26624		M2c(+inf)=	-82.1666667
ZONA C		ZONA B	NO ES B!!	ZONA D	NO ES D!!			alfa=	0.997068936			
x=	2.3667344	As,cal(cm2)=	7.14	As,cal(cm2)=	12.90			Asmin,mec(cm2)=	6.13			
As*σs (t)=	26.82299	As',cal(cm2)=	-7.1379	As',cal(cm2)=	-42.57			Asmin',mec(cm2)=	0.00			
As,cal(cm2)=	6.17	Asim =	7.14					ro,min=	0.0009			
ZONA E	#NUM!	ZONA F	NO ES F!!	ZONA A	#DIV/0!			ro',min=	0.0009			
x=	#NUM!	As,cal(cm2)=	-72.30	x=	#DIV/0!			Asmin,geo(cm2)=	3.60			
As*σs (t)=	#NUM!	As',cal(cm2)=	-58.0287	σc(kg/cm2)=	#DIV/0!			Asmin',geo(cm2)=	3.60			
As',cal(cm2)=	#NUM!	Asim =	-58.03									
As,cortante(cm2)=	0.00	¿Incr por cort?	NO									
As,torsión (cm2)=	0.00	¿Incr por tor?	NO									
As,cal,tot(cm2)=	6.17			As(cm2)=	6.17							
				As'(cm2)=	3.60							
RESULTADOS												
A. Longitudinal:										Cercos para cortante + torsión:		
As(cm2)=	D(mm)=	16	D(mm)=	7.5				As,tot(cm2/m)=	4.17			
6.17	n=	3.1	n=	14				s(cm)=	20			
								nº cercos (2 ramas)=	1			
As'(cm2)=	D'(mm)=	16	D'(mm)=	10.7				D(mm)=	10.3			
3.60	n'=	1.8	n'=	4								
caras laterales (por torsión)	D(mm)=	12	D'(mm)=	0.0								
			n'=	4								



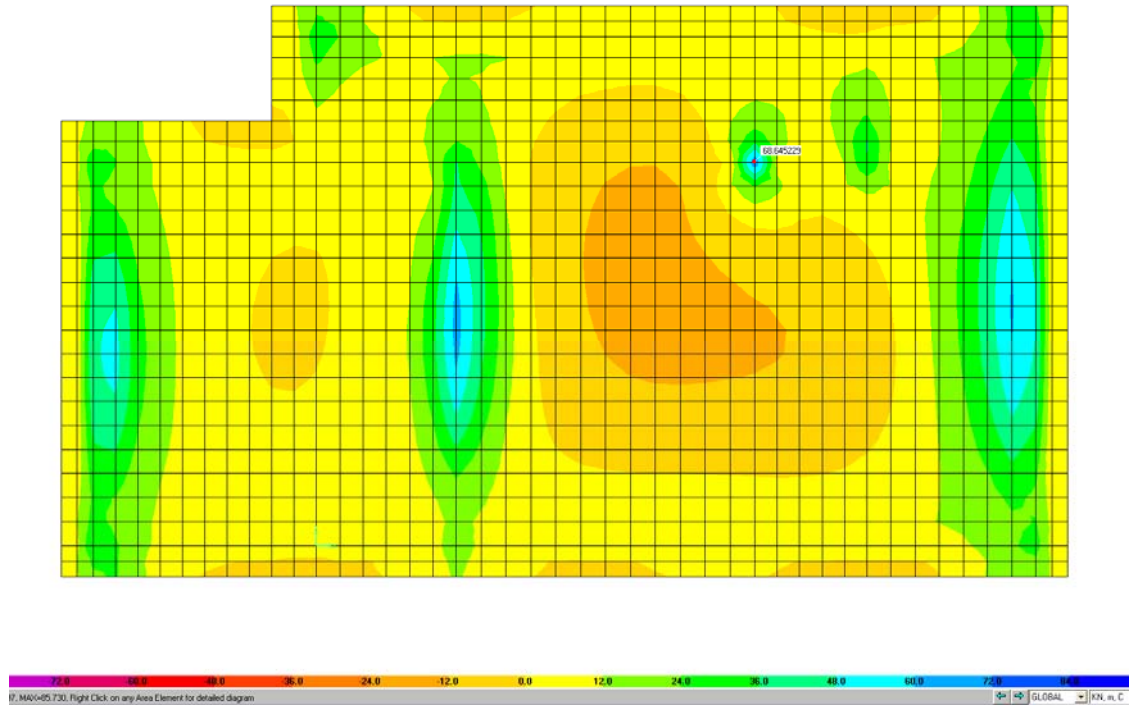
Verificación Punzonamiento del pilar central

Según EHE-08:

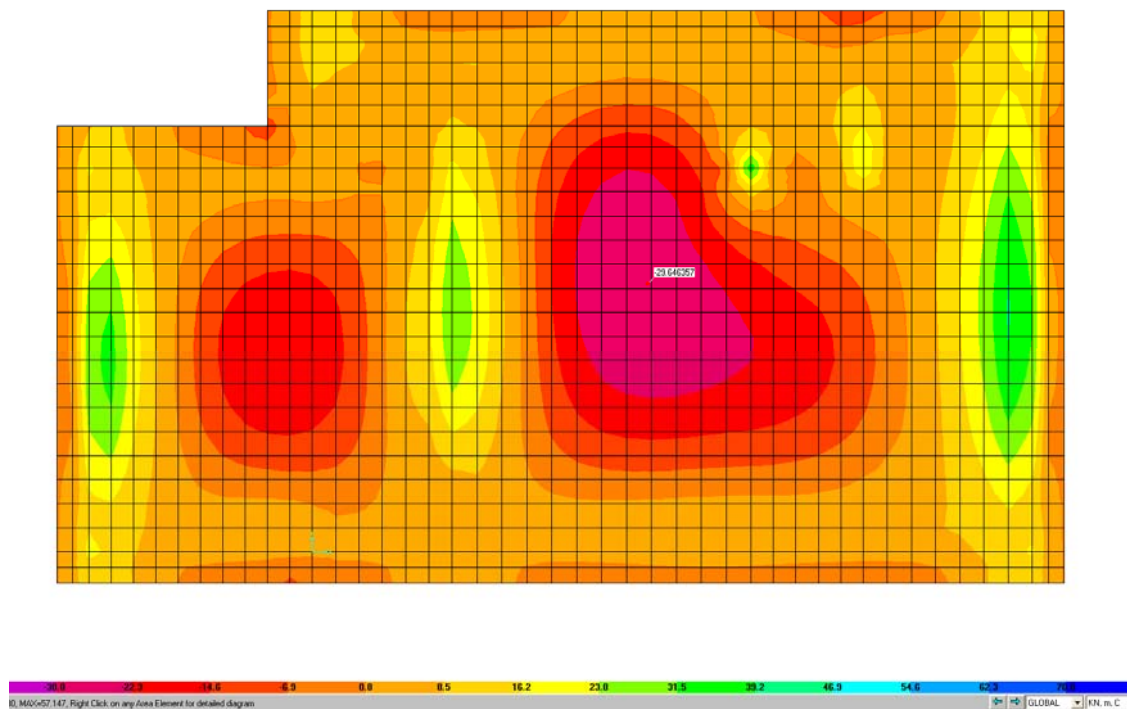
VERIFICACIÓN PUNZONAMIENTO SEGÚN EHE-08		
Carga de punzonamiento		
Fsd(kN)=	257	
Dimensiones superficie apoyo=		
a(mm)=	300	
b(mm)=	300	
d(mm)=	345	
ro(cuantía trac)=	0.00233115	max=0.02
sigma',cd(trac media)=	0	
beta(mtos transferidos)=	1.4	
fcv(N/mm2)=	25	
gamma(coef seg)=	1.5	
Perímetro crítico:		
u1(mm)=	4451.5484	pilar de borde
ecsi=	1.76138699	
Resistencia sin arm punzonamiento		
tau,rd1 (N/mm2)=	0.38037002	
tau,rd2 (N/mm2)=	0.58441612	
tau,rd (N/mm2)=	0.58441612	
Tensión de cálculo		
tau,sd (N/mm2)=	0.23427771	OK

7.2. Losa de Cimentación

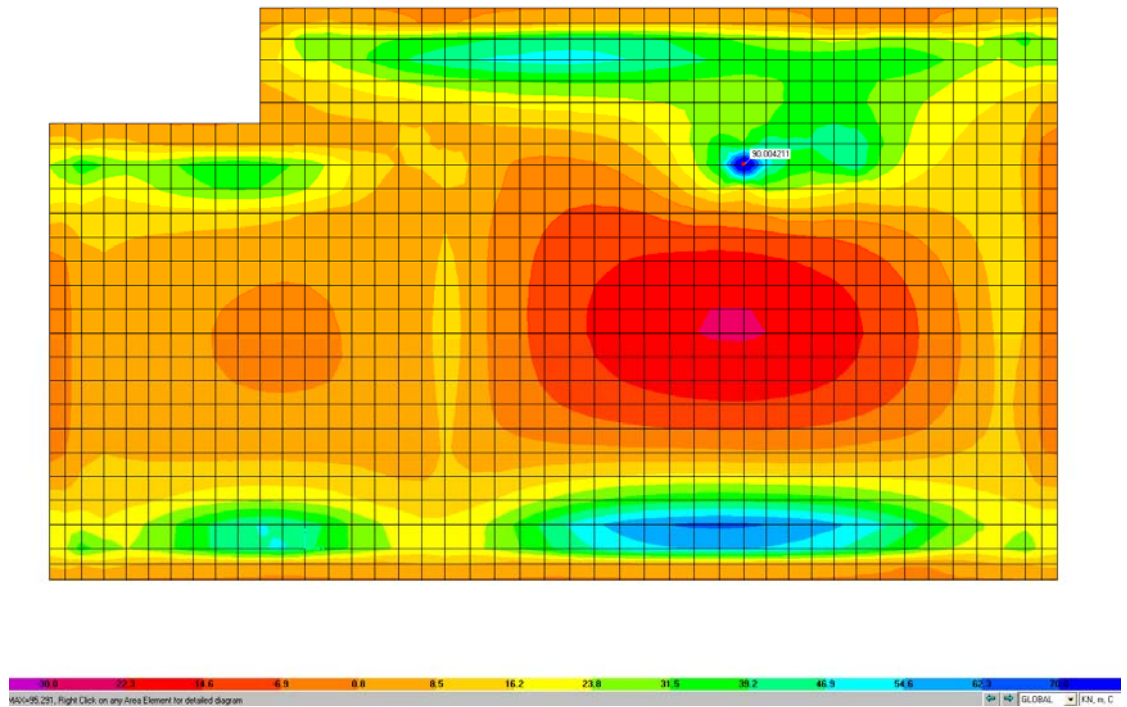
Armadura en dirección X. Envoltente ELU de $M_{11} +$ (KN·m/m)



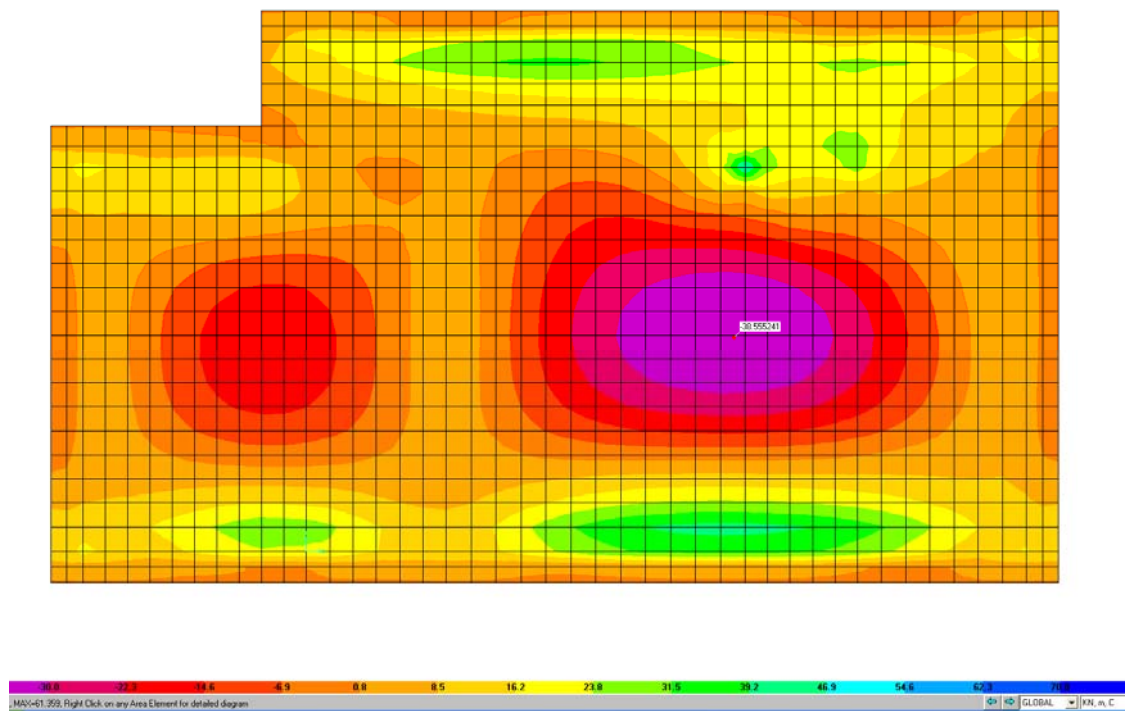
Armadura en dirección X. Envoltente ELU de $M_{11} -$ (KN·m/m)



Armadura en dirección Y. Envoltente ELU de $M_{22} +$ (KN·m/m)



Armadura en dirección Y. Envoltente ELU de $M_{22} -$ (KN·m/m)

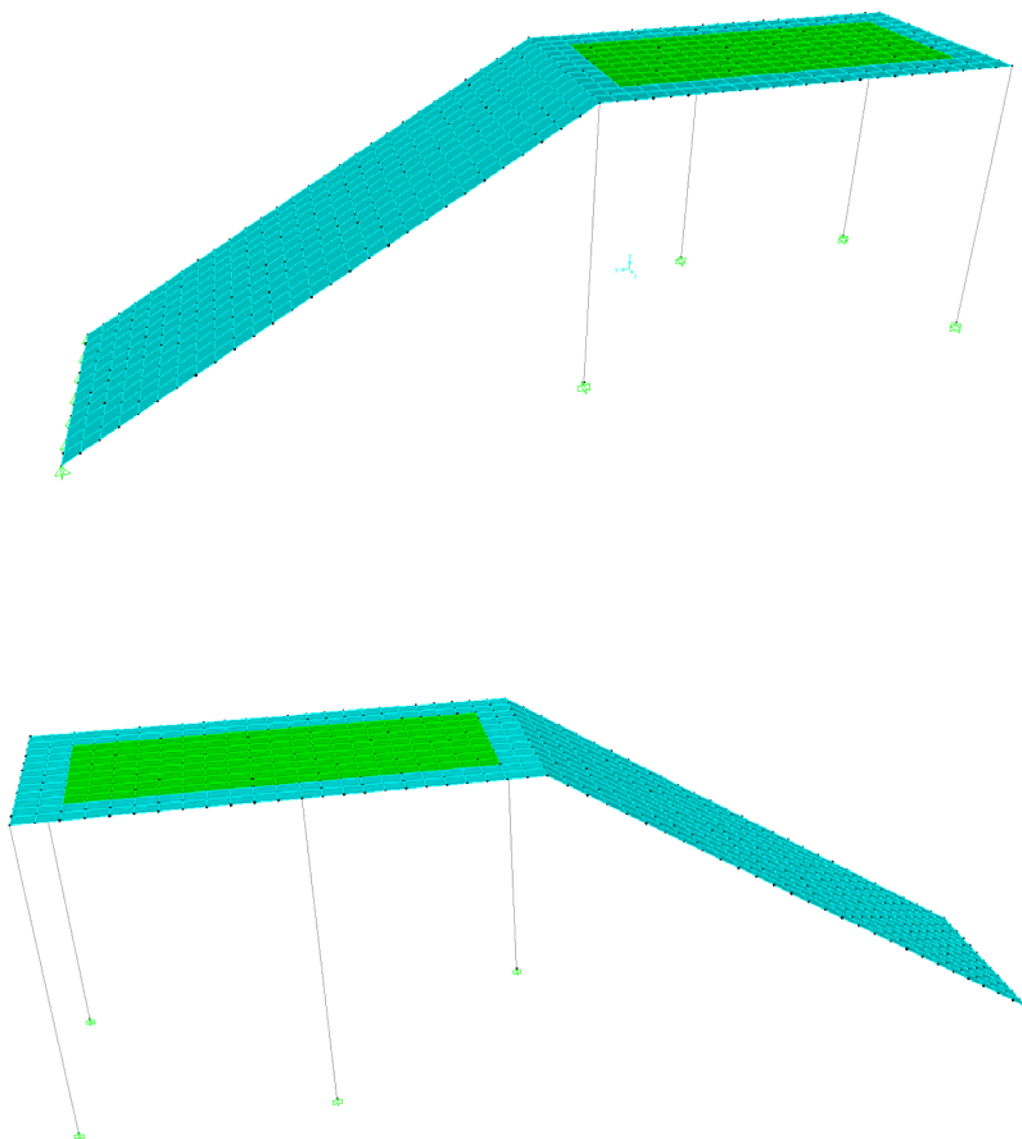


Verificación de la armadura superior e inferior:

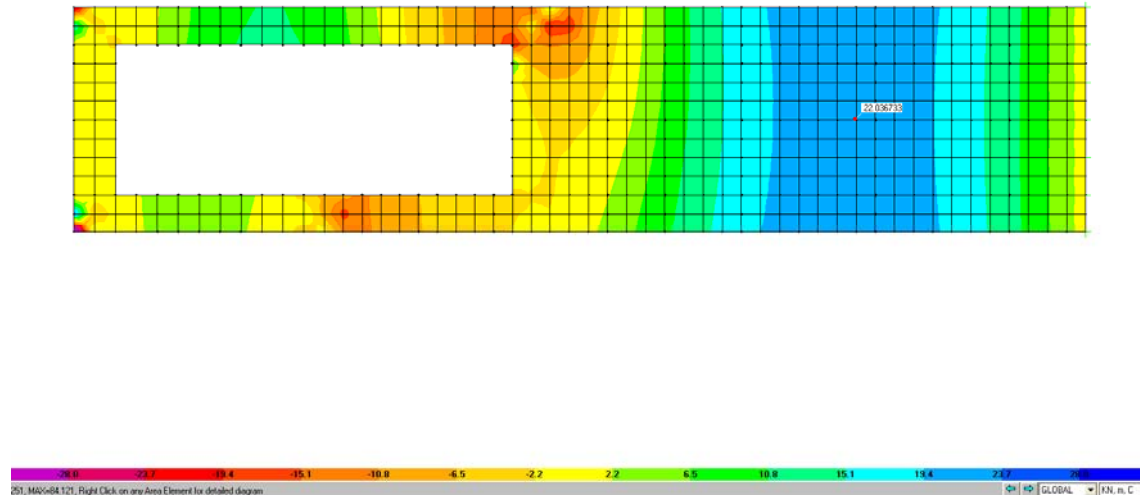
VERIFICACIÓN LOSA DE CIMENTACIÓN													
DATOS													
h(cm)=	50				Nd(t)=	0	Preparado para:	fck(Mpa)=	25	fctk(Mpa)=	1.79547474		
r(cm)=	10.5				Md(t-m)=	9	Md > 0 (curv>0)	coef sueco=	1	fctm(Mpa)=	2.56496392		
b(cm)=	100				Vd(t)=	0		fck/coef(Mpa)=	25				
d(cm)=	39.5				Td(t-m)=	0		coef.c=	1.5				
elem. estructural:	losa							cansancio=	0.85				
DIMENSIONADO:	C							fcd(MPa)=	16.66667				
								fy(Mpa)=	500				
								coef.s=	1.15				
								fyd(MPa)=	434.7826				
SOLICITACIONES NORMALES													
No,aprox=	708.33333		M1d(t-m)=	9		M2d(t-m)=	9	Xlim(cm)=	24.3659	>	.259d=	10.2305	
								M1c(xlim)=	82.16375		M1c(+inf)=	102.708333	
								M2c(xlim)=	2.081153		M2c(+inf)=	-102.708333	
ZONA C										ZONA B		ZONA D	
x=	2.0531106		As,cal(cm2)=	7.14		As,cal(cm2)=	5.49						
As*αs (t)=	23.268587		As',cal(cm2)=	-7.1379		As',cal(cm2)=	-58.03						
As,cal(cm2)=	5.35		Asim =	7.14									
ZONA E										ZONA F		ZONA A	
x=	#¡NUM!		As,cal(cm2)=	-88.60		x=	#¡DIV/0!						
As*αs (t)=	#¡NUM!		As',cal(cm2)=	-74.3204		σc(kg/cm2)=	#¡DIV/0!						
As',cal(cm2)=	#¡NUM!		Asim =	-74.32									
As,cortante(cm2)=	0.00		¿Incr por cort?	NO									
As,torsión (cm2)=	0.00		¿Incr por tor?	NO									
As,cal,tot(cm2)=	5.35					As(cm2)=	7.67						
						As'(cm2)=	4.50						
RESULTADOS										Cercos para cortante + torsión:			
A. Longitudinal:										As,tot(cm2/m)=		4.17	
As(cm2)=	7.67	D(mm)=	16	D(mm)=	8.4								
		n=	3.8	n=	14								
As'(cm2)=	4.50	D'(mm)=	16	D'(mm)=	12.0								
		n'=	2.2	n'=	4								
caras laterales (por torsión)										D(mm)=		10.3	
		D(mm)=	12	D'(mm)=	0.0								
				n=	4								

7.3. Losa de Techo del Casetón de Acceso

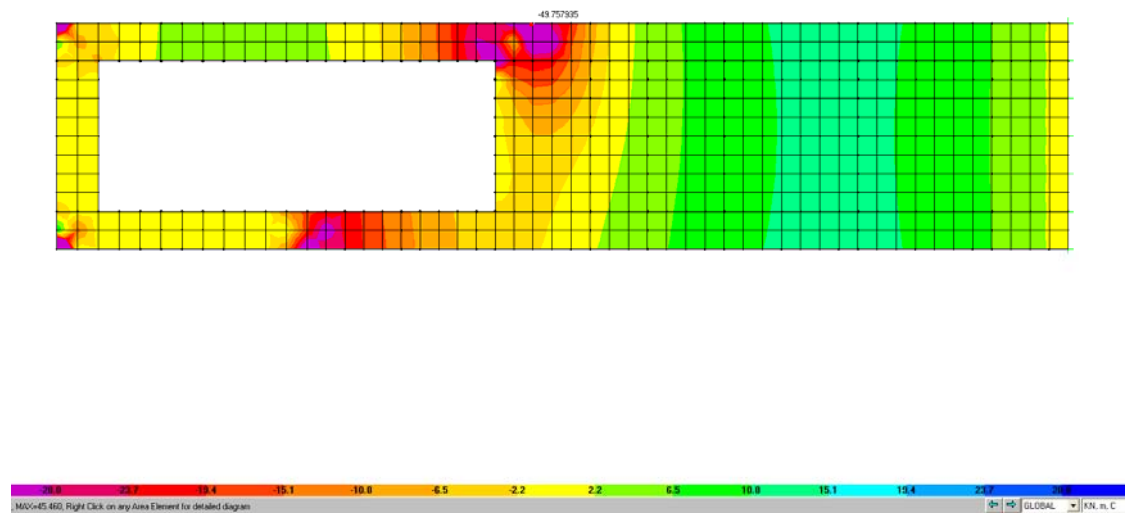
Se desarrolla un modelo local del techo del casetón de acceso para simular la solución final adoptada debido a la ubicación de unas trampillas de 3x1m que permitan la sustitución de las bombas de impulsión ante eventuales averías.



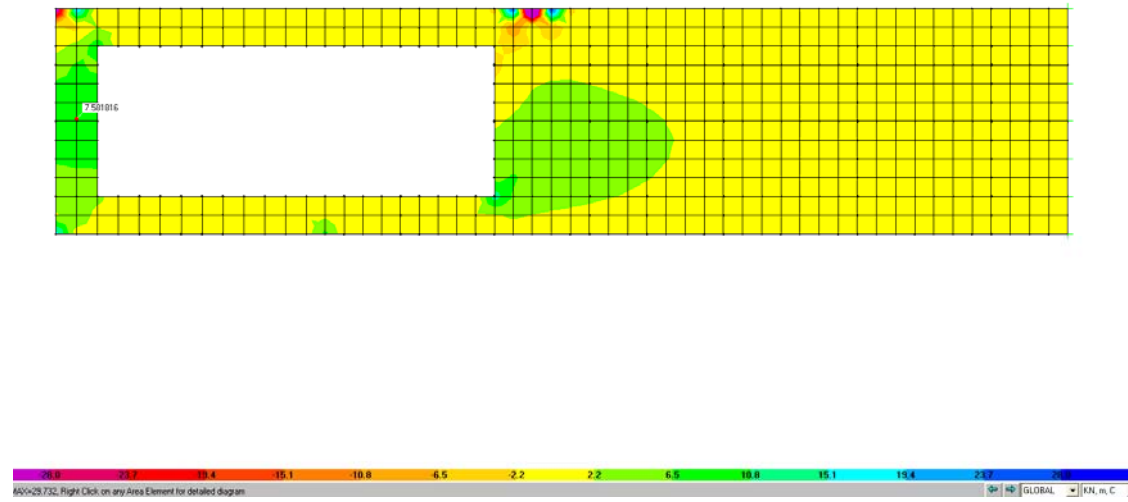
Armadura en dirección X. Envoltente ELU de $M_{11} +$ (KN·m/m)



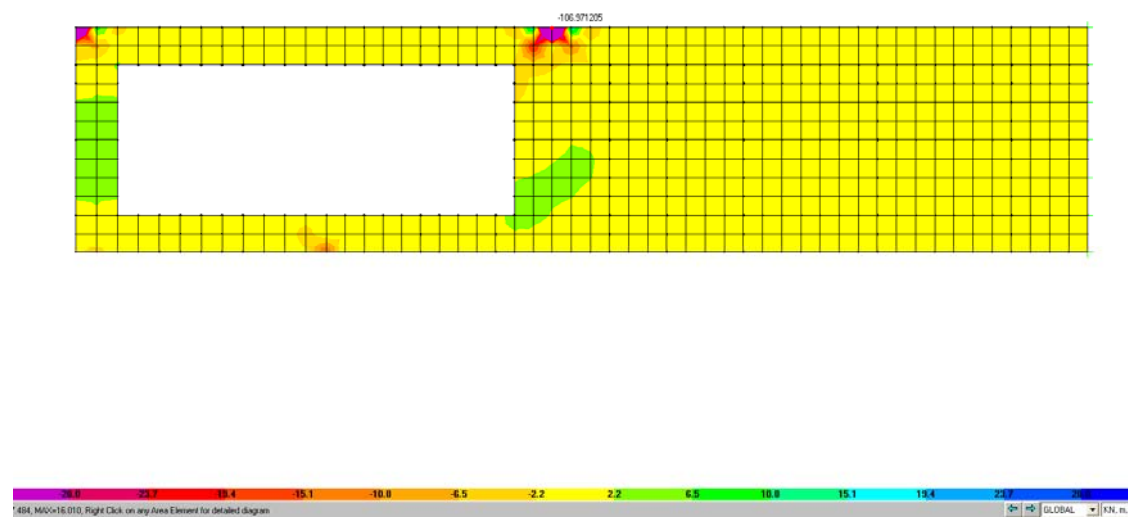
Armadura en dirección X. Envoltente ELU de $M_{11} -$ (KN·m/m)



Armadura en dirección Y. Envoltente ELU de $M_{22} +$ (KN·m/m)



Armadura en dirección Y. Envoltente ELU de $M_{22} -$ (KN·m/m)



[illegible]

DATOS			
h(cm)=	20		
r(cm)=	5		
b(cm)=	20		
d(cm)=	15		
elem. estructural:	losa		
DIMENSIONADO:	C		
		Nd(t)=	0
		Md(t-m)=	2.2
		Vd(t)=	0
		Td(t-m)=	0
		Preparado para:	Md > 0 (curv=0)
		fck(Mpa)=	25
		coef.sueco=	1
		fck/coef(Mpa)=	25
		coef.c=	1.5
		cansancio=	0.85
		fcd(MPa)=	16.66667
		fy(Mpa)=	500
		coef.s=	1.15
		fyd(MPa)=	434.7826
SOLICITACIONES NORMALES			
No. aprox=	56.666667	M1d(t-m)=	2.2
		M2d(t-m)=	2.2
		Xlim(cm)=	9.252874
		M1c(xlim)=	2.369728
		M2c(xlim)=	0.27241
		alfa=	-2.033341162
		Asmin,mec(cm2)=	0.61
		Asmin',mec(cm2)=	0.00
		ro,min=	0.0009
		ro',min=	0.0009
		Asmin,geo(cm2)=	0.36
		Asmin',geo(cm2)=	0.36
		Disposición a longitudinal	
		Armadura de piel (D=10mm)	
		dim(cm)=	20
		s(cm)<=	30
RESULTADOS			
A. Longitudinal:			
As(cm2)=	D(mm)=	D(mm)=	
4.33	n=	n=	
As'(cm2)=	D'(mm)=	D'(mm)=	
0.36	n'=	n'=	
caras laterales (por torsión)			
D(mm)=	D'(mm)=	D'(mm)=	
12	n=	n=	
Cercos para cortante + torsión:			
As,tot(cm2/m)=	s(cm)=	nº cercos (2 ramas)=	
0.83	20		
D(mm)=			
4.6			

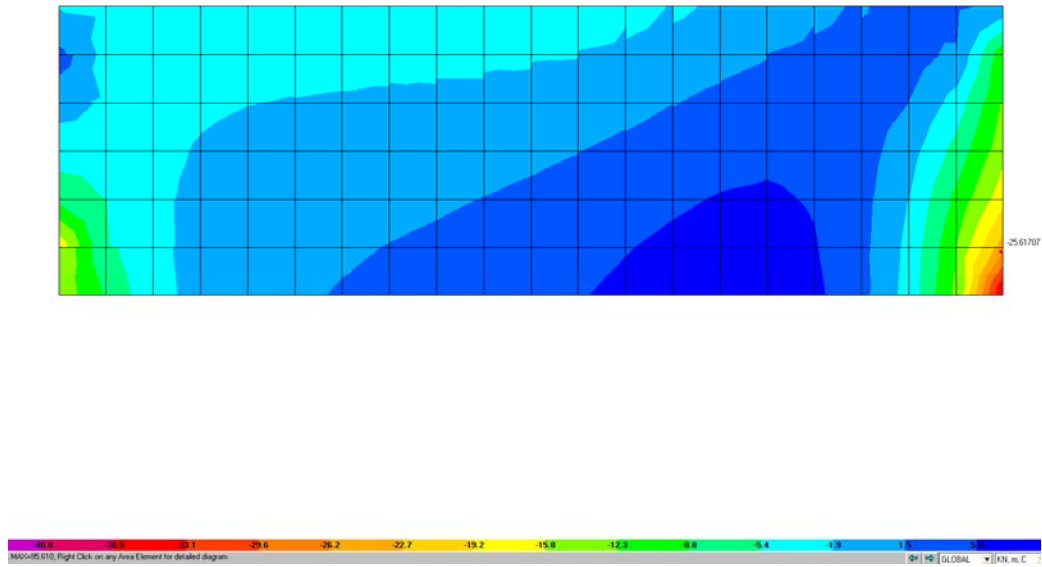
Verificación Punzonamiento del pilar central:

Según EHE-08:

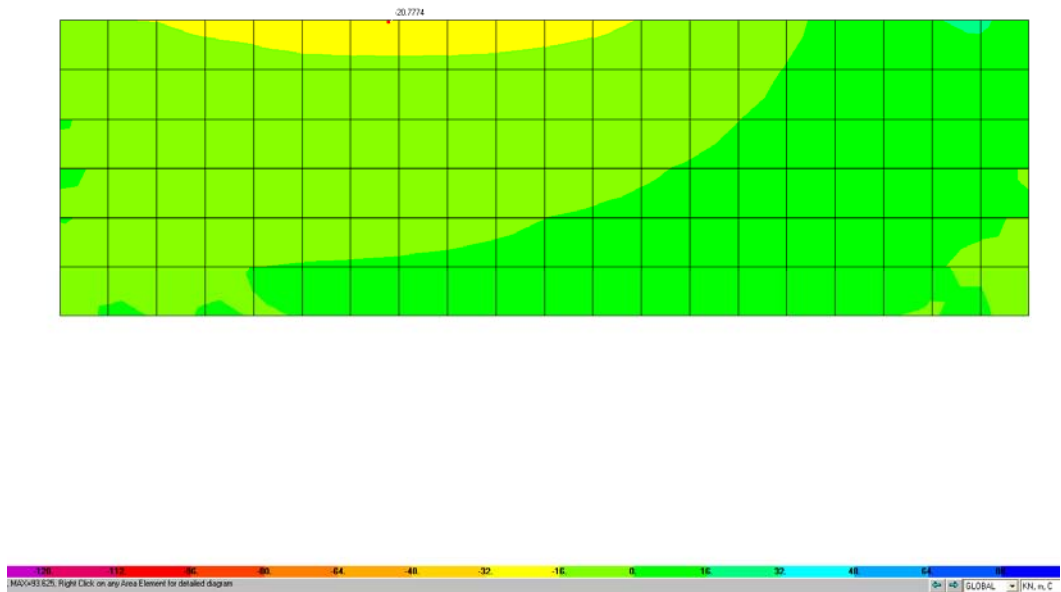
VERIFICACIÓN PUNZONAMIENTO SEGÚN EHE-08			
Carga de punzonamiento			
Fsd(kN)=	70		
Dimensiones superficie apoyo=			
a(mm)=	300		
b(mm)=	300		
d(mm)=	150		
ro(cuantía trac)=	0.00301593	max=0.02	
sigma',cd(trac media)=	0		
beta(mtos transferidos)=	1.4		
fcv(N/mm2)=	25		
gamma(coef seg)=	1.5		
Perímetro crítico:			
u1(mm)=	1842.4778	pilar de borde	
ecsi=	2		
Resistencia sin arm punzonamiento			
tau,rd1 (N/mm2)=	0.47061411		
tau,rd2 (N/mm2)=	0.70710678		
tau,rd (N/mm2)=	0.70710678		
Tensión de cálculo			
tau,sd (N/mm2)=	0.35459496	OK	

7.4. Losa de Escalera

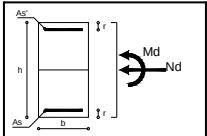
Armadura en dirección X. Combinación ELU1 de M11 (kNm/m)



Armadura en dirección Y. Combinación ELU1 de M22 (kNm/m)

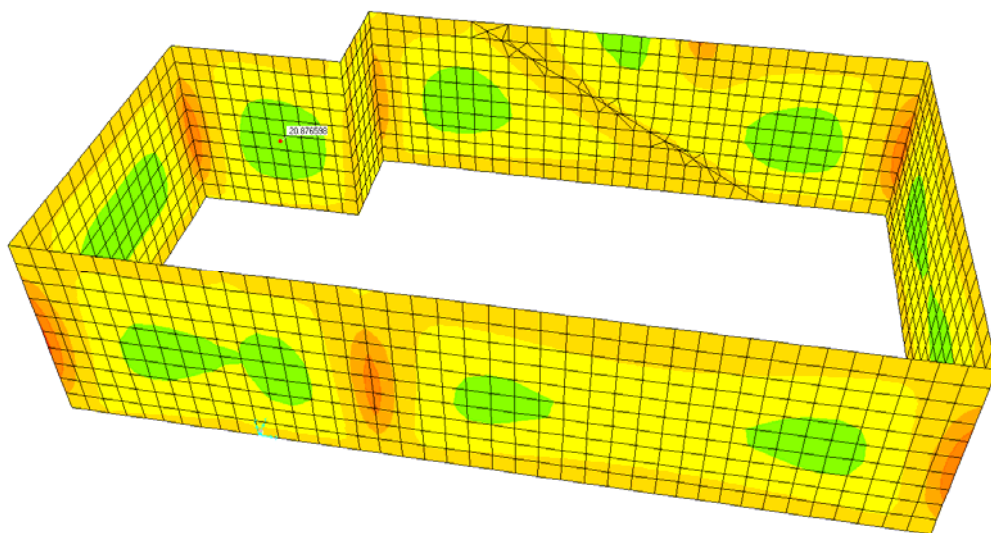


Verificación de la armadura superior e inferior:

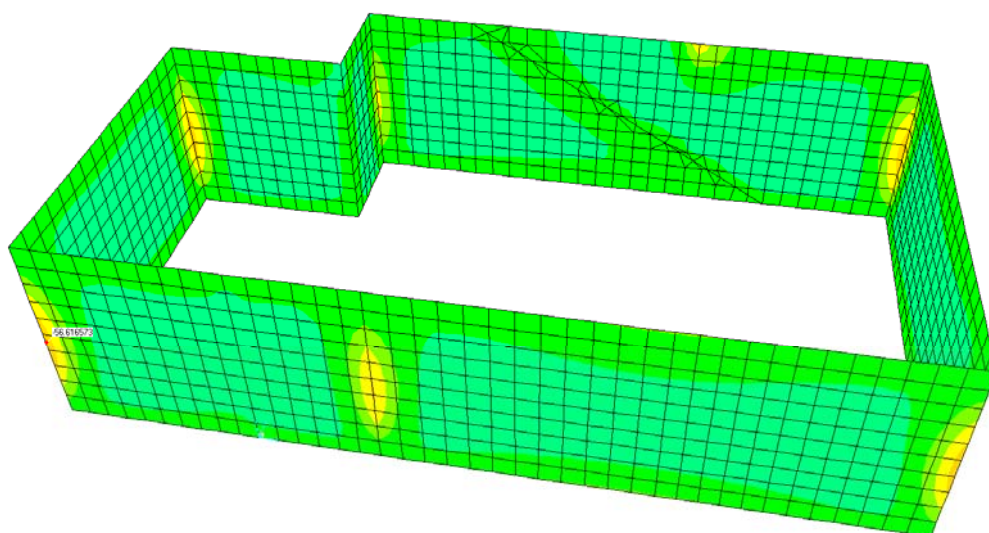
VERIFICACIÓN LOSA DE LA ESCALERA									
DATOS									
h(cm)=	20				Nd(t)=	0	Preparado para:	fck(Mpa)=	25
r(cm)=	5				Md(t-m)=	2.5	Md > 0 (curv>0)	coef sueco=	1
b(cm)=	100				Vd(t)=	0		fck/coef(Mpa)=	25
d(cm)=	15				Td(t-m)=	0		coef.c=	1.5
elem. estructural:	losa							cansancio=	0.85
DIMENSIONADO:	C							ftd(MPa)=	16.66667
								fy(Mpa)=	500
								coef.s=	1.15
								fyd(MPa)=	434.7826
SOLICITACIONES NORMALES									
No.aprox=	283.33333		M1d(t-m)=	2.5		M2d(t-m)=	2.5	Xlim(cm)=	9.252874
								M1c(xlim)=	11.84864
								M2c(xlim)=	1.362051
ZONA C		ZONA B	NO ES B!!	ZONA D	NO ES D!!			alfa=	0.848355921
x=	1.5332802	As.cal(cm2)=	5.75	As.cal(cm2)=	2.62			Asmin,mec(cm2)=	3.07
As*σs (t)=	17.377175	As',cal(cm2)=	-5.7500	As',cal(cm2)=	-21.50			Asmin',mec(cm2)=	0.00
As.cal(cm2)=	4.00	Asim =	5.75					ro,min=	0.0009
ZONA E	#NUM!	ZONA F	NO ES F!!	ZONA A	#DIV/0!			ro',min=	0.0009
x=	#NUM!	As.cal(cm2)=	-38.33	x=	#DIV/0!			Asmin,geo(cm2)=	1.80
As*σs (t)=	#NUM!	As',cal(cm2)=	-26.8333	σs.c(kg/cm2)=	#DIV/0!			Asmin',geo(cm2)=	1.80
As',cal(cm2)=	#NUM!	Asim =	-26.83						
As.cortante(cm2)=	0.00	¿lncr por cort?	NO						
As.torsión (cm2)=	0.00	¿lncr por tor?	NO						
As.cal,tot(cm2)=	4.00			As(cm2)=	4.00				
				As'(cm2)=	1.80				
RESULTADOS									
A. Longitudinal:					Cercos para cortante + torsión:				
As(cm2)=	D(mm)=	10	D(mm)=	6.0	As,tot(cm2/m)=	4.17			
4.00	n=	5.1	n=	14	s(cm)=	20			
					nº cercos (2 ramas)=	1			
As'(cm2)=	D'(mm)=	12	D'(mm)=	7.6	D(mm)=	10.3			
1.80	n'=	1.6	n'=	4					
caras laterales (por torsión)									
	D'(mm)=	12	D'(mm)=	0.0					
			n'=	4					
									

7.5. Muros Exteriores

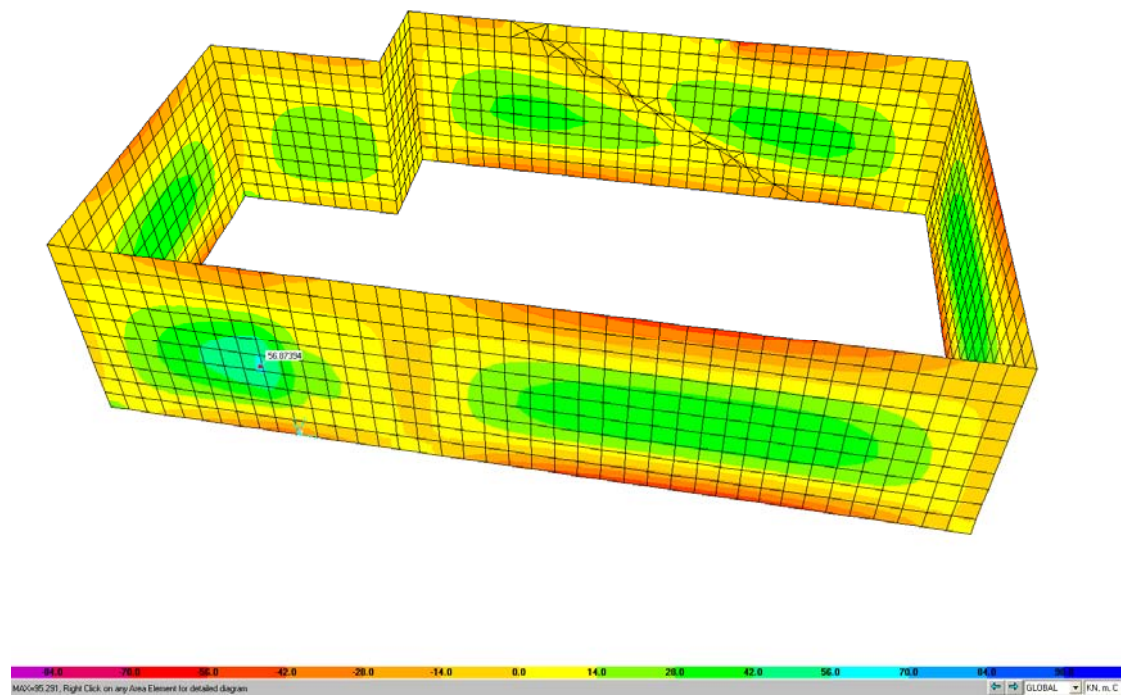
Armadura en dirección horizontal. Envoltorio ELU de $M_{11} + (\text{KN}\cdot\text{m}/\text{m})$



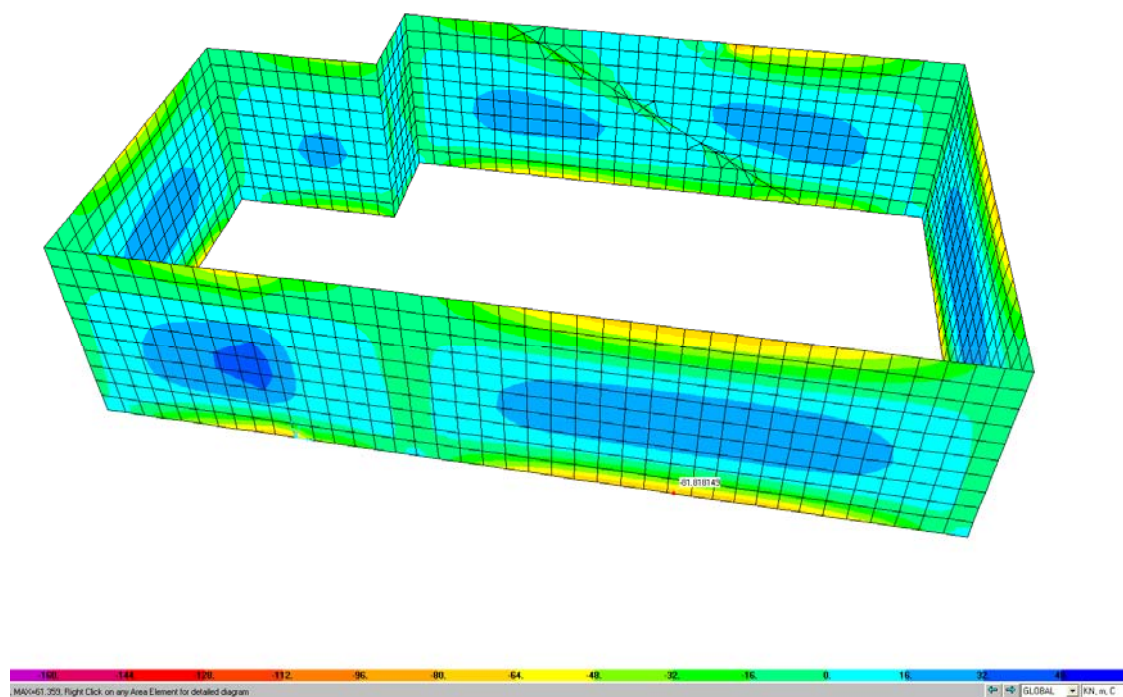
Armadura en dirección horizontal. Envoltorio ELU de $M_{11} - (\text{KN}\cdot\text{m}/\text{m})$



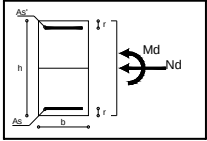
Armadura en dirección vertical. Envoltente ELU de $M_{22} +$ (KN·m/m)



Armadura en dirección vertical. Envoltente ELU de $M_{22} -$ (KN·m/m)

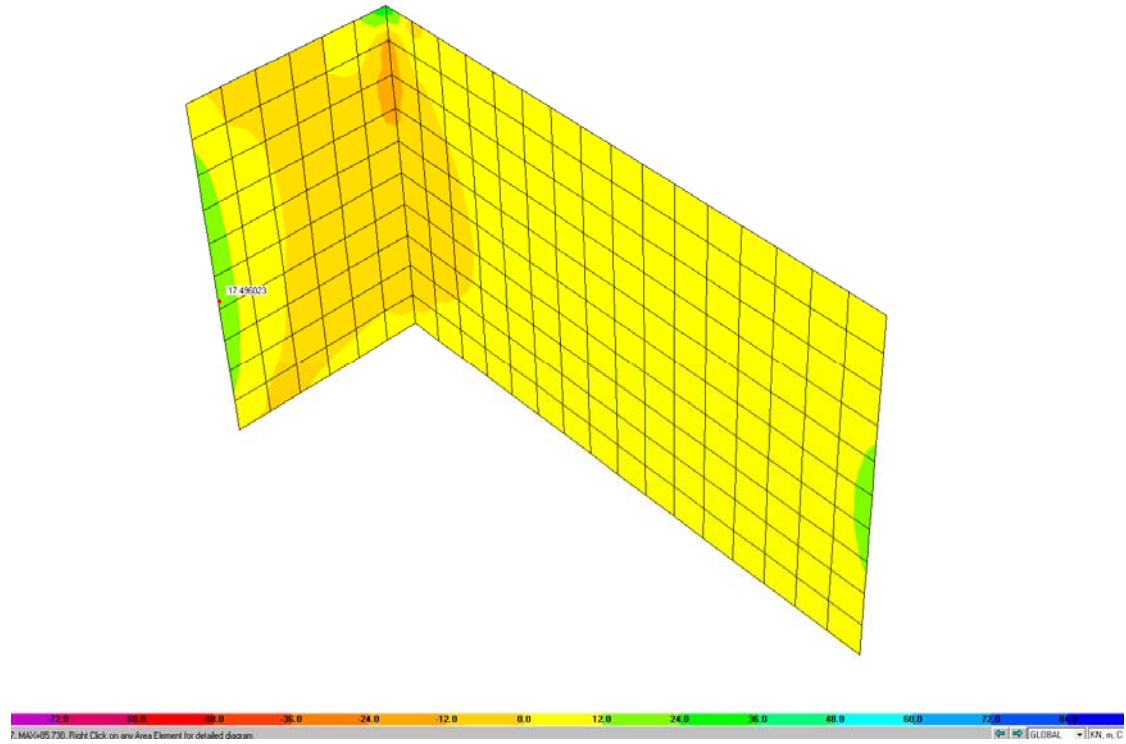


Verificación de la armadura vertical y horizontal:

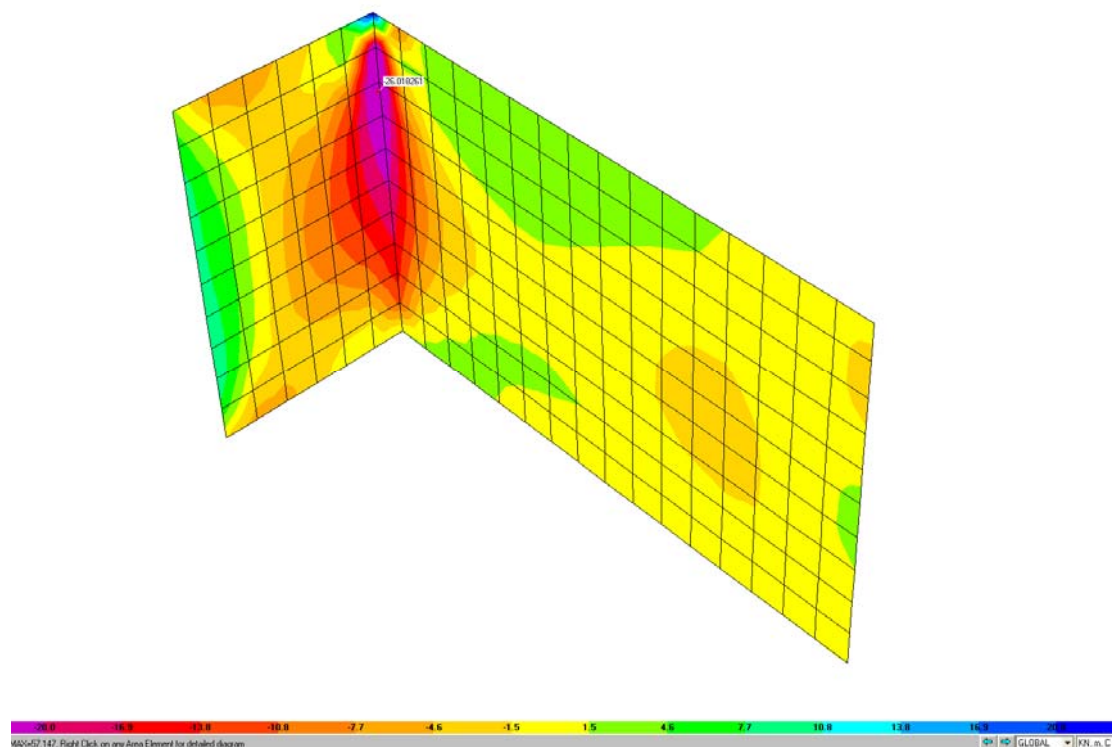
VERIFICACIÓN DE MUROS											
DATOS											
h(cm)=	30				Nd(t)=	0	Preparado para:	fck(Mpa)=	25	fctk(Mpa)=	1.79547474
r(cm)=	5.5				Md(t-m)=	8.1	Md > 0 (curv>0)	coef sueco=	1	fctm(Mpa)=	2.56496392
b(cm)=	100				Vd(t)=	0		fck/coef(Mpa)=	25		
d(cm)=	24.5				Td(t-m)=	0		coef.c=	1.5		
elem. estructural:	muro							cansancio=	0.85		
DIMENSIONADO:	C							fcd(MPa)=	16.66667		
								fy(Mpa)=	500		
								coef.s=	1.15		
								fyd(MPa)=	434.7826		
SOLICITACIONES NORMALES											
No.aprox=	425				M1d(t-m)=	8.1		M2d(t-m)=	8.1	Xlim(cm)=	15.11303
										M1c(xlim)=	31.60954
										M2c(xlim)=	-0.93384
ZONA C		ZONA B	NO ES B!!	ZONA D	NO ES D!!					alfa=	0.629838286
x=	3.071159	As,cal(cm2)=	9.81	As,cal(cm2)=	10.94					Asmin,mec(cm2)=	4.60
As*α,s (t)=	34.806469	As',cal(cm2)=	-9.8053	As',cal(cm2)=	-28.46					Asmin',mec(cm2)=	0.00
As,cal(cm2)=	8.01	Asim =	9.81							ro,min=	FALSO
ZONA E	#NUM!	ZONA F	NO ES F!!	ZONA A	#DIV/0!					ro',min=	FALSO
x=	#NUM!	As,cal(cm2)=	-58.68	x=	#DIV/0!					Asmin,geo(cm2)=	0.00
As*α,s (t)=	#NUM!	As',cal(cm2)=	-39.0697	σ,c(kg/cm2)=	#DIV/0!					Asmin',geo(cm2)=	0.00
As',cal(cm2)=	#NUM!	Asim =	-39.07								
As,cortante(cm2)=	0.00	¿lncr por cort?	NO								
As,torsión (cm2)=	0.00	¿lncr por tor?	NO								
As,cal,tot(cm2)=	8.01			As(cm2)=	8.01						
				As'(cm2)=	0.00						
RESULTADOS											
A. Longitudinal:						Cercos para cortante + torsión:					
As(cm2)=	D(mm)=	16	D(mm)=	8.5		As,tot(cm2/m)=	4.17				
8.01	n=	4.0	n=	14		s(cm)=	20				
						nº cercos (2 ramas)=	1				
As'(cm2)=	D'(mm)=	16	D'(mm)=	0.0		D(mm)=	10.3				
0.00	n'=	0.0	n'=	4							
caras laterales (por torsión)											
	D'(mm)=	12	D'(mm)=	0.0							
			n'=	4							
											

7.6. Muros Interiores

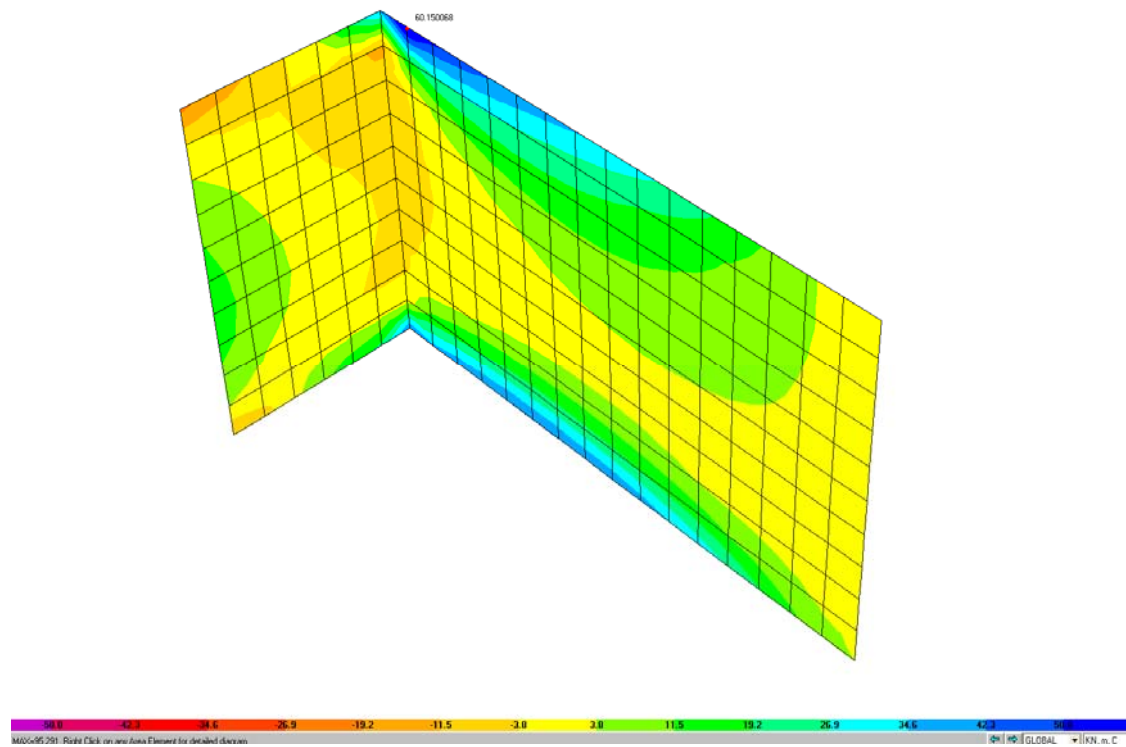
Armadura en dirección horizontal. Envoltente ELU de $M_{11} + (\text{KN}\cdot\text{m}/\text{m})$



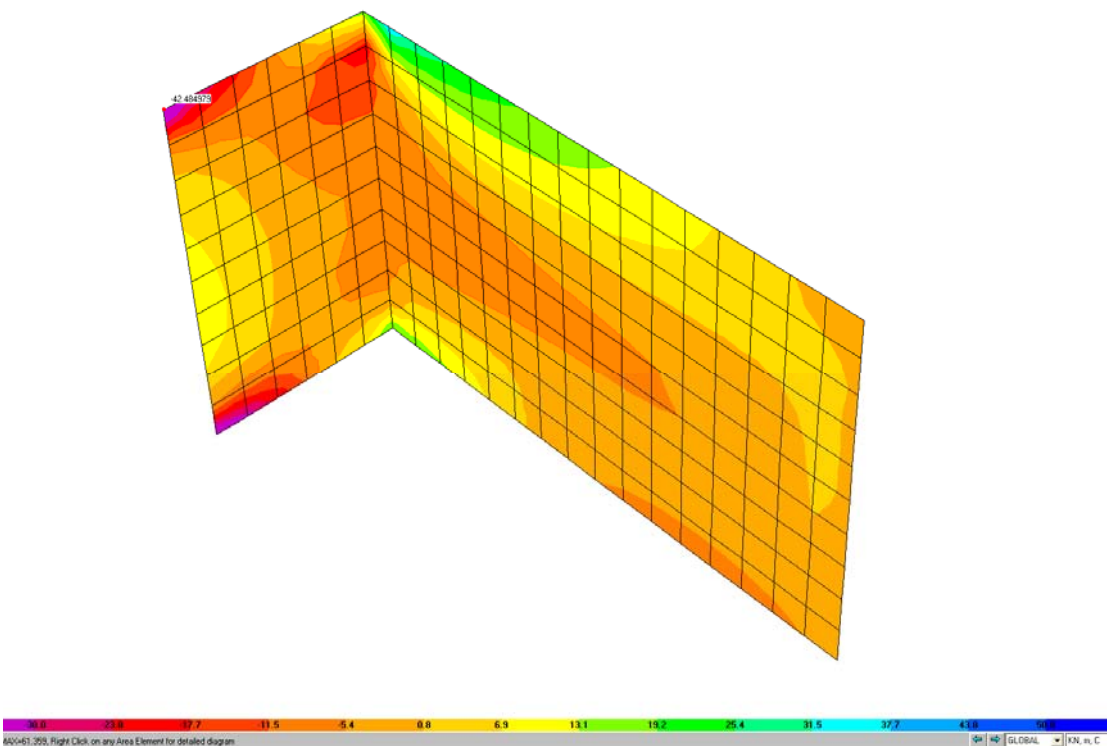
Armadura en dirección horizontal. Envoltente ELU de $M_{11} - (\text{KN}\cdot\text{m}/\text{m})$



Armadura en dirección vertical. Envoltente ELU de $M_{22} + (\text{KN}\cdot\text{m}/\text{m})$



Armadura en dirección vertical. Envoltente ELU de $M_{22} - (\text{KN}\cdot\text{m}/\text{m})$



Verificación de la armadura vertical y horizontal:

VERIFICACIÓN DE MUROS											
DATOS											
h(cm)=	30					Nd(t)=	0	Preparado para:	fck(Mpa)=	25	fctk(Mpa)=
r(cm)=	5.5					Md(t-m)=	6	Md > 0 (curv>0)	coef sueco=	1	fctm(Mpa)=
b(cm)=	100					Vd(t)=	0		fck/coef(Mpa)=	25	
d(cm)=	24.5					Td(t-m)=	0		coef.c=	1.5	
elem. estructural:	muro								cansancio=	0.85	
DIMENSIONADO:	C								fcd(MPa)=	16.66667	
									fy(Mpa)=	500	
									coef.s=	1.15	
									fyd(MPa)=	434.7826	
SOLICITACIONES NORMALES											
No,aprox=	425		M1d(t-m)=	6		M2d(t-m)=	6		Xlim(cm)=	15.11303	>
									M1c(xlim)=	31.60954	.259d=
									M2c(xlim)=	-0.93384	6.3455
ZONA C		ZONA B	NO ES B!!		ZONA D	NO ES D!!					
x=	2.2430042	As,cal(cm2)=	7.26		As,cal(cm2)=	8.39					
As*σs (t)=	25.420715	As',cal(cm2)=	-7.2632		As',cal(cm2)=	-31.00					
As,cal(cm2)=	5.85	Asim =	7.26								
ZONA E	#NUM!	ZONA F	NO ES F!!		ZONA A	#DIV/0!			alfa=	0.864482135	
x=	#NUM!	As,cal(cm2)=	-56.14		x=	#DIV/0!			Asmin,mec(cm2)=	4.60	
As*σs (t)=	#NUM!	As',cal(cm2)=	-41.6118		σc(kg/cm2)=	#DIV/0!			Asmin',mec(cm2)=	0.00	
As',cal(cm2)=	#NUM!	Asim =	-41.61						ro,min=	FALSO	
									ro',min=	FALSO	
As,cortante(cm2)=	0.00	¿Incr por cort?	NO						Asmin,geo(cm2)=	0.00	Disposición a. longitudinal
As,torsión (cm2)=	0.00	¿Incr por tor?	NO						Asmin',geo(cm2)=	0.00	Amadura de piel (D=10mm)
As,cal,tot(cm2)=	5.85				As(cm2)=	5.85					dim(cm)=
					As'(cm2)=	0.00					s(cm)<=
											30
RESULTADOS											
A. Longitudinal:						Cercos para cortante + torsión:					
As(cm2)=	D(mm)=	16	D(mm)=	7.3		As,tot(cm2/m)=	4.17				
5.85	n=	2.9	n=	14		s(cm)=	20				
						nº cercos (2 ramas)=	1				
As'(cm2)=	D'(mm)=	16	D'(mm)=	0.0		D(mm)=	10.3				
0.00	n'=	0.0	n'=	4							
caras laterales (por torsión)											
	D'(mm)=	12	D'(mm)=	0.0							
0.00	n'=	0.0	n'=	4							

7.7. Pilares

Verificación de los pilares en flexo-compresión:

Se trata de pilares de 30x30cm, armados con 4D16 y cercos c8/15.

Altura de pilares = 3,15m

La estructura es claramente intraslacional gracias al arriostramiento de los muros. La longitud de pandeo estará entre:

articulado-empotrado: $0,7 \cdot 3,15 = 2,21\text{m} \rightarrow$ esbeltez geométrica=7,4

empotrado-empotrado: $0,5 \cdot 3,15 = 1,575\text{m} \rightarrow$ esbeltez geométrica=5,25

La esbeltez es baja, por lo que pueden despreciarse los efectos de 2º orden.

Realizando una verificación conservadora, basada en el uso de la envolvente de esfuerzos de todos los pilares:

$$P_d = -257 / -1 \text{ KN}$$

$$M_d = 11 \text{ KNm}$$

$$V_d = 7 \text{ KN}$$

$$\text{Momento mínimo (EHE-08/art 42.1.4)} = 0,02 \cdot 257 = 5,14 \text{ KNm} < \text{Momentos de diseño}$$

34 de 36

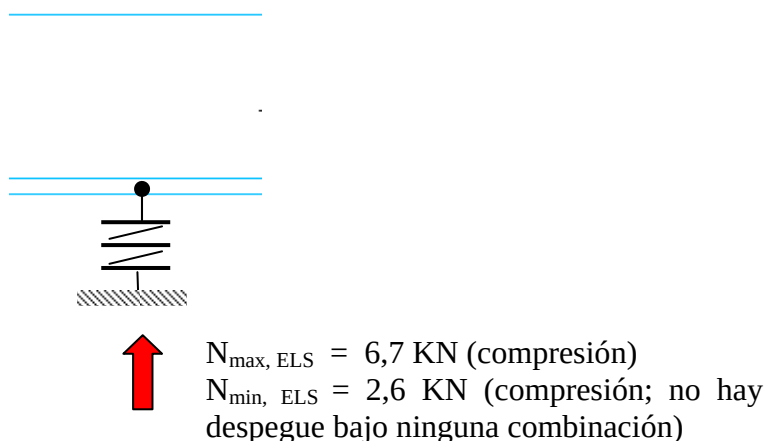
Verificación con axil máximo:

VERIFICACIÓN DE PILARES

DATOS												
h(cm)=	30				Nd(t)=	25.7	Preparado para:	fck(Mpa)=	25	ftck(Mpa)=	1.79547474	
r(cm)=	4.5				Md(t-m)=	1.1	Md > 0 (curv>0)	coef sueco=	1	ftcm(Mpa)=	2.56496392	
b(cm)=	30				Vd(t)=	0.7		fck/coef(Mpa)=	25			
d(cm)=	25.5				Td(t-m)=	0		coef.c=	1.5			
elem. estructural:	pilar							cansancio=	0.85			
DIMENSIONADO:	C							ftcd(MPa)=	16.66667			
								fy(Mpa)=	500			
								coef.s=	1.15			
								fyd(MPa)=	434.7826			
SOLICITACIONES NORMALES												
No. aprox=	127.5		M1d(t-m)=	3.7985		M2d(t-m)=	-1.5985	Xlim(cm)=	15.72989	>	.259d=	6.6045
								M1c(xlim)=	10.27277		M1c(+inf)=	13.3875
								M2c(xlim)=	-0.95837		M2c(+inf)=	-13.3875
ZONA C		ZONA B	NO ES B!	ZONA D	NO ES D!			alfa=	0.847826087			
x=	4.7325212	As,cal(cm2)=	-1.75	As,cal(cm2)=	-0.70			Asmin,mec(cm2)=	1.38			
As*σs (t)=	-9.609428	As',cal(cm2)=	-4.1603	As',cal(cm2)=	-7.09			Asmin',mec(cm2)=	0.32			
As,cal(cm2)=	-2.21	Asim =	-1.75									
ZONA E		ZONA F	NO ES F!	ZONA A				ro,min=	0.002			
x=	17.83882	As,cal(cm2)=	-12.91	x=	26.80			ro',min=	0.002			
As*σs (t)=	-34.95199	As',cal(cm2)=	-10.5022	σc(kg/cm2)=	39.96			Asmin,geo(cm2)=	1.80			
As,cal(cm2)=	-8.04	Asim =	-10.50					Asmin',geo(cm2)=	1.80			
As,cortante(cm2)=	0.00	¿Incr por cort?	NO									
As,torsión (cm2)=	0.00	¿Incr por tor?	NO									
As,cal,tot(cm2)=	0.00			As(cm2)=	1.80							
				As'(cm2)=	1.80							
CORTANTE												
fcd(Mpa)=	10			Vrd(t)=	0.7			Disposición armadura transversal				
σ',cd(kg/cm2)=	-28.55556			Vu1(t)=	35.721	ok	As,α(cm2/m)=	2.50			* Confinamiento hormigón	
K=	1.3811111			Vu2,sin arm(t)=	-0.0692838	ok	s(cm)=	15			Vu1/5=	7.14416218
α=	1.5707963			Vcu,con arm(t)=	0.48838849	jarmar!	nº ramas=	2			Vu1*2/3=	23.8138739
sen α=	1			Vsu(t)=	0.21161151		D(mm)=	4.9			s,t(cm)<=	20.4
cotg α=	6.126E-17			As*f,yd (t/m)=	0.63427381		Inc trac(t)=	0.863790183			* Cercos por arm de compresión	
cotg θ=	1.4537168	1.45371685		As,calc(cm2/m)=	0.16		As,longit(cm2)=	0.20			fi,max(mm)=	16
ξ=	1.8856149			As,min(cm2/m)=	2.50						fi,min(mm)=	16
ρl=	-0.002889										fi,t(mm)>=	4
β=	1										s,t(cm)<=	24
fy,α,d(Mpa)=	400			Shear + Torsion							* Fisuración por cortante	
				β= 1.4							[(Vrd-3Vcu)/A -120.025954	
				(Vd/Vu1)^(1/3)+(Td/Tu1)^(1/3) =	0.00406488	ok					s,t(cm)<=	30
RESULTADOS												
A. Longitudinal:				Cercos para cortante + torsión:								
As(cm2)=		D(mm)=	16	D(mm)=	4.0		As,tot(cm2/m)=	1.25				
1.80		n=	0.9	n=	14		s(cm)=	20				
As'(cm2)=		D'(mm)=	16	D'(mm)=	7.6		nº cercos (2 ramas)=	1				
1.80		n'=	0.9	n'=	4		D(mm)=	5.6				
caras laterales (por torsión)												
		D'(mm)=	12	D'(mm)=	0.0							
0.00		n'=	0.0	n'=	4							

8. VERIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIMENTACIÓN

La reacción vertical máxima medida en los muelles de la losa de cimentación (asociados a los coeficientes de balasto) es la siguiente:



Dado que el área contributiva del muelle donde se presenta la reacción pico es 50.600 mm^2 , la tensión pico unitaria de compresión sobre el terreno será: $\sigma_{\max, ELS} = 0,13 \text{ N/mm}^2$

Que resulta una tensión perfectamente admisible para el terreno medianamente competente sobre el que se cimenta la estación de bombeo.