PROYECTO DE URBANIZACIÓN DEL POLIGONO UNIVERSITARIO RIO SAN PEDRO.

CAMPUS UNIVERSITARIO DE PUERTO REAL (CÁDIZ).

ANEJO Nº 5: ALCANTARILLADO.

ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. 2
2. FECALES. 2
2.1. Solución adoptada. 2
2.2. Caudales de cálculo. 4
2.3. Dimensionamiento del colector por gravedad. 6
2.4. Dimensionamiento de la impulsión. 6
2.5. Golpe de ariete. 10
2.5.1. Método de cálculo. 10
2.5.2. Cálculo del calderín. 13
2.6. Desodorización. 14
2.6.1. Generalidades sobre desodorización. 14
2.6.2. Solución propuesta. 14
2.7. Instalación eléctrica. 15
3. PLUVIALES. 15
3.1. Generalidades. 15
3.2. Calculo del caudal con el método de la instrucción. 16
3.2.1. Definición de cuencas. 16
3.2.2. Método de cálculo. 16
3.2.3. Precipitaciones de cálculo. 16
3.2.4. Cálculos de los caudales de avenida. 17
3.3. Calculo de las secciones. 19
3.4. Cálculo de la impulsión y estación de bombeo. 18
3.5. Instalación eléctrica. 19
3.6. Separadora de hidrocarburos. 20
3.6.1. Funcionamiento. 20
3.6.2. Parámetros del modelo a instalar. 21
3.6.3. Condiciones de instalación. 21
4. CÁLCULOS MECÁNICOS ESTACIÓN DE BOMBEO. 23

1. INTRODUCCIÓN.

El objeto del presente anejo es la determinación de los caudales de cálculo y el dimensionamiento, basándose en éstos, de las conducciones e instalaciones necesarias para garantizar el correcto desagüe de las zonas objeto del estudio, tanto de las aguas pluviales como de las aguas fecales.

Se han mantenido continuos contactos telefónicos y personales con técnicos responsables de mantenimiento de la Universidad de Cádiz, y de APRESA, los cuales han manifestado su conformidad con la solución propuesta.

Se proyecta una red separativa de alcantarillado, estudiando así de manera individual la red de pluviales de viales y zonas verdes y la de residuales.

2. FECALES.

2.1. Solución adoptada.

En reunión mantenida con Julio de Vicente, técnico de mantenimiento de la UCA, y Diego Mateos, técnico de Aguas de Puerto Real (APRESA), se plantean las diversas alternativas posibles para la evacuación de las aguas fecales de las nuevas instalaciones. Estas son:

- Instalación de una depuradora específica para las nuevas instalaciones.

- Impulsión de los vertidos generados por las nuevas instalaciones a:

    - La estación de bombeo de las actuales instalaciones de la UCA, situadas en el Campus de Puerto Real, tras el edificio de la Escuela de Ciencias del Mar.
    - La red municipal de saneamiento situada en el P.I. Trocadero, para lo cual es necesario cruzar la carretera N-443.
    - La red municipal de saneamiento situada en la Barriada Río San Pedro, siendo el punto más cercano la arqueta de salida del segundo bombeo de la UCA, antes del cruce del Caño de la Cortadura.

La solución de una depuradora se descarta, ya que los requisitos exigibles al agua tratada para el vertido, requerirían la instalación de un sistema complejo que incluyera un tratamiento terciario, ya que el vertido se produce al Parque Natural Bahía de Cádiz, lo que supone un coste de mantenimiento y explotación elevado, en comparación con las otras soluciones.

La impulsión hasta el bombeo de las instalaciones actuales del Campus, es rechazada por el técnico de la UCA, ya que agravaría los problemas de explotación que actualmente tiene dicha instalación.

La impulsión a la red municipal del P.I. Trocadero se descarta por no suponer una ventaja clara frente a la impulsión hasta el Caño de la Cortadura, ya que las longitudes de impulsión son similares, y en este caso es necesario realizar una hinca bajo la carretera nacional.

Por tanto se adopta la solución de impulsar los vertidos hasta la red municipal situada junto al Caño de la Cortadura, manifestando todos los presentes su conformidad con dicha solución.

Así pues, la solución consta de un colector de gravedad que recoge las acometidas del edificio y las lleva hasta una estación de bombeo que se ubica junto al aparcamiento, desde donde se impulsan los vertidos hasta la red municipal, concretamente hasta la arqueta de salida del bombeo de la UCA situado junto al Caño de la Cortadura.

Con una longitud de impulsión de 2.268 m, el trazado discurre paralelo a la vía de servicio de la carretera que da acceso al Campus, y que ha sido cedida recientemente al Ayuntamiento.

Se incluye a continuación, un reportaje fotográfico del trazado.




Trazado.




Trazado.




Trazado.




Trazado.




Trazado.




Bombeo junto a Caño Cortadura.



Punto de conexión.

2.2. Caudales de cálculo.

Los caudales de aguas residuales negras, o aguas fecales, provienen de las actividades realizadas en las edificaciones previstas, no existiendo otra fuente de producción.

Así, para la obtención de los caudales de cálculo se determina el caudal de aguas negras producido en los edificios. Dadas las especiales características de las instalaciones (centro de docencia), no parece oportuno aplicar ratios de consumo en función del uso previsto, ya que la variabilidad del caudal en función del momento del día será muy elevada.

En efecto, los caudales punta se obtendrán en los descansos entre clases, cuando los usuarios acudan masivamente a los aseos y baños, mientras que durante las clases el consumo será mínimo.

Es por ello que se ha optado por utilizar el método de adjudicación del número de unidades de desagüe (UD) a cada aparato sanitario presente en el edificio, según el Documento Básico de Salubridad HS 5 Evacuación de Aguas, del Código Técnico de la Edificación, adoptando para cada unidad de desagüe un caudal de 0,03 l/s.

Tabla 4.1 UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario		Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
		Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo		1	2	32	40
Bidé		2	3	32	40
Ducha		2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)		3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	5	100	100
	Con fluxómetro	8	10	100	100
Urinario	Pedestal	-	4	-	50
	Suspendido	-	2	-	40
	En batería	-	3.5	-	-
Fregadero	De cocina	3	6	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-	40
Lavadero		3	-	40	-
Vertedero		-	8	-	100
Fuente para beber		-	0.5	-	25
Sumidero sifónico		1	3	40	50
Lavavajillas		3	6	40	50
Lavadora		3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-

Fuente: CTE - HS 5

Así, nos queda la siguiente tabla:

PLANTA SOTANO 1 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	7	0,42
pileta	0,09	1	0,09
Inodoro con depósito	0,15	1	0,15
Inodoro con fluxor	0,30	3	0,90
	TOTAL		**1,56**

PLANTA BAJA 1 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	7	0,42
pileta	0,09	1	0,09
Inodoro con depósito	0,15	1	0,15
Inodoro con fluxor	0,30	3	0,90
	TOTAL		**1,56**

HOMBRES GRANDES 2 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	8	0,48
pileta	0,09	1	0,09
Inodoro con depósito	0,15	1	0,15
Inodoro con fluxor	0,30	8	2,40
Urinario	0,11	4	0,42
	TOTAL		**7,08**

MUJERES GRANDES 2 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	12	0,72
pileta	0,09	1	0,09
Inodoro con depósito	0,15	1	0,15
Inodoro con fluxor	0,30	8	2,40
	TOTAL		**6,72**

ASEOS MEDIANOS 4 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	6	0,36
pileta	0,09		0,00
Inodoro con depósito	0,15		0,00
Inodoro con fluxor	0,30	8	2,40
	TOTAL		**11,04**

ASEOS PEQUEÑOS 1 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	7	0,42
pileta	0,09	2	0,18
Inodoro con depósito	0,15	1	0,15
Inodoro con fluxor	0,30	6	1,80
	TOTAL		**2,55**

VESTUARIOS 1 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	2	0,12
pileta	0,09		0,00
Inodoro con depósito	0,15		0,00
Inodoro con fluxor	0,30	2	0,60
Duchas	0,09	3	0,27
	TOTAL		**0,99**

PLANTA PRIMERA 1 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	7	0,42
pileta	0,09	1	0,09
Inodoro con depósito	0,15	1	0,15
Inodoro con fluxor	0,30	3	0,90
	TOTAL		**1,56**

4 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	9	0,54
pileta	0,09	1	0,09
Inodoro con depósito	0,15	1	0,15
Inodoro con fluxor	0,30	5	1,50
	TOTAL		**9,12**

4 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	4	0,24
pileta	0,09		0,00
Inodoro con depósito	0,15		0,00
Inodoro con fluxor	0,30	6	1,80
	TOTAL		**8,16**

1 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	7	0,42
pileta	0,09	2	0,18

Inodoro con depósito	0,15	1	0,15
Inodoro con fluxor	0,30	6	1,80
	TOTAL		**2,55**

VESTUARIOS 1 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo	0,06	2	0,12
pileta	0,09		0,00
Inodoro con depósito	0,15		0,00
Inodoro con fluxor	0,30	2	0,60
Duchas	0,09	3	0,27
	TOTAL		**0,99**

CAFETERIA 1 x

APARATO	CAUDAL INSTANTANEO	NUMERO DE APARATOS	CAUDAL TOTAL
Lavabo			0,00
Fregadero	0,18	2	0,36
Lavavajillas industrial	0,18	2	0,36
			0,00
			0,00
	TOTAL		**0,72**

Así nos queda un caudal máximo teórico de 53,88 l/s.

Este valor debe corregirse aplicando un coeficiente de simultaneidad, que adopta la forma:

$$K = \frac{1}{\sqrt{N-1}},$$

siendo N el número de aparatos sanitarios, y adoptando el valor de 0,15 para N > 45, como es nuestro caso, de donde nos queda que el caudal máximo a considerar en el diseño es:

$$Q_{max} = 0,15 \times 53,88 = 8,08 \text{ l/s}$$

Este valor es muy superior al que se obtiene aplicando los ratios de consumo por tipo de uso; en efecto, para un edificio destinado a uso docente, las dotaciones medias varía entre 60 y 90 l/plaza y día; en el Plan Especial de la actuación se consideran 75 l/plaza y día; teniendo en cuenta que la capacidad máxima del edificio es de 2800 plazas, y adoptando un coeficiente de paso entre consumo de agua y agua residual generada de 0,8, nos queda un caudal medio de 1,94 l/s, por lo que el coeficiente de punta respecto al caudal anterior sería mayor de 4.

2.3. Dimensionamiento del colector por gravedad.

Aplicando la formula de Manning, para secciones parcialmente llenas, y aplicando los siguientes condicionantes:

- un coeficiente de rugosidad 0,01, correspondiente a una conducción de PVC de 315mm.
- una pendiente media del 0.5%
- un caudal de 8.08 L/s

Obtenemos que el calado de funcionamiento de la tubería seria de 6.1 cm o equivalentemente del 20%, por lo que podemos concluir el sistema cumple con holgura con el caudal de calculo.

2.4. Dimensionamiento de la impulsión.

Como hemos comentado, la producción de caudales de aguas residuales se concentrará en las horas que coincidan con los descansos de clases, siendo el caudal base o continuo muy pequeño, o incluso nulo. Además se tendrán periodos de tiempo en los que el caudal sea nulo, como por ejemplo las noches, los fines de semanas y los periodos vacacionales.

Es por ello que como criterio para el dimensionamiento de la impulsión se adopta que la velocidad en la tubería debe ser del orden de 1 m/s, de manera que cuando se produzcan las impulsiones, se arrastren los posibles depósitos y se limpie la tubería. Una velocidad mayor implica unas perdidas de carga excesivas, con un alto coste energético.

Como material para la tubería se adopta el polietileno, por ser idóneo para las características de la instalación; en efecto, la presencia de yesos y sales en los terrenos por los que discurre el trazado desaconseja el empleo de la fundición, y frente a otros materiales plásticos presenta la ventaja de

instalarse con soldadura a tope eliminando las juntas y ser un material mas flexible y menos rígido que el PVC., siendo un material muy económico.

Con estos datos, y atendiendo a los diámetros comerciales tenemos las siguientes velocidades:

CAUDAL	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08
DIÁMETRO COMERCIAL	75	90	110	125	140	160
ESPESOR	4,5	5,4	6,6	7,4	8,3	9,5
DIAMETRO	66	79,2	96,8	110,2	123,4	141
VELOCIDAD	2,36	1,64	1,10	0,85	0,68	0,52

Tendríamos pues como diámetros preseleccionados 110, 125 y 140 mm, para los que se calculan las perdidas de carga del sistema para estos diámetros, y teniendo en cuenta la diferencia de cota de la impulsión se obtiene la altura manométrica necesaria para el bombeo.

Las perdidas en línea de la tubería son:

MATERIAL		PE PN 10	
FORMULA		PRANDTL-COLEBROOK	

COEFICIENTE DE RUGOSIDAD en m			
k =	0,0003	m	Tubería nueva
	0,0006	m	Tubería usada

VISCOSIDAD CINEMATICA		
u =	1,31E-06	m^2/s

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (m)	Velocidad (m/s) sección llena	Caudal (m^3/s) sección llena	PENDIENTE en m/m	L (m)	Perdidas carga (mca)
110	0,097	1,10	0,00808	0,0177	2.268,00	40,22
125	0,110	0,85	0,00808	0,00908	2.268,00	20,58
140	0,123	0,68	0,00808	0,0051	2.268,00	11,51

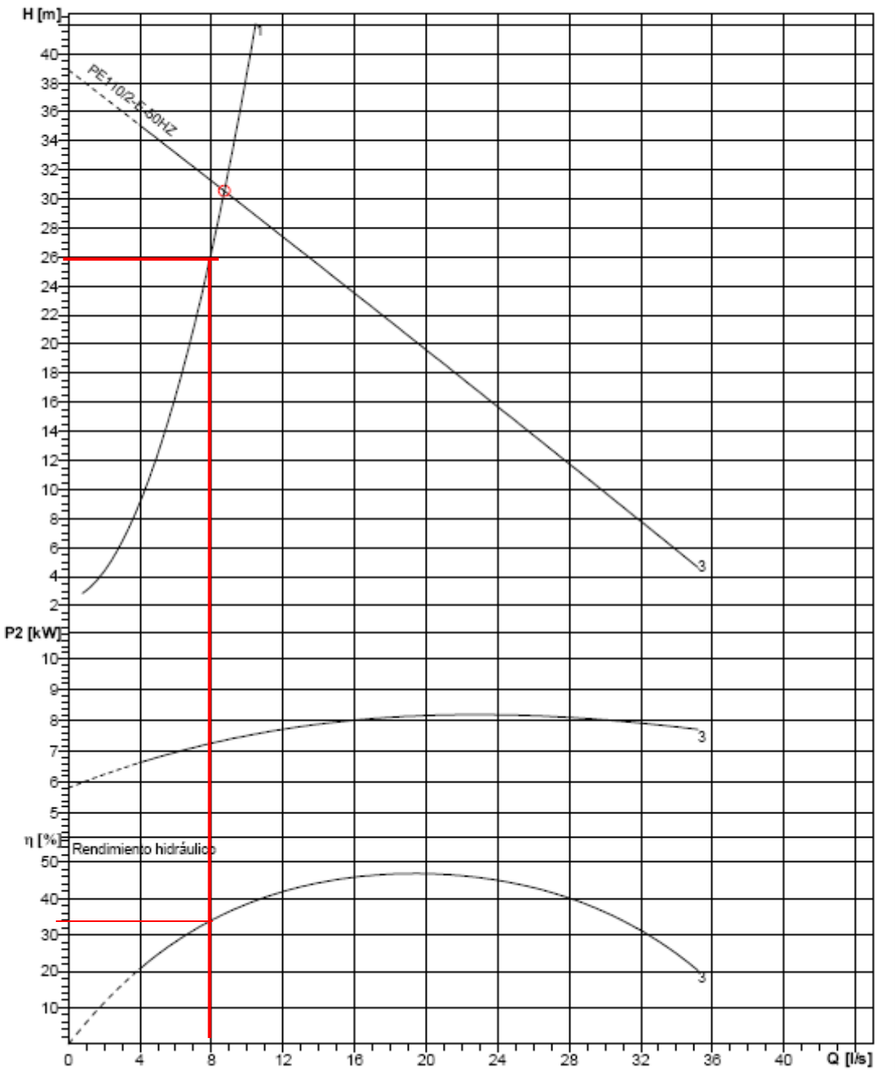
Las perdidas localizadas podemos estimarlas en un 10% de las pérdidas en línea, y la altura geométrica es de 3 metros, de donde nos queda:

Diámetro nominal (mm)	Perdidas carga	Perdidas localizadas	ΔH geométrica	ΔH manométrica
110	40,22	4,02	3,00	47,24
125	20,58	2,06	3,00	25,64
140	11,51	1,15	3,00	16,66

Se ha consultado con fabricantes de equipos de bombeo de reconocido prestigio para seleccionar los equipos de bombeo idóneos, obteniéndose las distintas alternativas.

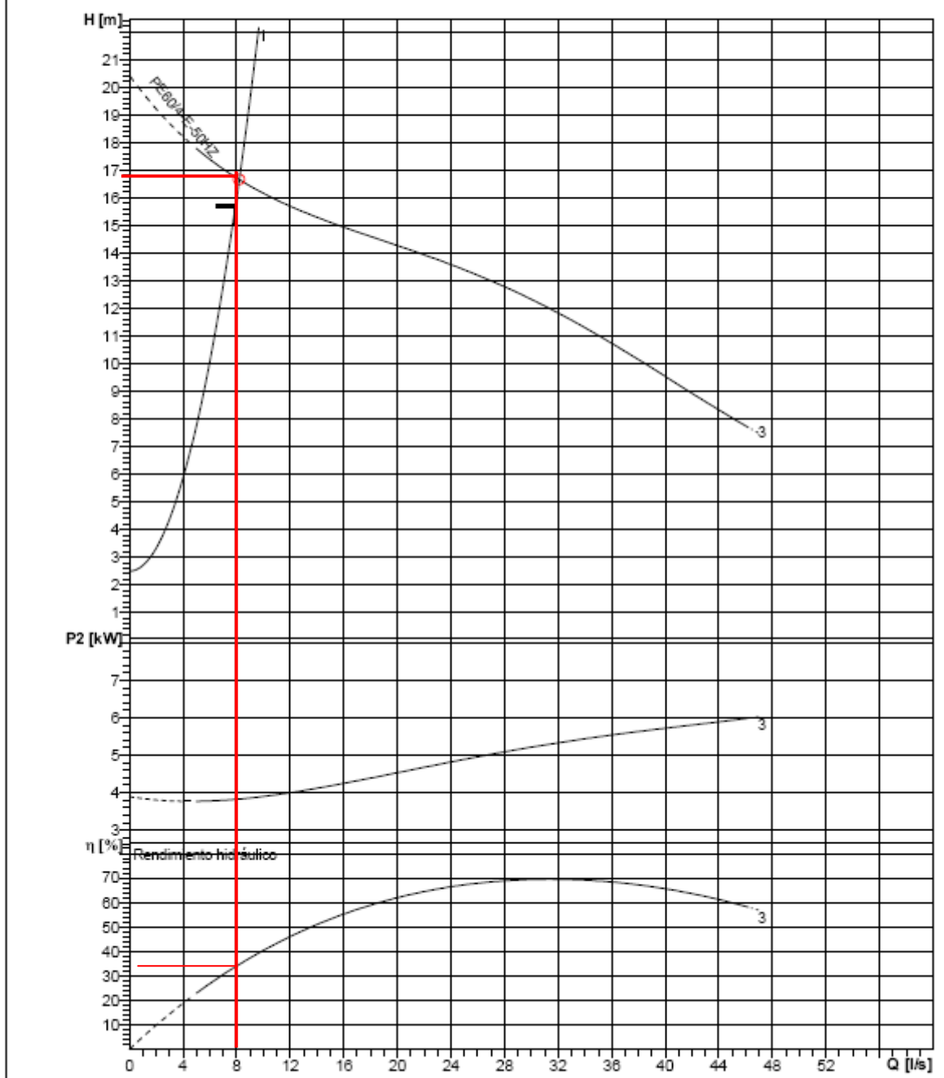
Opción 1:

1+1 UDS DE 8 L/S A 25,9 M.C.A. TUBERIA HDPE DN100			Boca impulsión DN80	Frecuencia 50 Hz
Densidad 1000 kg/m³	Viscosidad 1,57 mm²/s	Normas de referencia ISO 9906 Gr 2 Annex A1/A2	Velocidad nominal 2930 1/min	Fecha 17.11.2009
Caudal 8,72 l/s	Altura 30,6 m	Potencia nominal 7,36 kW	Rendimiento hidráulico 35,8 %	NPSH



Dimensiones rodete 170 mm	N° de paletas 1	Rodete Impulsor contrabloqueo, 1 álabe	Dim. cuerpos sólidos 45 mm	Revisión 2009-10-20

1+1 UDS DE 8 L/S A 15,7 M.C.A. TUBERIA HDPE DN125			Boca impulsión DN100	Frecuencia 50 Hz
Densidad 1000 kg/m³	Viscosidad 1,57 mm²/s	Normas de referencia ISO 9906 Gr 2 Annex A1/A2	Velocidad nominal 1470 1/min	Fecha 16.11.2009
Caudal 8,19 l/s	Altura 16,7 m	Potencia nominal 3,83 kW	Rendimiento hidráulico 34,8 %	NPSH



Dimensiones rodete 225 mm	N° de paletas 1	Rodete Impulsor contrabloqueo, 1 álabe	Dim. cuerpos sólidos 80 mm	Revisión 2009-10-20

Opción 2:

Como se puede observar, las opciones que se barajan se corresponden a los diámetros 110 y 140 mm. Esto se debe a que no existen bombas sumergibles en el mercado para que den un pequeño caudal a una gran altura, y las que lo hacen presentan un rendimiento hidráulico muy bajo.

Así, en las dos soluciones propuestas resultan unos rendimientos del 35,8% y del 34,8% respectivamente; en el primer caso la potencia necesaria es de 7,36 kw y la potencia instalada de 12 kw; en el segundo caso la potencia necesaria es de 3,83 kw y la potencia instalada de 6,68 kw.

Así pues, estas soluciones suponen un derroche desde el punto de vista energético. Es por ello que se estudian otras posibilidades.

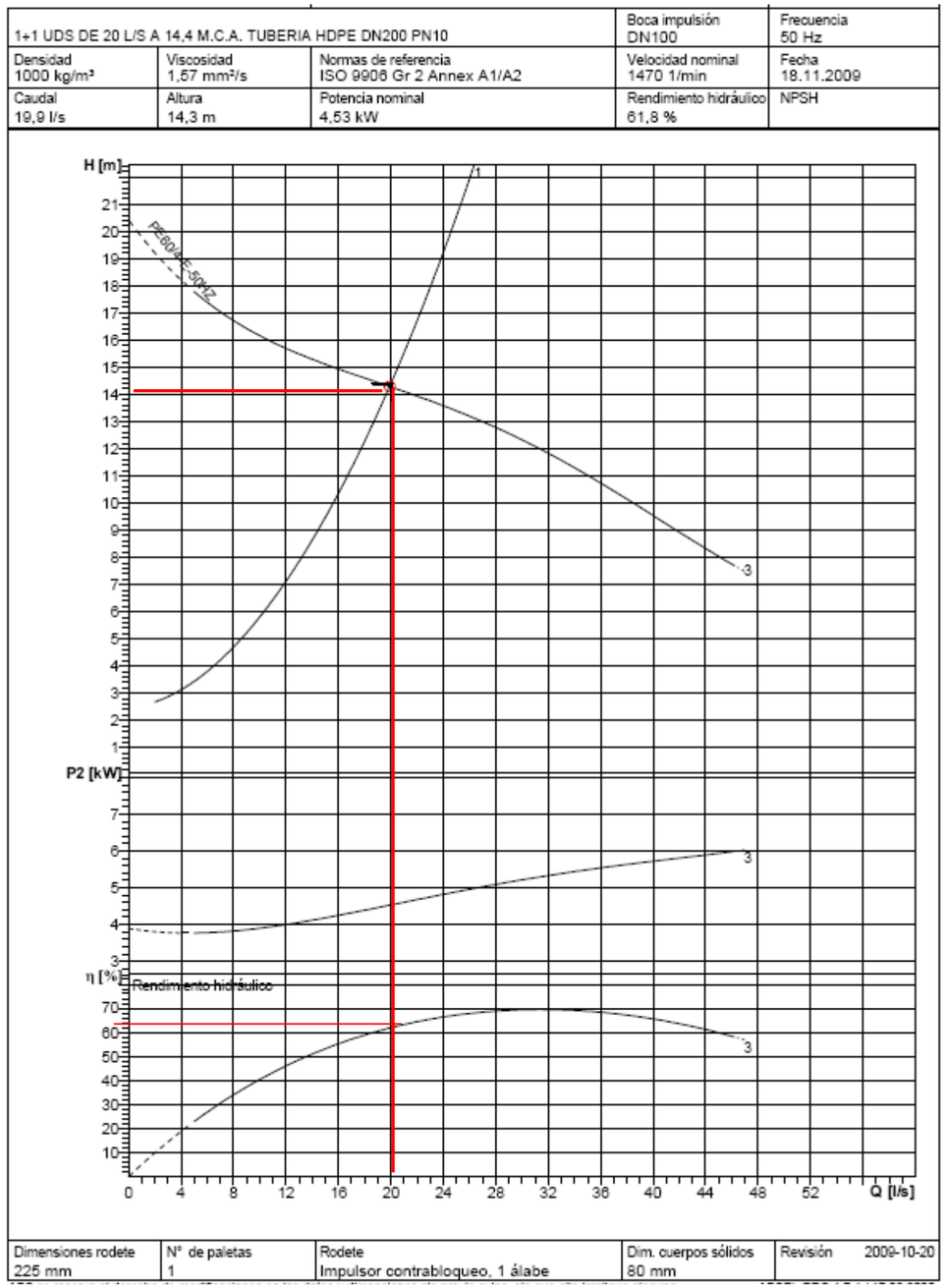
Para ello, y a la vista de los equipos existentes en el mercado, se decide aumentar el caudal a bombear, lo que permite, aumentando el diámetro, escoger un equipo con mejores rendimientos.

Así, adoptando un caudal de 20 l/s con un diámetro de 200 mm, se obtienen las siguientes pérdidas de carga:

Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (m)	Velocidad (m/s) sección llena	Caudal (m^3/s) sección llena	PENDIENTE en m/m	L (m)	Perdidas carga (mca)
200	0,1762	0,82	0,020	0,0047	2.268,00	10,66

Diámetro nominal (mm)	Perdidas carga	Perdidas localizadas	$\Delta H_{geométrica}$	$\Delta H_{manométrica}$
200	10,66	1,07	3,00	14,72

Para estas condiciones de trabajo existen equipos con mejores rendimientos; en la figura siguiente se incluye una curva característica del equipo propuesto en la que se puede observar que el rendimiento es del 61,8%, siendo la potencia necesaria de 4,53 kw y la potencia instalada de 6,68 kw, para una velocidad de 0,82 m/s; esta solución es comparable con la solución de diámetro 125 mm que presenta una velocidad de 0,85 m/s, resultando que se aumenta el caudal y se disminuye la potencia instalada.



Esta solución presenta algunas mejoras adicionales:

- Mejor rendimiento y menor consumo energético, optimizando los recursos.
- Al ser el caudal mayor que el estimado como caudal máximo se permiten futuras incorporaciones.
- Al ser el caudal mayor que el estimado se palian los efectos de los errores en que se haya podido incurrir al determinar este caudal.

Para obtener este caudal es necesario dimensionar el pozo de bombeo de manera que sea capaz de almacenar el volumen entrante de agua hasta alcanzar un nivel que permita bombear de forma continua durante un periodo de tiempo suficiente para vaciar el pozo.

Así, si consideramos que el caudal máximo se da durante un periodo de 20 minutos, se necesita un volumen de pozo necesario de:

$$8{,}08 \times 20 \times 60 = 9{,}7\ m^3$$

Que tardaría 8 minutos en desaguarse, con el caudal propuesto.

2.5. Golpe de ariete.

El análisis de un transitorio hidráulico se realiza mediante la solución conjunta de las ecuaciones que llevan a cabo la gestión de las ondas de presión en el interior de las tuberías y de las ecuaciones que expresan las condiciones de contorno o comportamiento de los dispositivos que inician y/o modifican las perturbaciones. Específicamente, se trata de resolver el sistema formado por las ecuaciones de continuidad y de movimiento junto con las condiciones de contorno correspondientes al sistema.

El objetivo es obtener una descripción cuantitativa del transitorio mediante el conocimiento de las funciones incógnitas, generalmente altura piezométrica H y velocidad V o caudal Q, en los puntos de interés del sistema (quizá todos) y durante el tiempo en que el transitorio resulta relevante.

2.5.1. Método de cálculo.

Las ecuaciones que gobiernan un régimen variable en una conducción son (Hidráulica - A. Osuna):

$$+/- \ g/a \ dz/dt + dw/dt +/- g/a \ . \ w \ . \ sen\alpha + f \ . \ w \ . \ |w| \ / \ 2D = 0$$
$$dx/dt = w +/-a \cong +/-a$$

Donde:

$$a^2 = 1 / \rho / [D / (b \ . \ E) + 1 / \varepsilon]$$

a = velocidad de la onda (m/s)

r = densidad del fluido (kg/m^3)

D = diámetro medio del conducto (m)

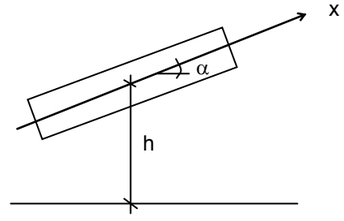
b = espesor de la pared del conducto (m)

E = módulo de elasticidad de la pared del conducto (N/m^2)

ε = módulo de elasticidad volumétrico del agua = 21.6 10^8 N/m^2 a 20ºC

En estas ecuaciones, w(x,t) es la velocidad, y z(x,t) la altura manométrica:

$$z = h + p / \gamma$$



Operando con las ecuaciones anteriores se obtiene que la velocidad w(x,t+dt) = wk+1 y la altura z(x,t+dt) = zk+1 en el instante t+dt se pueden calcular a partir de la ley de velocidades y alturas en el instante t según las siguientes ecuaciones:

$$w_{k+1} + c_2 \ . \ z_{k+1} = c_3$$
$$w_{k+1} - c_2 \ . \ z_{k+1} = c_1$$

, o bien:

$$w_{k+1} = (c_1 + c_3) / 2$$
$$z_{k+1} = (c_3 - c_1) / 2c_2$$

, siendo:

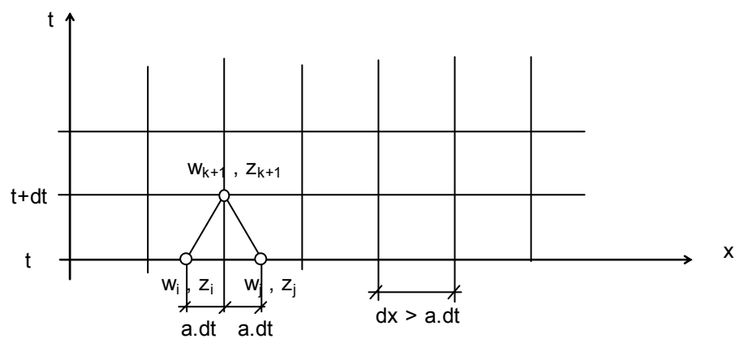
$$c_1 = w_j - c_2 \cdot z_j + c_2 \cdot dt \cdot w_j \cdot \text{sen}\alpha - f / 2D \cdot dt \cdot w_j \cdot |w_j|$$

$$c_2 = g / a$$

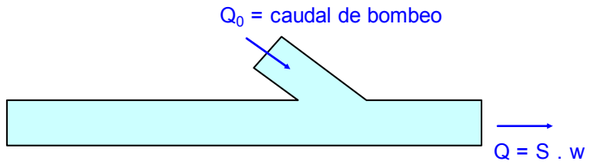
$$c_3 = w_i + c_2 \cdot z_i - c_2 \cdot dt \cdot w_i \cdot \text{sen}\alpha - f / 2D \cdot dt \cdot w_j \cdot |w_j|$$

$$w_i = w(x-a.dt,t) \quad ; \quad z_i = z(x-a.dt,t)$$

$$w_j = w(x-a.dt,t) \quad ; \quad z_j = z(x-a.dt,t)$$



Las condiciones de contorno en el extremo impulsor, sin calderín antiariete, se escriben:



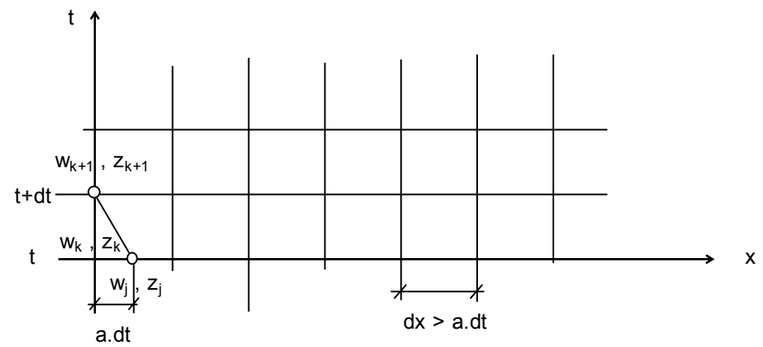
$$Q = Q_0$$

$$w = Q_0 / S$$

Resultando:

$$w_{k+1} = Q_0 / S$$

$$w_{k+1} - c_2 \cdot z_{k+1} = c_1$$



Donde:

$c_1 = w_j - c_2 \cdot z_j + c_2 \cdot dt \cdot w_j \cdot \text{sen}\alpha - f / 2D \cdot dt \cdot w_j \cdot |w_j|$

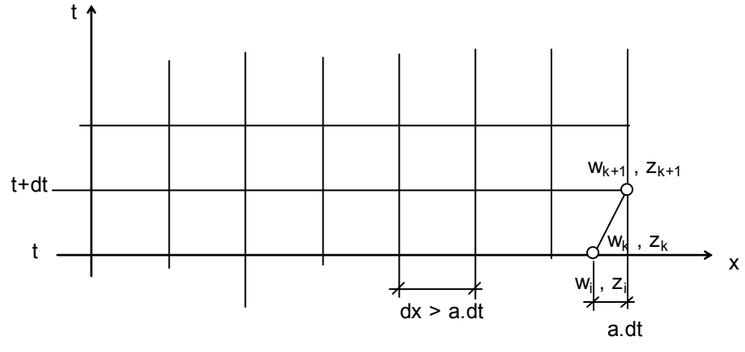
o bien:

$$w_{k+1} = Q_0 / S$$

$$z_{k+1} = (w_{k+1} - c_1) / c_2$$

, de donde se obtienen los nuevos valores de la velocidad wk+1 y la altura manométrica zk+1 en el extremo impulsor, en el instante t+dt.

En el extremo final de la tubería, suponiendo que existe un depósito de nivel constante a la cota hf, se tiene:

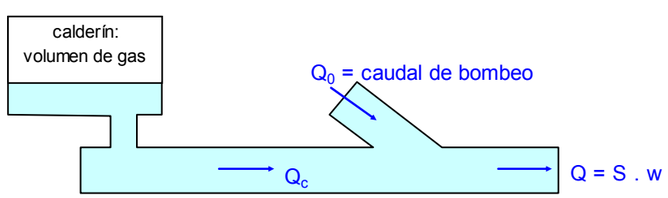


$$z_{k+1} = h_f$$

$$w_{k+1} = c_3 - c_2 \cdot h_f$$

, de donde se obtienen los nuevos valores de la velocidad wk+1 y la altura manométrica zk+1 en el extremo final, en el instante t+dt.

Suponiendo que existe un calderín en el extremo impulsor, se tiene:



$$Q = Q_0 + Q_c$$

$$w = (Q_0 + dV/dt) / S$$

El volumen de gas en el calderín se rige por la ley de las transformaciones adiabáticas:

$$p \cdot V^{\gamma} = cte$$

, donde γ es una constante de valor:

$$\gamma = c_p / c_V$$

, siendo cV la capacidad calorífica del gas a volumen constante, y cp la capacidad calorífica a presión constante.
Para el aire, $c_p \cong 1000$ J / kg / ºK y $c_V \cong cp - R \cong 713$ J / kg / ºK, siendo por tanto $\gamma \cong 1,4$.

A partir de la ecuación anterior se obtiene:

$$dV/dt = - V / \gamma / p \cdot dp/dt$$

Suponiendo que el calderín tiene un volumen V_c y que se llena de aire inicialmente a la presión p_c, el volumen de aire V_0 en régimen permanente, antes de la parada de las bombas es:

, siendo p_0 la presión en el calderín en el régimen permanente antes de la parada de las bombas.
El volumen de aire correspondiente a una determinada presión p se escribe asimismo:

$$V = V_c \cdot (p_c / p)^{1/\gamma}$$

Y por tanto:

$$dV/dt = - V_c \cdot p_c^{1/\gamma} / (\gamma \cdot p^{(\gamma+1)/\gamma}) \cdot dp/dt$$

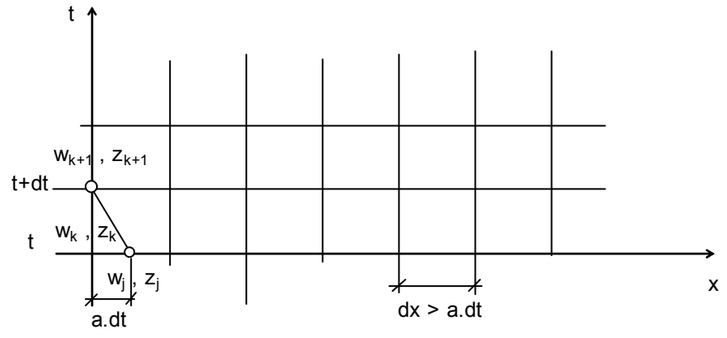
de donde:

$$w = Q_0 / S - V_c \cdot p_c^{1/\gamma} / (\gamma \cdot S \cdot p^{(1+\gamma)/\gamma}) \cdot dp/dt$$

En el extremo donde se encuentra el calderín se puede escribir entonces:

$$w_{k+1} = Q_0 / S - V_c \cdot p_c^{1/\gamma} / (\gamma \cdot S \cdot p_{k+1}^{(\gamma+1)/\gamma} .dt) \cdot (p_{k+1} - p_k)$$

$$w_{k+1} - c_2 \cdot z_{k+1} = c_1$$



, siendo:

$$c_1 = w_j - c_2 \cdot z_j + c_2 \cdot dt \cdot w_j \cdot \text{sen}\alpha - f / 2D \cdot dt \cdot w_j \cdot |w_j|$$

Por otra parte, la presión absoluta en el calderín es:

$$p_{k+1}\ (Pa) = (z_{k+1} - h_0 + p_a) \cdot 9800$$
$$p_k\ (Pa) = (z_k - h_0 + p_a) \cdot 9800$$

, siendo zk+1 y zk la altura manométrica en los instantes t+dt y t respectivamente, h0 la cota geométrica del eje del conducto, y pa la presión atmosférica, todas ellas expresadas en mca (pa = 10,33 mca).

Con ello se obtiene:

$$w_{k+1} = Q_0 / S - c_4 \cdot (z_{k+1} - z_k) / [(z_{k+1} - h_0 + p_a) \cdot 9800]^{(1+\gamma)/\gamma}$$
$$w_{k+1} - c_2 \cdot z_{k+1} = c_1$$
$$c_4 = 9800 \cdot V_c \cdot p_c^{1/\gamma} / (\gamma \cdot S \cdot dt)$$

O bien:

$$c_1 + c_2 \cdot z_{k+1} - Q_0 / S + c_4 \cdot (z_{k+1} - z_k) / [(z_{k+1} - h_0 + p_a) \cdot 9800]^{(1+\gamma)/\gamma} = 0$$
$$w_{k+1} = c_2 \cdot z_{k+1} + c_1$$

, de donde se obtienen los nuevos valores de la velocidad wk+1 y la altura manométrica zk+1 en el extremo donde se encuentra el calderín, en el instante t+dt.

La primera de las dos ecuaciones anteriores en zk+1 debe resolverse por iteraciones sucesivas, haciendo:

$$f(z_{k+1}) = c_1 + c_2 \cdot z_{k+1} - Q_0 / S + + c_4 \cdot (z_{k+1} - z_k) / [(z_{k+1} - h_0 + p_a) \cdot 9800]^{(1+\gamma)/\gamma} = 0$$

Siendo z'k+1 el siguiente valor de la iteración, se debe cumplir:

$$f(z'_{k+1}) = f(z_{k+1}) + f'(z_{k+1}) \cdot (z'_{k+1} - z_{k+1}) = 0$$

o bien:

$$z'_{k+1} = z_{k+1} - f(z_{k+1}) / f'(z_{k+1})$$

Siendo:

$$f'(z_{k+1}) = df/dz_{k+1} =$$
$$= c_2 + c_4 .\{ [(z_{k+1}-h_0+p_a) \cdot 9800]^{(1+\gamma)/\gamma} - (z_{k+1} - z_k) \cdot 9800 \cdot (1+\gamma) / \gamma \cdot [(z_{k+1}-h_0+p_a) \cdot 9800]^{1/\gamma} \} / [...]$$
$$/ [(z_{k+1} - h_0 + p_a) \cdot 9800]^{(2+2\gamma)/\gamma}$$
$$f'(z_{k+1}) = c_2 + 9800 \cdot c_4 \cdot [z_k \cdot (1+\gamma) / \gamma - z_{k+1} / \gamma - h_0 + p_a] / [(z_{k+1}-h_0+p_a) \cdot 9800]^{(1+2\gamma)/\gamma}$$

2.5.2. Cálculo del calderín.

Los parámetros de cálculo utilizados se resumen en las tablas siguientes, donde el coeficiente de rugosidad n de Manning utilizado es 0,008, de acuerdo con la siguiente equivalencia:

Caudal (m^3/s)	ϕ (m)	rugosidad absoluta k (m)	coeficiente f de Darcy	comprobación	coeficiente n de Manning
0,0209	0,175	0,00000300	0,0166	0,0000001	0,0086

CONDUCCIÓN	
Longitud de la conducción L (m)	2267.98
módulo volumétrico del agua (N/m^2)	2.16E+09
densidad del fluído (kg/m^3)	1000
Cota de la lámina a la salida (m)	47.00
Caudal total inicial (m^3/s)	0.0209

MODELO					
distancia al origen	rasante	diámetro (m)	espesor (m)	E (N/m^2)	n (Manning)
0.00	44.00	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
206.18	44.15	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
412.36	44.30	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
618.54	44.45	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
824.72	44.60	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
1030.90	44.75	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
1237.08	44.89	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
1443.26	45.04	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
1649.44	45.19	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
1855.62	45.34	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
2061.80	45.49	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008
2267.98	45.64	0.1748	0.0126	9.00E+08	0.008

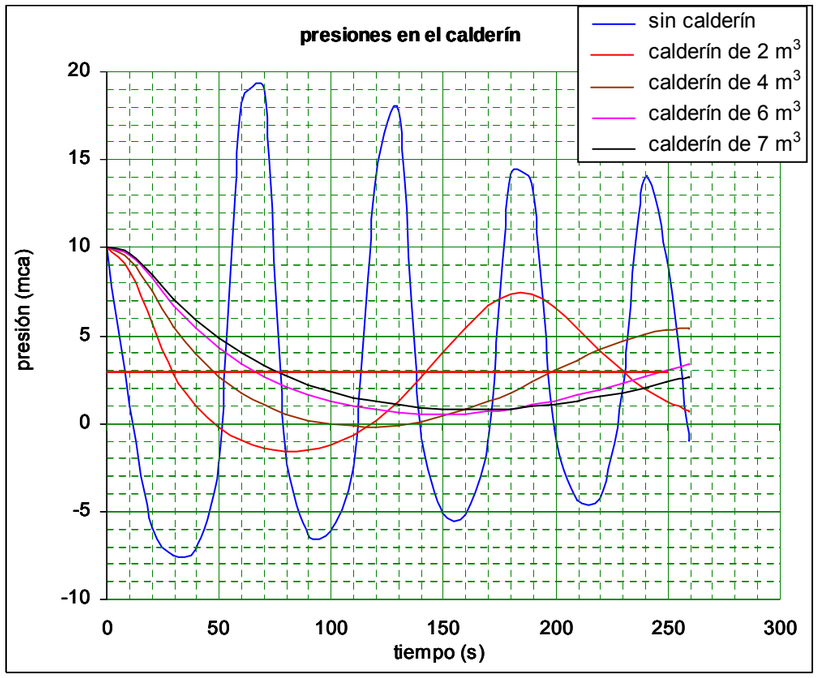
CALDERÍN	
volumen inicial V_c (m^3)	5
presión inicial (relativa) p_c (mca)	10
constante adiabáticas □	1.4
GOLPE DE ARIETE	
tiempo de cierre (s)	21.2
□Q_0 (m^3/s)	0.00
paso □x (m)	11.44
paso □t (s) (< □x/a)	0.0456
intervalo de tiempo (s)	10
nº de iteraciones	219
intervalo de análisis (s)	200
volumen inicial del aire V_0 (m^3)	4.99
presión inicial (relativa) p_0 (mca)	10.06

GOLPE CLÁSICO	
L (m)	2287.98
a_{med} (m/s)	250.96
v_{med} (m/s)	0.87
tiempo crít. (s)	18.23
cierre	lento
νH (m)	19.18
νL (m)	0.00

MENDILUCE	
tiempo de cierre (s)	21.22

En el gráfico adjunto se representa la evolución temporal de presiones en calderines de diferente capacidad, con condiciones iniciales de presión atmosférica (aguas residuales).

La capacidad mínima del calderín para no alcanzar presiones negativas es 6 m^3. El calderín recomendable sería de 7 m^3 de capacidad.



2.6. Desodorización.

2.6.1. Generalidades sobre desodorización.

La colocación de un equipo de estas características se debe a la eliminación de los olores generados por la estación de bombeo.

Los carbones utilizados en la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes de diversos procesos industriales , que en la eliminación de gases (H2S, NH3, R-SH) producidos en una estación depuradora de aguas residuales.

Esta diferencia estriba en su naturaleza, porosidad, densidad y sistema de regeneración.

Son muy utilizados los carbones impregnados en NaOH u otros reactivos alcalinos, de manera que permiten su regeneración mediante lavado con una solución alcalina de igual naturaleza. Esta regeneración se puede repetir varias veces hasta el agotamiento del carbón.

Otros carbones de naturaleza bituminosa, oxidan el H2S convirtiéndolo en sulfato soluble en agua, lo que permite que su regeneración, se haga también con agua.

Por otra parte, los carbones utilizados para la eliminación de compuestos orgánicos tales como alcoholes, hidrocarburos clorados, ésteres, acetonas, etc., requieren en muchas ocasiones regeneraciones térmicas para poder volver a ser utilizados.

Asimismo el dimensionamiento del filtro es fundamental para una buena instalación.

2.6.2. Solución propuesta.

Consultado con una empresa especializada, nos indica que el equipo a instalar tiene que tener las siguientes características:

CAUDAL DE AIRE A TRATAR	500m^3/h
COMPOSICION	Aire + H_2S + CH_3SH + $(CH_3)2S$ + $(CH_3)2S_2$
CONCENTRACION CONTAMINANTE	10 mg/m^3
TEMPERATURA	Ambiente
EFICACIA INICIAL DE ABSORCION	99%
PERDITA DE CARGA EQUIPO	800 Pa
PERDIDA DE CARGA CONDUCTOS	300 Pa
PERDIDA DE CARGA TOTAL	1.100 Pa

El equipo estará compuesto por los siguientes elementos:

- Torre de contacto;
- Ventilador;
- Tuberías, accesorios y válvula de mariposa;

2.7. Instalación eléctrica.

CALCULOS ACOMETIDA A BOMBAS

I (A) = (P (Kw) * 10^3) * 1.25 / (V * 3^0.5 * COS(□)*η = 6 * 10^3 * 1.25 / 400 * 3^0.5 * 0.75 * 0.9 = 16 A

Se elige cable RVK Cu de 25 mm2, bajo tubo enterrado, el cual soporta:

75 * 0.8 = 60 A> 16 A

Debidos a las cortas distancias de los cables de proyecto, se omite el calculo de las tensiones.

Se dispondrá un cuadro de potencia y control para E.B., realizado en armario metálico, sobre bastidor de perfiles, tratado contra oxidación y pintado martelé, registrable por el frente mediante puertas y de las dimensiones de seis paneles de 2000*800*600mm, incluso bancales y herrajes soportes, conteniendo debidamente cableado y conexionado:
- Interruptor de 2*1000A;
- 2 conjuntos de protección y arranque de motores con arrancador estático de 30 Kw, formado por: formado por: 1 amperímetro con trafo de intensidad 300/5A, automático magnético 3*315A con toroide y relé diferencial regulable en tiempo y sensibilidad, arrancador estático con protección integral de motor para 6 Kw (200A) o 400V con protección 250/200A, conductor de 20 KVA y contador temporizado, pulsadores, selectores, pilotos, relees auxiliares y pequeño material.
- Protección contra sobre tensión basta, media y fina, con APR y separadores galvanicos.

Asimismo se instalará Grupo electrógeno para 140 KVA de emergencia en caso de caidas o ausencia de tensión.

3. PLUVIALES.

3.1. Generalidades.

Las aguas procedentes de las zonas verdes de la parcela objeto del proyecto se evacuarán de forma natural hacia las cunetas de los viales en la parte este y hacia el parque natural en la parte oeste.

Las aguas procedentes del viario y aparcamientos deben evacuarse mediante una conducción, vertiendo al parque, siguiendo el desagüe natural de la zona. Debido a que la salida natural de las aguas es hacia el parque natural, se realizo una consulta a la conserjería de Medio Ambiente, en cuya respuesta puso de manifiesto la utilización de una separadora de hidrocarburos para poder procesar las aguas procedentes del aparcamiento, antes del vertido. Posteriormente han manifestado su disconformidad con el vertido directo, por lo que la solución final que se plantea es la impulsión de las aguas pluviales hasta conectar con la salida de pluviales del campus actual, cuyo tramo final debe aumentar de diámetro para poder evacuar los nuevos caudales.

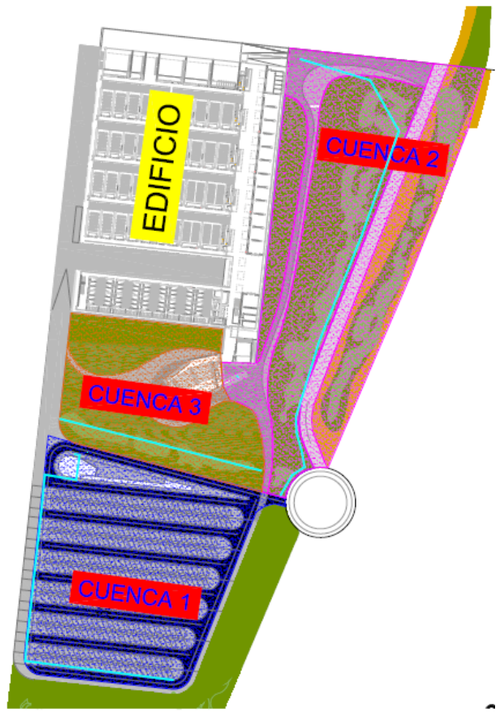
Para calcular los caudales de avenida de las cuencas se sigue a continuación el método hidrometeorológico recomendado por la Instrucción 5.2 - IC de la Dirección General de Carreteras del M.O.P.U.

El empleo de este método se ha generalizado para el cálculo de pequeñas cuencas con tiempos de concentración inferiores a 6 h, como las que son objeto de estudio.

3.2. Calculo del caudal con el método de la instrucción.

3.2.1. Definición de cuencas.

Las cuencas consideradas en este análisis has sido las 3 que se representan en el croquis siguiente:



3.2.2. Método de cálculo.

Para calcular los caudales de avenida de las cuencas se sigue a continuación el método hidrometeorológico recomendado por la Instrucción 5.2 - IC de la Dirección General de Carreteras del M.O.P.U.

El uso de este método se ha generalizado para el cálculo de pequeñas cuencas con tiempos de concentración inferiores a 6 h, como las que son objeto de estudio.

Según dicha instrucción, el caudal Q en el punto en que vierte una determinada cuenca es:

$$\mathbf{Q}\ (m3/s) = \mathbf{C} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{I} / 300$$

C = coeficiente medio de escorrentía de la cuenca
I = intensidad media de precipitación (mm/h)
A = superficie de la cuenca (Ha)

La intensidad media de precipitación se obtiene a partir de la expresión:

$$I = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Id (mm/h) = intensidad media diaria de precipitación = **Pd** / 24
Pd (mm) = precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno considerado
I1 (mm/h) = intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno
t (h) = duración de la precipitación, igual al tiempo de concentración de la cuenca

3.2.3. Precipitaciones de cálculo.

Las precipitaciones de cálculo se determinan en primera instancia de acuerdo con la publicación "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

En dicha publicación se encuentran los resultados del tratamiento estadístico de los datos recopilados por las diferentes estaciones meteorológicas del territorio peninsular.
La precipitación máxima diaria Pd se obtiene a partir de la fórmula:

$$Pd = Pm \cdot KT(Cv)$$

, siendo Pm el valor medio de la máxima precipitación diaria anual, y KT(Cv) el llamado factor de amplificación, función del periodo de retorno T y del coeficiente de variación Cv .
Para las cuencas en estudio dichos parámetros toman los siguientes valores:

Datos característicos de la cuenca y su tiempo de concentración							
NOMBRE	AREA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL		AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	PENDIENTE MEDIA	TC
	M2	M	KM	M	M	P%	H
CUENCA 1	13.382	220,00	0,22	--	--	0,18%	0,32
CUENCA 2	18.952	292,00	0,29	--	--	0,25%	0,37
CUENCA 3	7.826	115,00	0,12	--	--	0,25%	0,18

Obteniendo las siguientes precipitaciones de calculo:

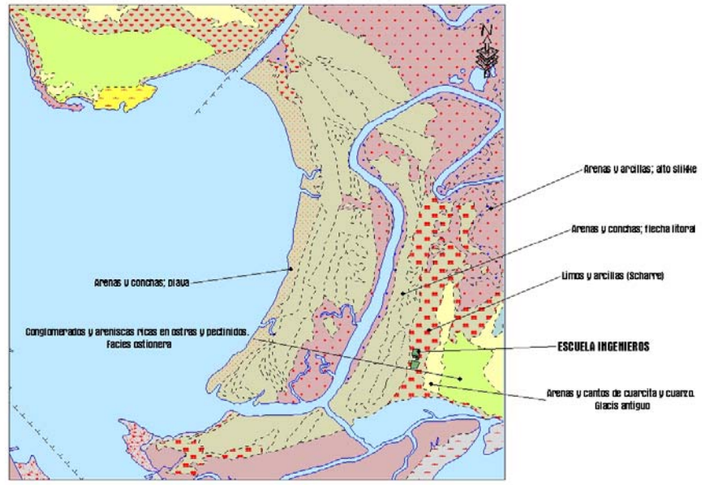
Precipitación máxima diaria P_d e intensidad media diaria I_d								
Periodo de retorno (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
Cv	0,904	1,259	1,514	1,884	2,174	2,48	2,8	3,25
P_d (mm)	56,048	78,058	93,868	116,808	134,788	153,760	173,600	201,500
Id (mm/h)	2,34	3,25	3,91	4,87	5,62	6,41	7,23	8,40

Intensidad media de precipitación I (mm/h)		tiempo de concentración (h)	Periodo de retorno (años)							
			2	5	10	25	50	100	200	500
			I (mm/h)							
			2,34	3,25	3,91	4,87	5,62	6,41	7,23	8,40
	CUENCA 1	0,32	33,14	46,15	55,50	69,06	79,69	90,91	102,64	119,13
	CUENCA 2	0,37	30,83	42,94	51,64	64,26	74,15	84,58	95,50	110,84
	CUENCA 3	0,18	42,68	59,44	71,48	88,95	102,65	117,10	132,20	153,45

3.2.4. Cálculos de los caudales de avenida.

Para la definición del umbral de escorrentía se realiza una estimación cruzada entre las características superficiales del suelo de la cuenca y el tipo de vegetación presente en la misma.

A continuación se incluye en recorte del mapa litológico de la zona, en el cual se puede observar que los terrenos pertenecientes a las cuencas se pueden clasificar, según la instrucción, de clase B, o sea de infiltración moderada clasificándose como franco-arcillosa-arenosa.



Desde el punto de vista de la vegetación presente en los terrenos objeto de estudio, se establecen los siguientes parámetros para los diferentes usos del suelo:

- Aparcamiento y viales: impermeable.
- Jardín civilizado: matorral denso con arbolado.
- Otras zonas verdes: matorral disperso con arbolado.

Por lo que las diferentes cuencas tienes los siguientes porcentajes de utilización del suelo:

	MATORRAL DISPERSO CON ALRBOLADO	PASTIZALES CON ARBOLADO	URBANO
CUENCA 1			100%
CUENCA 2	48%	26%	26%
CUENCA 3	76%		24%

Por lo que aplicando todo lo anteriormente dicho, obtenemos los siguientes caudales para los diferentes periodos de retorno:

Caudal de avenida Q (m^3/s)		Superficie (Ha)	Periodo de retorno (años)							
			2	5	10	25	50	100	200	500
CUENCA Nº	CUENCA 1	1,34	0,143	0,202	0,244	0,305	0,353	0,403	0,456	0,530
	CUENCA 2	1,90	0,049	0,070	0,087	0,118	0,147	0,179	0,216	0,271
	CUENCA 3	0,78	0,026	0,037	0,044	0,059	0,074	0,091	0,110	0,139

Debido a las características de la red, se considera conveniente diseñar las obras de fábrica aplicando los caudales calculado con un tiempo de retorno de 25 años.

3.3. Calculo de las secciones.

Aplicando la formula de Manning, para secciones parcialmente llenas, los resultados de las obras de fábrica diseñada se incluyen a continuación:

DATOS DE LA O.D.T.								HIDRÁULICA DE LA O.D.T. RÉGIMEN UNIFORME		
O.F. nº	caudal (l/s)	Cota entrada m	Cota Salida m	Longitud m	pendiente %	nº y tipo	Ancho o diámetro (m)	n Manning	calado (m)	velocidad (m/s)
0.1	250	5,93	5,85		0,15%	canaleta	0,76*0,6	0,016	0,52	0,8
0.2	305	6,08	5,93	97	0,15%	canaleta	0,7*0,6	0,016	0,51	0,85
1	118	6,1	6	20	0,50%	tubo	2x0,3	0,016	0,27	0,86
2	118	6	5,85	116	0,13%	cuneta	t=2:1 h=0,5	0,035	0,41	0,36
3	118	5,85	5,75	20	0,50%	tubo	2x0,3	0,016	0,27	0,86
4	177	5,75	5,6	98	0,15%	cuneta	b=1m t=1:1 h=0,5	0,035	0,34	0,39
5	59	5,7	5,6	20	0,50%	tubo	2x0,3	0,016	0,15	0,8
7	177	5,6	5,5	14	0,71%	tubo	2x0,4	0,016	0,23	1,19

3.4. Cálculo de la impulsión y estación de bombeo.

Una vez consultados los organismos intervinientes, la solución escogida es la impulsión hasta la salida de pluviales de las instalaciones del actual campus universitario.

En efecto, las pluviales del actual campus se recogen en una estación de bombeo que impulsa por un emisario terrestre hasta un punto de vertido.

En primer lugar se baraja la opción de verter a la estación de bombeo existente, pero de los datos obtenidos del personal encargado de la UCA, se comprueba que, la estación de bombeo existente no admite 500 l/seg adicionales, ya que su capacidad actual es de 500 l/s, por lo que se saturaría la EBAR actual con el nuevo caudal.

Por tanto se escoge la opción de conectar con el emisario de vertido, aguas abajo de la estación de bombeo existente. Esto conlleva un incremento en el diámetro del emisario terrestre actual

La cota del punto de vertido viene fijada por la ubicación del punto de vertido actual y la cota del fondo del caño. La cota real de desagüe viene dada por el nivel de la marea en el momento de desagüe. El caudal a desaguar se ha calculado en el apartado anterior y se fija en 500 l/s.

El diámetro se escoge en función de las pérdidas de carga y la velocidad de la conducción. En la siguiente tabla se reflejan la velocidad y las perdidas de carga para los diámetros estudiados.

D	V	i
0,6	1,77	3,924
0,7	1,30	1,724
0,8	0,99	1,846

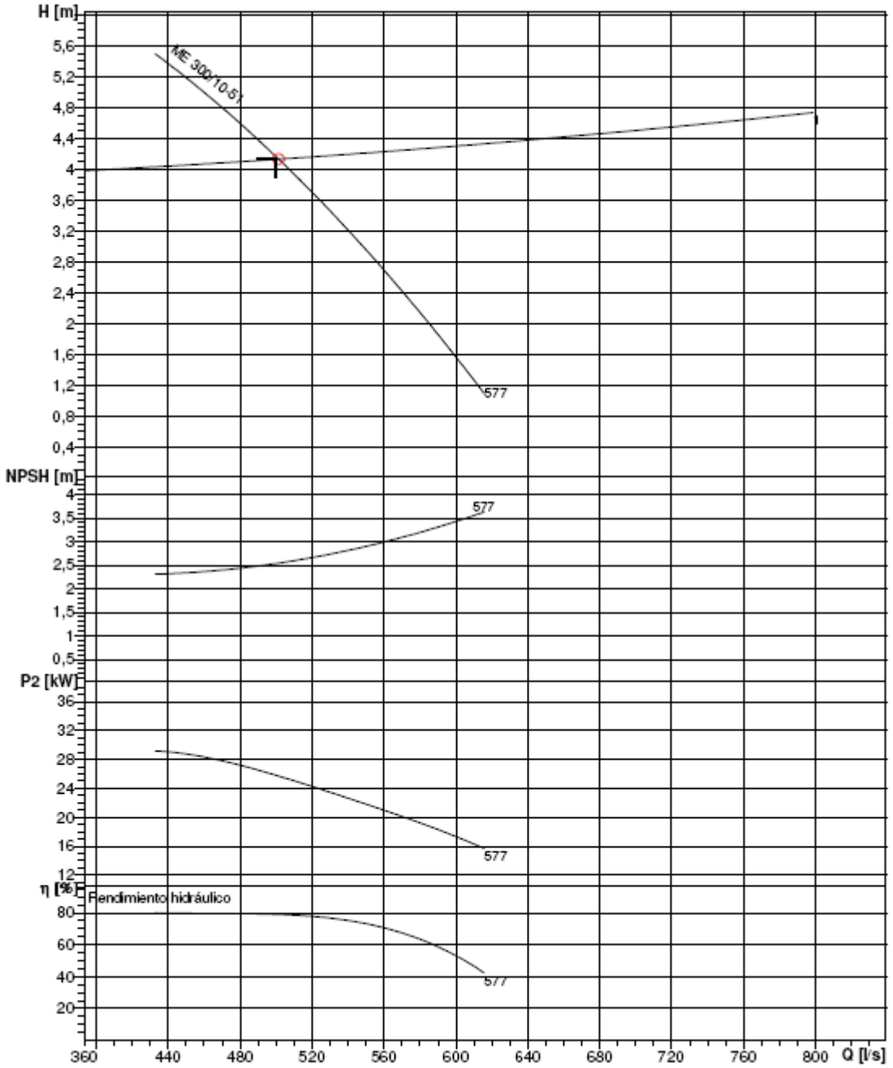
Para un diámetro de 600 mm la velocidad es excesiva; finalmente se escoge un diámetro de 700 mm por economía, ya que para el diámetro de 700 y 800 mm la velocidad es adecuada y las perdidas son admisibles.

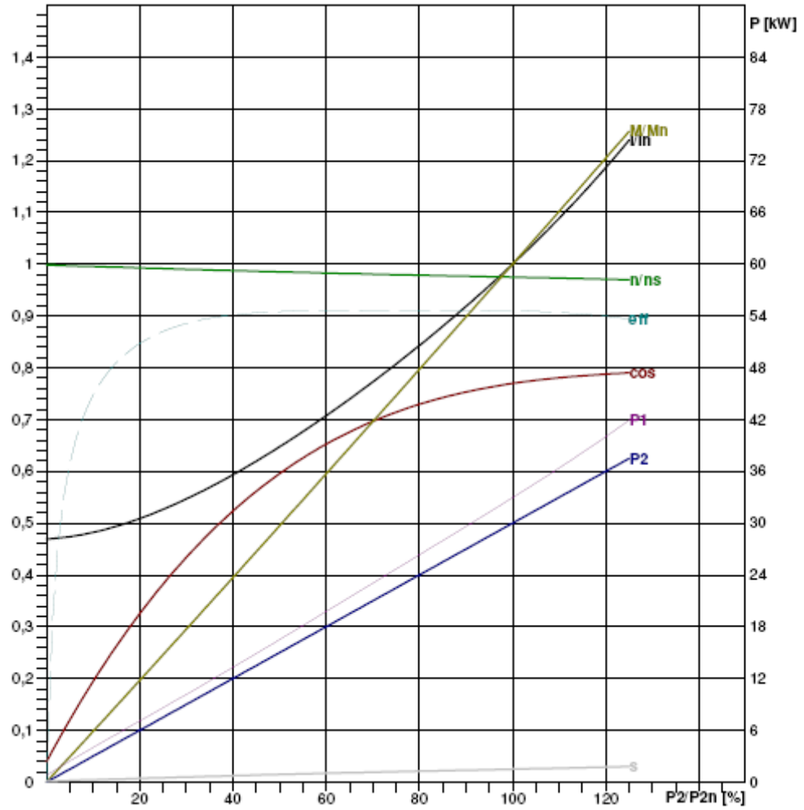
Se ha diseñado un colector de impulsión con un perfil siempre descendente, de manera que no se quede almacenada agua en la conducción. Esto hace que en algunas zonas el recubrimiento de la tubería sea escaso, pero estos solo ocurre en zonas sin cargas de tráfico.

La longitud de la conducción es de 1.849,80 m, por lo que las pérdidas de carga son de 3,19 m (considerando un incremento del 10% por efecto de las pérdidas localizadas). Así, considerando la cota de la pleamar a +3m y sumando las pérdidas de carga, tenemos que la cota del agua en el comienzo de la impulsión debe ser la +8,87.

Se escoge una estación de bombeo con bombas de tipo semiaxial; estas bombas se instalan en un conducto de hormigón y elevan el agua a través del conducto hasta la cota necesaria, a la que se sitúa un labio de vertido; así se garantiza que la carga hidráulica es suficiente para el desagüe.

Se ha consultado con fabricantes de reconocido prestigio, y se han seleccionado las bombas mas adecuadas de las existentes en el mercado. A continuación se incluye la curva característica de las bombas seleccionadas.





3.5. Instalación eléctrica.

CALCULOS ACOMETIDA A BOMBAS

I (A) = (P (Kw) * 10^3) * 1.25 / (V * 3^0.5 * COS(□)*η = 30 * 10^3 * 1.25 / 400 * 3^0.5 * 0.75 * 0.9 = 80 A

Se elige cable RVK Cu de 120 mm2, bajo tubo enterrado, el cual soporta:

380 * 0.8 = 304 A> 281A

Debidos a las cortas distancias de los cables de proyecto, se omite el calculo de las tensiones.

Se dispondrá un cuadro de potencia y control para E.B., realizado en armario metálico, sobre bastidor de perfiles, tratado contra oxidación y pintado martelé, registrable por el frente mediante puertas y de las dimensiones de seis paneles de 2000*800*600mm, incluso bancales y herrajes soportes, conteniendo debidamente cableado y conexionado:
- Interruptor de 2*1000A;
- 2 conjuntos de protección y arranque de motores con arrancador variable de 30 Kw, formado por: formado por: 1 amperímetro con trafo de intensidad 300/5A, automático magnético 3*315A con toroide y relé diferencial regulable en tiempo y sensibilidad, arrancador variable con protección integral de motor para 22 Kw (200A) o 400V con protección 250/200A, conductor de 20 KVA y contador temporizado, pulsadores, selectores, pilotos, relees auxiliares y pequeño material.
- Protección contra sobre tensión basta, media y fina, con APR y separadores galvanicos.

Asimismo se instalará Grupo electrógeno para 140 KVA de emergencia en caso de caidas o ausencia de tensión en la instalaciones, con deposito de gasoleo auxiliar y cuadro de control y protección que sea preciso.

3.6. Separadora de hidrocarburos.

El separador de hidrocarburos es un elemento esencial en el tratamiento de aguas residuales que puedan estar contaminadas por aceites de origen mineral.

No son válidos fluidos como emulsiones de grasas, aceites de origen animal o vegetal y aquellas aguas que contengan productos químicos agresivos.

Es necesaria su instalación en estaciones de servicio, talleres mecánicos, garajes, lavaderos de vehículos, etc.

El tratamiento de estas aguas tiene lugar en dos etapas:

- Decantación previa de arenas y lodos, proceso que tiene lugar en el desarenador.
- Separación de los hidrocarburos y aceites, se realiza en el separador de hidrocarburos.

Los separadores de hidrocarburos a instalar deberán estar conformes a la norma UNE-EN 858.

La Concentración de hidrocarburos a la salida del separador <5 mg/l.

3.6.1. Funcionamiento.

A. Funcionamiento

Una vez realizada la decantación de sólidos en el desarenador, el efluente es tratado en el separador de hidrocarburos, donde a partir de la diferencia de pesos específicos entre el agua y el hidrocarburo se produce su separación. El hidrocarburo, de densidad inferior al agua, flota en la superficie del separador.

B. Modelo coalescente

En el interior del equipo se instalan unas células coalescentes que nos permiten conseguir un mayor rendimiento. Este relleno provoca un engrosamiento de las pequeñas gotas de hidrocarburo por agrupación de éstas. Las gotas de mayor tamaño se separan mejor del efluente de modo que se dirigen más rápidamente hacia la superficie.

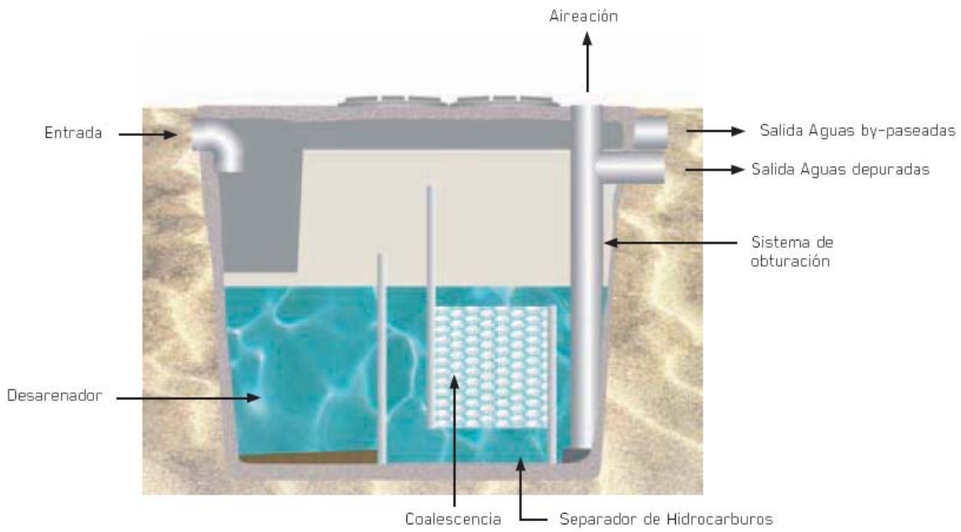
C. Obturación automática

Es un dispositivo de seguridad que impide la salida de hidrocarburos al exterior cuando el equipo está lleno, evitando así un vertido contaminante al exterior.

D. Con by-pass

Garantiza la depuración de las primeras aguas de escorrentía superficial contaminadas de hidrocarburos tras un período de lluvia y la evacuación de las aguas no contaminadas directamente a alcantarillado.

A continuación se incluye un croquis del equipo a instalar



3.6.2. Parámetros del modelo a instalar.

Consultada una empresa suministradora de separadoras de hidrocarburos, nos indican lo siguiente:

- Con carácter general se diseñan los equipos para que se depure el agua concentrada en la separadora los primero 20 minutos.
- El evento meteorologico de referencia para la elección de una separadora de hidrocarburos es normalmente el caudal con tiempo de retorno de 2 y 5 años, cuando las lluvias son más recurrentes.
- Si se tomaran eventos mas extremos, de 10, 15, 25 años de tiempo de retorno, lo que ocurre es que la concentración de hidrocarburos en las aguas superficiales resultaría muy baja, muy próxima al valor de depuración de la maquina y de consecuencia el rendimiento del equipo sería muy bajo, para no decir nulo.

A raíz de lo expuesto el modelo a instalar tiene las siguientes características.

CAUDAL	L/S	125
VOLUMEN	LITROS	60.000
DESARENADOR	LITROS	12.000
D	mm	3.000
L	mm	9.460
DIAMTRO BOCA	mm	2*500
DIAMETRO TUBERIAS	mm	2*500

3.6.3. Condiciones de instalación.

A. Manipulación

Para equipos de capacidad superior a 6.000 litros la descarga y manipulación debe realizarse mediante eslingas, cintas de material sintético, que una vez introducidas por el interior de las orejas de elevación deberán abrazar al depósito en todo su perímetro.

Para equipos de capacidad inferior a 6.000 litros, la descarga y manipulación puede realizarse mediante eslingas o carretillas elevadoras. Para su instalación enterrada, estos equipos deben introducirse en el foso utilizando las orejas de elevación.

B. Excavación del foso

La profundidad del foso debe ser la suma del diámetro o de la altura del equipo, la losa de hormigón armado, la capa de hormigón tierno y la distancia entre la cisterna y el nivel del suelo.

Esta distancia variará en función del tipo de instalación:

- sin tráfico: como máximo 500 mm. de arena
- con tráfico: como máximo 500 mm. de arena más 250 mm de hormigón armado. Este hormigón debe apoyarse sobre un cubeto de obra.

Entre el depósito y la pared del foso debe quedar, como mínimo, una distancia de 300 mm. En todo el perímetro.

Cuando se instalan varios equipos, la distancia entre depósitos debe ser como mínimo de 400 mm.
En caso de nivel freático o zonas húmedas el estudio hidrogeológico procesará las pautas de construcción.

C. Lecho y material de relleno.

Se debe construir una losa de hormigón en masa de 200 mm. o de hormigón armado de 150mm.
En ambos casos el hormigón debe presentar 175 kg./cm2 de resistencia. La superficie de la losa ha de rebasar en 300 mm las dimensiones del depósito.

Una vez construida la losa de hormigón debe rellenar con hormigón tierno de resistencia 100 Kg./cm2 una altura de 250 mm. Situar el tanque, con el hormigón aún tierno, y llenarlo de agua hasta un tercio de su capacidad. Una vez asentado y nivelado se sigue rellenando el foso con hormigón hasta cubrir una altura de 1/3 de la altura del depósito y una anchura de 300 mm.

El resto se rellenará con material, arena o gravilla fina lavada, cribada y libre de polvo, sin arcilla ni materia orgánica y totalmente libre de objetos pesados gruesos, que puedan daña el depósito, y de una granulometría entre 4 mm y 16 mm.

D. Anclaje

El depósito se anclará mecánicamente mediante eslingas de sujeción. Éstas deben situarse en los costillares marcados del depósito. La distancia entre puntos de anclaje ha de ser igual al diámetro del tanque más 300 mm. a cada lado del mismo. Los puntos de anclaje en el fondo del foso deben alinearse.

Pueden utilizarse las orejas como punto de sujeción mediante eslingas.

E. Arquetas

En los depósitos totalmente enterrados hay que colocar una arqueta sobre cada una de las aberturas de acceso al depósito.

Las arquetas no han de transmitir a las paredes del depósito ningún tipo de carga que pueda dañar a ellas o al aislamiento.

E. Recomendaciones de instalación equipos superficie horizontales/verticales

La superficie sobre la cual se instala la cisterna deberá quedar plana y sin pendiente.

Construir una losa de hormigón de un espesor mínimo de 200 mm armado con mallazo de hierro y fijar anclajes al pavimento a ambos lados de la cisterna.

Situar la cisterna sobre la losa y sujetarla mediante tirantes, los cuales se atarán a los anclajes de los laterales.
Si la cisterna tiene placas de anclaje, esta debe fijarse al suelo mediante pernos de sujeción.

4. CÁLCULOS MECÁNICOS ESTACIÓN DE BOMBEO.

CÁLCULOS MECÁNICOS

ÍNDICE

I - ESTACIÓN DE BOMBEO DE FECALES

1) ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GEOTÉCNICA
2) CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN
    2.1) ESTUDIO DE UNA CIMENTACIÓN DIRECTA
    2.2) CÁLCULO DE LOS MICROPILOTES
3) MATERIALES
4) ACCIONES
    4.1) EMPUJE DEL RELLENO ER
    4.2) CARGA HIDROSTÁTICA EH
    4.3) SUBPRESIÓN SP
    4.4) SOBRECARGA DE TRÁFICO ST
5) COMBINACIÓN DE ACCIONES
6) MODELO DE ELEMENTOS FINITOS
7) ESFUERZOS Y ARMADURAS

II - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES

1) CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN
    1.1) ESTUDIO DE UNA CIMENTACIÓN DIRECTA
    1.2) CÁLCULO DE LOS MICROPILOTES
2) MATERIALES
3) ACCIONES
    3.1) EMPUJE DEL RELLENO ER
    3.2) CARGA HIDROSTÁTICA EH
    3.3) SUBPRESIÓN SP
    3.4) SOBRECARGA DE TRÁFICO ST
4) COMBINACIÓN DE ACCIONES
5) MODELO DE ELEMENTOS FINITOS
6) ESFUERZOS Y ARMADURAS

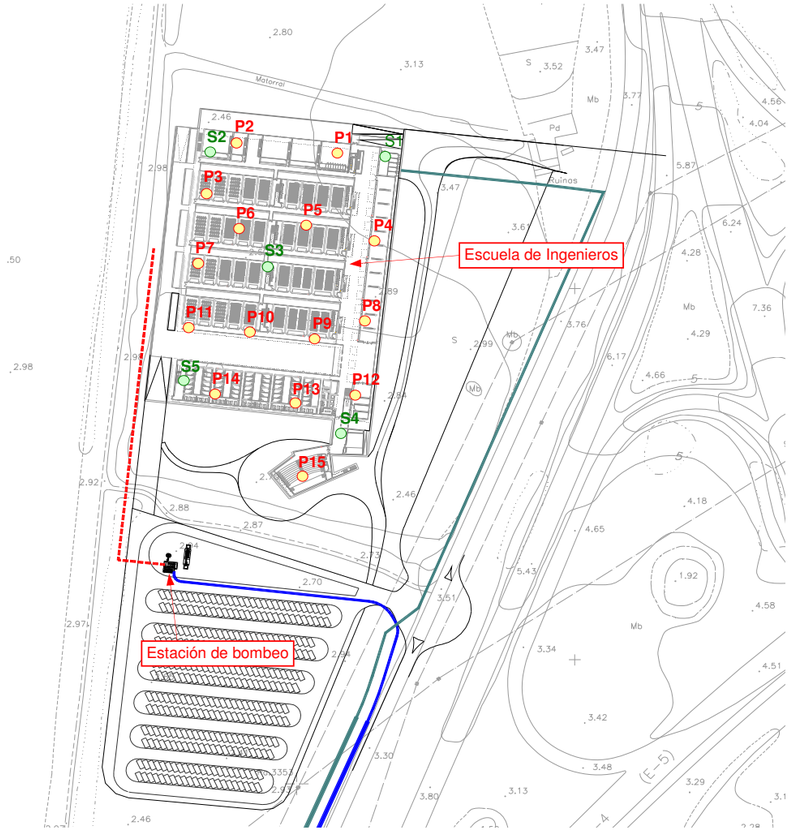
I - ESTACIÓN DE BOMBEO DE FECALES

I - ESTACIÓN DE BOMBEO DE FECALES

1) ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN GEOTÉCNICA

La información geotécnica disponible es el informe con referencia I-DGE-0721/05 redactado por VORSEVI S.A. para la construcción de la Escuela de Ingenieros de la Universidad de Cádiz.

Dicho informe se basa en la ejecución de 5 sondeos y 15 penetrómetros dinámicos cuya ubicación se representa en la figura siguiente, siendo los ensayos más cercanos a la estación de bombeo los sondeos S4 y S5 y los penetrómetros P12, 13, 14 y 15.



De acuerdo con los resultados de estos ensayos el informe geotécnico establece la siguiente columna estratigráfica:

- Nivel 1: tierra vegetal, hasta la profundidad [0,4 - 1,4 m]

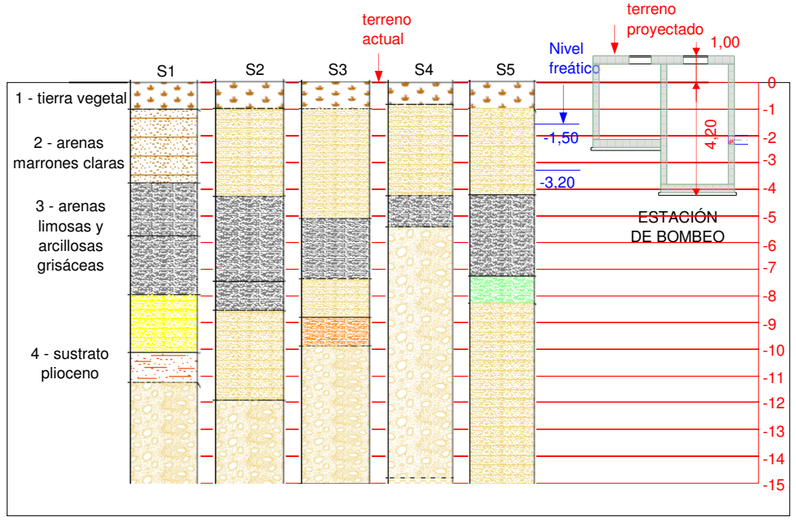
- Nivel 2: arena marrón clara, hasta la profundidad [3,8 - 5,1 m], índice NSPT entre 8 y 31 (valor medio 17) y compacidad media

- Nivel 3: arena limosa y arcillosa grisácea, hasta la profundidad [5,4 - 8,6 m], índice NSPT entre 3 y 24 (valor medio 10) y consistencia blanda.

- Nivel 4: sustrato plioceno de arenas limosas y arcillas margosas amarillentas con algo de grava e intercalaciones calcareníticas cementadas, hasta la profundidad máxima reconocida de 25 m, índice NSPT entre 18 y rechazo y compacidad densa a muy densa.

El nivel freático se ha localizado a una profundidad comprendida entre 1,5 y 3,2 m, encontrándose sometido a la influencia mareal.

En la figura siguiente se representan las columnas estratigráficas de los cinco sondeos y una sección longitudinal de la estación de bombeo, cuyo fondo de excavación se sitúa a la profundidad -4,2 m, coincidiendo aproximadamente con el techo del nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas.

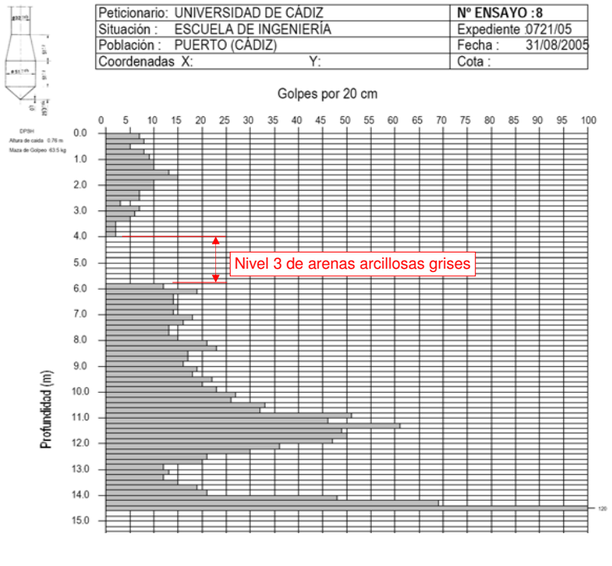


Columnas estratigráficas de los sondeos

Los ensayos penetrométricos dinámicos localizan con bastante precisión el techo y el muro de dicho nivel de arenas arcillosas grisáceas, con golpeos nulos, cuyas profundidades se indican en la tabla siguiente.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH

Peticionario: UNIVERSIDAD DE CÁDIZ	**Nº ENSAYO :8**
Situación : ESCUELA DE INGENIERÍA	Expediente 0721/05
Población : PUERTO (CÁDIZ)	Fecha : 31/08/2005
Coordenadas X: Y:	Cota :



Penetrómetro	Profundidad (m)		Potencia (m)
	techo	muro	
P1	3.8	6.2	2.4
P2	4.2	6.0	1.8
P3	4.0	6.6	2.6
P4	3.4	5.6	2.2
P5	4.4	6.0	1.6
P6	3.8	6.4	2.6
P7	4.2	7.0	2.8
P8	4.0	5.8	1.8
P9	3.8	5.8	2.0
P10	4.2	6.2	2.0
P11	4.4	6.8	2.4
P12	3.6	5.6	2.0
P13	4.8	7.4	2.6
P14	5.4	7.0	1.6
P15	3.8	5.6	1.8
Media	4.1	6.3	2.1
Desviación	0.5	0.6	0.4

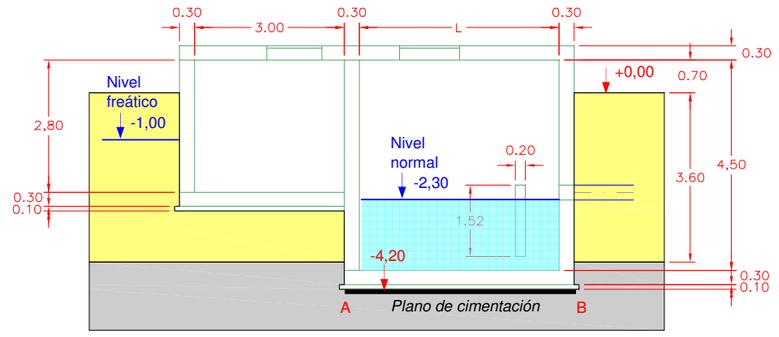
Aplicando la regla de las dos desviaciones se puede situar con cierta seguridad el techo del nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas a la profundidad 4,1 - 0,5 = 3,6 m, por lo que, en caso de una cimentación directa, el plano de cimentación de la cántara se situará probablemente unos 0,6 m bajo la superficie de este nivel.

2) CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN

2.1) ESTUDIO DE UNA CIMENTACIÓN DIRECTA

A continuación se estudia la viabilidad de una cimentación directa de la estación sobre el nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas en el supuesto anterior (techo del nivel a 3,6 m de profundidad).

El nivel freático se supone a 1,0 m de profundidad y el peso total de la arqueta se supone cargando inicialmente sobre el plano base inferior [AB] situado a 4,2 m de profundidad.



La presión de cimentación sobre dicho plano es:

ancho interior de la cántara (m)	3.00	**longitud interior de la cántara L (m)**	6.00

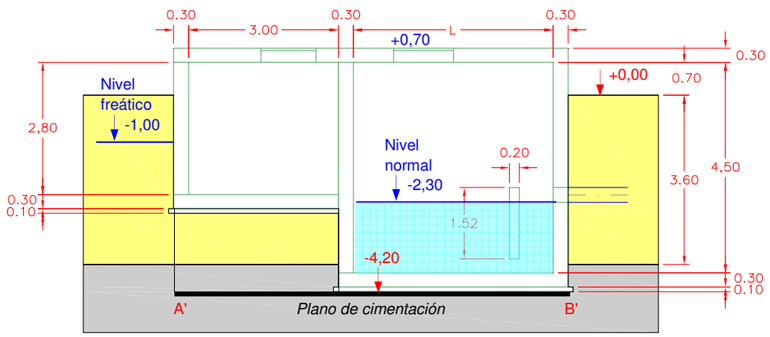
ELEMENTO	A (m)	B (m)	H (m)	V (m^3)	P (t)
cántara	3.60	6.60	5.10	121.2	302.9
	-3.00	6.00	4.50	-81.0	-202.5
arqueta de válvulas	3.60	3.30	3.40	40.4	101.0
	-3.00	3.00	2.80	-25.2	-63.0
hormigón de limpieza (solo cántara)	3.60	6.60	0.10	2.4	5.5
agua interior (nivel normal)	3.00	6.00	1.50	27.0	27.0
presión total de cimentación p sobre la base [AB] (nivel normal) (t/m^2)					7.2

La presión efectiva natural σ'_0 (anterior a la construcción de la arqueta) sobre el mismo plano [AB] es:

$\sigma'_0 = 1{,}00 \cdot 1{,}8\ t/m^3$ *(nivel 2 emergido)* $+ 2{,}60 \cdot 0{,}8\ t/m^3$ *(nivel 2 sumergido)* $+$
$+ 0{,}60 \cdot 0{,}7\ t/m^3$ *(nivel 3 sumergido)* $= 4{,}3\ t/m^2$

Al ser la presión de cimentación mayor que la presión natural la base [AB] de la cántara sufrirá asientos de consolidación, cargando entonces el peso de la arqueta de válvulas sobre su propio cimiento.

En estas condiciones la presión media de cimentación sobre el plano base [A'B'] es:



ELEMENTO	A (m)	B (m)	H (m)	V (m^3)	P (t)
peso total de la arqueta y del agua interior (s/ tabla anterior)					170.9
hormigón de limpieza (arqueta de válvulas)	3.60	3.30	0.10	1.2	2.7
nivel 2 sumergido bajo arqueta de válvulas	3.60	3.30	1.10	13.1	10.5
nivel 3 sumergido bajo arqueta de válvulas	3.60	3.30	0.60	7.1	5.0
presión total de cimentación p sobre la base [A'B'] (nivel normal) (t/m^2)					5.3

La presión de cimentación $p = 5{,}3\ t/m^2$ sigue siendo mayor que la presión efectiva natural $\sigma'_0 = 4{,}3\ t/m^2$ por lo que la cimentación directa de la obra producirá asientos de consolidación del nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas.

En el informe geotécnico se menciona la realización de un ensayo edométrico (pg. 12) pero no se aportan los resultados (pg. 26) ni se incluye este ensayo en el anexo 4 (partes de ensayos de laboratorio).

Para obtener un orden de magnitud de los asientos de consolidación del nivel 3 se puede atribuir a estos suelos un índice de poros inicial $e_0 = 1{,}0$ y un índice de compresión $c_c = 0{,}5$.

Tomando, del lado de la seguridad, una potencia del nivel igual a 2,1 (media) + 0,4 (desviación) = 2,5 m la presión natural en el centro de este estrato, a 4,85 m de profundidad, es:

$\sigma'_1 = 4{,}3\ t/m^2$ *(presión natural a 4,2 m de profundidad)* $+$
$+ 0{,}65 \cdot 0{,}7\ t/m^3$ *(nivel 3 sumergido)* $= 4{,}8\ t/m^2$

El asiento s a largo plazo producido por un aumento de presión $\Delta\sigma'_v$ en el centro del estrato de $1{,}0\ t/m^2$ debido a las cargas de cimentación es:

$s = (c_c \cdot H) / (1 + e_0) \cdot \log_{10} [1 + \Delta\sigma'_v / \sigma'_1] =$
$= 0{,}5 \cdot 2{,}5 / 2{,}0 \cdot \log_{10} (1 + 1 / 4{,}8) = 0{,}051\ m$

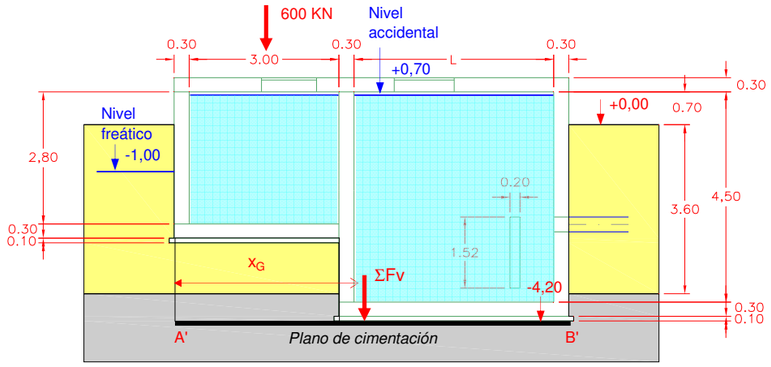
Considerando además la carga del relleno general de 1,0 m de espesor que está previsto ejecutar en las obras de urbanización el aumento de presión efectiva en el centro del estrato es $\Delta\sigma'_v = 1{,}00 \cdot 2{,}2\ t/m^3$ (relleno) + 1,0 (cimentación de la arqueta) = $3{,}2\ t/m^2$, siendo entonces el asiento a largo plazo:

$$s = 0{,}5 \cdot 2{,}5 / 2{,}0 \cdot \log_{10} (1 + 3{,}2 / 4{,}8) = 0{,}139\ m$$

Este valor se puede considerar excesivo al producir probablemente daños en las conexiones de las tuberías de entrada y salida.

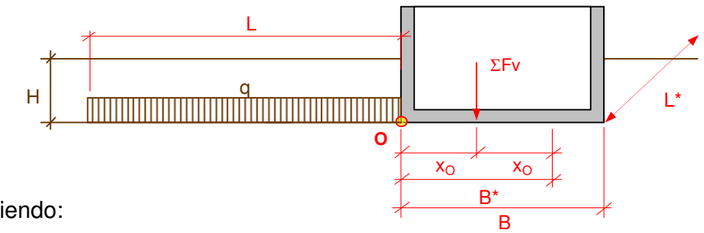
Se calcula por otra parte a continuación la carga de hundimiento del cimiento. Para ello se supone que tanto la cántara de bombeo como la arqueta de válvulas se encuentran accidentalmente llenas de agua, y que sobre esta última arqueta se sitúa un vehículo pesado de 600 KN.
La resultante de todas estas cargas sobre el plano del cimiento [A'B'] se indica en la tabla siguiente.

ELEMENTO	A (m)	B (m)	H (m)	V (m^3)	P (t)
peso total de arquetas y tierras sobre el plano [A'B'] (s/ tablas anteriores)					162.1
agua interior (nivel accidental)	3.00	6.00	4.50	81.0	81.0
	3.00	3.00	2.80	25.2	25.2
vehículo pesado de 600 KN					61.2
suma de fuerzas verticales ΣFv (t)					329.5
posición del c.d.g. x_G (m)					4.469
presión total de cimentación p sobre la base [A'B'] (nivel accidental) (t/m^2)					9.2



La presión de hundimiento $p_{v,h}$ del cimiento se calcula con la fórmula:

$$p_{v,h}\ (t/m^2) = q \,.\, N_q \,.\, s_q \,.\, d_q + c' \,.\, N_c \,.\, s_c \,.\, d_c + 0{,}5 \,.\, B^* \,.\, \gamma \,.\, N_\gamma \,.\, s_\gamma$$



, siendo:

c' , ϕ' = cohesión y ángulo de rozamiento interno del cimiento
$N_q = (1 + \text{sen}\phi') / (1 - \text{sen}\phi') \,.\, e^{\pi \,.\, \tan\phi'}$
$N_c = (N_q - 1) / \tan\phi'$
$N_\gamma = 1{,}5 \,.\, (N_q - 1) \,.\, \tan\phi'$
q = presión efectiva sobre el plano del cimiento
B^* = ancho efectivo del cimiento = $2 \,.\, x_O$
L^* = longitud efectiva del cimiento
s_q = coeficiente de forma = $1 + B^* / L^* \,.\, N_q / N_c$
s_c = coeficiente de forma = s_q
s_γ = coeficiente de forma = $1 - 0.4 \,.\, B^* / L^*$
d_q = coef. de integridad = $1 + 2 \,.\, \tan\phi' \,.\, (1 - \text{sen}\phi')^2 \,.\, \text{atan}(H / B)$ *(*1)*
d_c = coef. de integridad = $1 + 2 \,.\, N_q / N_c \,.\, (1 - \text{sen}\phi')^2 \,.\, \text{atan}(H / B)$ *(*1)*
L = zona donde actúa la sobrecarga $q > B^* \,.\, (N_q \,.\, i_q)^{1/2}$

*(*1) solo cuando se puede garantizar que el terreno estará permanentemente íntegro en una zona amplia del entorno de la cimentación, sin grietas naturales o artificiales (zanjas, excavaciones locales, etc)*

El coeficiente de seguridad a hundimiento del cimiento F_H es:

$$F_H = p_{v,h} \,.\, B^* \,.\, L^* / \Sigma Fv$$

y debe ser mayor que 3,0 para situaciones persistentes o transitorias a largo plazo y que 2,4 para situaciones accidentales o a corto plazo.
La presión admisible es asimismo:

$$\sigma_{adm} = p_{v,h} / F_H$$

Como parámetros geotécnicos de las arenas arcillosas se toma una densidad sumergida $\gamma' = 0{,}7\ t/m^3$, una cohesión nula y un ángulo de rozamiento de 15º, de acuerdo con los dos ensayos de corte directo realizados, donde se obtuvo [$c = 0{,}3\ t/m^2$, $\phi = 15{,}2º$] y [$c = 0{,}3\ t/m^2$, $\phi = 18{,}3º$].

Con todo ello se obtiene una presión admisible, de acuerdo con la tabla siguiente, de 10,7 t/m^2 a corto plazo y 8,5 t/m^2 a largo plazo.

ancho B* (m)	3.60	
longitud L* (m)	8.94	
prof. H (m)	4.20	
γ (t/m^3)	0.70	
q (t/m^2)	4.30	
plazo	largo	corto
c (t/m^2)	0.0	0.0
ϕ (º)	15	15
N_q	3.9	3.9
N_c	11.0	11.0
N_γ	1.2	1.2
d_q	1.25	1.25
s_q	1.14	1.14
d_c	1.34	1.34
s_c	1.14	1.14
s_γ	0.84	0.84
$p_{v,h}$ (t/m^2)	25.6	25.6
σ_{adm} (t/m^2)	8.5	10.7

, mientras la presión media de cimentación es:

$$p = 329{,}5 / (2 \,.\, 4{,}47 \,.\, 3{,}60) = 10{,}2\ t/m^2$$

La presión de cimentación está en el límite de lo admisible a corto plazo (10,2 t/m^2 vs. 10,7 t/m^2).

También en caso de una inundación accidental prolongada de las dos arquetas se obtendría una presión de cimentación de 7,5 t/m^2 (mismo cálculo anterior sin el vehículo pesado) solo ligeramente inferior a la presión admisible a largo plazo (8,5 t/m^2).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, por una parte la estricta seguridad a hundimiento, que podría alterarse en cuanto empeorasen ligeramente los parámetros geotécnicos de las arenas arcillosas grisáceas, y por otra el posible desarrollo de asientos de consolidación del orden de [10/14] cm, existen dudas razonables sobre el comportamiento y viabilidad de una cimentación directa de la obra, adoptando en consecuencia una cimentación profunda.

2.2) CÁLCULO DE LOS MICROPILOTES

Debido a la escasa entidad de la obra se plantea en este apartado el cálculo de su cimentación con micropilotes, debido a la mayor disponibilidad de estos equipos en el mercado y a su economía de transporte y puesta en obra.

La carga de hundimiento Q_h de un micropilote de longitud L perforado en un terreno homogéneo se calcula con la fórmula de Bustamante, basada en el ensayo de numerosos micropilotes y anclajes:

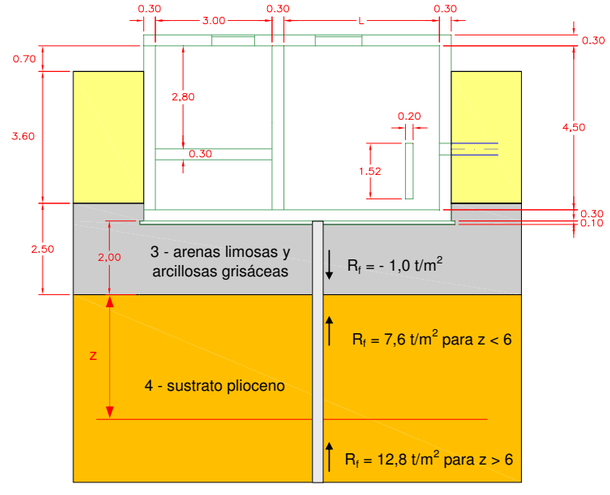
$$Q_h = \pi \cdot D_e \cdot L \cdot R_f$$

, donde D_e es el diámetro eficaz y R_f la resistencia unitaria por el fuste.

El diámetro eficaz D_e puede estimarse multiplicando el diámetro nominal de perforación D_p por un coeficiente que es igual a 1,15 para arenas finas o arenas limosas.

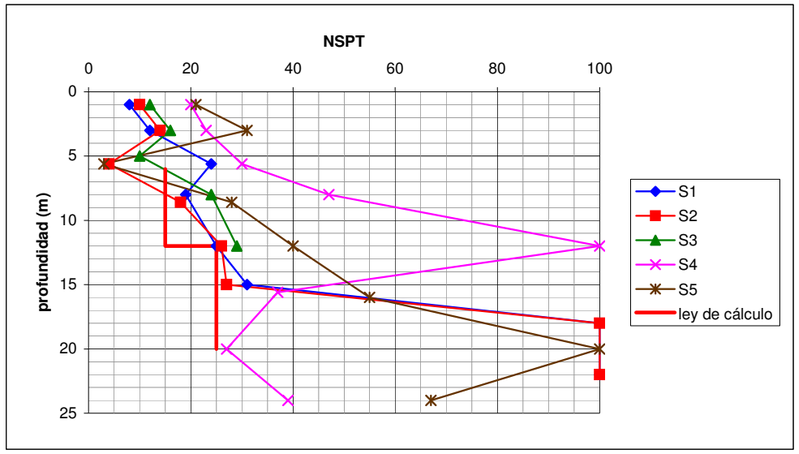
Los valores de la resistencia unitaria por el fuste R_f se obtienen en el ábaco adjunto en función del tipo de inyección y del índice NSPT.

La columna estratigráfica para el cálculo de los micropilotes es la establecida en el apartado 1 anterior y representada en la figura siguiente.



En el nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas se toma una resistencia por el fuste negativa de -1 t/m^2 teniendo en cuenta la posible aparición de rozamiento negativo por la consolidación ya mencionada de este nivel.

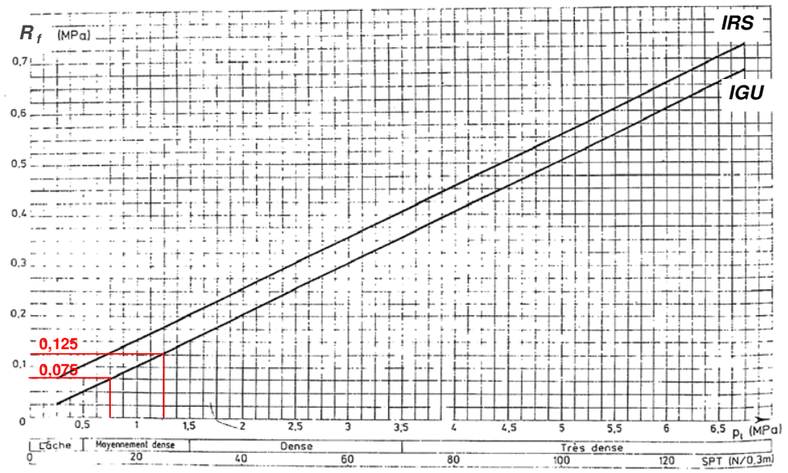
Los golpeos de los ensayos SPT realizados en los 5 sondeos se representan en el gráfico siguiente, donde se indica la ley de cálculo adoptada que toma, del lado de la seguridad, NSPT = 15 entre 6 y 12 m de profundidad y NSPT = 25 para profundidades superiores a 12 m.



Para inyección del tipo IGU y un índice NSPT = 15 se obtiene en el ábaco una resistencia unitaria por el fuste R_f = 7,6 t/m^2 y para NSPT = 25 resulta R_f = 12,8 t/m^2.

La carga de hundimiento de un micropilote de profundidad L ejecutado con inyección IGU se escribe entonces:

$$Q_h\,(t) \cong \pi \,.\, D_p \,.\, 1{,}15 \,.\, [\, -1{,}0 \,.\, 2{,}0 + 7{,}6 \,.\, 6{,}0 + 12{,}8 \,.\, (L - 8{,}0)\,] =$$
$$= D_p \,.\, (46{,}24 \,.\, L - 212{,}43)$$



Ábaco de Bustamante para la determinación de la resistencia unitaria por el fuste en suelos granulares

El coeficiente de seguridad propuesto por Bustamante es 2,0, siendo por tanto la carga admisible Q_a:

$$Q_a\,(t) = Q_h / 2{,}0 = D_p \,.\, (23{,}12 \,.\, L - 106{,}22)$$

La carga admisible de diferentes micropilotes de 15 m de profundidad se indica en la tabla siguiente.

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
carga admisible Q_a (t)	27.4	48.1	60.1	72.2

Por otra parte, para resistir los esfuerzos sísmicos horizontales por igual todos los micropilotes deben coronar en el mismo plano, lo que obliga a cimentar la arqueta de válvulas a la misma cota que la cántara.

El peso total de ambas arquetas llenas de agua con el vehículo pesado de 600 KN sobre el forjado superior se calcula en la tabla siguiente.

ancho interior de la cántara (m)	3.00	**longitud interior de la cántara L (m)**	6.00

ELEMENTO	A (m)	B (m)	H (m)	V (m^3)	P (t)
cántara	3.60	9.90	5.10	181.8	454.4
	-3.00	9.00	4.50	-121.5	-303.8
forjado arqueta de válvulas	3.00	3.00	0.30	2.7	6.8
agua interior (nivel accidental)	3.00	9.00	4.50	121.5	121.5
vehículo pesado de 600 KN					61.2
peso total (t)					340.1

Para resistir las cargas verticales son necesarios por tanto 6 micropilotes ϕ 250 mm de 15 m de profundidad.

Por otra parte la estructura se comporta, frente a los desplazamientos sísmicos horizontales, como una masa rígida donde se empotran las cabezas de los micropilotes.

Según Oteo (Jiménez Salas - Tomo III) un pilote alojado en suelos granulares con su extremo superior articulado se comporta frente a los esfuerzos horizontales como una ménsula cuya longitud equivalente L' es:

$$L' = 1{,}2 \,.\, f \,.\, (3 \,.\, E_p \,.\, I_p / E_L)^{1/4}$$
$$f = 1{,}70 \text{ si } E_0 / E_L = 0 \;;\; f = 1{,}25 \text{ si } E_0 / E_L = 0{,}5 \;;\; f = 1{,}00 \text{ si } E_0 / E_L = 1{,}0$$

En estas expresiones E_p es el módulo de elasticidad del pilote, I_p su inercia, E_0 el módulo de deformación del suelo en la superficie del terreno y E_L la misma variable en la punta del pilote.

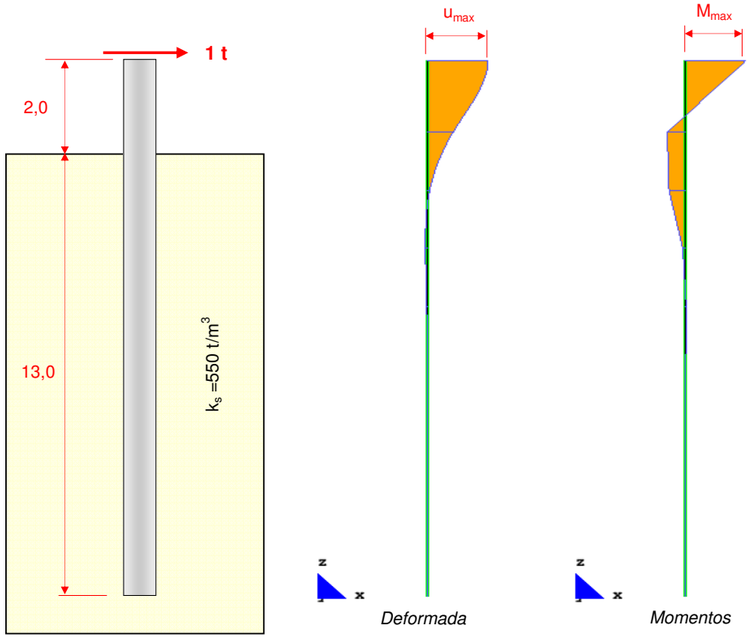
Para el caso en estudio se supone ineficaz frente a los movimientos horizontales el nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas. Para el nivel 4 (sustrato plioceno) se pueden tomar los valores típicos del módulo de deformación del suelo que se indican a continuación, con los que se obtienen las longitudes equivalentes L' que figuran en la tabla siguiente.

$$E_0 \approx 1000 \text{ t/m}^2 \;\;;\;\; E_L \approx 2000 \text{ t/m}^2 \;\;;\;\; E_0 / E_L \approx 0{,}5$$
$$L' = 1{,}2 \,.\, 1{,}25 \,.\, (3 \,.\, E_p \,.\, I_p / 2000)^{1/4}$$

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
f_{ck} (N/mm^2)	30			
E_p (N/mm^2)	28 577			
E_p (t/m^2)	2.92E+06			
L' (m)	0.7	1.1	1.4	1.7
(3 . E_p . I_p) / L'^{3} (t/m)	258.6	453.7	567.1	680.5

Se puede comprobar que se obtienen resultados parecidos si se suponen los movimientos horizontales del pilote coartados por un balasto uniforme de valor $k_s \approx 550$ t/m^3.

El modelo de cálculo para los movimientos horizontales de los micropilotes es entonces el que se representa en la figura siguiente, donde el nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas es ineficaz y el nivel 4 (sustrato plioceno) se comporta como un balasto de constante k_s = 550 t/m^3.



En los correspondientes modelos de elementos finitos se obtiene, para los diferentes tipos de micropilote:

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
u_{max} (mm)	50.00	9.10	5.40	3.70
M_{max} (tm)	1.22	1.40	1.54	1.70

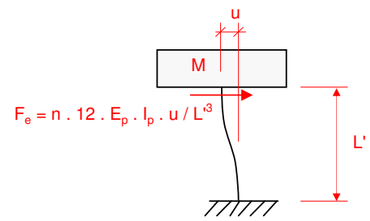
La longitud L' de la viga biempotrada equivalente al micropilote y su relación con la longitud elástica L_e se calculan en la tabla siguiente, donde se puede observar que el cociente (L' / L_e) varía según el diámetro del micropilote entre 1,6 y 2,2. En dicha tabla estas longitudes se han calculado con las fórmulas:

$$L' = (12 \cdot E_p \cdot I_p \cdot u_{max})^{1/3}$$
$$L_e = (4 \cdot E_p \cdot I_p / B / k_s)^{1/4}$$

donde E_p es el módulo de elasticidad del pilote, I_p la inercia del pilote, B su ancho o diámetro y k_s el módulo de balasto horizontal del suelo, supuesto igual a 550 t/m^3.

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
f_{ck} (N/mm^2)	30			
E_p (N/mm^2)	2.86E+04			
E_p (t/m^2)	2.92E+06			
L' (m)	2.44	2.92	3.31	3.72
L_e (m)	1.11	1.70	2.01	2.30
L' / L_e (m)	2.19	1.72	1.65	1.62

El esquema de cálculo para los movimientos sísmicos de la obra es el representado en la figura siguiente:



El periodo fundamental del sistema es:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot [\, M \cdot L'^3 / (12 \cdot n \cdot E_p \cdot I_p)]^{1/2}$$

donde M es la masa de la estructura en servicio (con el agua en su nivel normal) y n el número de micropilotes. Con ello se obtiene:

ancho interior de la cántara (m)	3.00	longitud interior de la cántara L (m)	6.00

ELEMENTO	A (m)	B (m)	H (m)	V (m^3)	P (t)
cántara	3.60	9.90	5.10	181.8	454.4
	-3.00	9.00	4.50	-121.5	-303.8
forjado arqueta de válvulas	3.00	3.00	0.30	2.7	6.8
agua interior (nivel normal)	3.00	6.00	1.50	27.0	27.0
masa M de la estructura en servicio (t)					184.4

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
número de micropilotes n	20	12	8	6
T (s)	1.36	0.75	0.71	0.68

Los parámetros sísmicos de cálculo según NCSR-02, son los siguientes:

a_b = aceleración básica = 0,06 g

coeficiente K = 1,3

importancia de la obra: normal ; $\rho = 1,0$

coeficiente de suelo C = 1,5 (s/ informe geotécnico)

coeficiente de amplificación S = 1,5 / 1,25 = 1,2

a_c = aceleración de cálculo = 1,2 . 1,0 . 0,06 g = 0,072 g

$T_A = 1,3 \cdot 1,5 / 10 = 0,20$ s

$T_B = 1,3 \cdot 1,5 / 2,5 = 0,78$ s

La fuerza sísmica horizontal equivalente sobre cada micropilote es:

$$F_e = \alpha(T) \cdot a_c \cdot M / n$$

$$\alpha(T) = 1 + 1,5 \cdot T / T_A \quad si \quad T < T_A$$

$$\alpha(T) = 2,5 \quad si \quad T_A \le T < T_B$$

$$\alpha(T) = K \cdot C / T \quad si \quad T_B \le T$$

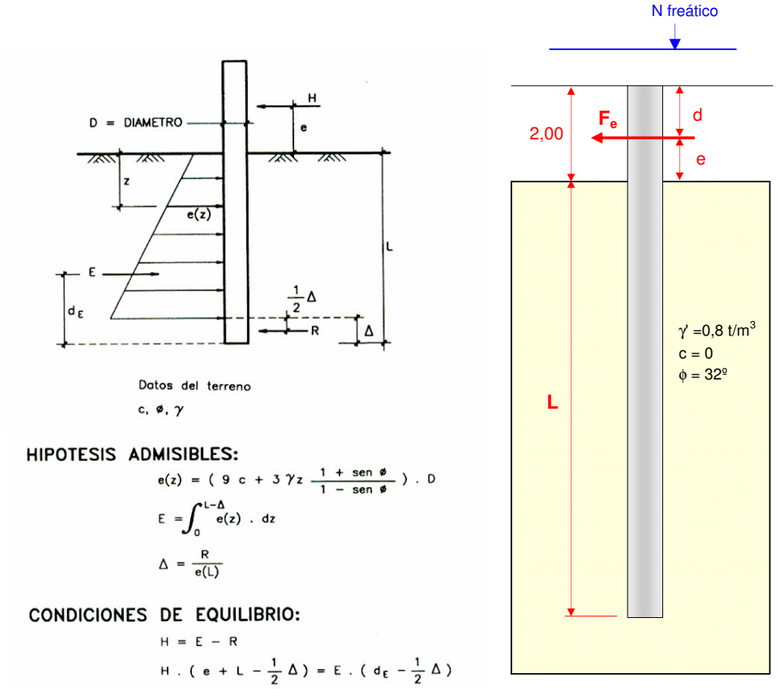
diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
$\alpha(T)$	1.43	2.50	2.50	2.50
F_e (t)	0.95	2.77	4.15	5.53

El método de cálculo utilizado para analizar la rotura horizontal del terreno en el entorno de los pilotes es el recomendado en el apartado 3.6.8.1 de la norma ROM 05.94, que permite determinar la carga de rotura H de acuerdo con el esquema que se indica en la figura siguiente.

El cálculo de la estabilidad horizontal de los pilotes se realiza como anteriormente suponiendo ineficaz el nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas y asignando un comportamiento puramente granular al nivel 4 (sustrato plioceno), tomando un valor medio del ángulo de rozamiento interno de 32º.

El coeficiente de seguridad frente a la rotura horizontal del terreno se toma igual a 3,0. La profundidad efectiva L de los pilotes se calcula por tanto aplicando un esfuerzo horizontal H igual a 3,0 veces la carga característica.

El esfuerzo horizontal H se debe aplicar en el punto de momento nulo del pilote, situado a la profundidad d, que se obtiene en los modelos de elementos finitos anteriores.

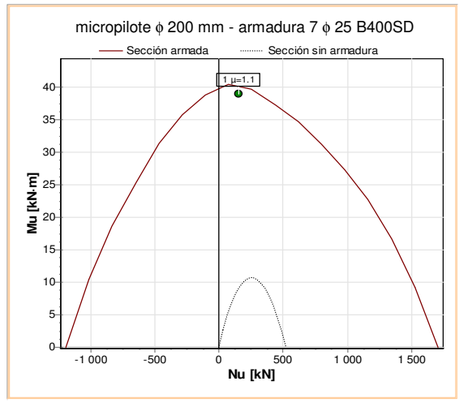


En la tabla siguiente se observa que las profundidades de micropilote necesarias para resistir las cargas sísmicas horizontales son menores que las necesarias para transmitir las cargas verticales.

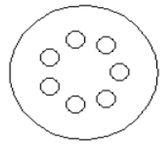
Diámetro D_p (m)	0.114	0.200	0.250	0.300
carga horizontal característica F_e (t)	0.95	2.77	4.15	5.53
d (m)	1.23	1.37	1.55	1.68
cohesión c (t/m^2)	0	0	0	0
ángulo de rozamiento interno ϕ (º)	32	32	32	32
carga horizontal característica en punta (t)	0.95	2.77	4.15	5.53
coeficiente de seguridad	3.0	3.0	3.0	3.0
carga horizontal mayorada en punta (t)	2.8	8.3	12.4	16.6
diámetro exterior del pilote (m)	0.11	0.20	0.25	0.30
excentricidad e (m)	0.77	0.63	0.45	0.32
densidad del suelo (t/m^3)	0.8	0.8	0.8	0.8
Profundidad efectiva L (m)	5.36	6.71	7.22	7.53
Longitud Δ (m)	1.10	1.35	1.44	1.48
e(0) (t/m)	0.0	0.0	0.0	0.0
e(L - Δ) (t/m)	3.8	8.4	11.3	14.2
e(L) (t/m)	4.8	10.5	14.1	17.6
E (t)	8.1	22.5	32.7	42.8
R (t)	5.2	14.2	20.3	26.2
d_E (m)	2.52	3.14	3.37	3.50
ecuación 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ecuación 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Profundidad total del pilote (L + 2) (m)	7.4	8.7	9.2	9.5

Queda finalmente comprobar la resistencia estructural de los pilotes solicitados por las cargas sísmicas anteriormente calculadas, que se resumen en la tabla siguiente, donde se indican asimismo las armaduras necesarias de acuerdo con los diagramas de agotamiento adjuntos.

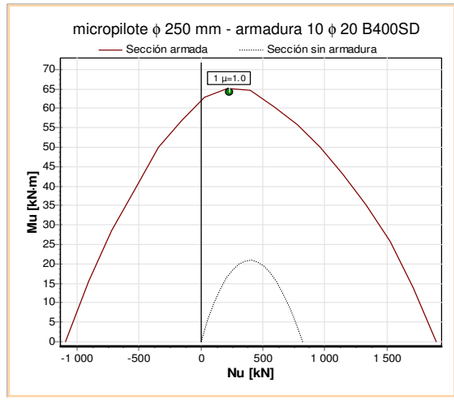
diámetro D_p (mm)			114	200	250	300
carga horizontal caract. F_e (t)			0.95	2.77	4.15	5.53
momento máximo M_d (tm)			1.16	3.86	6.39	9.38
carga vertical caract. F_v (t)			9.22	15.37	23.05	30.74
armaduras	redondos B400SD	nº	sección insuficiente	7	10	10
		ϕ (mm)		25	20	20
		cm^2		34.36	31.42	31.42
		capacidad (t)		122.0	111.5	111.5
	armadura tubular	ϕ_{ext} (mm)		114.3	139.7	168.3
		e (mm)		9.0	9.0	9.0
		tipo		TM-80	TM-70	TM-70
		f_{yk} (N/mm^2)		550	400	400
		cm^2		29.77	36.95	45.04
necesarias		capacidad (t)		133.7	120.7	147.1



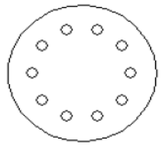
Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-400-S



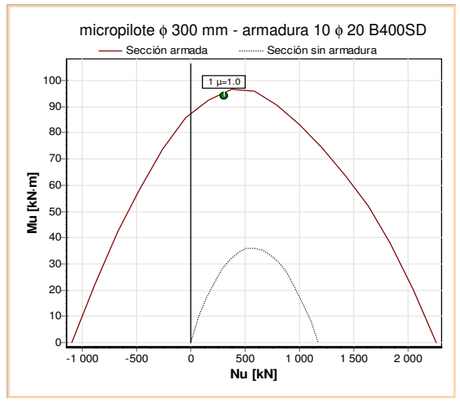
Punto	Nd [kN]	Md [kN·m]	γ
1	154	39	1.05



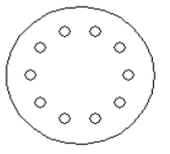
Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-400-S



Punto	Nd [kN]	Md [kN·m]	γ
1	230	64	1.02



Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-400-S



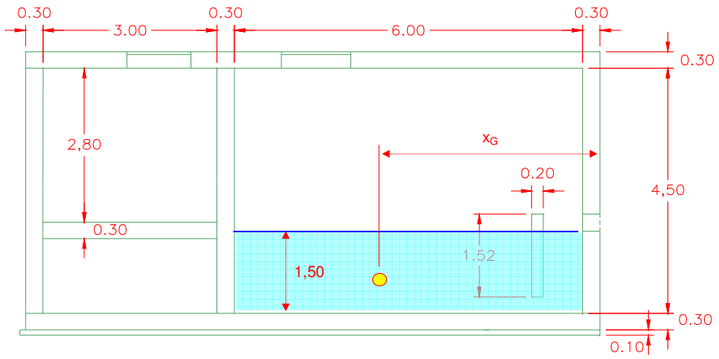
Punto	Nd [kN]	Md [kN·m]	γ
1	307	94	1.03

Para resistir las cargas sísmicas son necesarios 8 micropilotes ϕ 250 mm con armadura tubular ϕ 139,7 x 9 mm tipo TM-70 de la casa Hermagar, de acero con límite elástico $f_{yk} > 400$ N/mm^2.

El aumento del nº de micropilotes ϕ 250 de los 6 estrictamente necesarios para resistir las cargas verticales a los 8 necesarios para resistir las cargas sísmicas reduce la carga vertical por micropilote a 340,1 / 8 = 42,5 t, lo que permitiría disminuir su profundidad a 11,9 m.

No obstante, para no perder el empotramiento en el sustrato plioceno sano se mantiene la profundidad inicial de 15,0 m, adoptando como solución final de cimentación 8 micropilotes ϕ 250 mm con armadura tubular ϕ 139,7 x 9 mm tipo TM-70 de la casa Hermagar, de acero con límite elástico $f_{yk} > 400$ N/mm^2.

Para evitar la excentricidad de la acción sísmica los micropilotes deben tener su centro de gravedad conjunto coincidente en planta con el centro de masas de la estación en condiciones de servicio.



ancho interior de la cántara (m)	3.00	longitud interior de la cántara L (m)	6.00

ELEMENTO	A (m)	B (m)	H (m)	V (m^3)	P (t)
cántara	3.60	9.90	5.10	181.8	454.4
	-3.00	6.00	4.50	-81.0	-202.5
	-3.00	3.00	4.50	-40.5	-101.3
forjado arqueta de válvulas	3.00	3.00	0.30	2.7	6.8
agua interior (nivel normal)	3.00	6.00	1.50	27.0	27.0
peso total de la arqueta (t)					184.4
posición del centro de masas x_G (m)					4.91

Como el centro de masas coincide aproximadamente con el centro geométrico de la arqueta los micropilotes se pueden disponer equidistantes, a razón de 4 uds en cada lado mayor.

El tope estructural del micropilote se calcula con la fórmula:

$$N_{max} = 0{,}50 \cdot [\, A_c \cdot f_{ck} / \gamma_c + A_s \cdot f_{yk} / \gamma_s \,]$$

donde A_c y A_s son respectivamente las áreas de las secciones de hormigón y acero, f_{ck} y f_{yk} las resistencias características del hormigón y del acero y γ_c y γ_s los respectivos coeficientes de minoración de las resistencias.

$$N_{max} = 0{,}50 \cdot [\, 0{,}0491 \cdot 3061 / 1{,}5 + 0{,}0037 \cdot 40816 / 1{,}25 \,] = 110{,}5 \text{ t}$$

3) MATERIALES

A continuación se aplica el confuso proceso de tipificación de los hormigones de la Instrucción EHE.

Como vida útil nominal de la estructura se considera adecuado tomar 50 años, asimilando la obra a una estructura de ingeniería civil de repercusión económica baja o media.

En cuanto a la clase general y específica de exposición los diferentes elementos estructurales deberían encuadrarse en las siguientes:

- Los micropilotes de cimentación serían de clase IIa (elementos enterrados) + Qa (ataque débil del agua freática por sulfatos).
- Las soleras y muros enterrados, atendiendo a sus paramentos exteriores serían igualmente de clase IIa + Qa.
- Los forjados y muros no enterrados, atendiendo a sus paramentos exteriores, serían de clase IIIa (elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera). Atendiendo a sus paramentos interiores, serían de clase IIa (elementos sumergidos) + Qb (elementos en contacto con sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media).

En los presentes cálculos se adopta del lado de la seguridad, para los micropilotes el tipo de hormigón HA30-B/15/IIa+Qa, para la losa inferior y muros exteriores el tipo HA30-B/15/IIa+Qb y para los forjados y muros interiores el tipo HA30-B/15/IIIa+Qb.

El recubrimiento nominal adoptado es 55 mm para los micropilotes y 50 mm para los demás elementos, con un margen de recubrimiento de 5 mm. Las armaduras pasivas son del tipo AP 500 SD.

El ancho de fisura adoptado en el cálculo, de acuerdo con la instrucción EHE, es igual a 0,2 mm para los paramentos exteriores y 0,1 mm para los interiores.

El control de la ejecución debe ser intenso, quedando definidos todos estos parámetros en el cuadro de materiales adjunto.

CUADRO DE MATERIALES

ELEMENTO		MICRO PILOTES	LOSA INFERIOR Y MUROS EXTERIORES	MUROS INTERIORES Y FORJADOS
VIDA ÚTIL (años)		50		
CONTROL DE LA EJECUCIÓN		intenso		
DESIGNACIÓN DEL HORMIGÓN		HA-30/B/15/IIa+Qa	HA-30/B/15/IIa+Qb	HA-30/B/15/IIIa+Qb
PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN EN EL ENSAYO DE IMPERMEABILIDAD (mm)	MÁX.	50		
	MEDIA	30		
TIPOS DE CEMENTO UTILIZABLES		CEM I sin adiciones	CEM II/A-D, CEM II/P, CEM II/S, CEM II/V, CEM III, CEM IV Y CEM V	
CARACT. ADICIONALES DEL CEMENTO		SR y MR		
MÁX. RELACIÓN AGUA / CEMENTO		0.5		
MÍN. CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m^3)		325	350	
ARMADURAS PASIVAS		AP 500 SD		
RECUBRIMIENTO	NOMINAL (mm)	55	50	
	MARGEN (mm)	5	5	
ABERTURA DE FISURA (mm)	paramentos exteriores	0.2	0.2	
	paramentos interiores		0.1	
PARA ACCIONES		cuasipermanentes		
ACCIONES		CTE - DB-SE-AE		
COEFICIENTES DE SEGURIDAD	DE LOS MATERIALES γ_c, γ_s	art. 15.3 EHE-08		
	DE LAS ACCIONES γ_F	art. 12 EHE-08		
COEFICIENTES DE COMBINACIÓN Ψ		CTE - DB-SE		

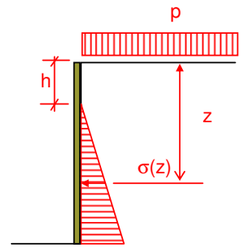
4) ACCIONES

Las acciones consideradas, además del peso propio de los elementos estructurales, incorporado de forma automática en el programa de cálculo, son las siguientes:

4.1) EMPUJE DEL RELLENO ER

Para calcular el empuje del terreno sobre los muros enterrados se considera el empuje al reposo del relleno y se supone actuando a una cierta distancia el tren de cargas de tráfico pesado de la instrucción IAP.

El empuje al reposo sobre una pared vertical de un suelo de densidad γ cohesión c y ángulo de rozamiento ϕ se obtiene a partir de las expresiones:



$\sigma(z) = 0$ si $z <= h$

$\sigma(z) = k_a . (\gamma . z + p) - k_{ac}$ si $z > h$

$h = k_{ac} / (k_a.\gamma) - p / \gamma$

, donde:

k_a = coeficiente de empuje = $1 - \text{sen}\phi$

$k_{ac} = 2 . c . k_a^{1/2}$

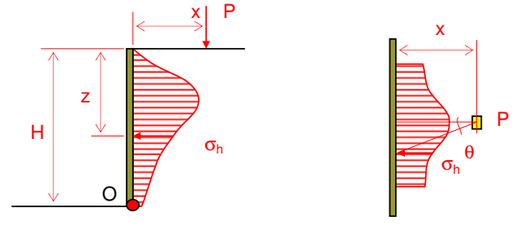
Como parámetros característicos del relleno se toma una cohesión nula, un ángulo de rozamiento $\phi = 30º$ y una densidad saturada $\gamma = 2{,}0$ t/m^3, con lo que se obtiene:

$$\sigma(z) = z$$

Para calcular las presiones adicionales debidas al tren de cargas de la instrucción IAP, formado por un vehículo pesado de 600 KN y una sobrecarga uniforme de 4 KN/m^2, se utilizan las fórmulas siguientes:

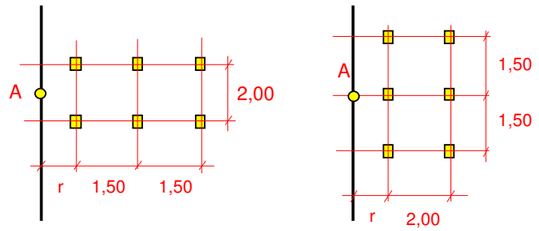
si $x/H <= 0{,}4$; $\sigma_h = (P / H^2) . 0{,}28 . (z / H)^2 / [\, 0{,}16 + (z / H)^2 \,]^3 . \cos^2(1{,}1 . \theta)$

si $x/H > 0{,}4$; $\sigma_h = (P / H^2) . 1{,}77 . (x / H)^2 . (z / H)^2 / [\, (x / H)^2 + (z / H)^2 \,]^3 . \cos^2(1{,}1 . \theta)$



SECCIÓN **PLANTA**

La carga del vehículo pesado se sitúa, para cada una de las dos posiciones indicadas en la figura siguiente, a diferentes distancias del muro, eligiendo como más desfavorable la que produce mayor momento de vuelco en su pie.

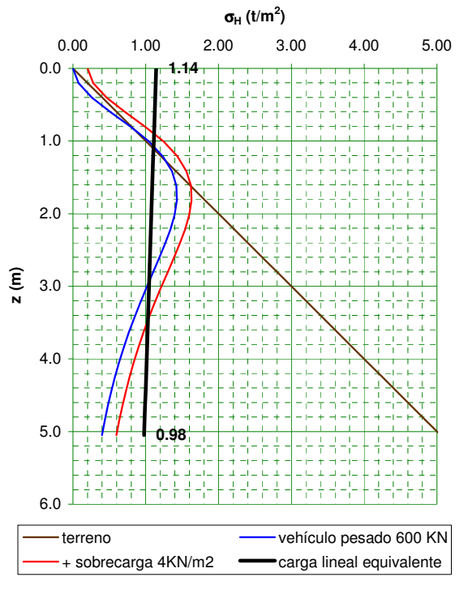


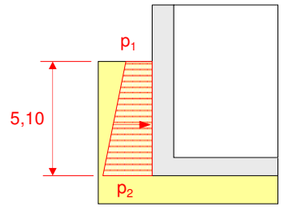
posición 1 *posición 2*

Una vez obtenida la ley de presiones totales sobre el trasdós se calcula la ley lineal equivalente como aquella que tiene la misma resultante y centro de gravedad.

Los resultados obtenidos se indican en las tablas y figuras adjuntas.

prof. z	Presiones en trasdós (t/m²)			
	del	cargas de tráfico		
(m)	terreno	600 KN	4 KN/m²	total
0.00	0.00	0.00	0.20	0.20
0.20	0.20	0.08	0.20	0.28
0.40	0.40	0.26	0.20	0.46
0.61	0.61	0.52	0.20	0.72
0.81	0.81	0.80	0.20	1.00
1.01	1.01	1.05	0.20	1.25
1.21	1.21	1.24	0.20	1.44
1.41	1.41	1.36	0.20	1.56
1.62	1.62	1.42	0.20	1.62
1.82	1.82	1.43	0.20	1.63
2.02	2.02	1.40	0.20	1.60
2.22	2.22	1.34	0.20	1.54
2.42	2.42	1.26	0.20	1.46
2.63	2.63	1.18	0.20	1.38
2.83	2.83	1.09	0.20	1.29
3.03	3.03	1.00	0.20	1.20
3.23	3.23	0.92	0.20	1.12
3.43	3.43	0.84	0.20	1.04
3.64	3.64	0.77	0.20	0.97
3.84	3.84	0.70	0.20	0.90
4.04	4.04	0.64	0.20	0.84
4.24	4.24	0.58	0.20	0.78
4.44	4.44	0.53	0.20	0.73
4.65	4.65	0.48	0.20	0.68
4.85	4.85	0.44	0.20	0.64
5.05	5.05	0.40	0.20	0.60





presiones lineales equivalentes al empuje del relleno		
ACCIÓN	p_1 (t/m²)	p_2 (t/m²)
peso propio del relleno ER1	0.00	5.10
cargas de tráfico ER2	1.14	0.98

4.2) CARGA HIDROSTÁTICA EH

La carga hidrostática interior a los aparatos se calcula asociada al nivel máximo extraordinario (coronación de los aparatos) (EH1) para los estados límite últimos, y al nivel normal de explotación (EH2) para los estados límite de servicio (fisuración).

4.3) SUBPRESIÓN SP

Se considera la acción de la subpresión sobre la cara inferior de la solera asociada a un nivel freático situado a 1,0 m de profundidad con respecto al terreno actual, de valor -4,1 t/m^2.

4.4) SOBRECARGA DE TRÁFICO ST

La carga de tráfico sobre el forjado superior, formada por una carga uniforme de 4 kN/m^2 y por el vehículo pesado de 600 KN de la instrucción IAP, se representa por una carga uniforme equivalente, que se define como la carga uniformemente repartida que crea los mismos momentos máximos en la placa que la carga de tráfico, supuesta esta apoyada en todos sus bordes.

Para calcular la carga uniforme equivalente, se sitúa el vehículo pesado en doce diferentes posiciones desfavorables , determinando tanto los momentos Mx (flexiones según el lado mayor), como My (flexiones según el lado menor), y tomando el mayor de los dos. El cálculo de los momentos se realiza por el método de las series dobles de Fourier.

La carga equivalente obtenida por este procedimiento sobre el forjado de la arqueta de válvulas es 5,2 t/m^2 y sobre el forjado de la cántara es 4,3 t/m^2.

5) COMBINACIÓN DE ACCIONES

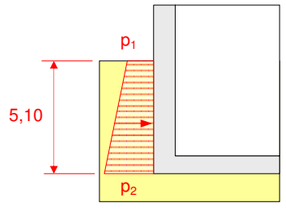
Las combinaciones de acciones utilizadas en el cálculo son las que se indican en la tabla siguiente.

ACCIÓN	COMBINACIÓN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CP	1.00	1.35	1.35	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ER1	1.35	1.35	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ER2	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
EH1	0.00	0.00	0.00	1.20	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
EH2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
SP	0.00	1.20	1.20	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00
SC	0.00	1.50	1.50	0.00	1.50	0.00	0.60	0.60	0.00	0.60	1.00
	situaciones persistentes o transitorias					casi permanentes					caract.
						combinaciones					
	ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS					ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO					

CP	peso propio
ER1	empuje del relleno (peso propio del relleno)
ER2	empuje del relleno (sobrecarga de tráfico)
EH1	carga hidrostática (nivel máximo extraordinario)
EH2	carga hidrostática (nivel normal de explotación)
SP	subpresión
SC	sobrecarga de tráfico sobre el forjado

Las combinaciones nº 1 a 5 se usan para calcular los esfuerzos últimos de flexión sobre los diferentes elementos estructurales, las nº 6 a 10 para comprobar la fisuración, y la nº 11 para calcular los esfuerzos característicos sobre los pilotes.

Las cargas equivalentes al empuje del relleno combinado [1,35 ER1 + 1,50 ER2] y [1,00 ER1 + 0,60 ER2] se indican en la tabla siguiente.

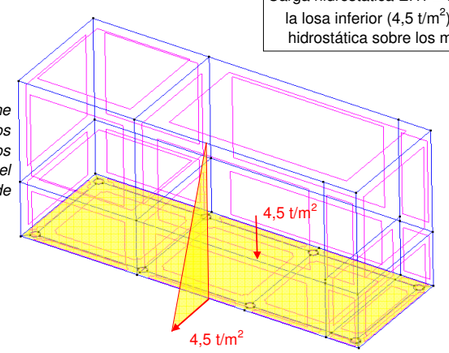


presiones lineales equivalentes al empuje total combinado del relleno (peso propio + cargas de tráfico)			
p_1 (t/m^2)	p_2 (t/m^2)	p_1 (t/m^2)	p_2 (t/m^2)
1.71	8.36	0.68	5.69
[1,35 ER1 + 1,50 ER2]		[1,00 ER1 + 0,60 ER2]	
COMBINACIÓN			

En las figuras siguientes se representan las acciones aisladas EH, SP y SC o combinadas ER consideradas en el cálculo.

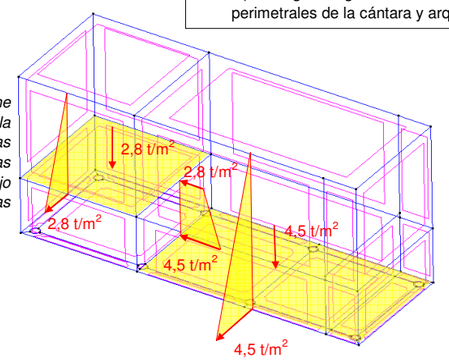
Carga hidrostática EH1 = carga uniforme sobre la losa inferior (4,5 t/m^2) + carga triangular hidrostática sobre los muros perimetrales

Esta carga se obtiene con todos los recintos completamente llenos de agua, incluyendo el hueco bajo la arqueta de válvulas

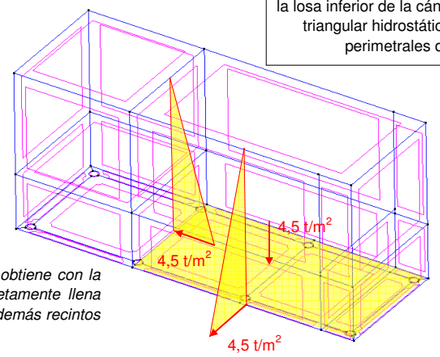


Carga hidrostática EH1' = carga uniforme sobre la losa inferior de la cántara (4,5 t/m^2) y arqueta de válvulas (2,8 t/m^2) + carga triangular hidrostática sobre los muros perimetrales de la cántara y arqueta de válvulas

Esta carga se obtiene con la cántara y la arqueta de válvulas completamente llenas de agua. El hueco bajo la arqueta de válvulas se supone vacío.

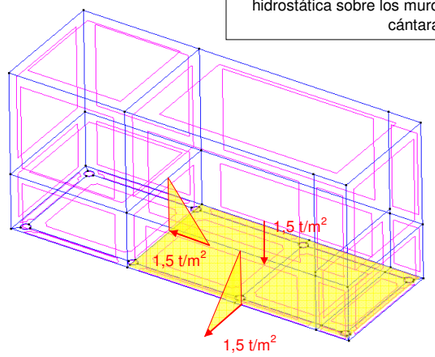


Carga hidrostática EH1" = carga uniforme sobre la losa inferior de la cántara (4,5 t/m^2) + carga triangular hidrostática sobre los muros perimetrales de la cántara



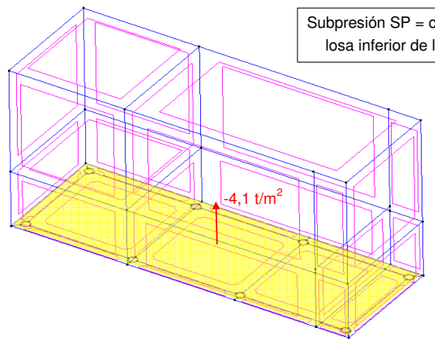
Esta carga se obtiene con la cántara completamente llena de agua y los demás recintos vacíos

Carga hidrostática EH2 = carga uniforme sobre la losa inferior de la cántara (1,5 t/m^2) + carga triangular hidrostática sobre los muros perimetrales de la cántara

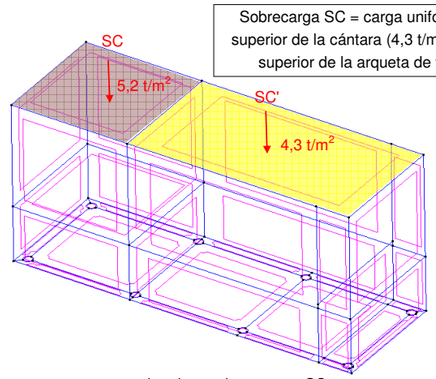


Esta carga se obtiene con la cántara llena de agua en su nivel normal (1,5 m de altura) y los demás recintos vacíos

Subpresión SP = carga uniforme sobre la losa inferior de la cántara (-4,1 t/m^2)

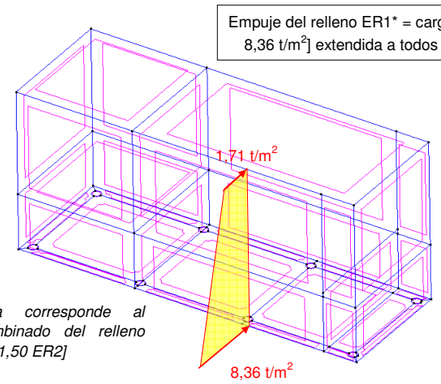


Sobrecarga SC = carga uniforme sobre el forjado superior de la cántara (4,3 t/m^2) y/o sobre el forjado superior de la arqueta de válvulas (5,2 t/m^2)



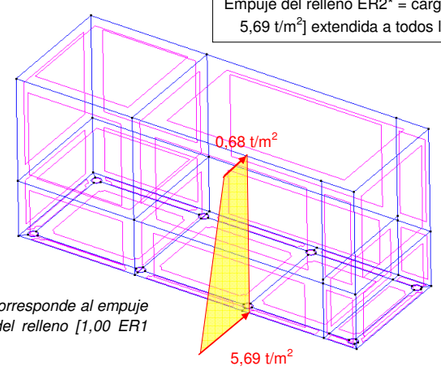
Esta sobrecarga se compone de la sobrecarga SC correspondiente al vehículo pesado sobre el forjado de la arqueta de válvulas y de la sobrecarga SC' correspondiente al vehículo pesado sobre el forjado de la cántara

Empuje del relleno ER1* = carga trapecial [1,71 t/m^2 - 8,36 t/m^2] extendida a todos los muros exteriores



Esta carga corresponde al empuje combinado del relleno [1,35 ER1 + 1,50 ER2]

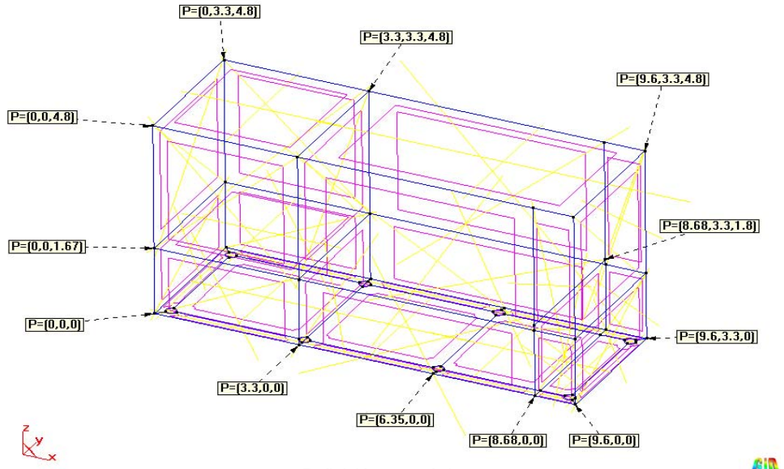
Empuje del relleno ER2* = carga trapecial [0,68 t/m^2 - 5,69 t/m^2] extendida a todos los muros exteriores



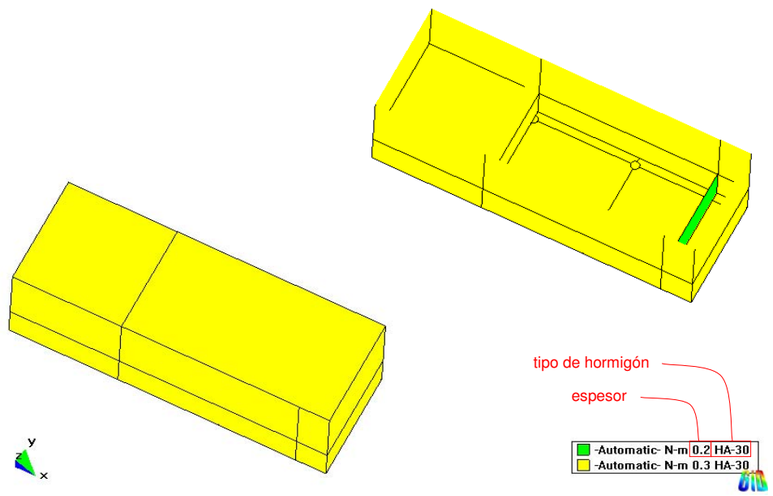
Esta carga corresponde al empuje combinado del relleno [1,00 ER1 + 0,60 ER2]

6) MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

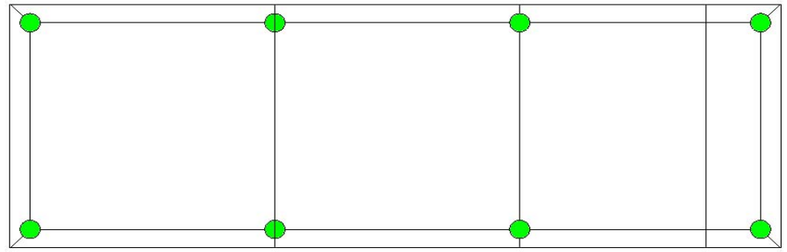
El modelo de elementos finitos utilizado para el cálculo de la estación de bombeo se define en las figuras adjuntas.



Definición geométrica

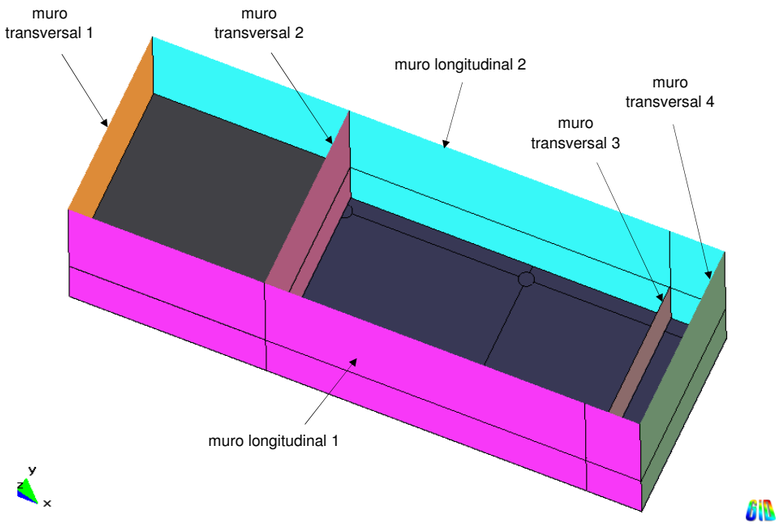


Materiales



El apoyo sobre los micropilotes se representa aplicando a la superficie de contacto entre la losa inferior y los micropilotes un módulo de balasto muy elevado en las tres direcciones x, y, z.

Condiciones de contorno

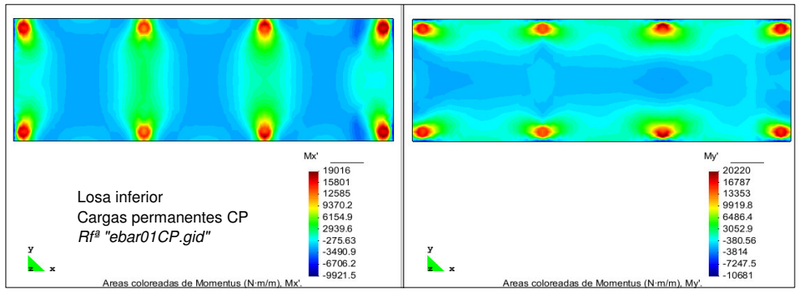


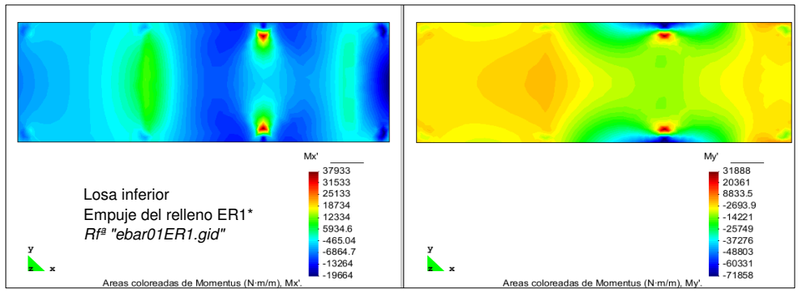
Numeración de muros

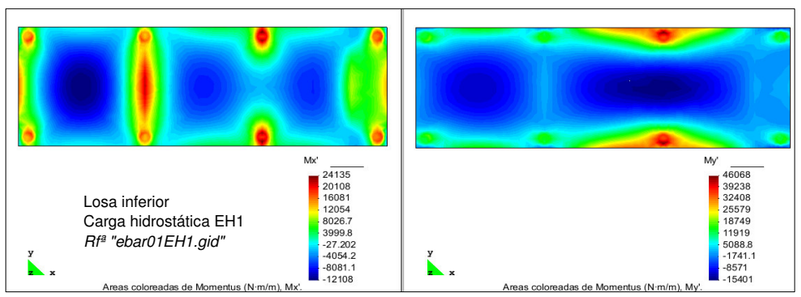
7) ESFUERZOS Y ARMADURAS

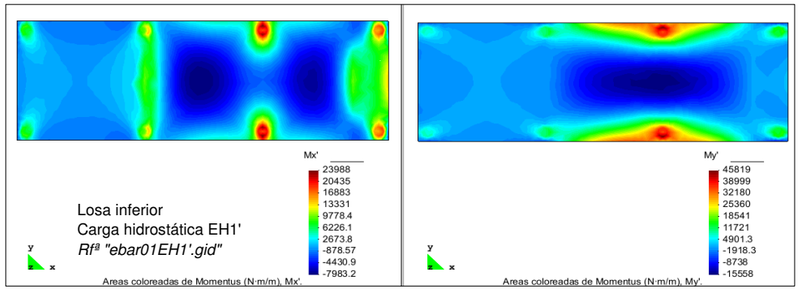
Los esfuerzos sobre las diferentes losas y muros debidos a las acciones aisladas se representan en las figuras adjuntas.

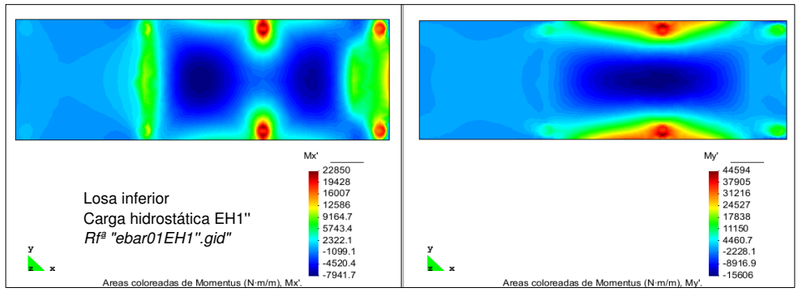
- LOSA INFERIOR

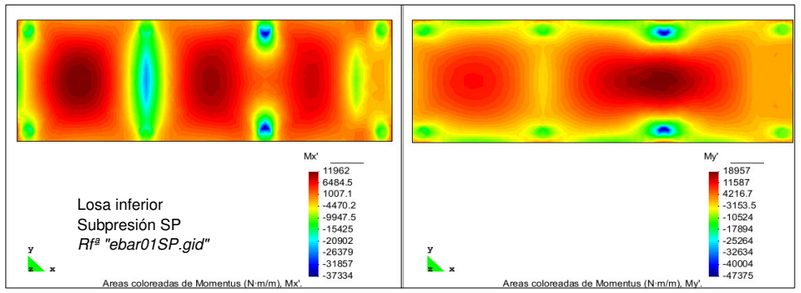


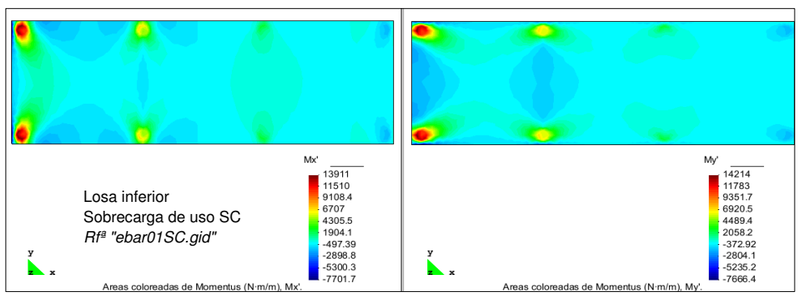


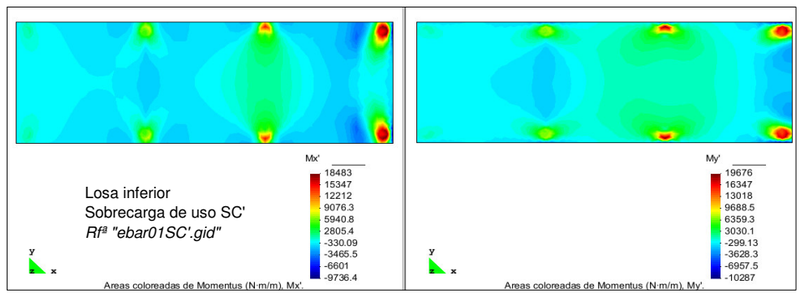


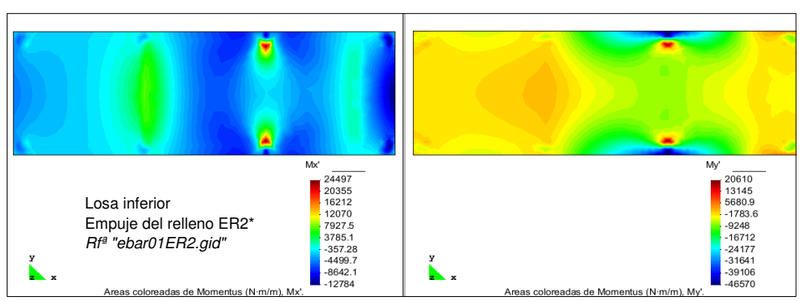


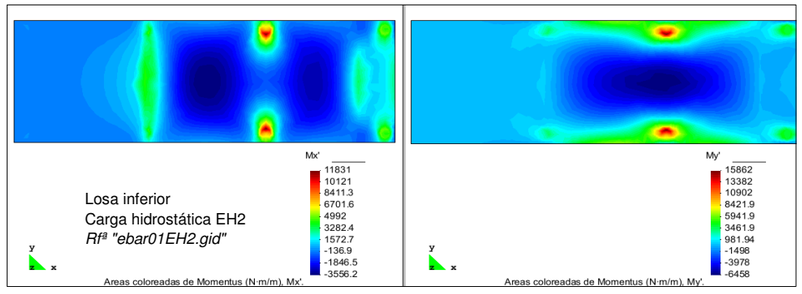


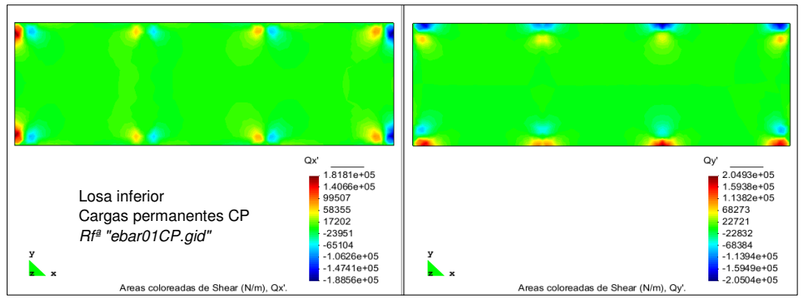


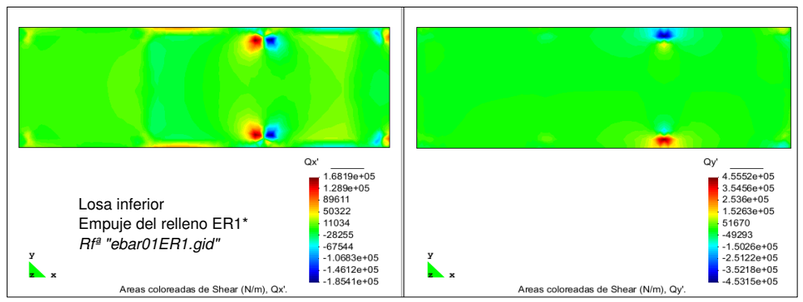


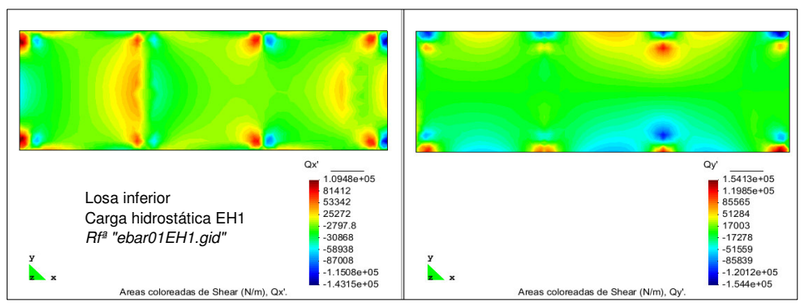

Losa inferior
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Mx'
18483
15347
12212
9076.3
5940.8
2805.4
-330.09
-3465.5
-6601
-9736.4
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
19676
16347
13018
9688.5
6359.3
3030.1
-299.13
-3628.3
-6957.5
-10287
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

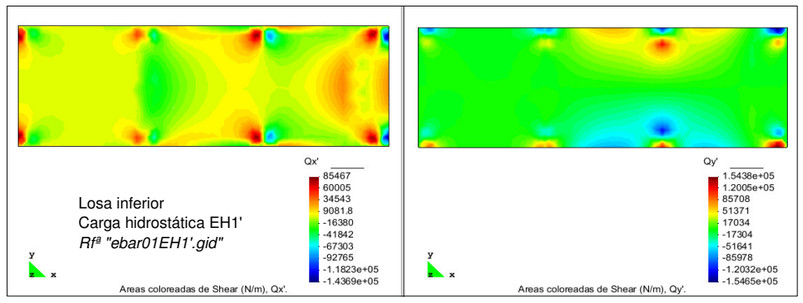

Losa inferior
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar01ER2.gid"
Mx'
24497
20355
16212
12070
7927.5
3785.1
-357.28
-4499.7
-9642.1
-12784
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
20610
13145
5680.9
-1783.6
-9248
-16712
-24177
-31641
-39106
-46570
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

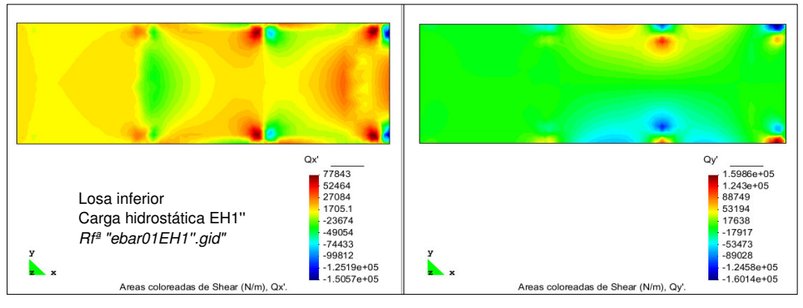

Losa inferior
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Mx'
11831
10121
8411.3
6701.6
4992
3282.4
1572.7
-136.9
-1846.5
-3556.2
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
15862
13382
10902
8421.9
5941.9
3461.9
981.94
-1498
-3978
-6458
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

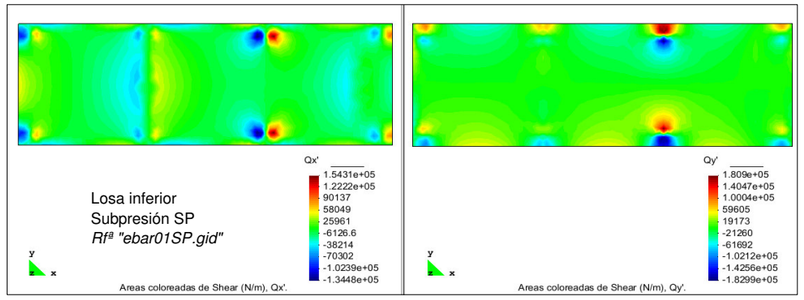

Losa inferior
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar01CP.gid"
Qx'
1.8181e+05
1.4066e+05
99507
58355
17202
-23951
-65104
-1.0626e+05
-1.4741e+05
-1.8856e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
2.0493e+05
1.5938e+05
1.1382e+05
68273
22721
-22832
-68384
-1.1394e+05
-1.5949e+05
-2.0504e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

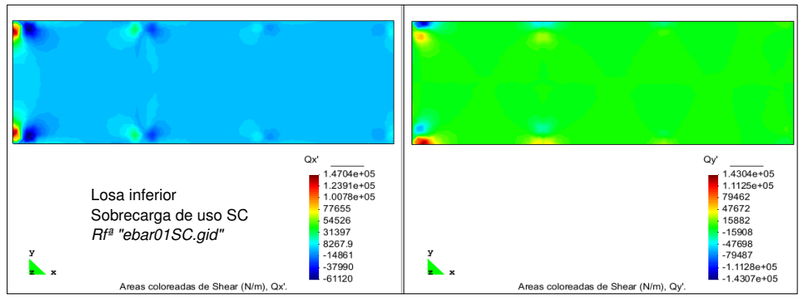

Losa inferior
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Qx'
1.6819e+05
1.289e+05
89611
50322
11034
-28255
-67544
-1.0683e+05
-1.4612e+05
-1.8541e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
4.5552e+05
3.5456e+05
2.536e+05
1.5263e+05
51670
-49293
-1.5026e+05
-2.5122e+05
-3.5218e+05
-4.5315e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

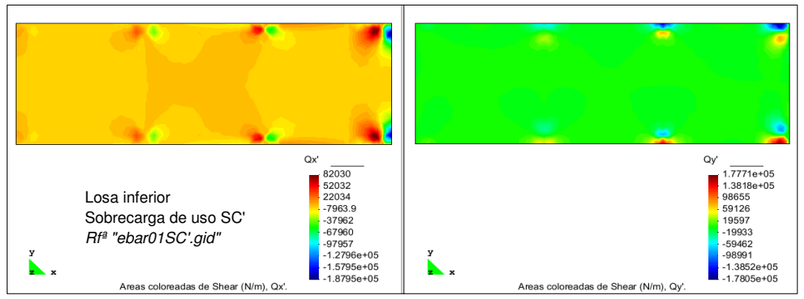

Losa inferior
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Qx'
1.0948e+05
81412
53342
25272
-2797.8
-30868
-58938
-87008
-1.1508e+05
-1.4315e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
1.5413e+05
1.1985e+05
85565
51284
17003
-17278
-51559
-85839
-1.2012e+05
-1.544e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

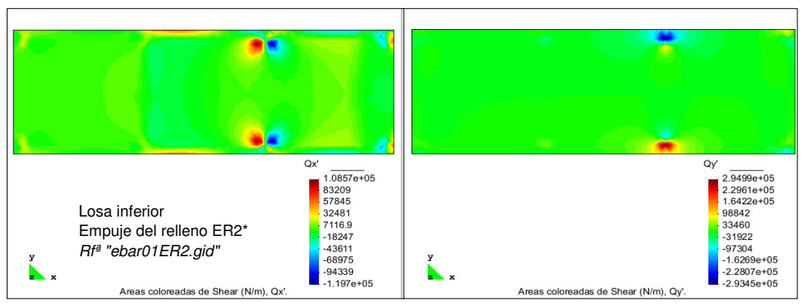

Losa inferior
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Qx'
85467
60005
34543
9081.8
-16380
-41842
-67303
-92765
-1.1823e+05
-1.4369e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
1.5438e+05
1.2005e+05
85708
51371
17034
-17304
-51641
-85978
-1.2032e+05
-1.5465e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

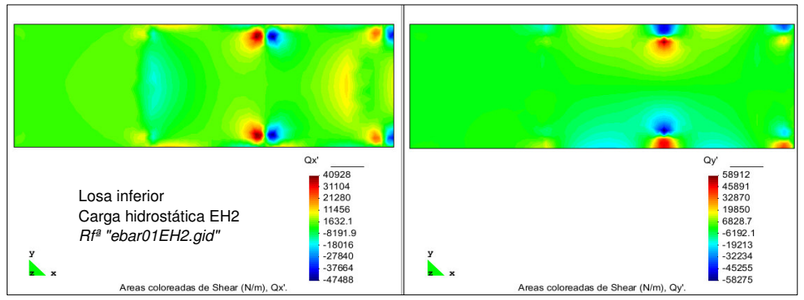

Losa inferior
Carga hidrostática EH1''
Rfª "ebar01EH1''.gid"
Qx'
77843
52464
27084
1705.1
-23674
-49054
-74433
-99812
-1.2519e+05
-1.5057e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
1.5986e+05
1.243e+05
88749
53194
17638
-17917
-53473
-89028
-1.2458e+05
-1.6014e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.



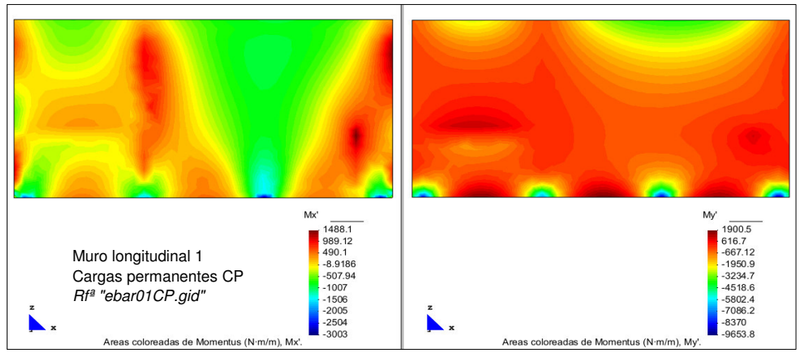


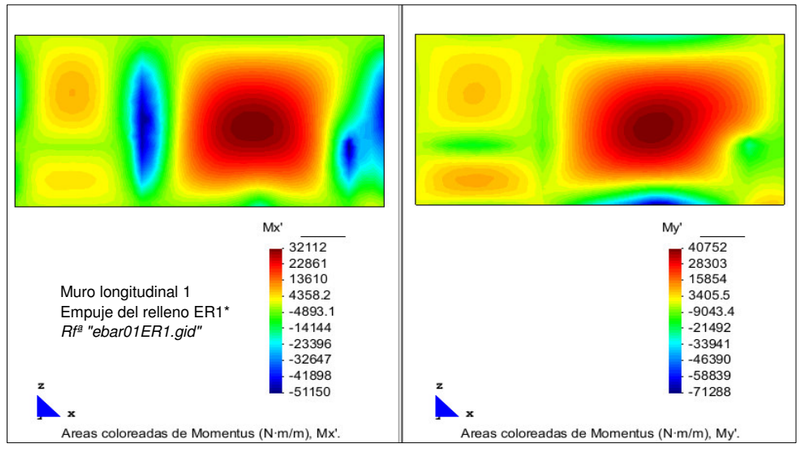


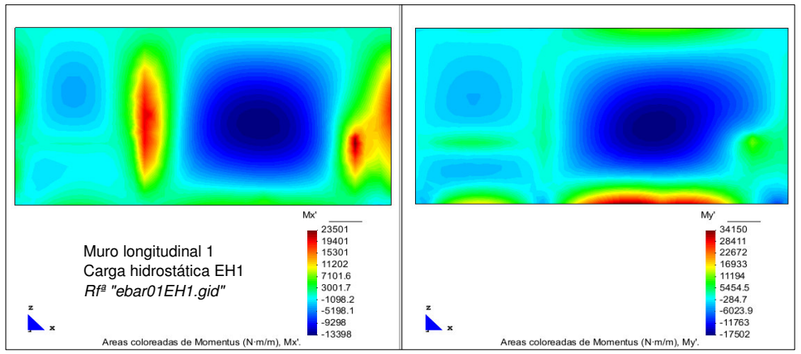


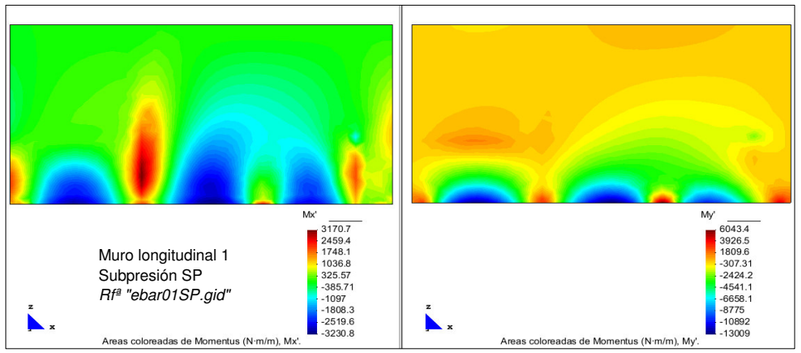


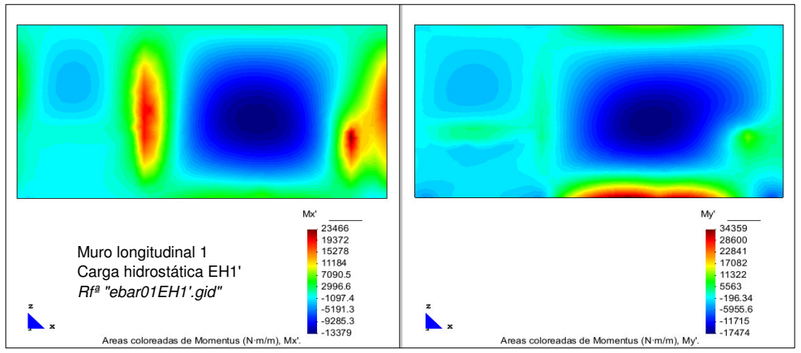
- MURO LONGITUDINAL 1

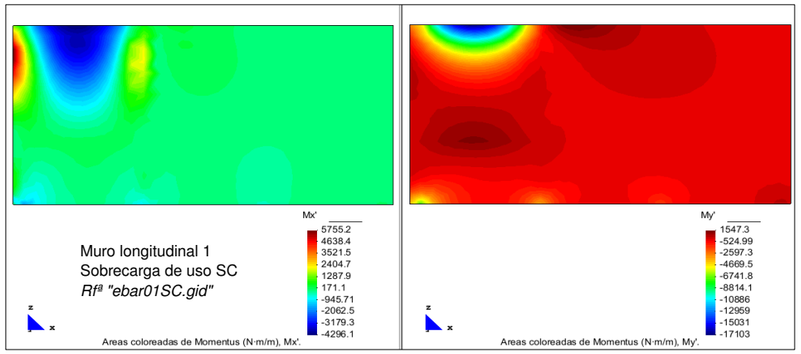


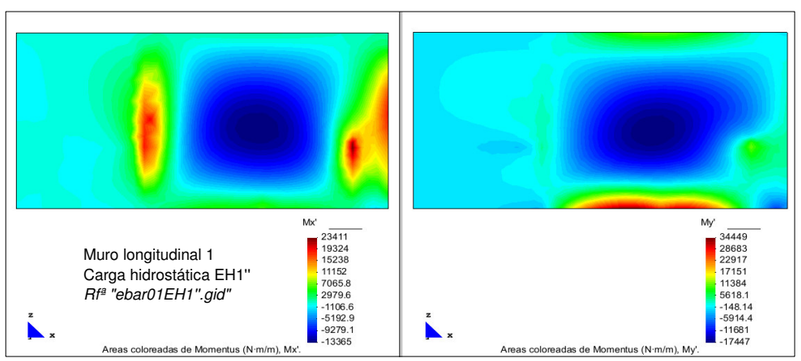


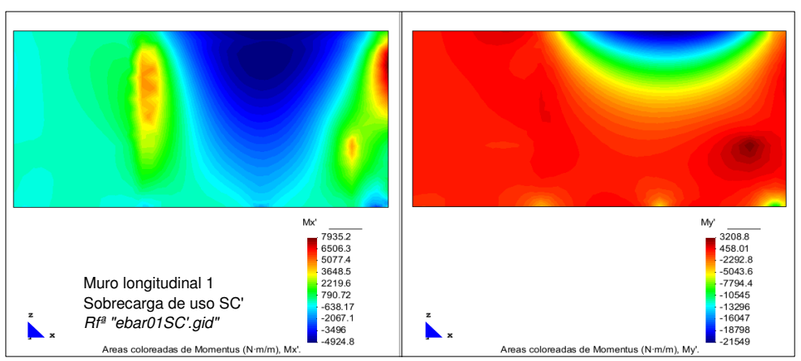

Mx'
23501
19401
15301
11202
7101.6
3001.7
-1098.2
-5198.1
-9298
-13398
Muro longitudinal 1
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
34150
28411
22672
16933
11194
5454.5
-284.7
-6023.9
-11763
-17502
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

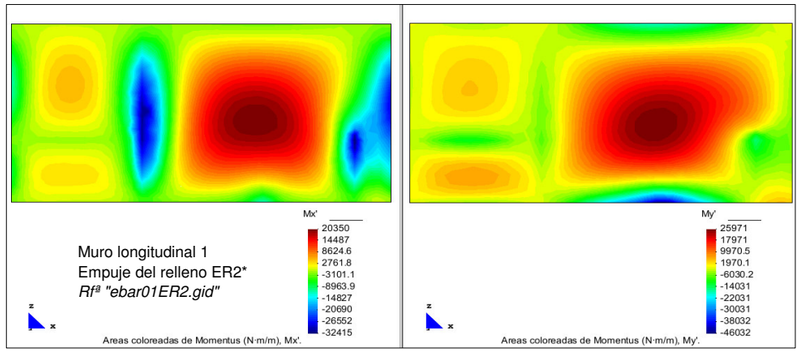

Mx'
3170.7
2459.4
1748.1
1036.8
325.57
-385.71
-1097
-1808.3
-2519.6
-3230.8
Muro longitudinal 1
Subpresión SP
Rfª "ebar01SP.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
6043.4
3926.5
1809.6
-307.31
-2424.2
-4541.1
-6658.1
-8775
-10892
-13009
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

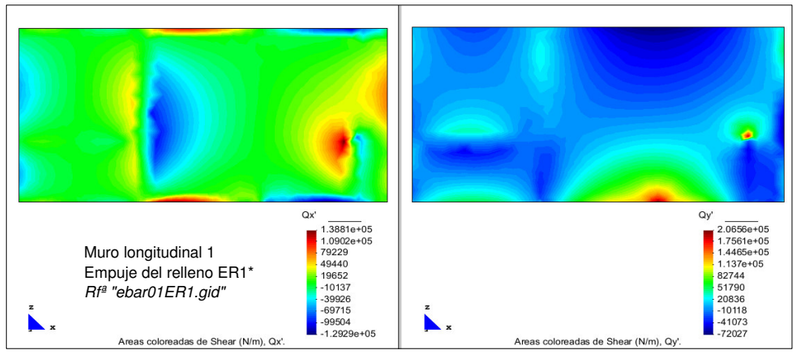

Mx'
23466
19372
15278
11184
7090.5
2996.6
-1097.4
-5191.3
-9285.3
-13379
Muro longitudinal 1
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
34359
28600
22841
17082
11322
5563
-196.34
-5955.6
-11715
-17474
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

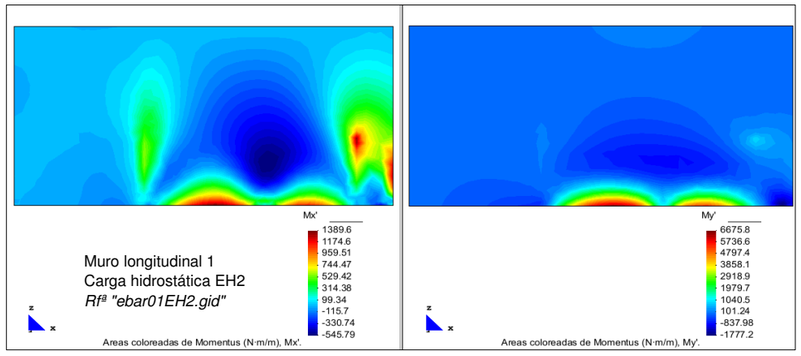

Mx'
5755.2
4638.4
3521.5
2404.7
1287.9
171.1
-945.71
-2062.5
-3179.3
-4296.1
Muro longitudinal 1
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
1547.3
-524.99
-2597.3
-4669.5
-6741.8
-8814.1
-10886
-12959
-15031
-17103
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

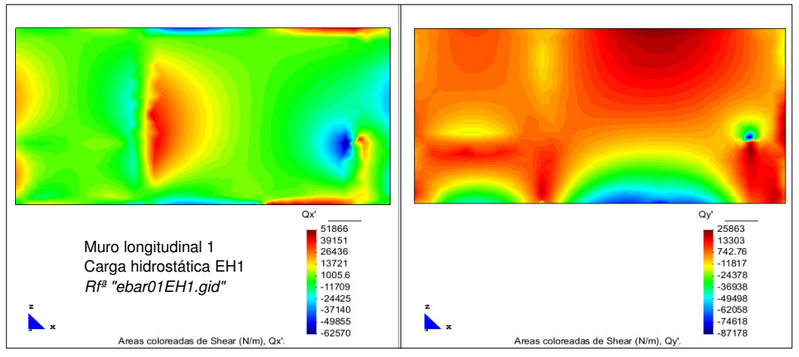

Mx'
23411
19324
15238
11152
7065.8
2979.6
-1106.6
-5192.9
-9279.1
-13365
Muro longitudinal 1
Carga hidrostática EH1''
Rfª "ebar01EH1''.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
34449
28683
22917
17151
11384
5618.1
-148.14
-5914.4
-11681
-17447
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

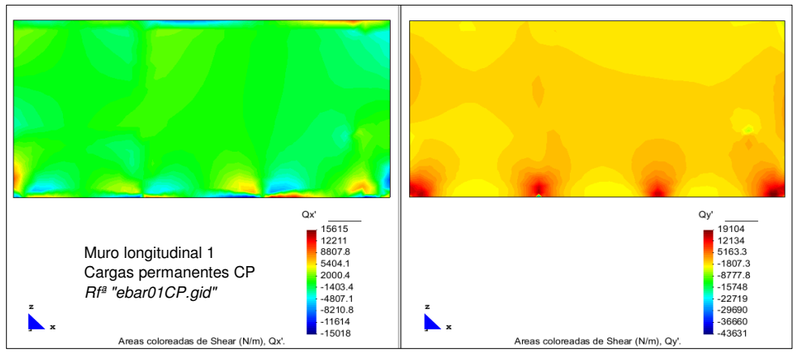

Mx'
7935.2
6506.3
5077.4
3648.5
2219.6
790.72
-638.17
-2067.1
-3496
-4924.8
Muro longitudinal 1
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
3208.8
458.01
-2292.8
-5043.6
-7794.4
-10545
-13296
-16047
-18798
-21549
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

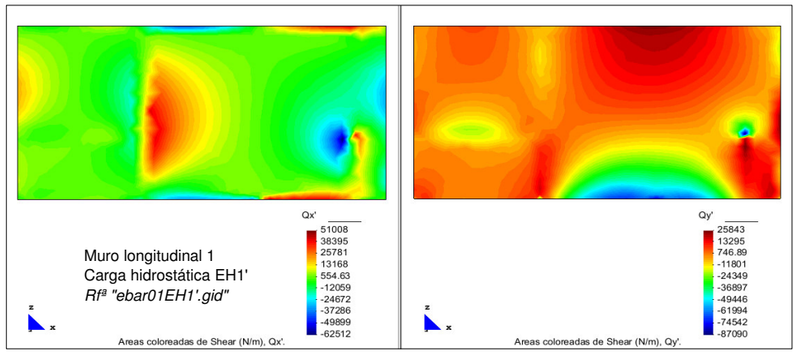

Mx'
20350
14487
8624.6
2761.8
-3101.1
-8963.9
-14827
-20690
-26552
-32415
Muro longitudinal 1
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar01ER2.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
25971
17971
9970.5
1970.1
-6030.2
-14031
-22031
-30031
-38032
-46032
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

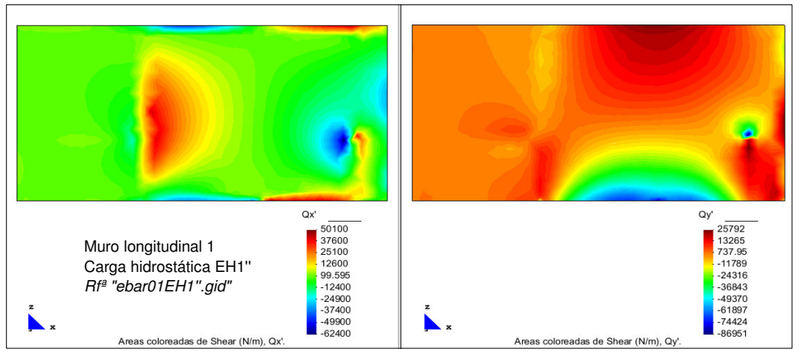

Qx'
1.3881e+05
1.0902e+05
79229
49440
19652
-10137
-39926
-69715
-99504
-1.2929e+05
Muro longitudinal 1
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
2.0656e+05
1.7561e+05
1.4465e+05
1.137e+05
82744
51790
20836
-10118
-41073
-72027
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

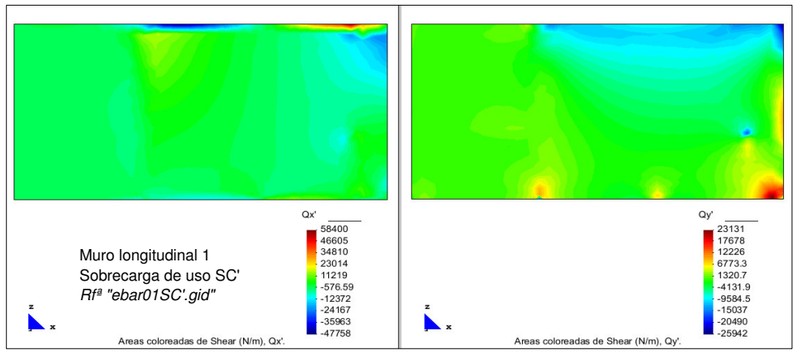

Mx'
1389.6
1174.6
959.51
744.47
529.42
314.38
99.34
-115.7
-330.74
-545.79
Muro longitudinal 1
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
6675.8
5736.6
4797.4
3858.1
2918.9
1979.7
1040.5
101.24
-837.98
-1777.2
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

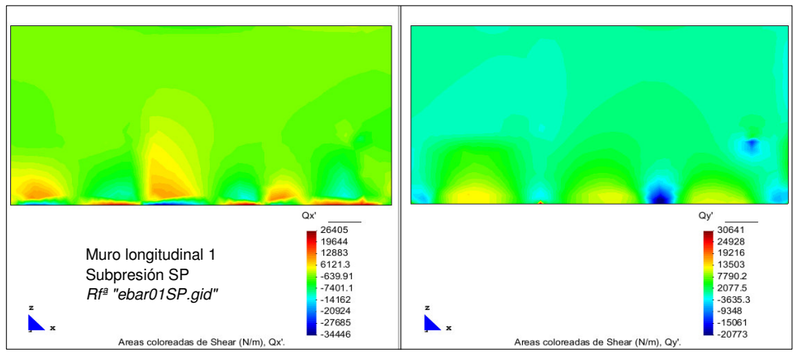

Qx'
51866
39151
26436
13721
1005.6
-11709
-24425
-37140
-49855
-62570
Muro longitudinal 1
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
25863
13303
742.76
-11817
-24378
-36938
-49498
-62058
-74618
-87178
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

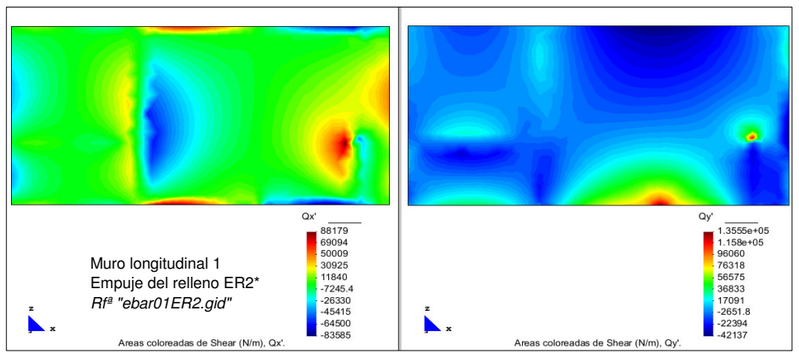

Qx'
15615
12211
8807.8
5404.1
2000.4
-1403.4
-4807.1
-8210.8
-11614
-15018
Muro longitudinal 1
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar01CP.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
19104
12134
5163.3
-1807.3
-8777.8
-15748
-22719
-29690
-36660
-43631
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

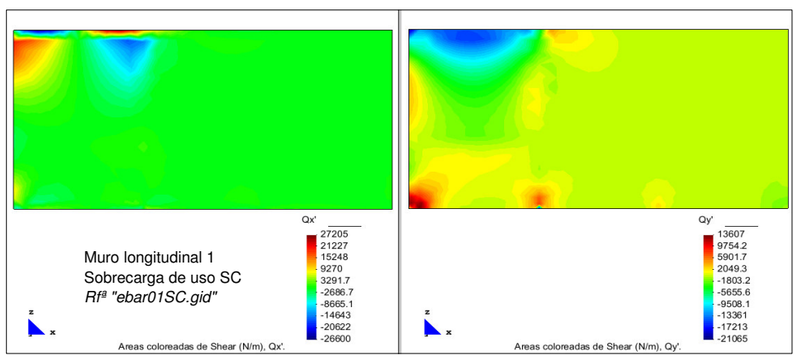

Qx'
51008
38395
25781
13168
554.63
-12059
-24672
-37286
-49899
-62512
Muro longitudinal 1
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
25843
13295
746.89
-11801
-24349
-36897
-49446
-61994
-74542
-87090
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

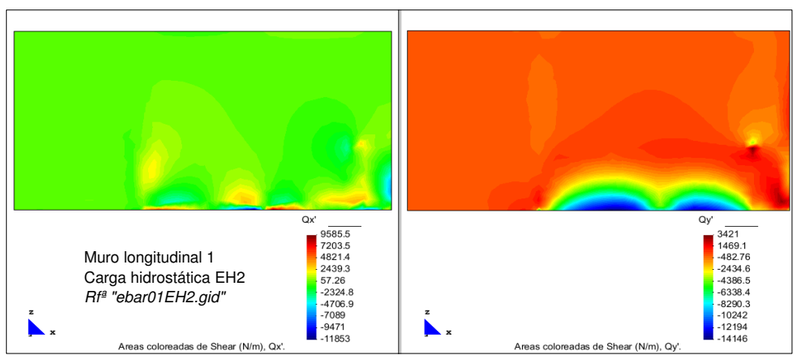

Qx'
50100
37600
25100
12600
99.595
-12400
-24900
-37400
-49900
-62400
Muro longitudinal 1
Carga hidrostática EH1''
Rfª "ebar01EH1''.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
25792
13265
737.95
-11789
-24316
-36843
-49370
-61897
-74424
-86951
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.


Qx'
58400
46605
34810
23014
11219
-576.59
-12372
-24167
-35963
-47758
Muro longitudinal 1
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
23131
17678
12226
6773.3
1320.7
-4131.9
-9584.5
-15037
-20490
-25942
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

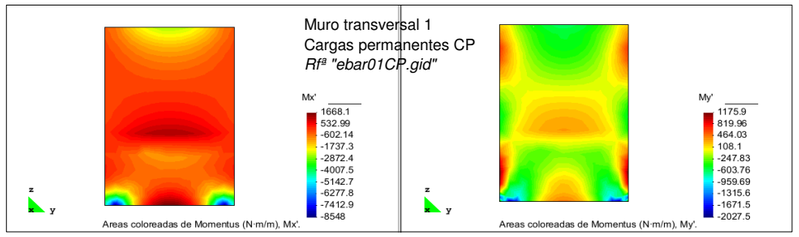

Qx'
26405
19644
12883
6121.3
-639.91
-7401.1
-14162
-20924
-27685
-34446
Muro longitudinal 1
Subpresión SP
Rfª "ebar01SP.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
30641
24928
19216
13503
7790.2
2077.5
-3635.3
-9348
-15061
-20773
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

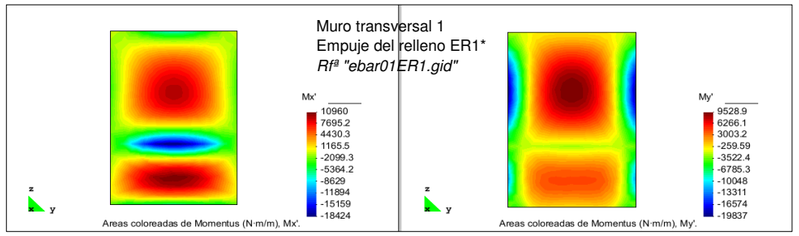

Qx'
88179
69094
50009
30925
11840
-7245.4
-26330
-45415
-64500
-83585
Muro longitudinal 1
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar01ER2.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
1.3555e+05
1.158e+05
96060
76318
56575
36833
17091
-2651.8
-22394
-42137
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

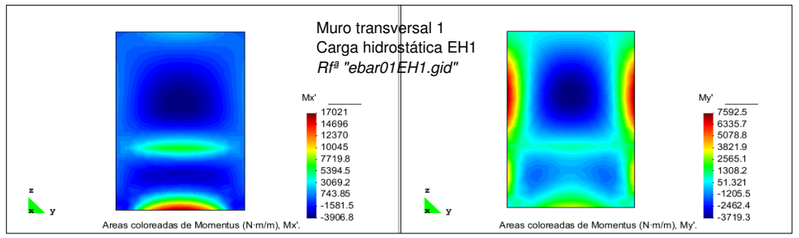

Qx'
27205
21227
15248
9270
3291.7
-2686.7
-8665.1
-14643
-20622
-26600
Muro longitudinal 1
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
13607
9754.2
5901.7
2049.3
-1803.2
-5655.6
-9508.1
-13361
-17213
-21065
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

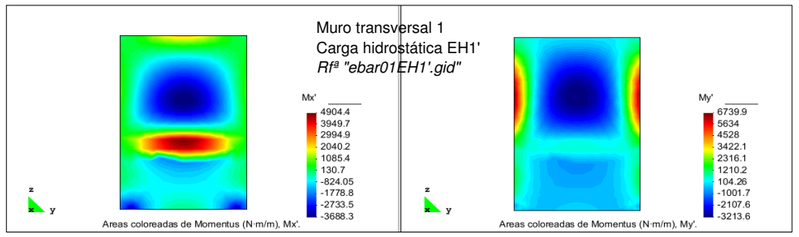

Qx'
9585.5
7203.5
4821.4
2439.3
57.26
-2324.8
-4706.9
-7089
-9471
-11853
Muro longitudinal 1
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
3421
1469.1
-482.76
-2434.6
-4386.5
-6338.4
-8290.3
-10242
-12194
-14146
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

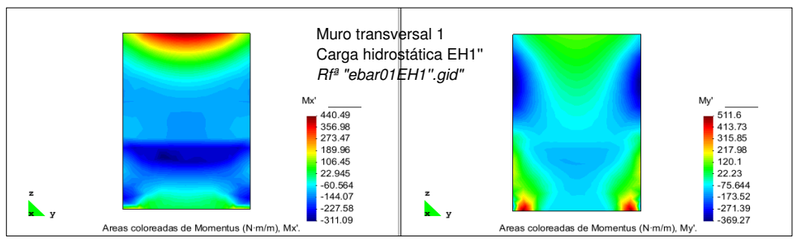
- MURO TRANSVERSAL 1

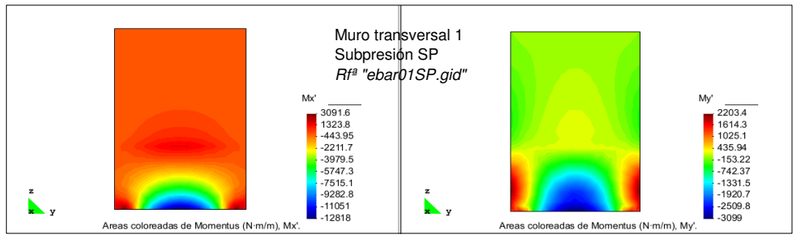


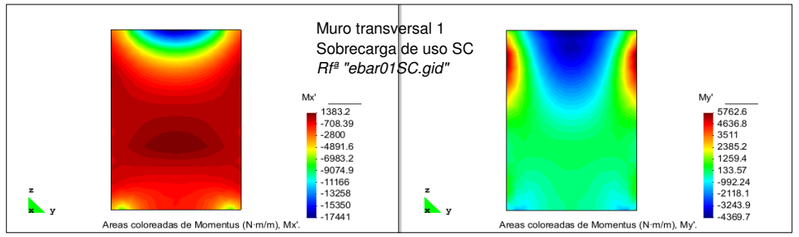


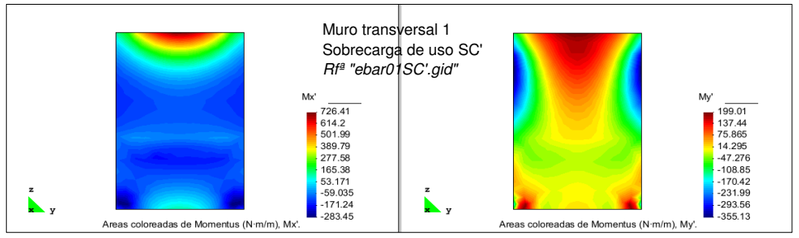


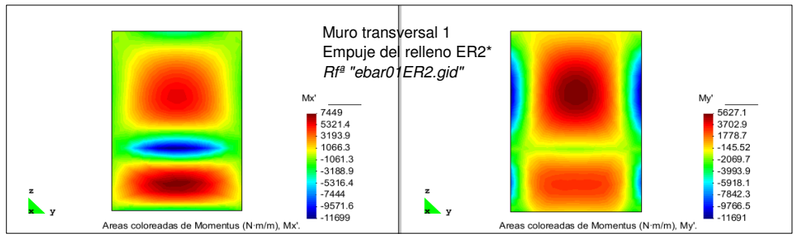


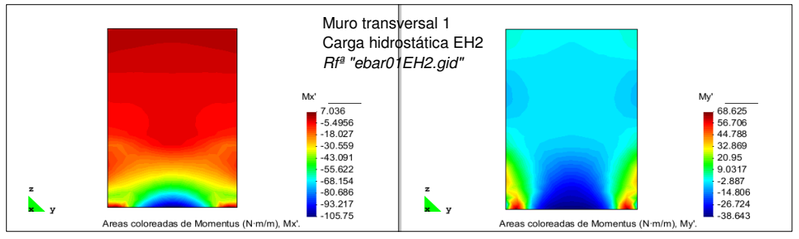


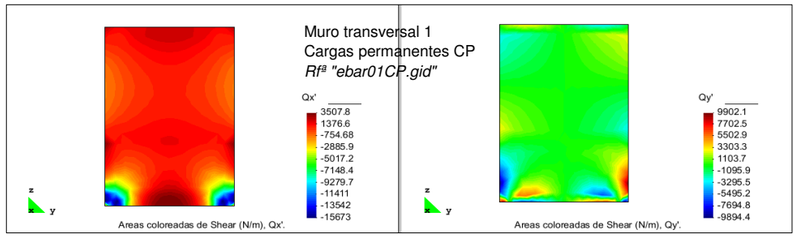


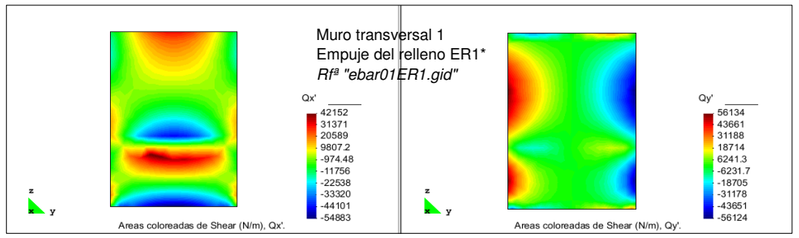


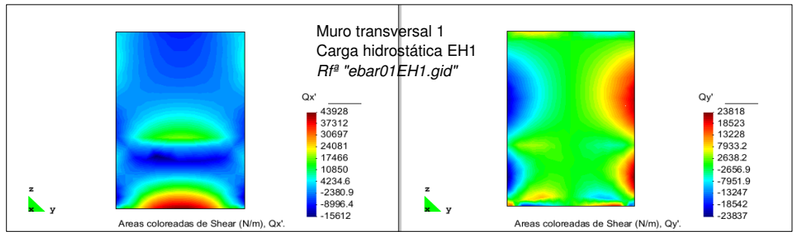


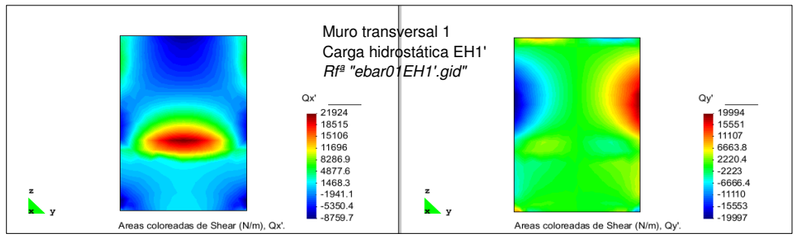


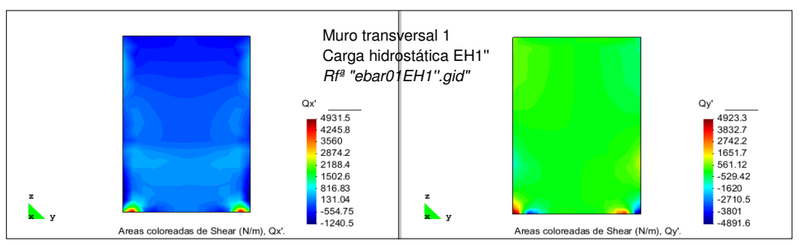


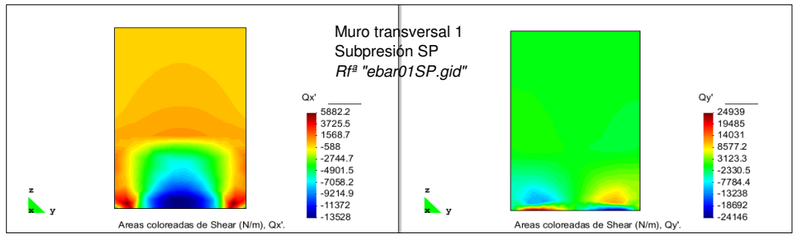

Muro transversal 1
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar01CP.gid"
Qx'
3507.8
1376.6
-754.68
-2885.9
-5017.2
-7148.4
-9279.7
-11411
-13542
-15673
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
9902.1
7702.5
5502.9
3303.3
1103.7
-1095.9
-3295.5
-5495.2
-7694.8
-9894.4
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

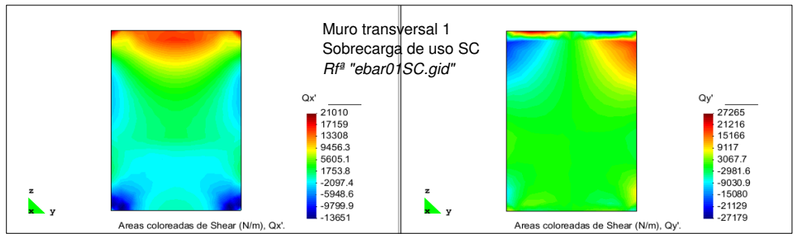

Muro transversal 1
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Qx'
42152
31371
20589
9807.2
-974.48
-11756
-22538
-33320
-44101
-54883
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
56134
43661
31188
18714
6241.3
-6231.7
-18705
-31178
-43651
-56124
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

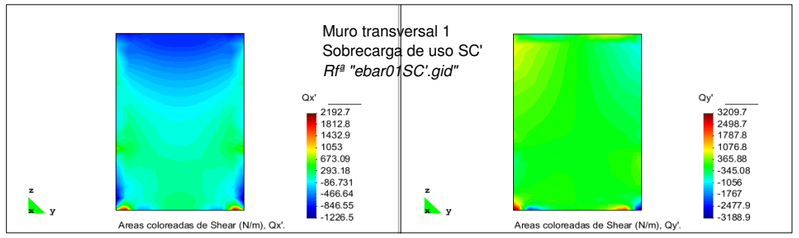

Muro transversal 1
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Qx'
43928
37312
30697
24081
17466
10850
4234.6
-2380.9
-8996.4
-15612
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
23818
18523
13228
7933.2
2638.2
-2656.9
-7951.9
-13247
-18542
-23837
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

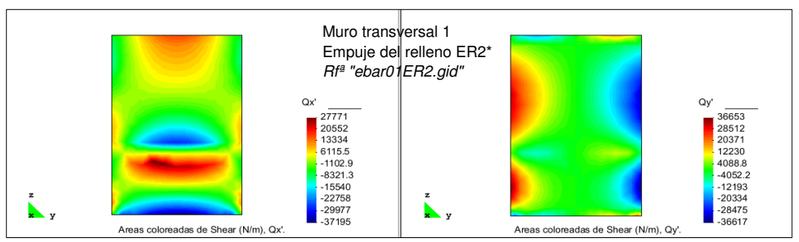

Muro transversal 1
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Qx'
21924
18515
15106
11696
8286.9
4877.6
1468.3
-1941.1
-5350.4
-8759.7
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
19994
15551
11107
6663.8
2220.4
-2223
-6666.4
-11110
-15553
-19997
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

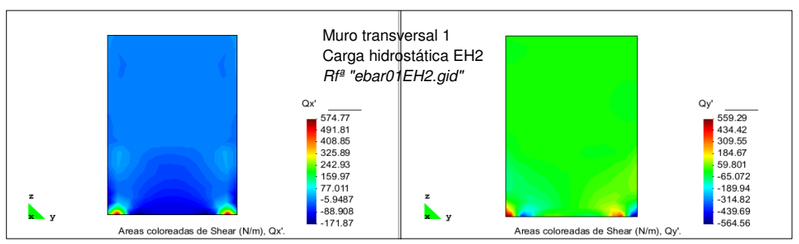

Muro transversal 1
Carga hidrostática EH1''
Rfª "ebar01EH1''.gid"
Qx'
4931.5
4245.8
3560
2874.2
2188.4
1502.6
816.83
131.04
-554.75
-1240.5
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
4923.3
3832.7
2742.2
1651.7
561.12
-529.42
-1620
-2710.5
-3801
-4891.6
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.


Muro transversal 1
Subpresión SP
Rfª "ebar01SP.gid"
Qx'
5882.2
3725.5
1568.7
-588
-2744.7
-4901.5
-7058.2
-9214.9
-11372
-13528
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
24939
19485
14031
8577.2
3123.3
-2330.5
-7784.4
-13238
-18692
-24146
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

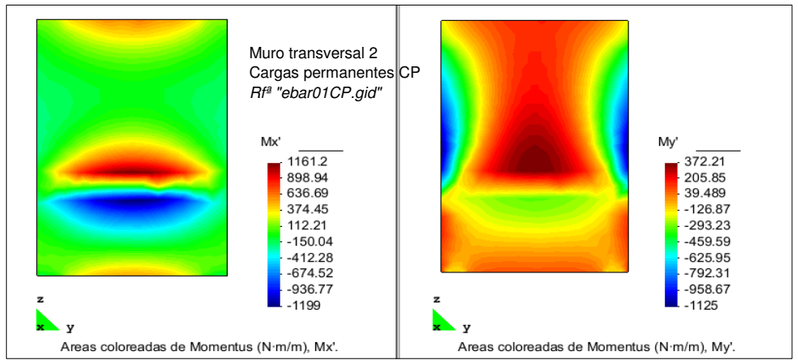

Muro transversal 1
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Qx'
21010
17159
13308
9456.3
5605.1
1753.8
-2097.4
-5948.6
-9799.9
-13651
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
27265
21216
15166
9117
3067.7
-2981.6
-9030.9
-15080
-21129
-27179
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

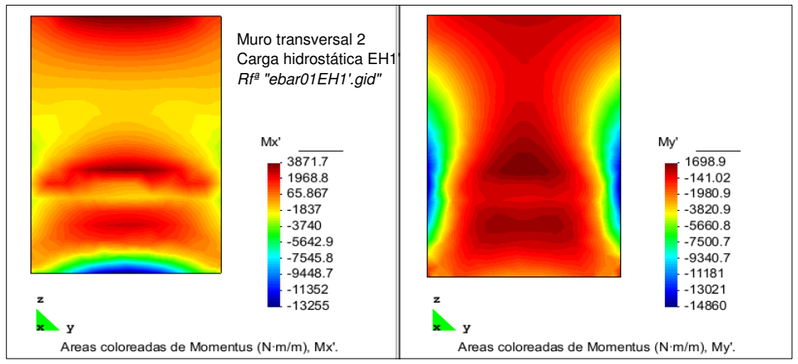

Muro transversal 1
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Qx'
2192.7
1812.8
1432.9
1053
673.09
293.18
-86.731
-466.64
-846.55
-1226.5
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
3209.7
2498.7
1787.8
1076.8
365.88
-345.08
-1056
-1767
-2477.9
-3188.9
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

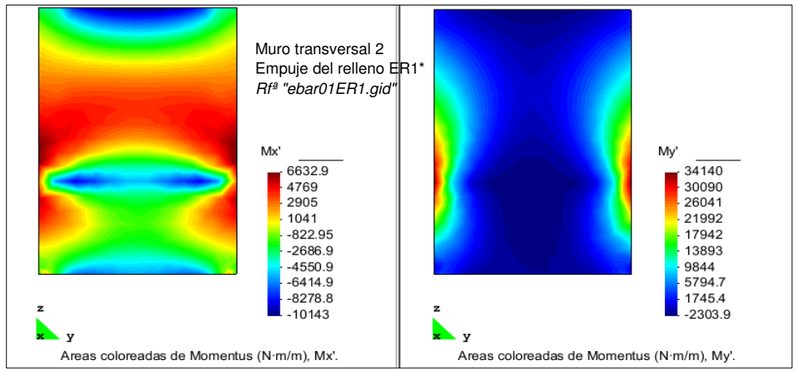

Muro transversal 1
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar01ER2.gid"
Qx'
27771
20552
13334
6115.5
-1102.9
-8321.3
-15540
-22758
-29977
-37195
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
36653
28512
20371
12230
4088.8
-4052.2
-12193
-20334
-28475
-36617
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

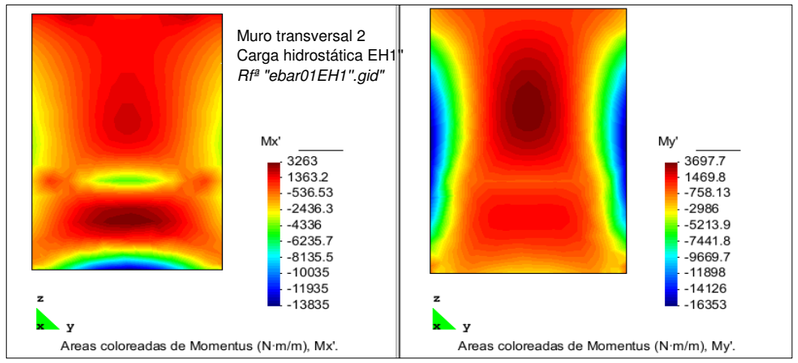

Muro transversal 1
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Qx'
574.77
491.81
408.85
325.89
242.93
159.97
77.011
-5.9487
-88.908
-171.87
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
559.29
434.42
309.55
184.67
59.801
-65.072
-189.94
-314.82
-439.69
-564.56
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

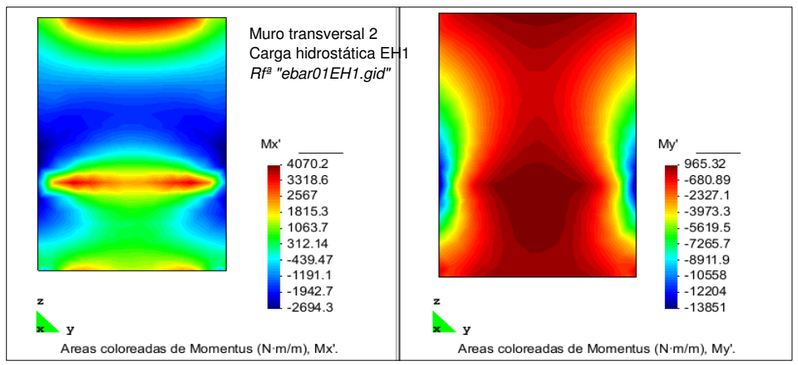
- MURO TRANSVERSAL 2

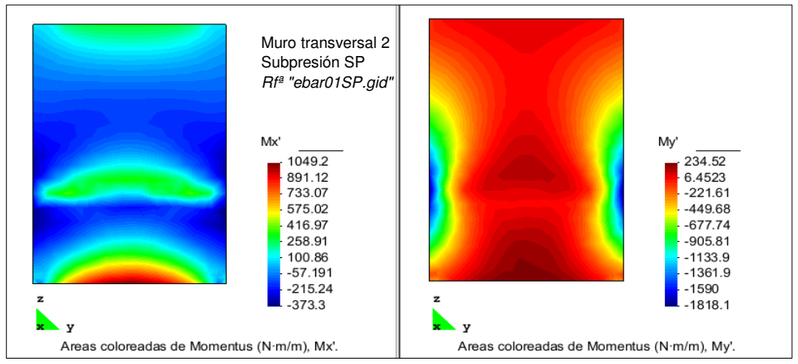


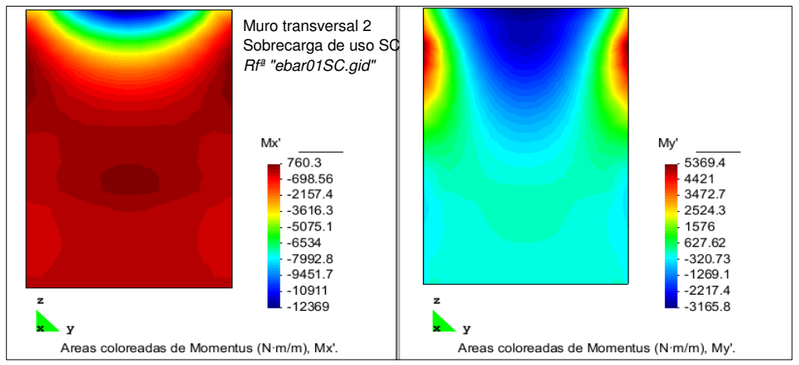


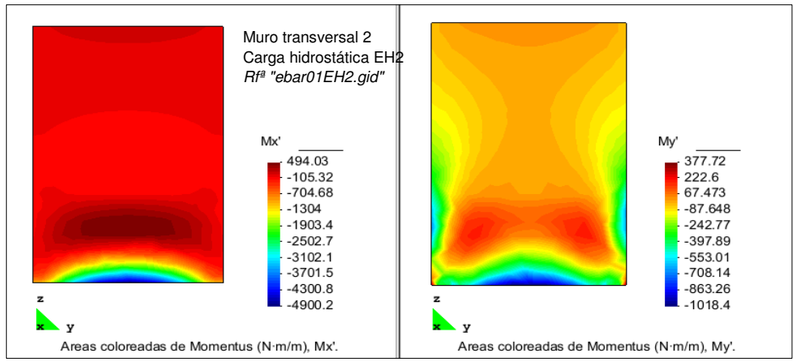


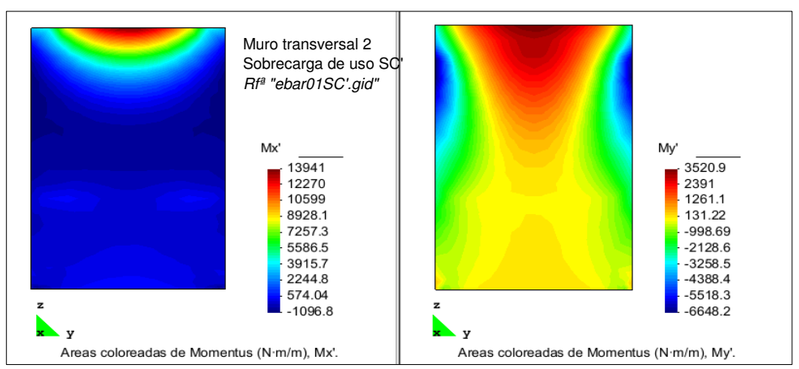


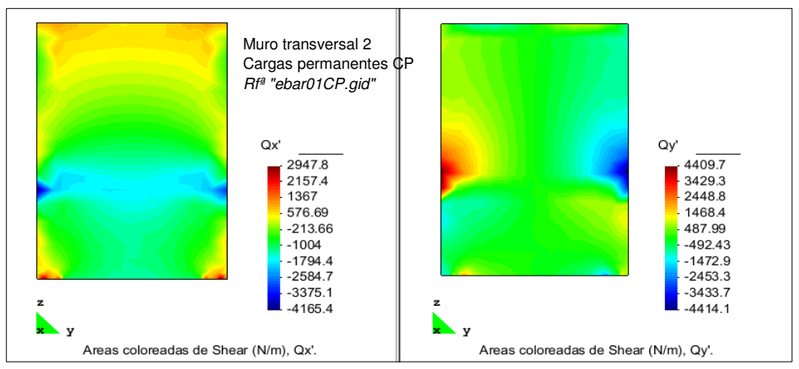


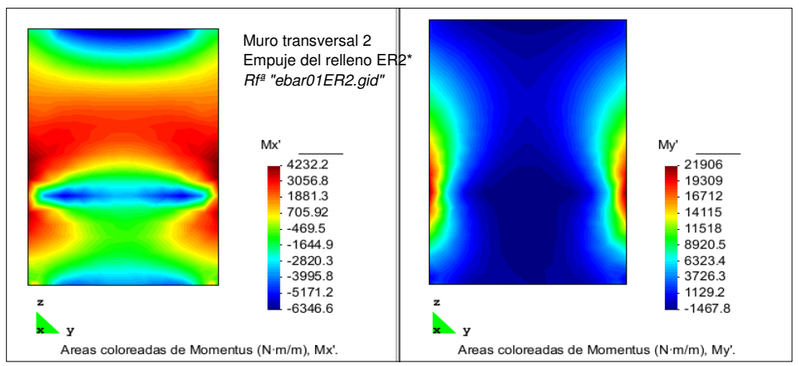


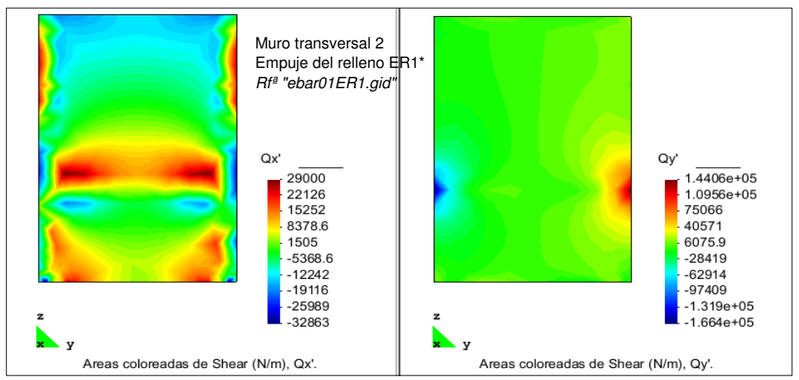

Muro transversal 2
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Mx'
760.3
-698.56
-2157.4
-3616.3
-5075.1
-6534
-7992.8
-9451.7
-10911
-12369
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
5369.4
4421
3472.7
2524.3
1576
627.62
-320.73
-1269.1
-2217.4
-3165.8
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

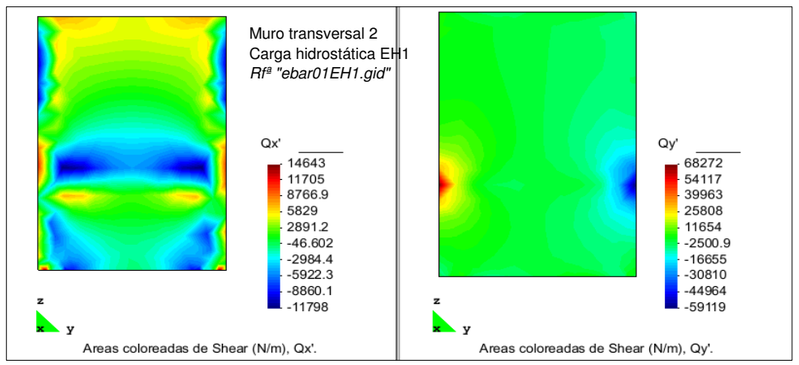

Muro transversal 2
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Mx'
494.03
-105.32
-704.68
-1304
-1903.4
-2502.7
-3102.1
-3701.5
-4300.8
-4900.2
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
377.72
222.6
67.473
-87.648
-242.77
-397.89
-553.01
-708.14
-863.26
-1018.4
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

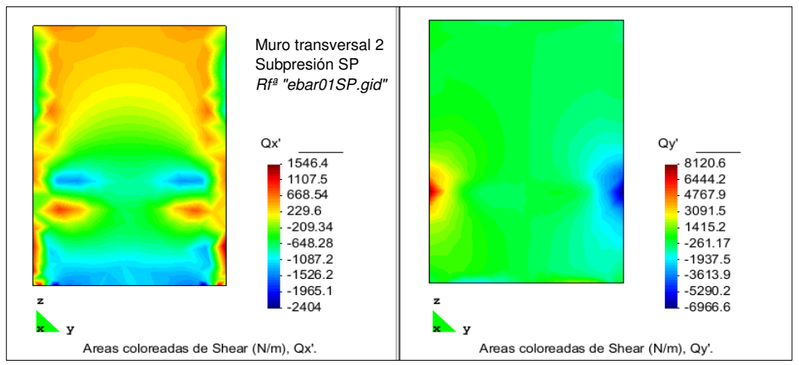

Muro transversal 2
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Mx'
13941
12270
10599
8928.1
7257.3
5586.5
3915.7
2244.8
574.04
-1096.8
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
3520.9
2391
1261.1
131.22
-998.69
-2128.6
-3258.5
-4388.4
-5518.3
-6648.2
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

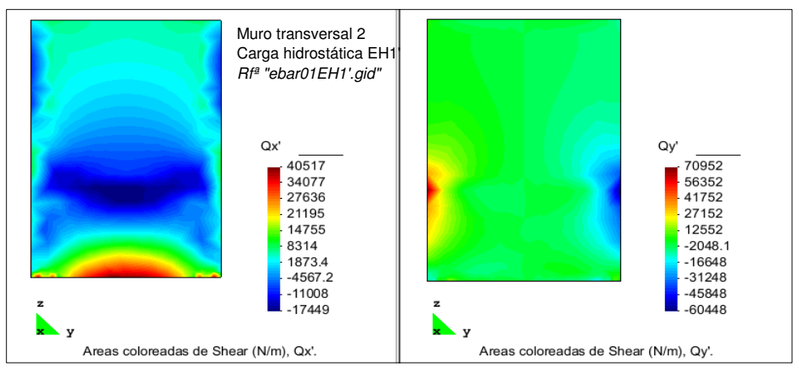

Muro transversal 2
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar01CP.gid"
Qx'
2947.8
2157.4
1367
576.69
-213.66
-1004
-1794.4
-2584.7
-3375.1
-4165.4
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
4409.7
3429.3
2448.8
1468.4
487.99
-492.43
-1472.9
-2453.3
-3433.7
-4414.1
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

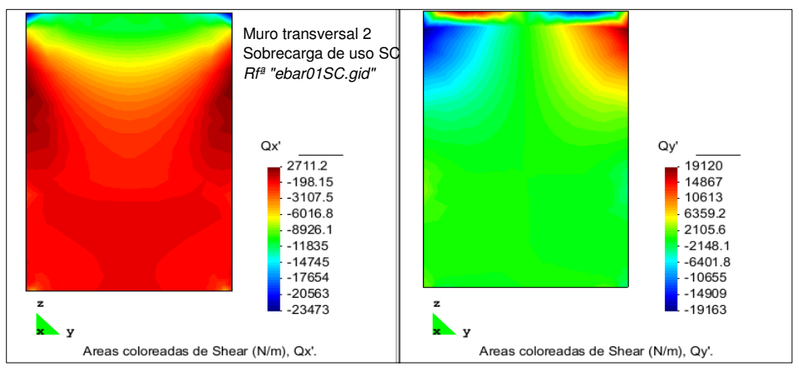

Muro transversal 2
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar01ER2.gid"
Mx'
4232.2
3056.8
1881.3
705.92
-469.5
-1644.9
-2820.3
-3995.8
-5171.2
-6346.6
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
21906
19309
16712
14115
11518
8920.5
6323.4
3726.3
1129.2
-1467.8
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

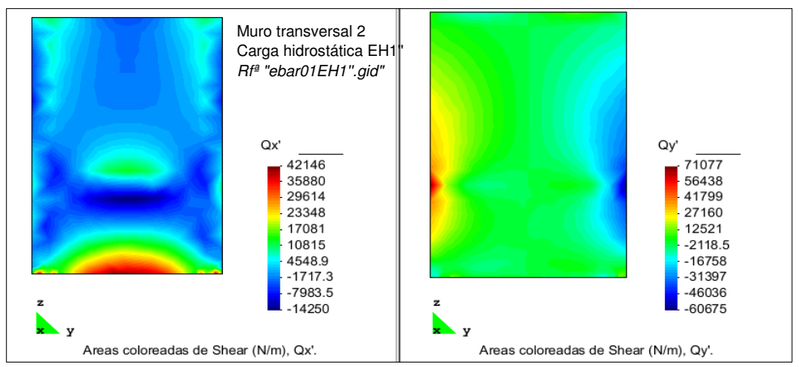

Muro transversal 2
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Qx'
29000
22126
15252
8378.6
1505
-5368.6
-12242
-19116
-25989
-32863
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
1.4406e+05
1.0956e+05
75066
40571
6075.9
-28419
-62914
-97409
-1.319e+05
-1.664e+05
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

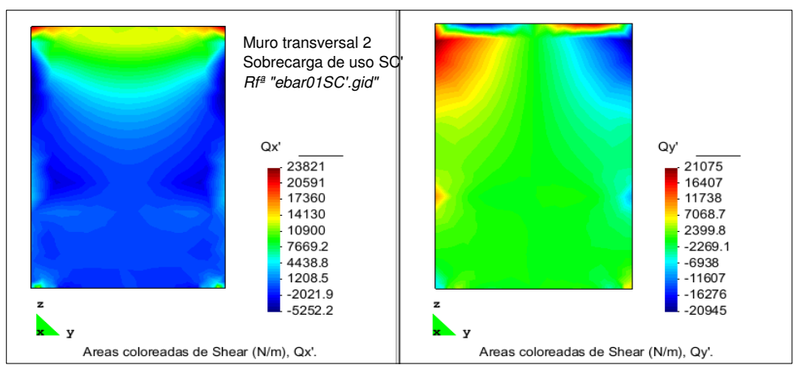

Muro transversal 2
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Qx'
14643
11705
8766.9
5829
2891.2
-46.602
-2984.4
-5922.3
-8860.1
-11798
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
68272
54117
39963
25808
11654
-2500.9
-16655
-30810
-44964
-59119
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

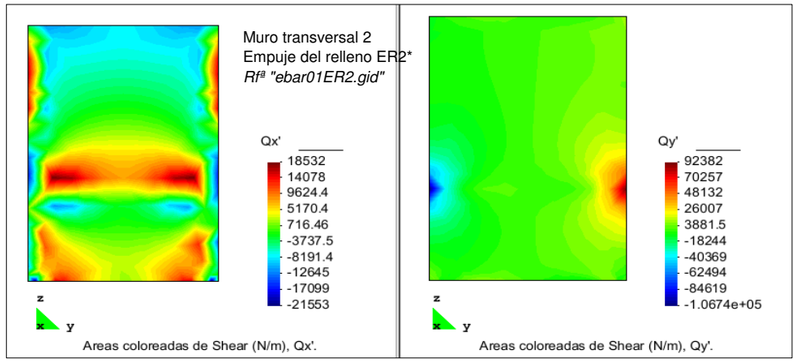

Muro transversal 2
Subpresión SP
Rfª "ebar01SP.gid"
Qx'
1546.4
1107.5
668.54
229.6
-209.34
-648.28
-1087.2
-1526.2
-1965.1
-2404
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
8120.6
6444.2
4767.9
3091.5
1415.2
-261.17
-1937.5
-3613.9
-5290.2
-6966.6
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

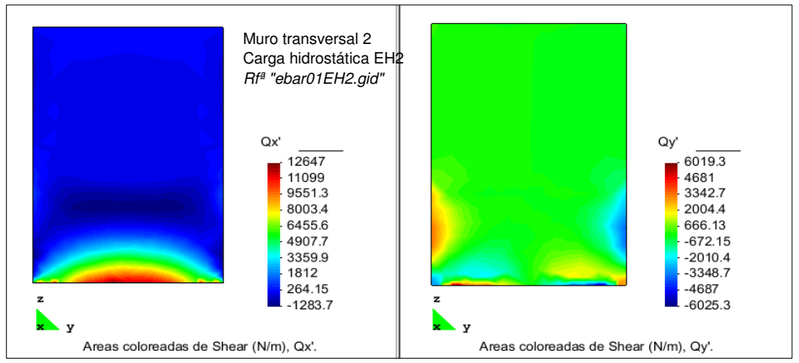

Muro transversal 2
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Qx'
40517
34077
27636
21195
14755
8314
1873.4
-4567.2
-11008
-17449
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
70952
56352
41752
27152
12552
-2048.1
-16648
-31248
-45848
-60448
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.


Muro transversal 2
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Qx'
2711.2
-198.15
-3107.5
-6016.8
-8926.1
-11835
-14745
-17654
-20563
-23473
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
19120
14867
10613
6359.2
2105.6
-2148.1
-6401.8
-10655
-14909
-19163
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

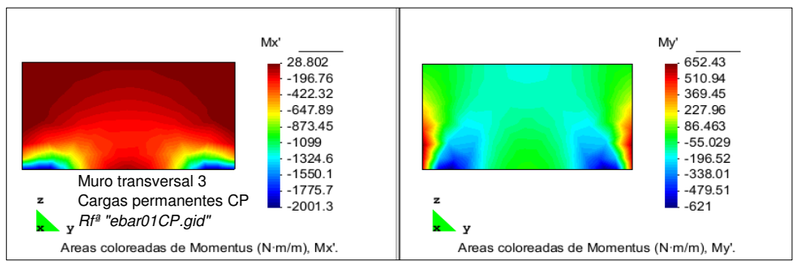

Muro transversal 2
Carga hidrostática EH1"
Rfª "ebar01EH1".gid"
Qx'
42146
35880
29614
23348
17081
10815
4548.9
-1717.3
-7983.5
-14250
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
71077
56438
41799
27160
12521
-2118.5
-16758
-31397
-46036
-60675
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

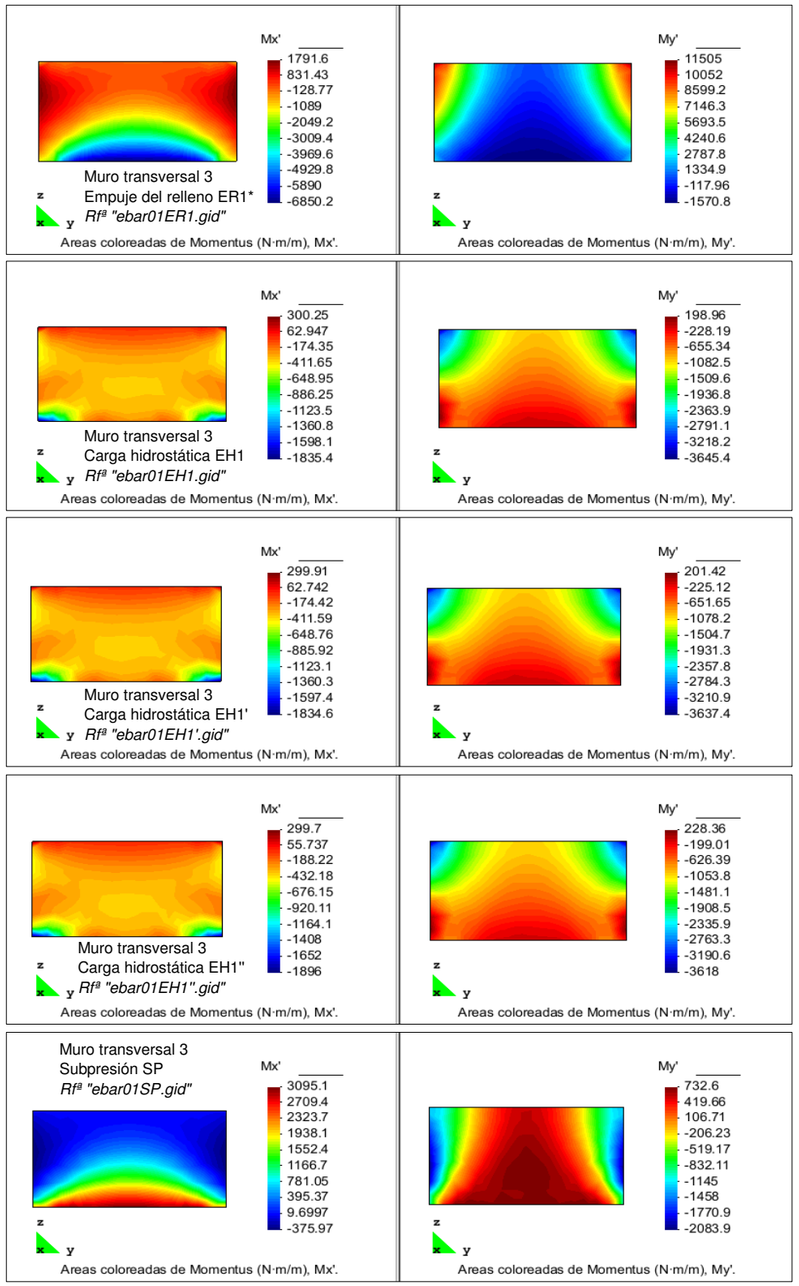

Muro transversal 2
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Qx'
23821
20591
17360
14130
10900
7669.2
4438.8
1208.5
-2021.9
-5252.2
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
21075
16407
11738
7068.7
2399.8
-2269.1
-6938
-11607
-16276
-20945
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

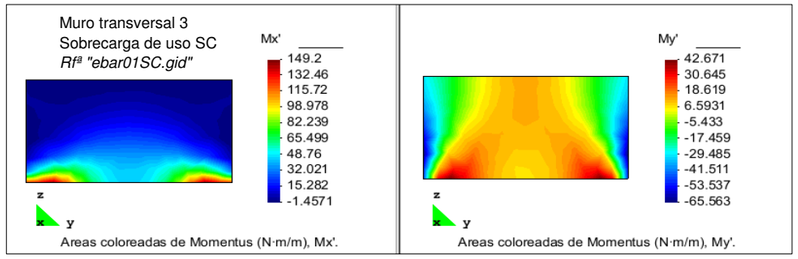




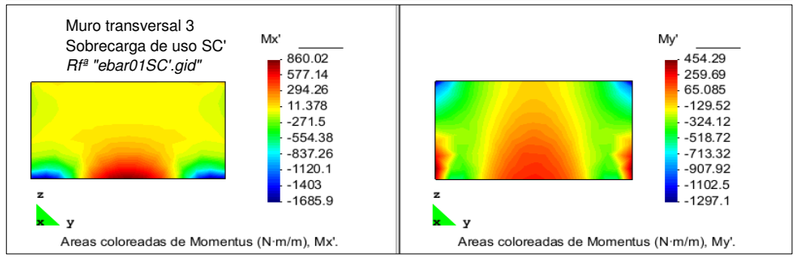
- MURO TRANSVERSAL 3



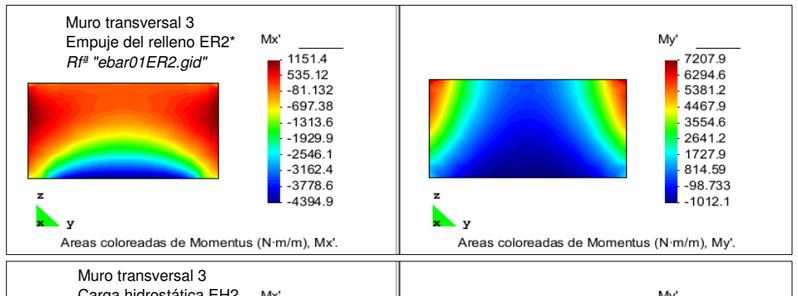



Muro transversal 3
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Mx'
149.2
132.46
115.72
98.978
82.239
65.499
48.76
32.021
15.282
-1.4571
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.

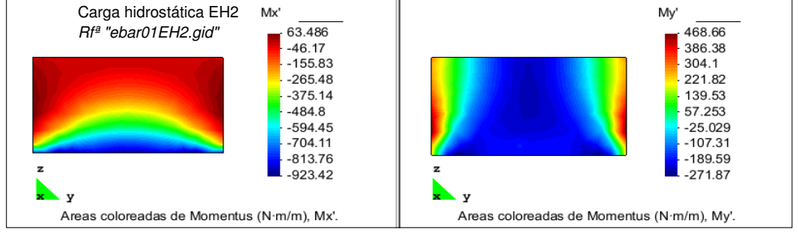
My'
42.671
30.645
18.619
6.5931
-5.433
-17.459
-29.485
-41.511
-53.537
-65.563
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.


Muro transversal 3
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Mx'
860.02
577.14
294.26
11.378
-271.5
-554.38
-837.26
-1120.1
-1403
-1685.9
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.

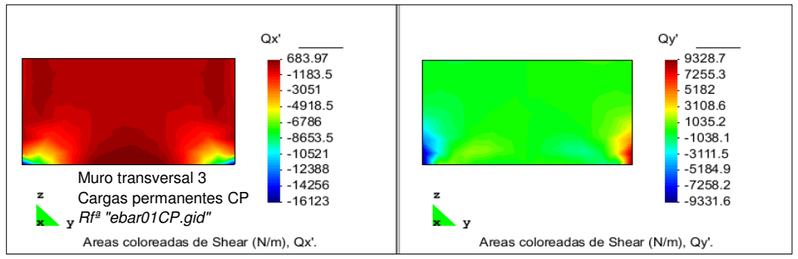
My'
454.29
259.69
65.085
-129.52
-324.12
-518.72
-713.32
-907.92
-1102.5
-1297.1
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.


Muro transversal 3
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar01ER2.gid"
Mx'
1151.4
535.12
-81.132
-697.38
-1313.6
-1929.9
-2546.1
-3162.4
-3778.6
-4394.9
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.

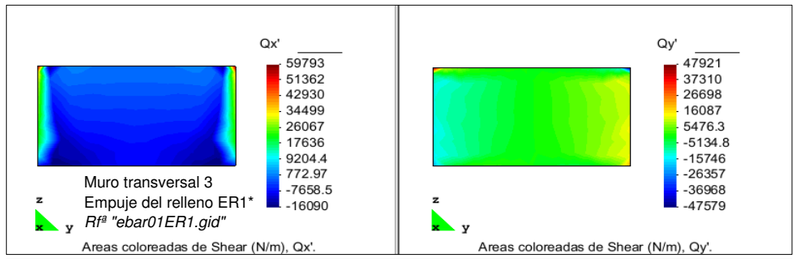
My'
7207.9
6294.6
5381.2
4467.9
3554.6
2641.2
1727.9
814.59
-98.733
-1012.1
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.


Muro transversal 3
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Mx'
63.486
-46.17
-155.83
-265.48
-375.14
-484.8
-594.45
-704.11
-813.76
-923.42
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.

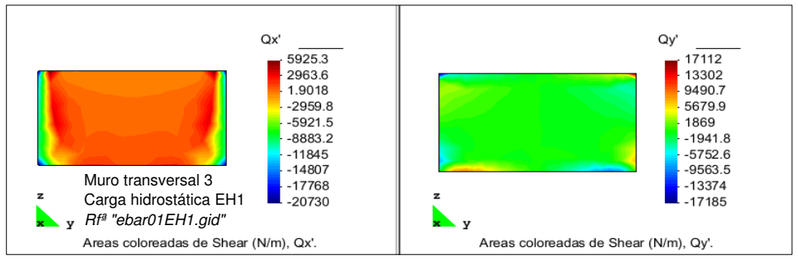
My'
468.66
386.38
304.1
221.82
139.53
57.253
-25.029
-107.31
-189.59
-271.87
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.


Muro transversal 3
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar01CP.gid"
Qx'
683.97
-1183.5
-3051
-4918.5
-6786
-8653.5
-10521
-12388
-14256
-16123
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.

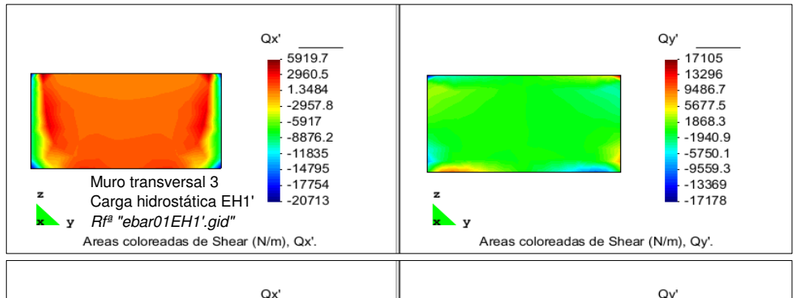
Qy'
9328.7
7255.3
5182
3108.6
1035.2
-1038.1
-3111.5
-5184.9
-7258.2
-9331.6
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.


Muro transversal 3
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Qx'
59793
51362
42930
34499
26067
17636
9204.4
772.97
-7658.5
-16090
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.

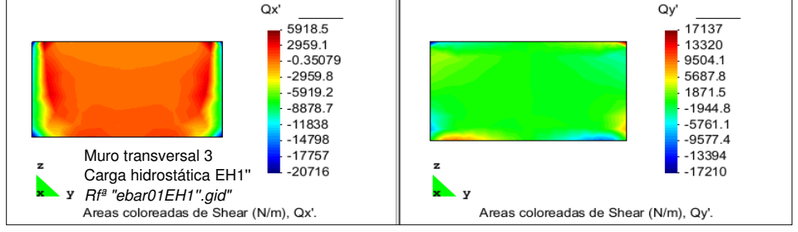
Qy'
47921
37310
26698
16087
5476.3
-5134.8
-15746
-26357
-36968
-47579
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.


Muro transversal 3
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Qx'
5925.3
2963.6
1.9018
-2959.8
-5921.5
-8883.2
-11845
-14807
-17768
-20730
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.

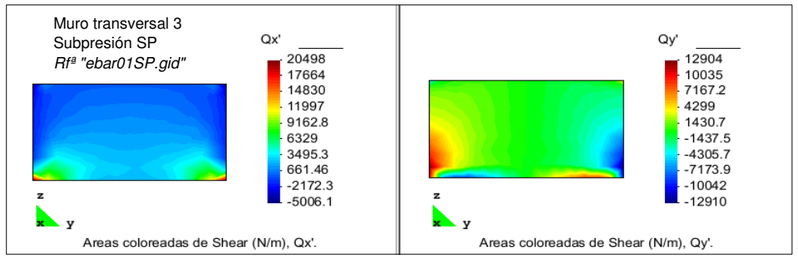
Qy'
17112
13302
9490.7
5679.9
1869
-1941.8
-5752.6
-9563.5
-13374
-17185
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.


Muro transversal 3
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Qx'
5919.7
2960.5
1.3484
-2957.8
-5917
-8876.2
-11835
-14795
-17754
-20713
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.

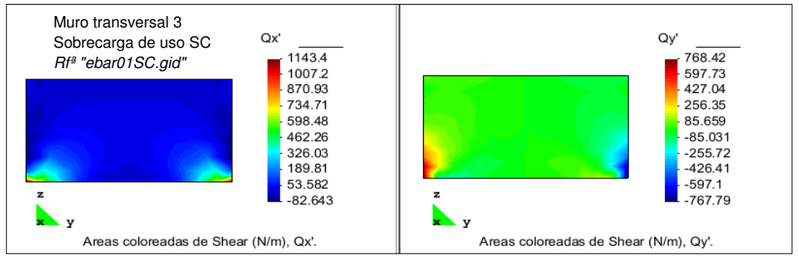
Qy'
17105
13296
9486.7
5677.5
1868.3
-1940.9
-5750.1
-9559.3
-13369
-17178
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

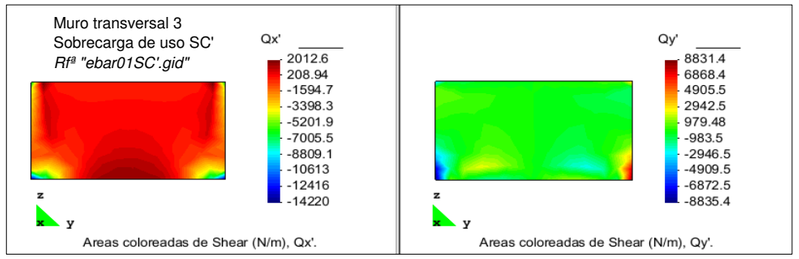

Muro transversal 3
Carga hidrostática EH1"
Rfª "ebar01EH1".gid"
Qx'
5918.5
2959.1
-0.35079
-2959.8
-5919.2
-8878.7
-11838
-14798
-17757
-20716
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.

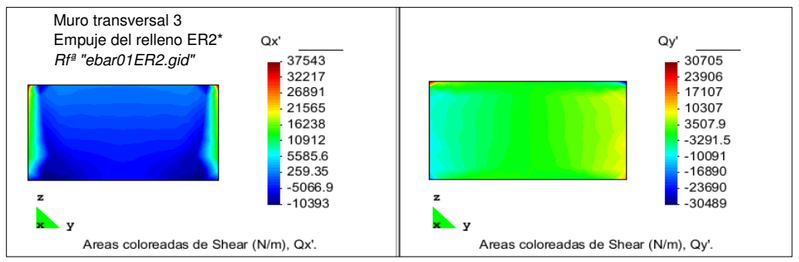
Qy'
17137
13320
9504.1
5687.8
1871.5
-1944.8
-5761.1
-9577.4
-13394
-17210
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

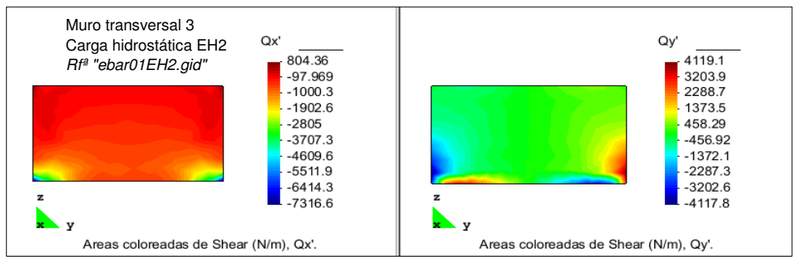

Muro transversal 3
Subpresión SP
Rfª "ebar01SP.gid"
Qx'
20498
17664
14830
11997
9162.8
6329
3495.3
661.46
-2172.3
-5006.1
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.

Qy'
12904
10035
7167.2
4299
1430.7
-1437.5
-4305.7
-7173.9
-10042
-12910
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

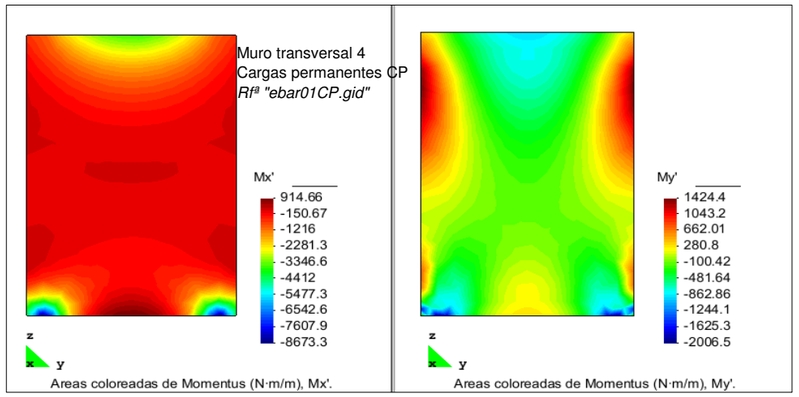


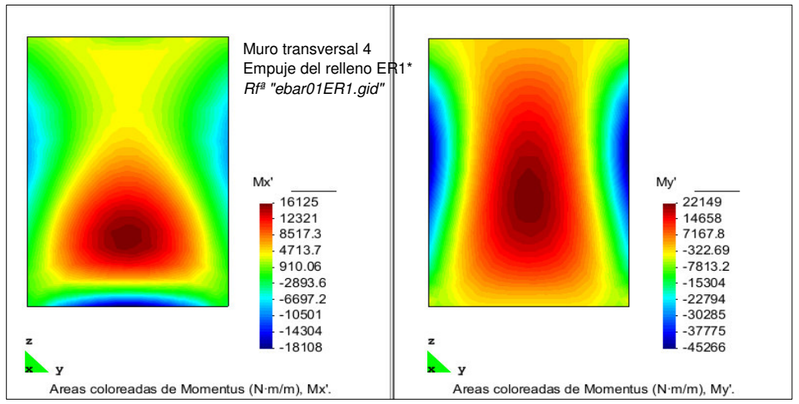


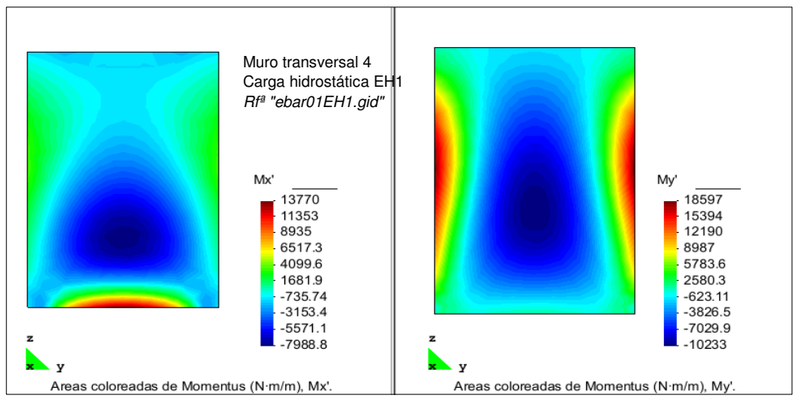


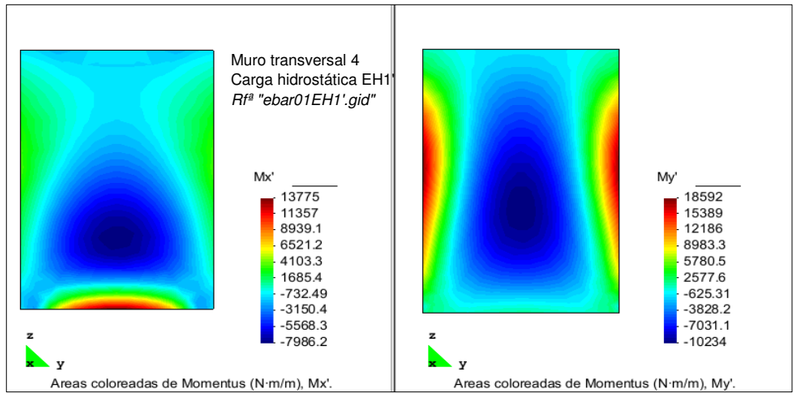


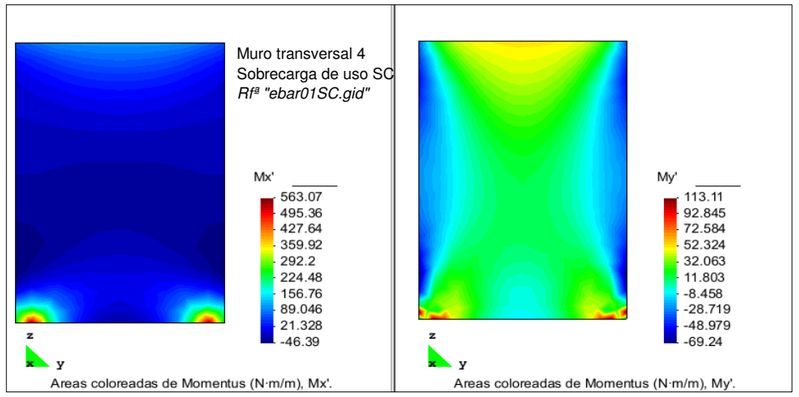
- MURO TRANSVERSAL 4

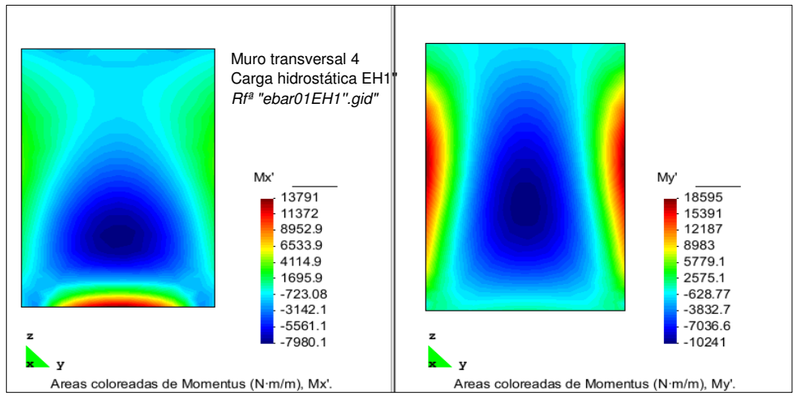


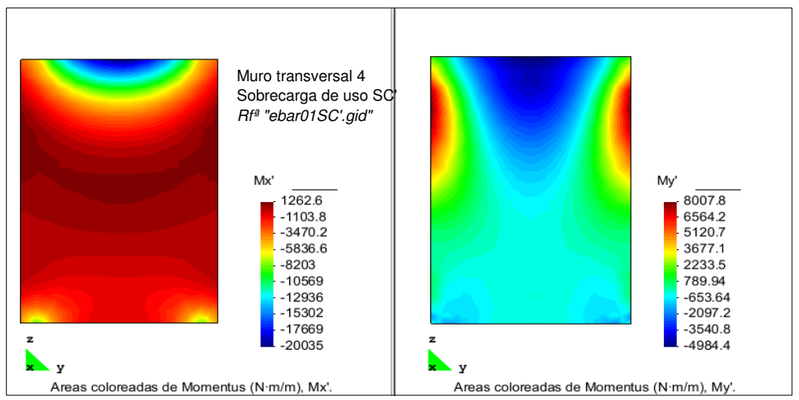


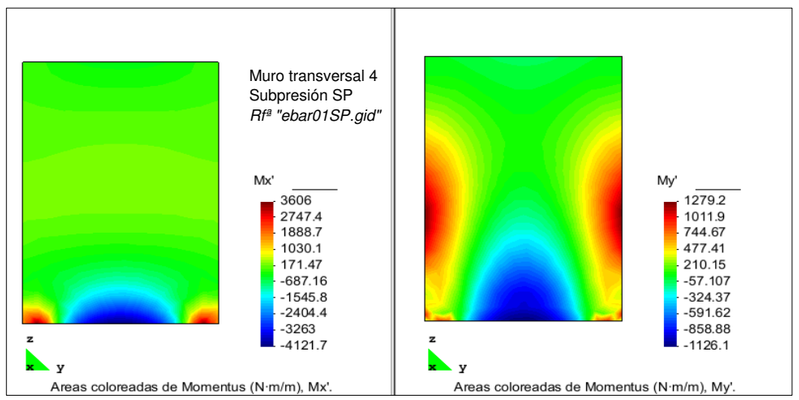


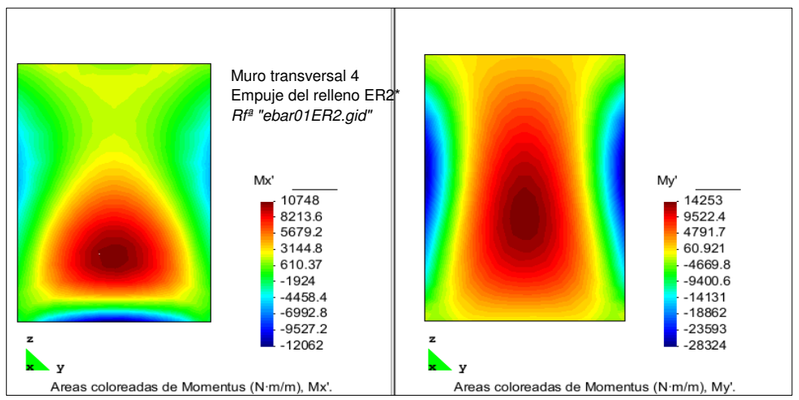

Muro transversal 4
Carga hidrostática EH1'
Rf³ "ebar01EH1'.gid"
Mx'
13775
11357
8939.1
6521.2
4103.3
1685.4
-732.49
-3150.4
-5568.3
-7986.2
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
18592
15389
12186
8983.3
5780.5
2577.6
-625.31
-3828.2
-7031.1
-10234
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

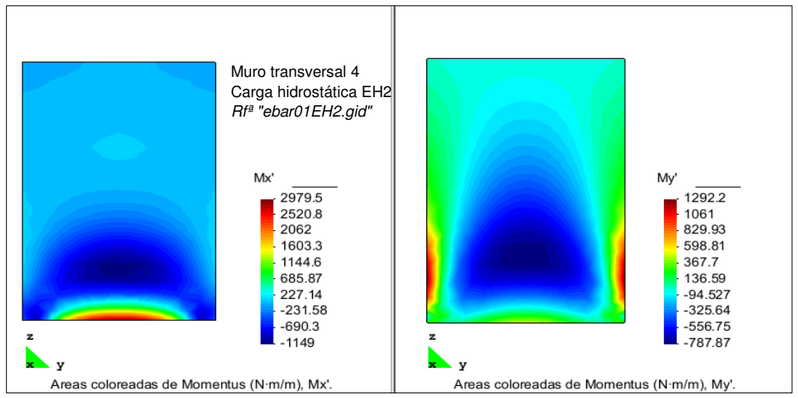

Muro transversal 4
Sobrecarga de uso SC
Rf³ "ebar01SC.gid"
Mx'
563.07
495.36
427.64
359.92
292.2
224.48
156.76
89.046
21.328
-46.39
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
113.11
92.845
72.584
52.324
32.063
11.803
-8.458
-28.719
-48.979
-69.24
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

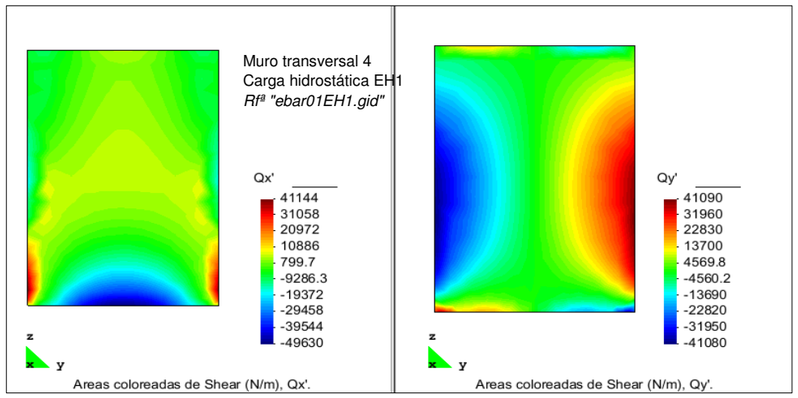

Muro transversal 4
Carga hidrostática EH1"
Rf³ "ebar01EH1".gid"
Mx'
13791
11372
8952.9
6533.9
4114.9
1695.9
-723.08
-3142.1
-5561.1
-7980.1
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
18595
15391
12187
8983
5779.1
2575.1
-628.77
-3832.7
-7036.6
-10241
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

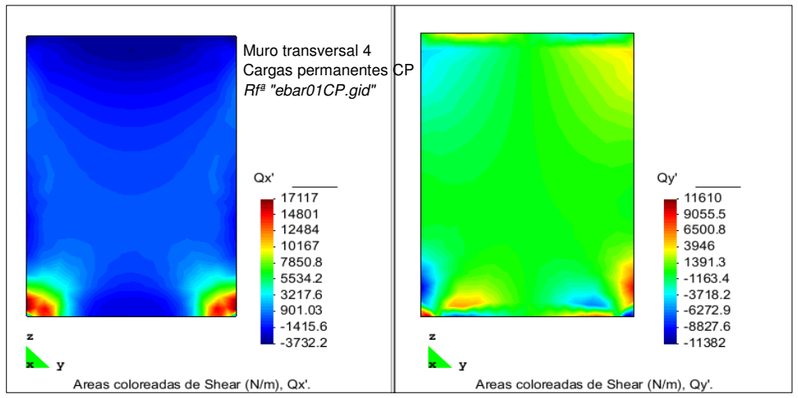

Muro transversal 4
Sobrecarga de uso SC'
Rf³ "ebar01SC'.gid"
Mx'
1262.6
-1103.8
-3470.2
-5836.6
-8203
-10569
-12936
-15302
-17669
-20035
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
8007.8
6564.2
5120.7
3677.1
2233.5
789.94
-653.64
-2097.2
-3540.8
-4984.4
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

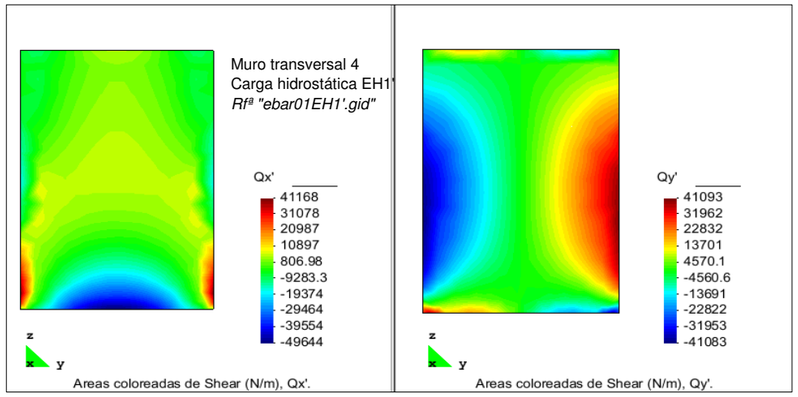

Muro transversal 4
Subpresión SP
Rf³ "ebar01SP.gid"
Mx'
3606
2747.4
1888.7
1030.1
171.47
-687.16
-1545.8
-2404.4
-3263
-4121.7
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
1279.2
1011.9
744.67
477.41
210.15
-57.107
-324.37
-591.62
-858.88
-1126.1
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

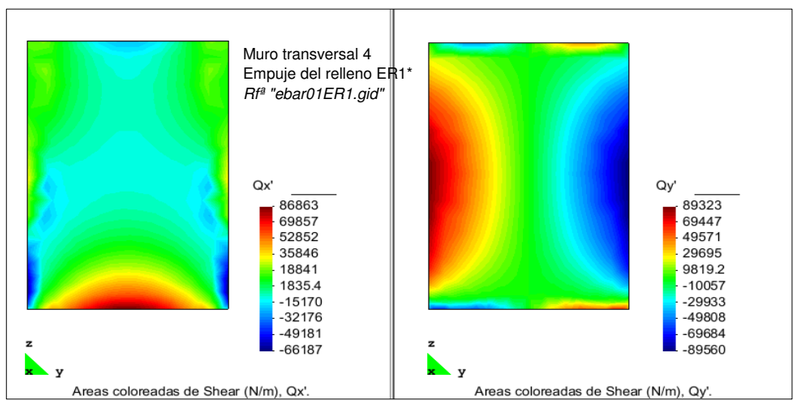

Muro transversal 4
Empuje del relleno ER2*
Rf³ "ebar01ER2.gid"
Mx'
10748
8213.6
5679.2
3144.8
610.37
-1924
-4458.4
-6992.8
-9527.2
-12062
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
14253
9522.4
4791.7
60.921
-4669.8
-9400.6
-14131
-18862
-23593
-28324
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

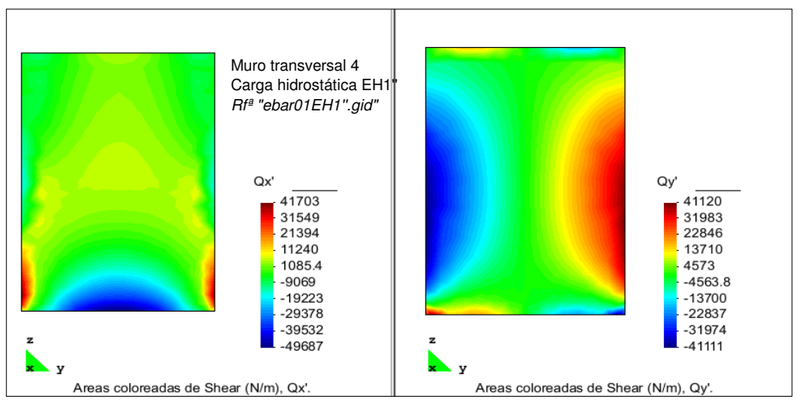

Muro transversal 4
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Mx'
2979.5
2520.8
2062
1603.3
1144.6
685.87
227.14
-231.58
-690.3
-1149
z
y
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
1292.2
1061
829.93
598.81
367.7
136.59
-94.527
-325.64
-556.75
-787.87
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

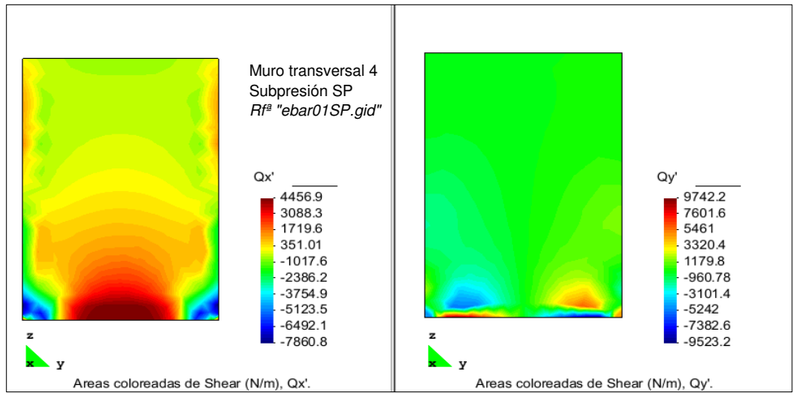

Muro transversal 4
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Qx'
41144
31058
20972
10886
799.7
-9286.3
-19372
-29458
-39544
-49630
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
41090
31960
22830
13700
4569.8
-4560.2
-13690
-22820
-31950
-41080
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

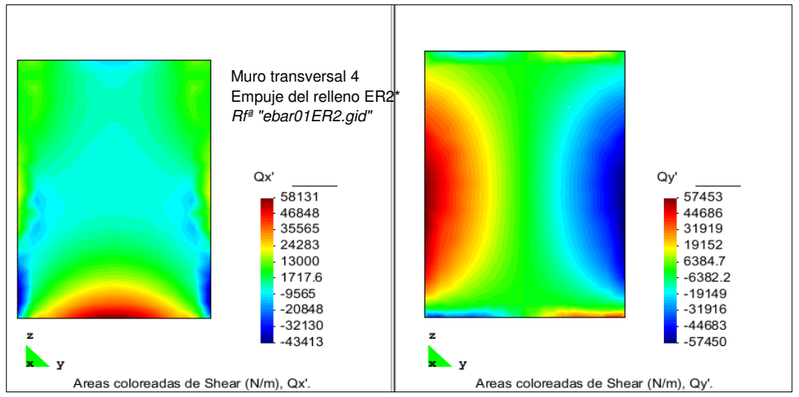

Muro transversal 4
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar01CP.gid"
Qx'
17117
14801
12484
10167
7850.8
5534.2
3217.6
901.03
-1415.6
-3732.2
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
11610
9055.5
6500.8
3946
1391.3
-1163.4
-3718.2
-6272.9
-8827.6
-11382
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

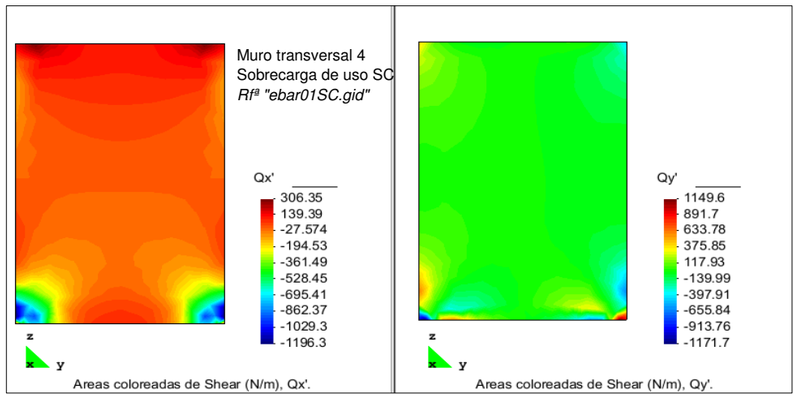

Muro transversal 4
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Qx'
41168
31078
20987
10897
806.98
-9283.3
-19374
-29464
-39554
-49644
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
41093
31962
22832
13701
4570.1
-4560.6
-13691
-22822
-31953
-41083
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

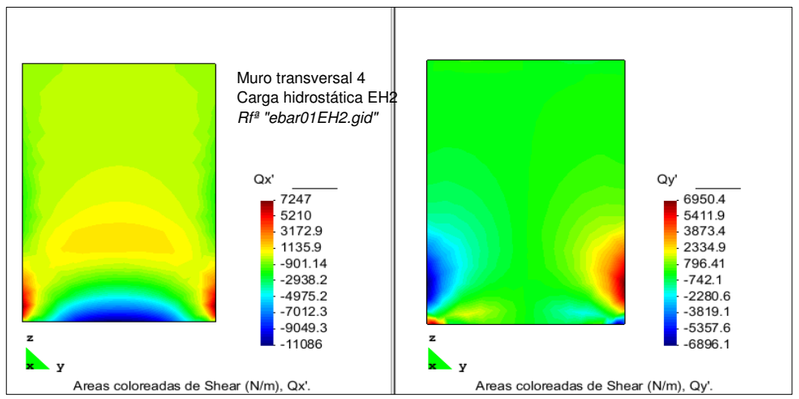

Muro transversal 4
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Qx'
86863
69857
52852
35846
18841
1835.4
-15170
-32176
-49181
-66187
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
89323
69447
49571
29695
9819.2
-10057
-29933
-49808
-69684
-89560
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

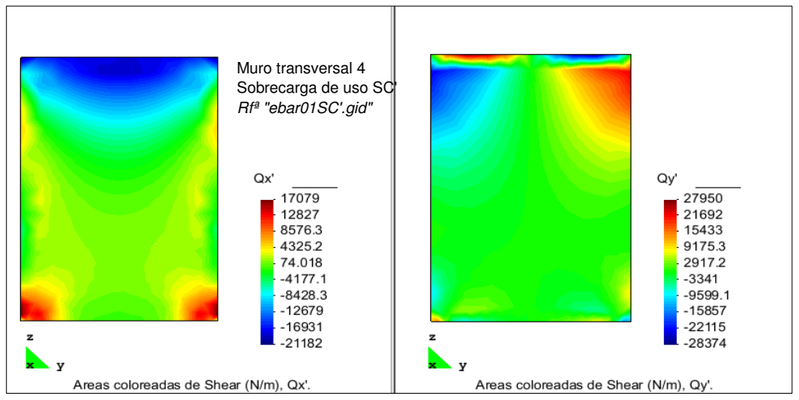

Muro transversal 4
Carga hidrostática EH1"
Rfª "ebar01EH1".gid"
Qx'
41703
31549
21394
11240
1085.4
-9069
-19223
-29378
-39532
-49687
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
41120
31983
22846
13710
4573
-4563.8
-13700
-22837
-31974
-41111
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.



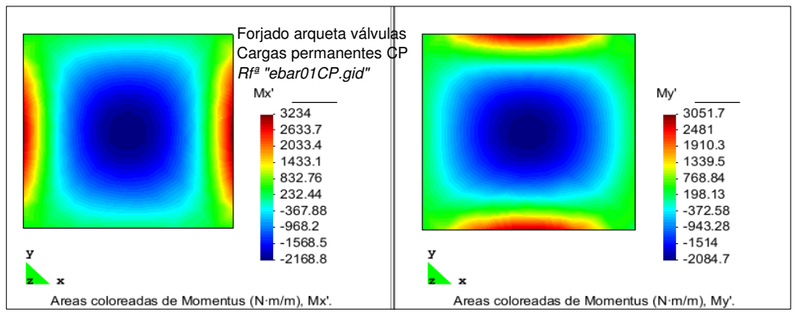


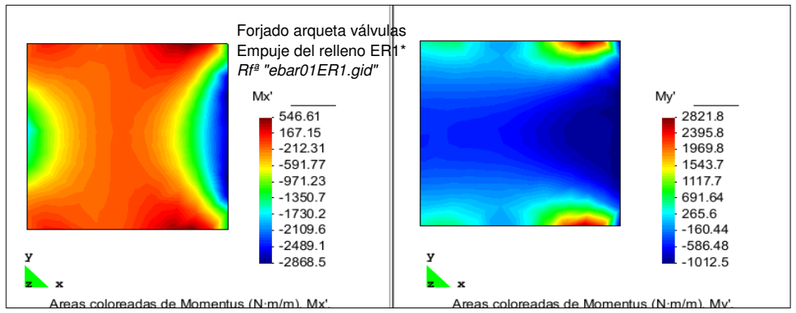


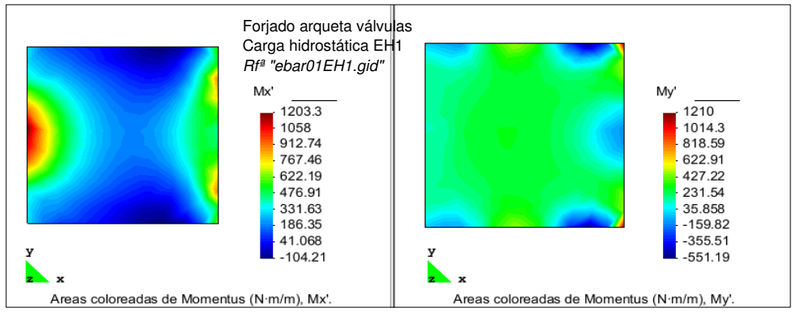


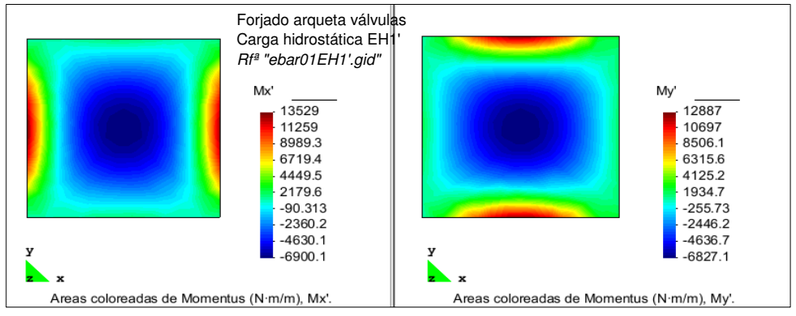


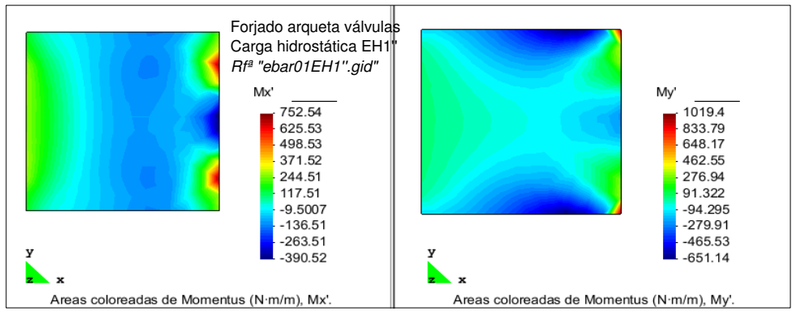
- FORJADO ARQUETA DE VÁLVULAS

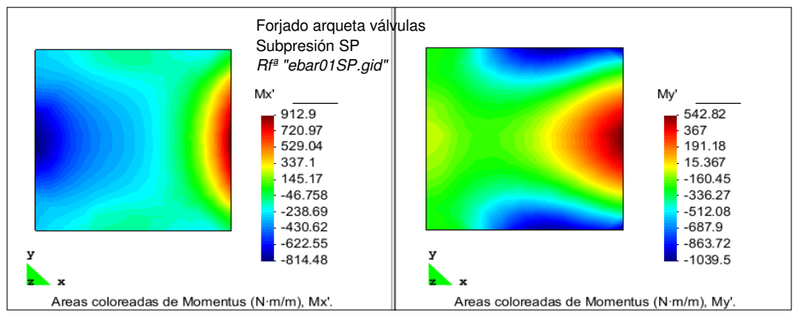


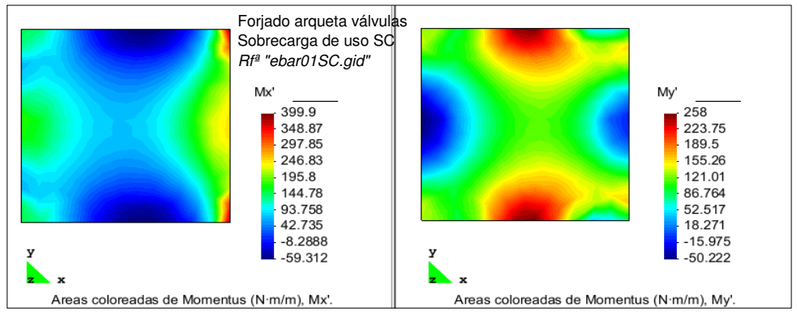

Forjado arqueta válvulas
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Mx'
546.61
167.15
-212.31
-591.77
-971.23
-1350.7
-1730.2
-2109.6
-2489.1
-2868.5
My'
2821.8
2395.8
1969.8
1543.7
1117.7
691.64
265.6
-160.44
-586.48
-1012.5
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

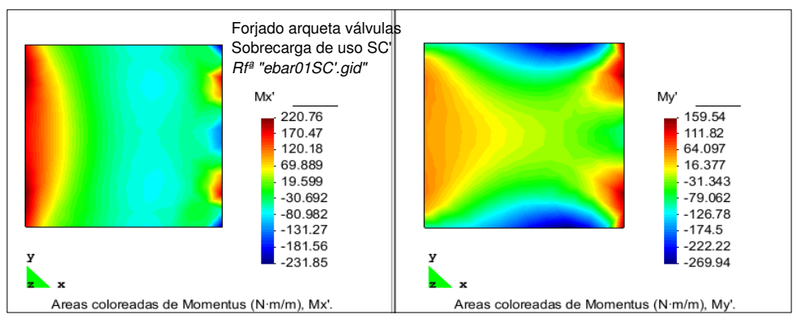

Forjado arqueta válvulas
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Mx'
1203.3
1058
912.74
767.46
622.19
476.91
331.63
186.35
41.068
-104.21
My'
1210
1014.3
818.59
622.91
427.22
231.54
35.858
-159.82
-355.51
-551.19
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

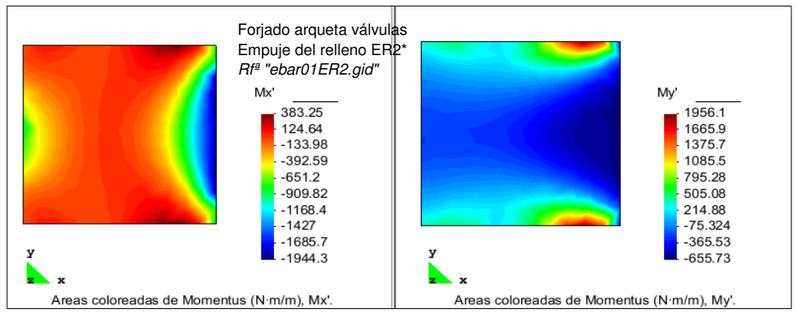

Forjado arqueta válvulas
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Mx'
13529
11259
8989.3
6719.4
4449.5
2179.6
-90.313
-2360.2
-4630.1
-6900.1
My'
12887
10697
8506.1
6315.6
4125.2
1934.7
-255.73
-2446.2
-4636.7
-6827.1
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

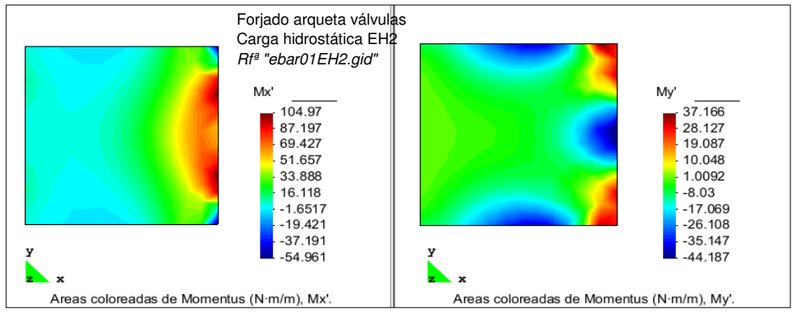

Forjado arqueta válvulas
Carga hidrostática EH1"
Rfª "ebar01EH1".gid"
Mx'
752.54
625.53
498.53
371.52
244.51
117.51
-9.5007
-136.51
-263.51
-390.52
My'
1019.4
833.79
648.17
462.55
276.94
91.322
-94.295
-279.91
-465.53
-651.14
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

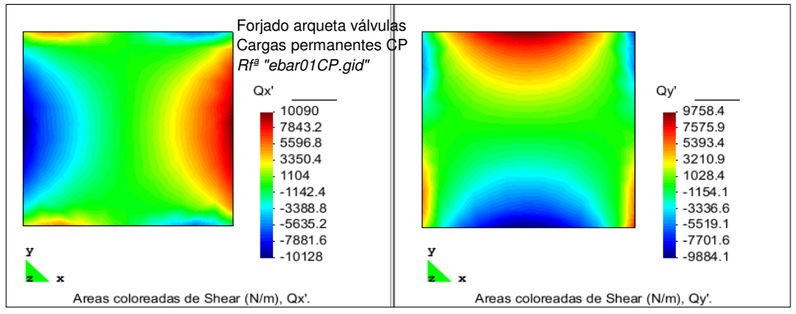

Forjado arqueta válvulas
Subpresión SP
Rfª "ebar01SP.gid"
Mx'
912.9
720.97
529.04
337.1
145.17
-46.758
-238.69
-430.62
-622.55
-814.48
My'
542.82
367
191.18
15.367
-160.45
-336.27
-512.08
-687.9
-863.72
-1039.5
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

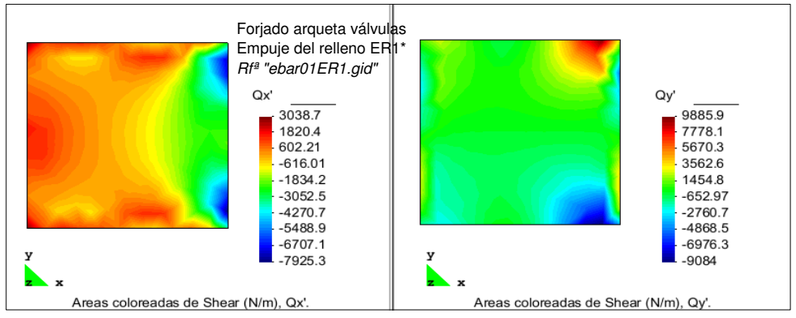

Forjado arqueta válvulas
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Mx'
399.9
348.87
297.85
246.83
195.8
144.78
93.758
42.735
-8.2888
-59.312
My'
258
223.75
189.5
155.26
121.01
86.764
52.517
18.271
-15.975
-50.222
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

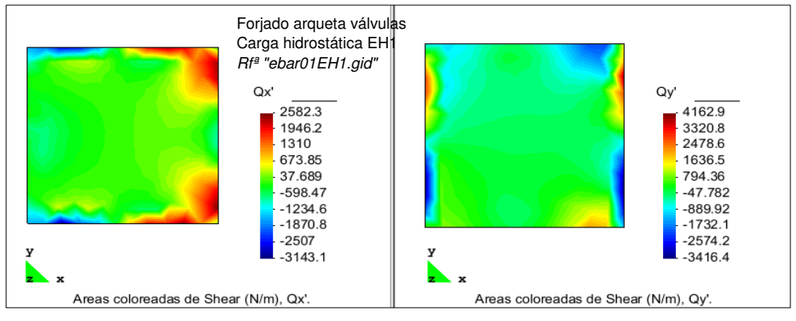

Forjado arqueta válvulas
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Mx'
220.76
170.47
120.18
69.889
19.599
-30.692
-80.982
-131.27
-181.56
-231.85
My'
159.54
111.82
64.097
16.377
-31.343
-79.062
-126.78
-174.5
-222.22
-269.94
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

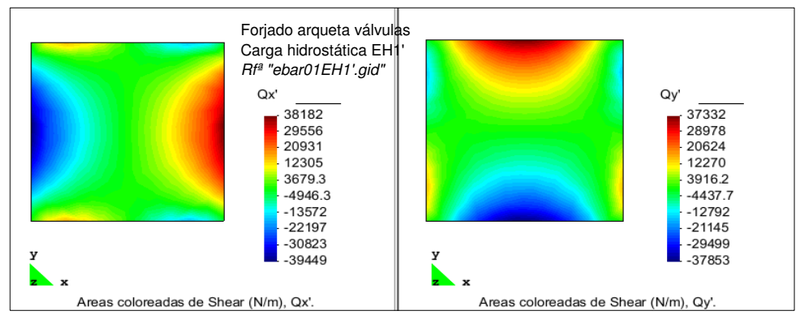

Forjado arqueta válvulas
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar01ER2.gid"
Mx'
383.25
124.64
-133.98
-392.59
-651.2
-909.82
-1168.4
-1427
-1685.7
-1944.3
My'
1956.1
1665.9
1375.7
1085.5
795.28
505.08
214.88
-75.324
-365.53
-655.73
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

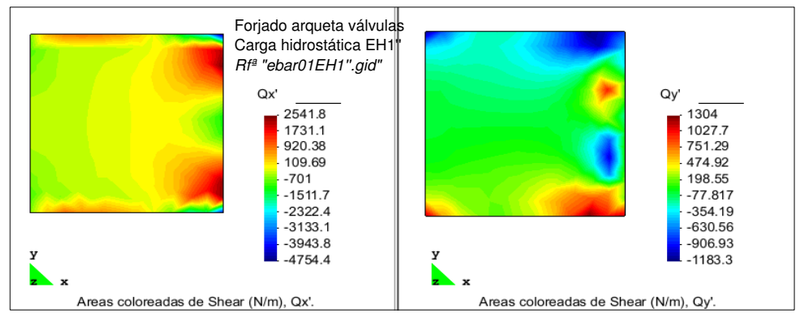

Forjado arqueta válvulas
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Mx'
104.97
87.197
69.427
51.657
33.888
16.118
-1.6517
-19.421
-37.191
-54.961
My'
37.166
28.127
19.087
10.048
1.0092
-8.03
-17.069
-26.108
-35.147
-44.187
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

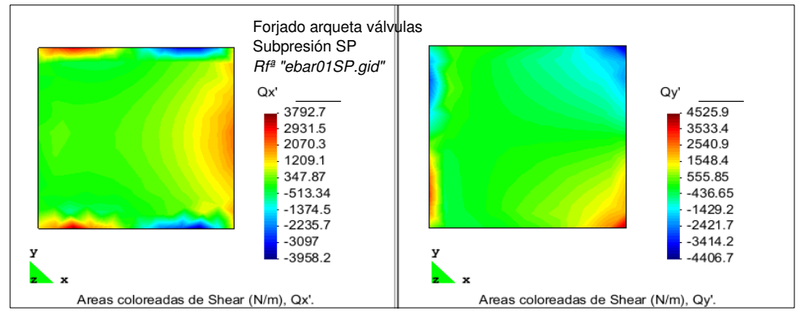

Forjado arqueta válvulas
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar01CP.gid"
Qx'
10090
7843.2
5596.8
3350.4
1104
-1142.4
-3388.8
-5635.2
-7881.6
-10128
Qy'
9758.4
7575.9
5393.4
3210.9
1028.4
-1154.1
-3336.6
-5519.1
-7701.6
-9884.1
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

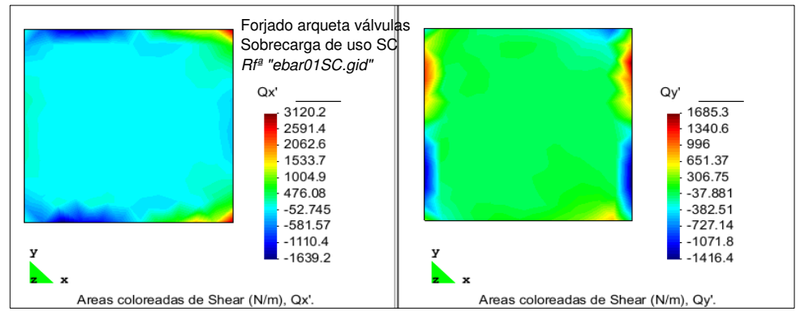

Forjado arqueta válvulas
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Qx'
3038.7
1820.4
602.21
-616.01
-1834.2
-3052.5
-4270.7
-5488.9
-6707.1
-7925.3
Qy'
9885.9
7778.1
5670.3
3562.6
1454.8
-652.97
-2760.7
-4868.5
-6976.3
-9084
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

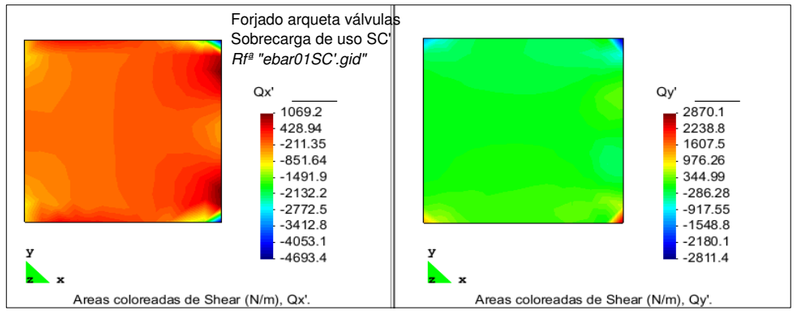

Forjado arqueta válvulas
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Qx'
2582.3
1946.2
1310
673.85
37.689
-598.47
-1234.6
-1870.8
-2507
-3143.1
Qy'
4162.9
3320.8
2478.6
1636.5
794.36
-47.782
-889.92
-1732.1
-2574.2
-3416.4
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

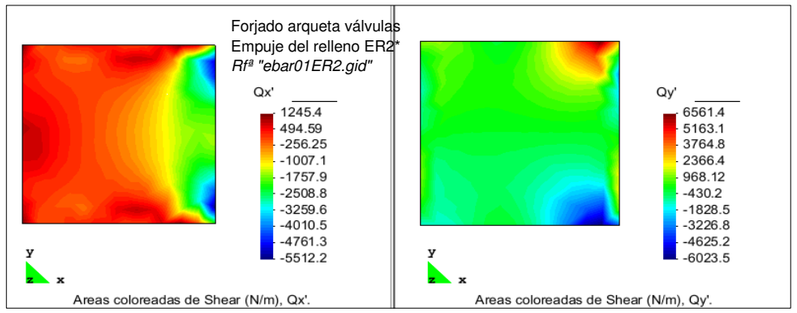

Forjado arqueta válvulas
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Qx'
38182
29556
20931
12305
3679.3
-4946.3
-13572
-22197
-30823
-39449
Qy'
37332
28978
20624
12270
3916.2
-4437.7
-12792
-21145
-29499
-37853
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

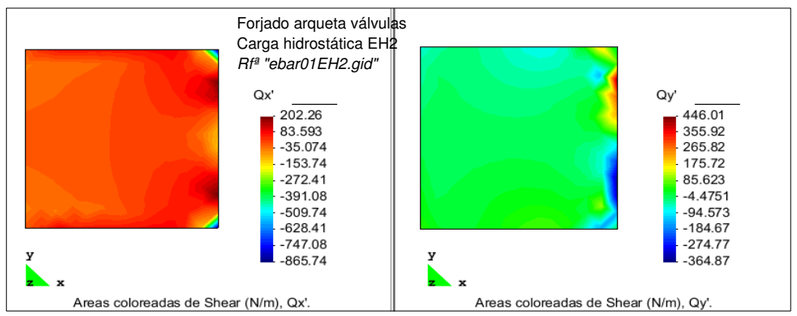

Forjado arqueta válvulas
Carga hidrostática EH1''
Rfª "ebar01EH1''.gid"
Qx'
2541.8
1731.1
920.38
109.69
-701
-1511.7
-2322.4
-3133.1
-3943.8
-4754.4
Qy'
1304
1027.7
751.29
474.92
198.55
-77.817
-354.19
-630.56
-906.93
-1183.3
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.


Forjado arqueta válvulas
Subpresión SP
Rfª "ebar01SP.gid"
Qx'
3792.7
2931.5
2070.3
1209.1
347.87
-513.34
-1374.5
-2235.7
-3097
-3958.2
Qy'
4525.9
3533.4
2540.9
1548.4
555.85
-436.65
-1429.2
-2421.7
-3414.2
-4406.7
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

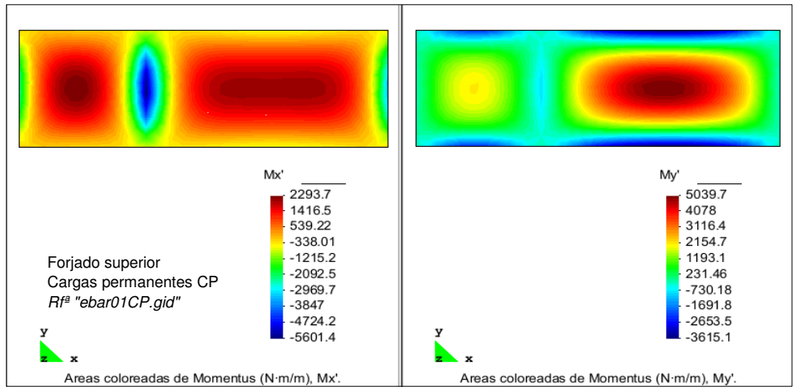

Forjado arqueta válvulas
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Qx'
3120.2
2591.4
2062.6
1533.7
1004.9
476.08
-52.745
-581.57
-1110.4
-1639.2
Qy'
1685.3
1340.6
996
651.37
306.75
-37.881
-382.51
-727.14
-1071.8
-1416.4
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

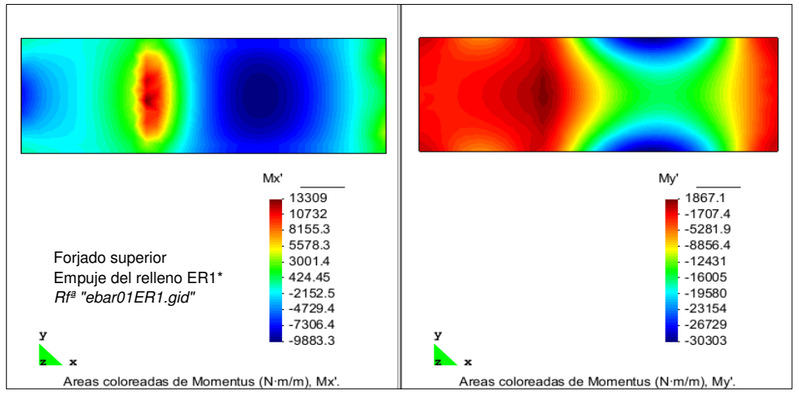


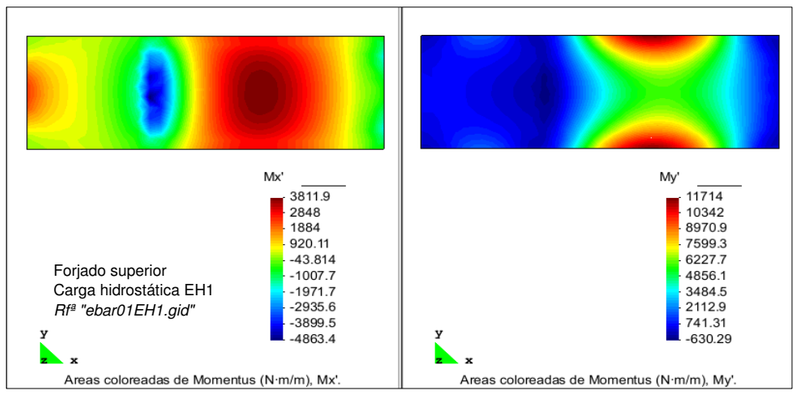


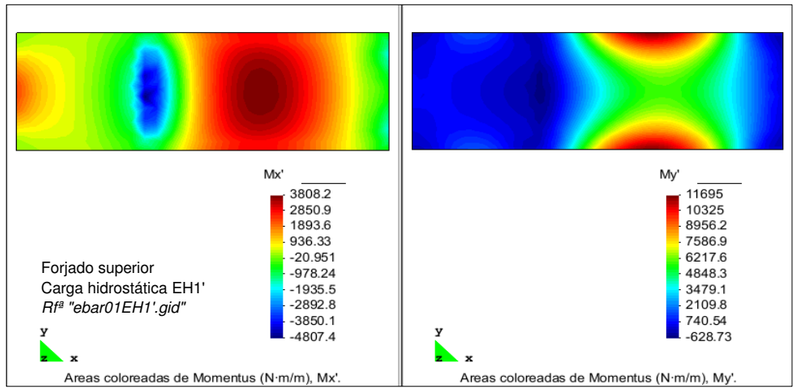


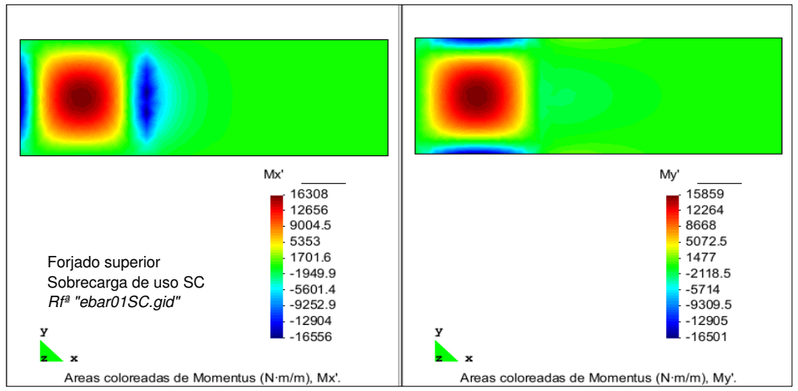
- FORJADO SUPERIOR

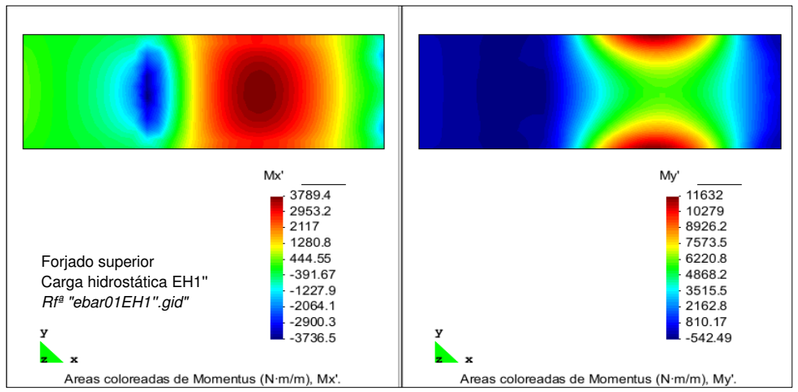


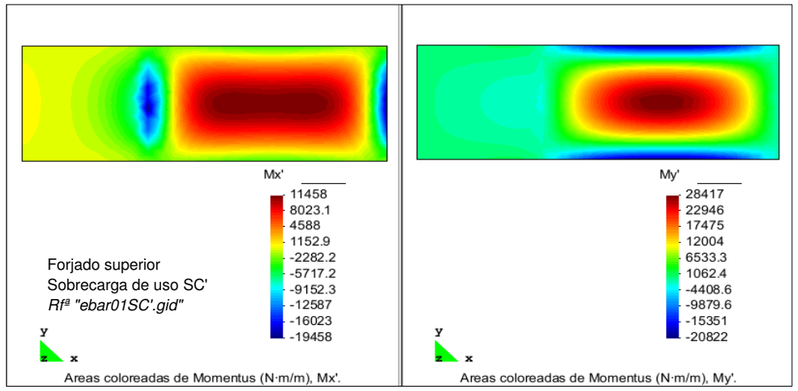


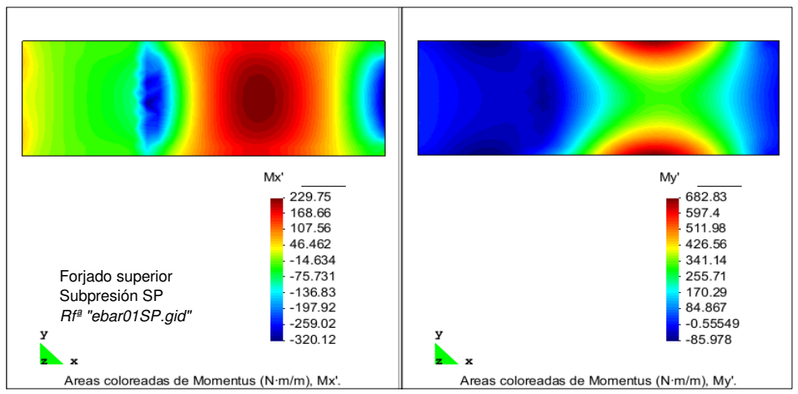


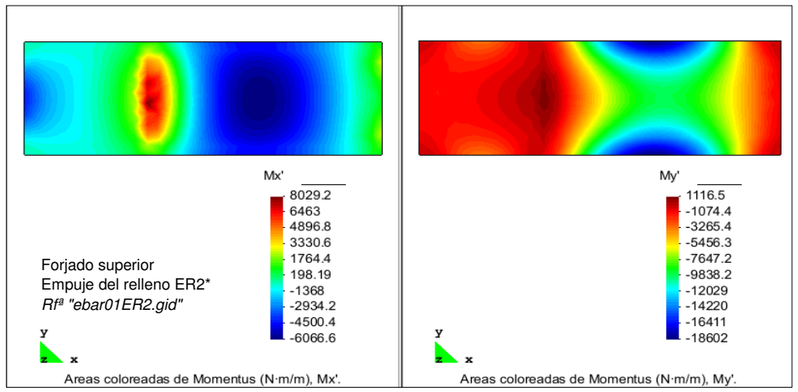

Mx'
3808.2
2850.9
1893.6
936.33
-20.951
-978.24
-1935.5
-2892.8
-3850.1
-4807.4
Forjado superior
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
11695
10325
8956.2
7586.9
6217.6
4848.3
3479.1
2109.8
740.54
-628.73
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

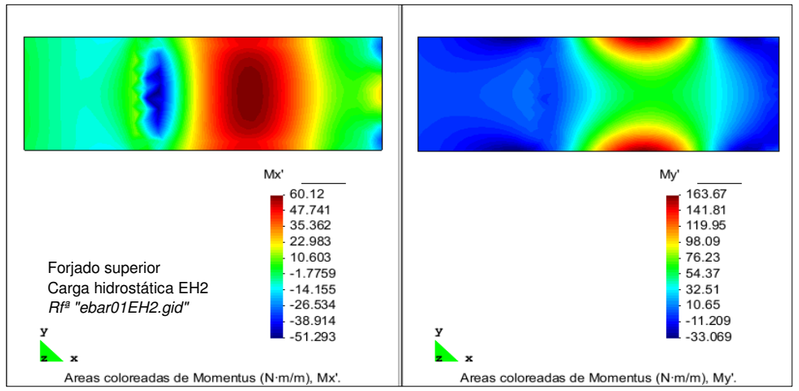

Mx'
16308
12656
9004.5
5353
1701.6
-1949.9
-5601.4
-9252.9
-12904
-16556
Forjado superior
Sobrecarga de uso SC
Rfª "ebar01SC.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
15859
12264
8668
5072.5
1477
-2118.5
-5714
-9309.5
-12905
-16501
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

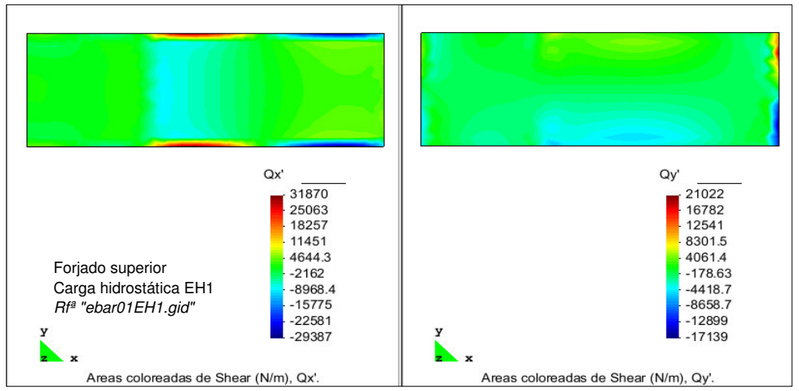

Mx'
3789.4
2953.2
2117
1280.8
444.55
-391.67
-1227.9
-2064.1
-2900.3
-3736.5
Forjado superior
Carga hidrostática EH1''
Rfª "ebar01EH1''.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
11632
10279
8926.2
7573.5
6220.8
4868.2
3515.5
2162.8
810.17
-542.49
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

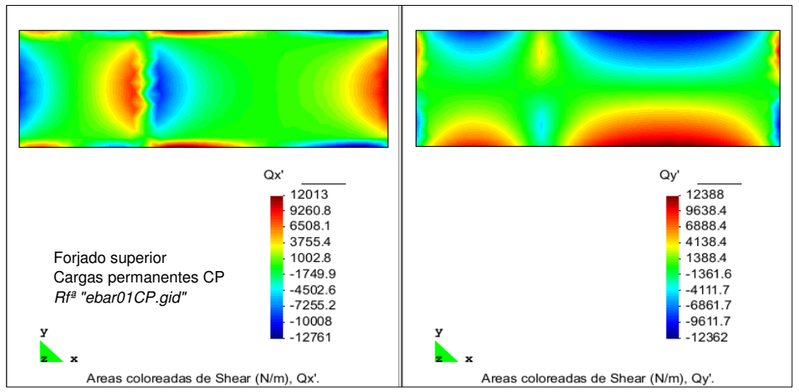

Mx'
11458
8023.1
4588
1152.9
-2282.2
-5717.2
-9152.3
-12587
-16023
-19458
Forjado superior
Sobrecarga de uso SC'
Rfª "ebar01SC'.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
28417
22946
17475
12004
6533.3
1062.4
-4408.6
-9879.6
-15351
-20822
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

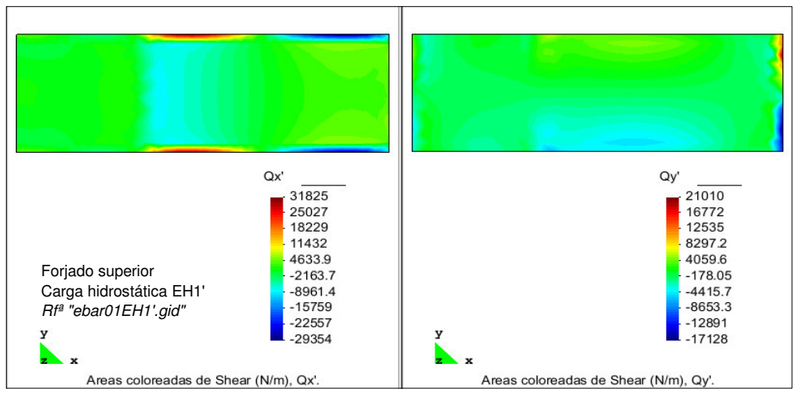

Mx'
229.75
168.66
107.56
46.462
-14.634
-75.731
-136.83
-197.92
-259.02
-320.12
Forjado superior
Subpresión SP
Rfª "ebar01SP.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
682.83
597.4
511.98
426.56
341.14
255.71
170.29
84.867
-0.55549
-85.978
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

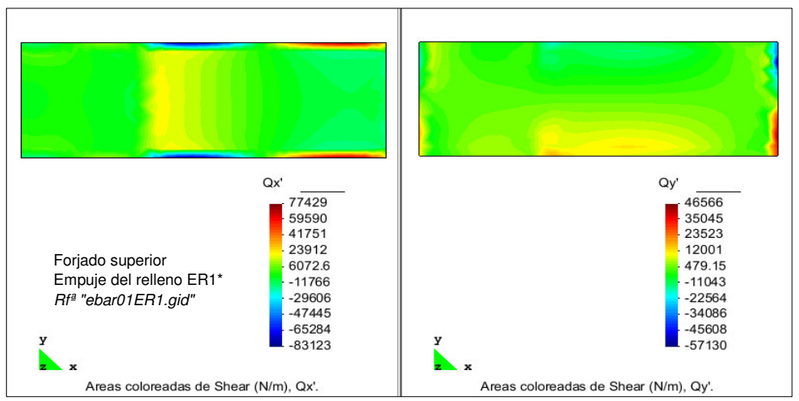

Mx'
8029.2
6463
4896.8
3330.6
1764.4
198.19
-1368
-2934.2
-4500.4
-6066.6
Forjado superior
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar01ER2.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
1116.5
-1074.4
-3265.4
-5456.3
-7647.2
-9838.2
-12029
-14220
-16411
-18602
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

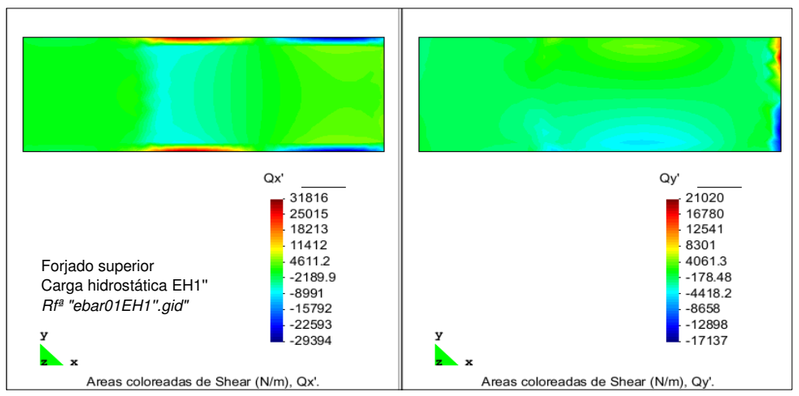

Mx'
60.12
47.741
35.362
22.983
10.603
-1.7759
-14.155
-26.534
-38.914
-51.293
Forjado superior
Carga hidrostática EH2
Rfª "ebar01EH2.gid"
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
163.67
141.81
119.95
98.09
76.23
54.37
32.51
10.65
-11.209
-33.069
Areas coloreadas de Momentus (N·m/m), My'.

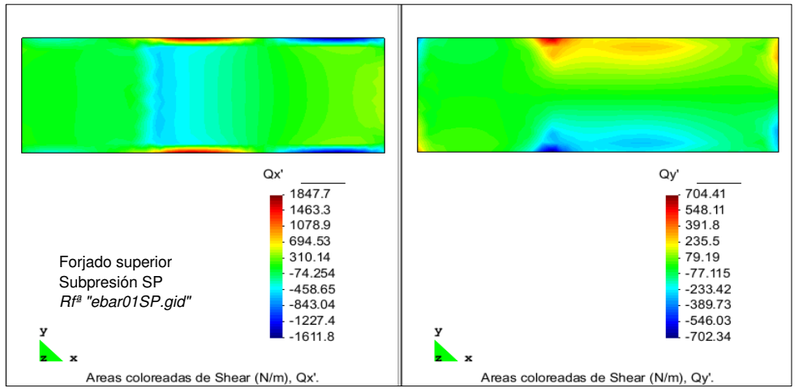

Qx'
31870
25063
18257
11451
4644.3
-2162
-8968.4
-15775
-22581
-29387
Forjado superior
Carga hidrostática EH1
Rfª "ebar01EH1.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
21022
16782
12541
8301.5
4061.4
-178.63
-4418.7
-8658.7
-12899
-17139
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

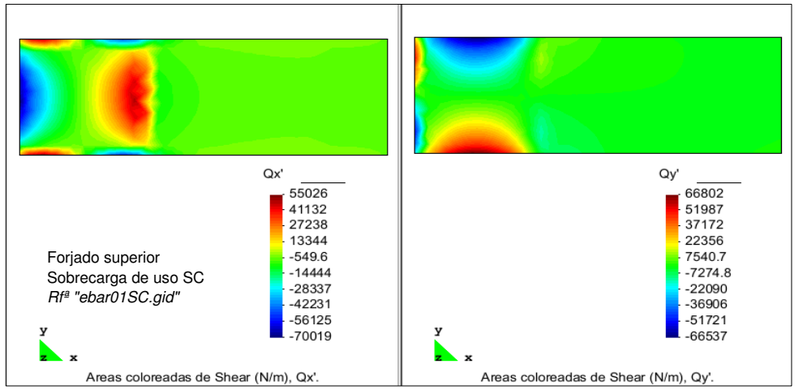

Qx'
12013
9260.8
6508.1
3755.4
1002.8
-1749.9
-4502.6
-7255.2
-10008
-12761
Forjado superior
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar01CP.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
12388
9638.4
6888.4
4138.4
1388.4
-1361.6
-4111.7
-6861.7
-9611.7
-12362
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

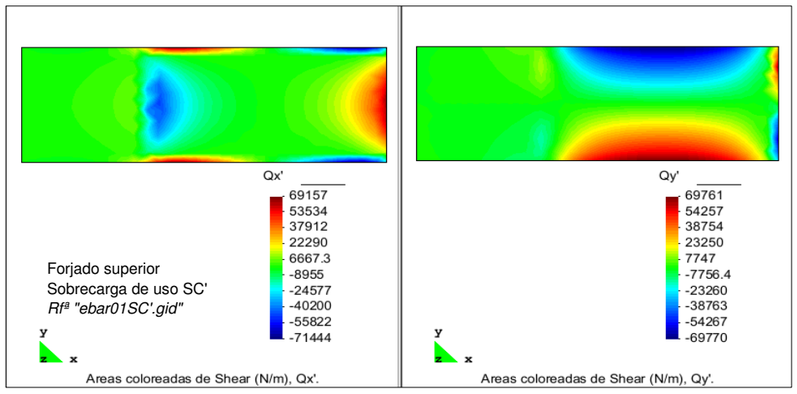

Qx'
31825
25027
18229
11432
4633.9
-2163.7
-8961.4
-15759
-22557
-29354
Forjado superior
Carga hidrostática EH1'
Rfª "ebar01EH1'.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
21010
16772
12535
8297.2
4059.6
-178.05
-4415.7
-8653.3
-12891
-17128
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

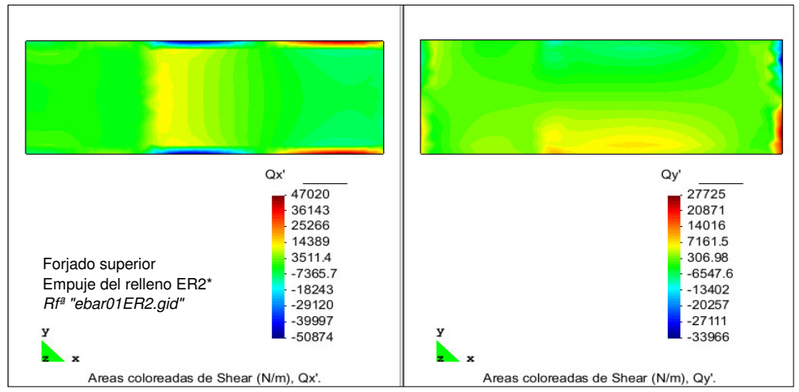

Qx'
77429
59590
41751
23912
6072.6
-11766
-29606
-47445
-65284
-83123
Forjado superior
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar01ER1.gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
46566
35045
23523
12001
479.15
-11043
-22564
-34086
-45608
-57130
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.

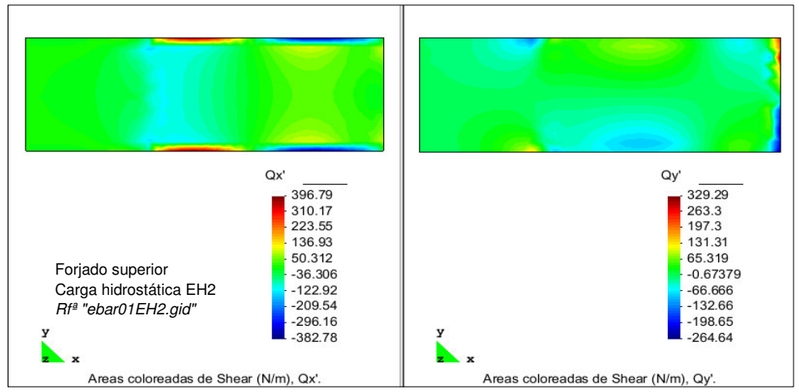

Qx'
31816
25015
18213
11412
4611.2
-2189.9
-8991
-15792
-22593
-29394
Forjado superior
Carga hidrostática EH1"
Rfª "ebar01EH1".gid"
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qx'.
Qy'
21020
16780
12541
8301
4061.3
-178.48
-4418.2
-8658
-12898
-17137
Areas coloreadas de Shear (N/m), Qy'.











En las tablas adjuntas se indican los esfuerzos correspondientes a las acciones aisladas obtenidos en los gráficos anteriores y se calculan las envolventes de esfuerzos para los estados límite últimos y de servicio, combinando las acciones aisladas según lo indicado en el apartado 5.

Los coeficientes de combinación de las acciones aisladas utilizados en el cálculo de las envolventes se indican en las tablas siguientes.

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	ACCIÓN	COMBINACIÓN									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	CP	1.00	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.35
	ER1*	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20
	EH1'	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00
	EH1''	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00
	SP	0.00	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
	SC	0.00	1.50	0.00	1.50	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	1.50
	SC'	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00
	ER2*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	ACCIÓN	COMBINACIÓN							
		12	13	14	15	16	17	18	19
	CP	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
	ER1*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH1	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00
	EH1'	1.20	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20	0.00
	EH1''	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.20
	SP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SC	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50
	SC'	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
	ER2*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	ACCIÓN	COMBINACIÓN CASIPERMANENTE										
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	CP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ER1*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH1'	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH1''	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SP	0.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
	SC	0.00	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
	SC'	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.60	0.60
	ER2*	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	ACCIÓN	COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA								
		31	32	33	34	35	36	37	38	39
	CP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ER1*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH1	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
	EH1'	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
	EH1''	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
	SP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SC	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
	SC'	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	ER2*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	EH2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Losa inferior - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFUERZO	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1''	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	20.2	31.9	46.1	45.8	44.6	10.0	14.2	19.7	20.6	15.8	133.4	67.1
M_{y1min}	-10.7	-71.9	-15.4	-15.6	-15.6	-47.4	-7.7	-10.3	-46.6	-6.5	-170.2	-96.5
M_{y2max}	20.2	31.9	46.1	45.8	44.6	10.0	14.2	19.7	20.6	15.8	133.4	67.1
M_{y2min}	-10.7	-71.9	-15.4	-15.6	-15.6	-47.4	-7.7	-10.3	-46.6	-6.5	-170.2	-96.5
M_{x3max}	19.0	0.0	20.0	9.8	1.0	10.0	13.9	3.0	0.0	0.0	75.0	35.1
M_{x3min}	-9.9	-7.0	0.0	-2.0	-1.0	-15.0	-7.7	0.0	-5.0	-1.0	-49.9	-28.5
M_{x4max}	19.0	0.0	20.0	20.0	20.0	10.0	0.0	18.4	0.0	5.0	77.3	36.0
M_{x4min}	-9.9	-19.7	0.0	0.0	0.0	-15.0	-3.0	-9.7	-12.8	0.0	-70.1	-39.3
M_{x5max}	7.0	37.9	24.1	24.0	22.9	12.0	7.0	15.0	24.5	11.8	94.8	51.9
M_{x5min}	-7.0	-19.0	-12.1	-8.0	-7.9	-37.3	-4.0	-9.0	-12.8	-3.6	-92.7	-50.0
M_{y5max}	7.0	9.0	0.0	0.0	0.0	19.0	0.0	4.0	6.0	1.0	47.3	26.8
M_{y5min}	-7.0	-15.0	-15.4	-15.5	-15.6	-5.0	-4.0	-7.0	-9.0	-6.5	-47.0	-25.6
V_{xmax}	188.6	185.4	143.2	143.7	150.7	-154.3	147.0	187.9	119.7	47.5	937.8	
V_{ymax}	205.0	455.5	154.4	154.7	160.1	-183.0	143.1	178.0	294.5	58.9	994.3	

Muro longitudinal 1 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFUERZO	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1''	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	1.9	4.0	34.2	34.4	34.4	6.0	0.0	2.0	3.0	6.7	46.8	9.8
M_{y1min}	-9.6	-71.3	-10.0	-11.0	-11.0	-13.0	-5.0	-10.0	-46.0	-1.8	-122.4	-72.4
M_{y2max}	1.5	3.0	11.0	11.0	11.0	1.8	1.5	2.0	2.0	0.0	20.5	6.7
M_{y2min}	-4.0	-30.0	-2.0	-2.0	-3.0	0.0	-17.1	-21.5	-18.6	-1.0	-93.3	-45.8
M_{x3max}	1.0	0.0	7.0	7.0	0.0	2.5	5.8	0.0	0.0	0.0	18.5	6.0
M_{x3min}	-5.0	-15.0	0.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	-1.0	-3.0	0.0	-23.3	-8.6
M_{x4max}	1.5	0.0	23.5	23.5	23.4	2.5	0.0	7.9	0.0	1.4	42.1	7.7
M_{x4min}	-1.0	-51.2	-1.0	-1.0	-2.0	0.0	0.0	-4.0	-32.4	0.0	-58.6	-35.8
M_{x5max}	1.5	32.1	23.5	23.5	23.4	3.1	2.4	5.0	20.4	1.4	48.9	28.2
M_{x5min}	-1.0	-51.2	-13.4	-13.4	-13.4	-3.2	-4.3	-4.9	-32.4	-0.5	-70.2	-40.8
M_{y5max}	1.9	40.8	11.0	11.0	11.0	2.0	1.5	3.2	26.0	1.0	52.8	31.9
M_{y5min}	0.0	-21.0	-17.5	-17.5	-17.5	-4.0	-2.5	-6.0	-14.0	-1.5	-38.6	-21.5
V_{xmax}	12.2	138.8	-62.6	-62.5	-62.4	-6.0	-27.2	-47.7	83.6	-5.0	171.0	
V_{ymax}	19.1	206.6	-87.2	-87.1	-87.0	-20.8	-21.0	-23.1	135.6	-14.1	225.7	

Muro transversal 1 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1"	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	1.7	0.0	17.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7	3.6
M_{y1min}	-8.5	-2.0	0.0	-3.7	-0.3	-12.8	-7.0	-0.3	-2.0	-0.1	-39.8	-22.6
M_{y2max}	0.0	0.0	3.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	4.7	0.4
M_{y2min}	-3.0	-2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-17.4	0.0	-2.0	0.0	-32.2	-15.4
M_{x3max}	1.2	0.0	7.6	6.7	0.5	2.2	5.8	0.2	0.0	0.0	19.7	6.1
M_{x3min}	-2.0	-19.8	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	-0.4	-11.7	0.0	-23.1	-13.9
M_{x4max}	1.2	0.0	7.6	6.7	0.5	2.2	5.8	0.2	0.0	0.0	19.7	6.1
M_{x4min}	-2.0	-19.8	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	-0.4	-11.7	0.0	-23.1	-13.9
M_{x5max}	0.5	9.5	2.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	5.6	0.0	10.5	6.2
M_{x5min}	-0.5	-5.0	-3.7	-3.2	-0.2	-3.1	-4.4	0.0	-4.0	0.0	-16.0	-9.0
M_{y5max}	1.7	11.0	7.0	4.9	0.1	0.0	1.4	0.0	7.4	0.0	15.4	9.9
M_{y5min}	-1.5	-18.4	-3.9	-3.7	-0.3	0.0	0.0	0.0	-11.7	0.0	-20.4	-13.2
V_{xmax}	9.9	56.1	-23.8	-20.0	-4.9	9.0	20.0	-1.0	36.6	0.0	110.3	
V_{ymax}	15.7	54.8	-43.9	-21.9	-4.9	13.5	21.0	-1.0	37.2	0.0	123.7	

Muro transversal 2 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1"	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	0.5	0.0	2.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.2
M_{y1min}	0.0	-7.0	0.0	-13.3	-13.8	0.0	0.0	0.0	-5.0	-4.9	-16.6	-5.0
M_{y2max}	0.7	0.0	4.1	3.9	3.3	0.5	0.0	13.9	0.0	0.5	26.7	9.5
M_{y2min}	0.0	-10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.4	0.0	-6.3	0.0	-28.7	-13.7
M_{x3max}	0.2	34.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	21.9	0.0	42.5	25.3
M_{x3min}	-1.1	-2.0	-13.9	-14.9	-16.4	-1.8	-0.5	-6.6	0.0	-0.5	-31.8	-6.4
M_{x4max}	0.2	34.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	21.9	0.0	42.5	25.3
M_{x4min}	-1.1	-2.0	-13.9	-14.9	-16.4	-1.8	-0.5	-6.6	0.0	-0.5	-31.8	-6.4
M_{x5max}	0.4	0.0	1.0	1.7	3.7	0.2	0.0	3.5	0.0	0.4	10.2	2.9
M_{x5min}	-0.4	-2.3	0.0	-1.0	-1.0	-0.5	-3.2	-1.0	-1.5	-1.0	-9.7	-4.7
M_{y5max}	1.2	6.6	4.0	3.9	3.3	0.5	0.8	6.0	4.2	0.5	19.0	9.8
M_{y5min}	-1.2	-10.1	-2.7	-3.0	-5.0	-0.4	-0.5	-1.0	-6.3	0.0	-14.5	-8.6
V_{xmax}	4.4	144.1	-68.2	-70.9	-71.1	-8.1	19.1	-21.1	106.7	-6.0	169.0	
V_{ymax}	2.9	29.0	-11.8	-40.5	-42.1	-1.5	23.5	-23.8	21.6	-12.6	82.3	

Muro transversal 3 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1"	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	0.0	-6.9	-1.8	-1.8	-1.9	3.1	0.1	0.9	-4.4	-0.9	5.2	2.5
M_{y1min}	-2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.7	0.0	0.0	-5.3	-3.0
M_{y2max}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M_{y2min}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M_{x3max}	0.7	11.5	0.2	0.2	0.2	0.0	-2.0	0.5	7.2	0.5	13.2	8.2
M_{x3min}	0.0	0.0	-3.6	-3.6	-3.6	-2.1	0.0	-1.3	0.0	0.0	-6.3	-2.0
M_{x4max}	0.7	11.5	0.2	0.2	0.2	0.0	-2.0	0.5	7.2	0.5	13.2	8.2
M_{x4min}	0.0	0.0	-3.6	-3.6	-3.6	-2.1	0.0	-1.3	0.0	0.0	-6.3	-2.0
M_{x5max}	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.7	0.7	0.4	0.0	0.0	2.5	1.1
M_{x5min}	-0.5	-1.6	-2.0	-2.0	-2.0	-0.5	-0.2	-0.4	-1.0	-0.2	-4.0	-2.2
M_{y5max}	0.0	1.8	0.3	0.3	0.3	1.5	1.9	0.3	1.2	0.0	6.9	3.4
M_{y5min}	-0.5	-3.0	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	0.0	0.0	-1.9	-0.5	-4.2	-2.6
V_{xmax}	9.3	15.0	-9.0	-9.0	-12.9	-12.9	-0.8	8.8	10.0	-4.1	25.3	
V_{ymax}	16.1	16.1	-5.9	-5.9	-6.0	-9.0	-1.1	8.0	10.0	-4.6	39.0	

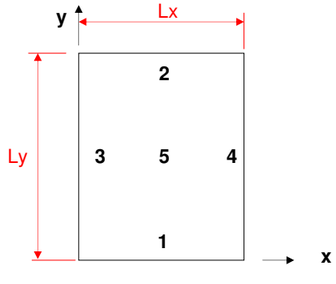
Muro transversal 4 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1"	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	0.9	0.0	13.8	13.8	13.8	3.6	0.6	0.0	0.0	3.0	18.7	4.3
M_{y1min}	-8.7	-18.1	0.0	0.0	0.0	-4.1	0.0	-8.0	-12.0	0.0	-46.8	-28.0
M_{y2max}	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.0	0.0	5.3	2.3
M_{y2min}	-4.0	0.0	-3.0	-3.0	-3.0	-0.5	0.0	-20.0	0.0	-0.2	-39.0	-16.3
M_{x3max}	1.4	0.0	18.6	18.6	18.6	1.3	0.0	8.0	0.0	1.3	36.2	7.5
M_{x3min}	-2.0	-45.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-1.0	-28.3	0.0	-49.7	-31.0
M_{x4max}	1.4	0.0	18.6	18.6	18.6	1.3	0.0	8.0	0.0	1.3	36.2	7.5
M_{x4min}	-2.0	-45.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-1.0	-28.3	0.0	-49.7	-31.0
M_{x5max}	0.3	22.1	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	14.3	0.0	26.7	16.4
M_{x5min}	-1.0	0.0	-10.2	-10.2	-10.2	-1.1	0.0	-4.5	0.0	-0.8	-20.3	-4.5
M_{y5max}	0.9	16.1	5.0	5.0	5.0	1.0	0.0	1.3	10.8	0.0	20.5	13.1
M_{y5min}	-1.0	-3.0	-8.0	-8.0	-8.0	-1.0	0.0	-1.3	-2.0	-1.1	-12.9	-4.4
V_{xmax}	-11.4	89.3	-41.1	-41.1	-41.1	-9.5	-1.2	-28.4	57.5	-6.9	109.1	
V_{ymax}	17.1	86.9	-49.7	-49.6	-49.7	4.4	-1.2	17.1	58.1	-11.1	140.9	

Forjado de la arqueta de válvulas - Esfuerzos en KNm/m y KN/m												
ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1"	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	3.1	2.8	1.2	12.9	1.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	20.1	5.2
M_{y1min}	0.0	-0.5	-0.6	0.0	-0.7	-1.0	0.0	-0.3	-0.1	0.0	-2.2	-0.9
M_{y2max}	3.1	2.8	1.2	12.9	1.0	0.0	0.3	0.0	1.9	0.0	20.1	5.2
M_{y2min}	0.0	-0.5	-0.6	0.0	-0.7	-1.0	0.0	-0.3	-0.1	0.0	-2.2	-0.9
M_{x3max}	3.2	0.0	1.2	13.5	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	21.1	3.4
M_{x3min}	0.0	-1.7	0.0	0.0	0.0	-0.8	0.0	0.0	-0.5	0.0	-2.7	-1.0
M_{x4max}	3.2	0.0	1.2	13.5	0.8	0.9	0.4	0.2	0.0	0.1	21.4	4.1
M_{x4min}	0.0	-2.8	0.0	0.0	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-1.9	0.0	-3.1	-2.0
M_{x5max}	0.0	0.5	0.6	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.4	0.0	0.9	0.6
M_{x5min}	-2.2	-0.5	-0.1	-6.9	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.4	0.0	-11.6	-2.8
M_{y5max}	0.0	0.0	0.5	0.0	0.2	0.5	0.1	0.2	0.0	0.0	1.1	0.5
M_{y5min}	-2.1	-1.0	0.0	-6.8	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.7	0.0	-11.3	-3.1
V_{xmax}	10.1	-7.9	2.6	39.4	2.5	2.0	3.1	-4.7	-5.5	0.9	65.6	
V_{ymax}	9.8	9.0	3.4	37.8	-1.3	4.5	1.3	-2.8	6.6	0.2	60.5	

Forjado superior - Esfuerzos en KNm/m y KN/m												
ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1"	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	0.0	0.0	11.7	11.7	11.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.1	14.0	0.4
M_{y1min}	-3.6	-30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-16.5	-20.8	-18.6	0.0	-91.1	-44.6
M_{y2max}	0.0	0.0	11.7	11.7	11.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.1	14.0	0.4
M_{y2min}	-3.6	-30.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-16.5	-20.8	-18.6	0.0	-91.1	-44.6
M_{x3max}	0.0	0.0	3.0	3.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0
M_{x3min}	-2.0	-8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-16.6	0.0	-4.0	0.0	-35.6	-16.0
M_{x4max}	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	5.0	1.0
M_{x4min}	-2.0	0.0	-1.0	-1.0	-2.0	-0.3	0.0	-19.5	0.0	0.0	-34.4	-13.9
M_{x5max}	2.3	13.3	3.8	3.8	3.8	0.2	16.3	11.5	8.0	0.0	58.3	27.1
M_{x5min}	-5.6	-9.9	-4.9	-4.8	-3.7	-0.3	-16.6	-19.5	-6.1	0.0	-72.0	-33.5
M_{y5max}	5.0	1.9	6.0	6.0	6.0	0.3	15.9	28.4	1.1	0.0	80.4	32.9
M_{y5min}	-1.0	-16.0	-0.6	-0.6	-0.5	-0.1	0.0	0.0	-9.0	0.0	-17.5	-10.1
V_{xmax}	12.7	23.9	-8.0	-8.0	-8.0	-0.5	70.0	69.1	14.0	-0.1	249.1	
V_{ymax}	12.4	20.0	-5.0	-5.0	-5.0	-0.7	66.8	69.8	8.0	-0.1	240.8	

Los esfuerzos envolventes se calculan en los bordes y en el centro del vano de cada placa, de acuerdo con la numeración indicada en la figura siguiente, tomando los valores máximos correspondientes a las acciones aisladas en cada borde y en los vanos.



Las armaduras se calculan en las hojas de armado adjuntas, donde se indican los esfuerzos de cálculo y de servicio considerados, las armaduras necesarias en cada zona y el ancho característico de fisura.

El significado de los diferentes parámetros utilizados se aclara en las figuras siguientes.

Elemento que se calcula

Muro transversal 2 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m												
ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1"	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	0.5	0.0	2.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.2
M_{y1min}	0.0	-7.0	0.0	-13.3	-13.8	0.0	0.0	0.0	-5.0	-4.9	-16.6	-5.0
M_{y2max}	0.7	0.0	4.1	3.9	3.3	0.5	0.0	13.9	0.0	0.5	26.7	9.5
M_{y2min}	0.0	-10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.4	0.0	-6.3	0.0	-28.7	-13.7
M_{x3max}	0.2	34.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	21.9	0.0	42.5	25.3
M_{x3min}	-1.1	-2.0	-13.9	-14.9	-16.4	-1.8	-0.5	-6.6	0.0	-0.5	-31.8	-6.4
M_{x4max}	0.2	34.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	21.9	0.0	42.5	25.3
M_{x4min}	-1.1	-2.0	-13.9	-14.9	-16.4	-1.8	-0.5	-6.6	0.0	-0.5	-31.8	-6.4
M_{x5max}	0.4	0.0	1.0	1.7	3.7	0.2	0.0	3.5	0.0	0.4	10.2	2.9
M_{x5min}	-0.4	-2.3	0.0	-1.0	-1.0	-0.5	-3.2	-1.0	-1.5	-1.0	-9.7	-4.7
M_{y5max}	1.2	6.6	4.0	3.9	3.3	0.5	0.8	6.0	4.2	0.5	19.0	9.8
M_{y5min}	-1.2	-10.1	-2.7	-3.0	-5.0	-0.4	-0.5	-1.0	-6.3	0.0	-14.5	-8.6
V_{xmax}	4.4	144.1	-68.2	-70.9	-71.1	-8.1	19.1	-21.1	106.7	-6.0	169.0	
V_{ymax}	2.9	29.0	-11.8	-40.5	-42.1	-1.5	23.5	-23.8	21.6	-12.6	82.3	

Esfuerzos máximos y mínimos de borde

Esfuerzos máximos y mínimos de vano

Esfuerzos debidos a las acciones aisladas

Esfuerzos combinados

Armaduras necesarias (1ª y 2ª capa) en la cara indicada y en el borde

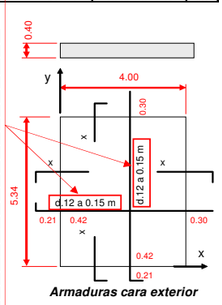
Armaduras necesarias (1ª y 2ª capa) en la cara indicada y en el vano

Armaduras necesarias en caso de armadura única en bordes y vano

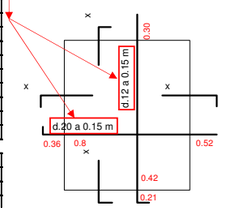
ARMADURAS - BLOQUE DE MEZCLA - FLOCULACION - DECANTACION - MURO EXTERIOR 1 - ARQUETA FINAL

Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb		γ_c	1.50		kg/cm²	N/mm²	f_{cd} (kg/cm²)	204.1	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{ck} (kg/cm²)	306.1	30	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	$f_{yd/2}$ (kg/cm²)	4082		caras interiores	0.1

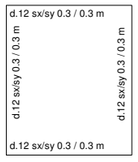
ARMADURA			ARMADURA X-X									ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR					
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2			
momento de cálculo M_d (tm/m)			1.7	1.1	2.6	9.7	6.6	1.7	4.6	1.6	0.0	1.0	3.6	0.0			
momento de servicio M_s (tm/m)			1.4	0.9	1.5	8.0	5.5	1.4	3.6	1.3	0.0	0.8	3.0	0.0			
canto h (m)			0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40			
canto útil d (m)			0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34			
U_c (t/m)			702.0	702.0	702.0	693.9	698.0	702.0	702.0	702.0	702.0	702.0	702.0	702.0			
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm²/m)			1.1	0.7	1.7	6.6	4.4	1.1	3.1	1.0	0.0	0.6	2.4	0.0			
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm²/m)			1.6	1.1	2.3	6.9	5.3	1.6	4.0	1.5	0.0	0.9	3.2	0.0			
cuantía geométrica mín. $A_{s\,gmin}$ (cm²/m)			6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4			
armadura mínima a disponer (cm²/m)			6.4	6.4	6.4	6.9	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4			
dispuesta armadura		⌀ (mm)	12	12	12	20	16	12	12	12	12	12	12	12			
dispuesta armadura	base	s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15			
dispuesta armadura	refuerzos	⌀ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
dispuesta armadura	refuerzos	s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15			
Asr (cm²/m)			7.5	7.5	7.5	20.9	13.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5			
ancho de fisura w_k (mm)			0.05	0.03	0.05	0.09	0.09	0.05	0.12	0.04	0.00	0.03	0.10	0.00			
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple			
A_b (m²)			0.4054	0.4054	0.4054	0.4151	0.4097	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054			
y_{gb} (m)			0.198	0.198	0.198	0.195	0.196	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198			
I_b (cm⁴)			545387	545387	545387	566037	554541	545387	545387	545387	545387	545387	545387	545387			
M_f (tm/m)			8.13	8.13	8.13	8.59	8.33	8.13	8.13	8.13	8.13	8.13	8.13	8.13			
σ_{sr} (kg/cm²)			3919	3919	3919	1508	2272	3919	3919	3919	3919	3919	3919	3919			
σ_s (kg/cm²)			674	428	728	1410	1494	674	1747	639	1	394	1450	0			
s (m)			0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150			
σ_{max} (mm)			12	12	12	20	16	12	12	12	12	12	12	12			
s_m (m)			0.210	0.210	0.210	0.178	0.190	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210			
ε_{sm}			0.00013	0.00008	0.00014	0.00029	0.00028	0.00013	0.00033	0.00012	0.00000	0.00007	0.00028	0.00000			
cortante de cálculo V_d (t/m)			16.0		16.0				14.9		14.9						
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd			210.6		210.6				210.6		210.6						
comprobación a compresión oblícua			cumple		cumple				cumple		cumple						
A_{sr} (cm²/m)			7.5		7.5				7.5		7.5						
ω_1 = As / bd			0.0022		0.0022				0.0022		0.0022						
ω = 1+raiz(200/d)			1.76		1.76				1.76		1.76						
f_{cv} (N/mm²)= 0,12· (100 ω_1 f_{ck})$^{1/3}$			0.40		0.40				0.40		0.40						
f_{cv} (t/m²)			40.4		40.4				40.4		40.4						
V_{cu} (t/m) = f_{cv} bd			13.9		13.9				13.9		13.9						
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras																	
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras			si		si				si		si						
f_{cv}* (t/m²)= 0,10· (100 ω_1 f_{ck})$^{1/3}$			33.7		33.7				33.7		33.7						
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd			11.6		11.6				11.6		11.6						
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}			4.4		4.4				3.3		3.3						
$A_{s\,90°}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})			10.0		10.0				10.0		10.0						
diámetro de los estribos (mm)			12		12				12		12						
separación s_x (m)			0.30		0.30				0.30		0.30						
separación s_y (m)			0.30		0.30				0.30		0.30						
A_s dispuesta (cm²/m²)			12.6		12.6				12.6		12.6						



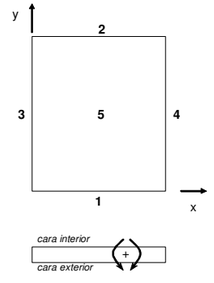
Armaduras cara exterior



Armaduras cara interior



Armaduras de cortante

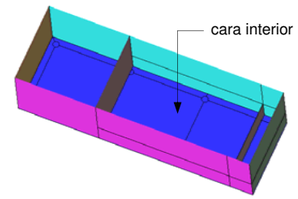


momentos (KNm/m)		
M1yd	9.6	-45.4
M1ys	8.0	-35.5
M2yd	0.0	0.0
M2ys	0.0	0.0
M5yd	35.6	-15.6
M5ys	29.5	-13.0
M3xd	95.0	-17.0
M3xs	78.7	-13.7
M4xd	17.0	-25.0
M4xs	13.7	-14.8
M5xd	65.0	-11.0
M5xs	53.7	-8.7

cortantes (KN/m)	
V1yd	146.0
V2yd	146.0
V3xd	157.0
V4xd	157.0

Esfuerzos máximos y mínimos, de cálculo (subíndice d) y de servicio (subíndice s), en los bordes y en el vano

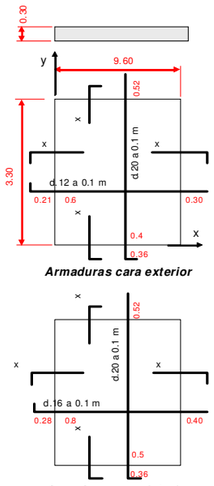
Esfuerzos de cálculo y de servicio



ARMADURAS - ESTACION DE BOMBEO - LOSA INFERIOR

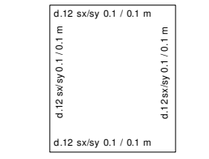
Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb		γ_c	1.50		kg/cm²	N/mm²	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{ck} (kg/cm²)	306	30	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	$f_{yd/2}$ (kg/cm²)	4082		caras interiores	0.1

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			5.1	9.5	7.2	7.7	9.7	7.9	17.4	4.8	17.4	13.6	4.8	13.6
momento de servicio M_s (tm/m)			2.9	5.1	4.0	3.6	5.3	3.7	9.9	2.6	9.9	6.9	2.7	6.9
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.24	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.24	0.24	0.25	0.24
U_c (t/m)			500.0	498.0	500.0	498.0	493.9	498.0	489.8	502.0	489.8	489.8	500.0	489.8
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm²/m)			4.8	9.1	6.8	7.3	9.4	7.5	17.7	4.5	17.7	13.6	4.5	13.6
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm²/m)			5.1							4.9			4.9	
cuantía geométrica mín. $A_{s\,gmin}$ (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			5.1	9.1	6.8	7.3	9.4	7.5	17.7	4.9	17.7	13.6	4.9	13.6
dispuesta armadura		⌀ (mm)	10	12	10	12	16	12	20	8	20	20	10	20
dispuesta armadura	base	s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
dispuesta armadura	refuerzos	⌀ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dispuesta armadura	refuerzos	s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Asr (cm²/m)			7.9	11.3	7.9	11.3	20.1	11.3	31.4	5.0	31.4	31.4	7.9	31.4
ancho de fisura w_k (mm)			0.10	0.17	0.14	0.08	0.10	0.09	0.16	0.15	0.16	0.10	0.10	0.10
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3057	0.3081	0.3057	0.3081	0.3145	0.3081	0.3226	0.3036	0.3226	0.3226	0.3057	0.3226
y_{gb} (m)			0.148	0.147	0.148	0.147	0.145	0.147	0.143	0.149	0.143	0.143	0.148	0.143
I_b (cm⁴)			230551	232930	230551	232930	238813	232930	246038	228577	246038	246038	230551	246038
M_f (tm/m)			4.59	4.67	4.59	4.67	4.85	4.67	5.08	4.54	5.08	5.08	4.59	5.08
σ_{sr} (kg/cm²)			2985	2114	2985	2114	1246	2114	842	4584	842	842	2985	842
σ_s (kg/cm²)			1890	2310	2606	1624	1361	1666	1633	2640	1633	1136	1777	1136
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
σ_{max} (mm)			10	12	10	12	16	12	20	8	20	20	10	20
s_m (m)			0.168	0.160	0.168	0.160	0.150	0.160	0.144	0.180	0.144	0.144	0.168	0.144
ε_{sm}			0.00034	0.00064	0.00050	0.00031	0.00038	0.00032	0.00067	0.00050	0.00067	0.00039	0.00034	0.00039
cortante de cálculo V_d (t/m)			95.7		95.7				101.5		101.5			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd			150.0		150.0				146.9		146.9			
comprobación a compresión oblícua			cumple		cumple				cumple		cumple			
A_{sr} (cm²/m)			7.9		7.9				31.4		31.4			
ω_1 = As / bd			0.0032		0.0032				0.0131		0.0131			
ω = 1+raiz(200/d)			1.90		1.90				1.91		1.91			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12·(100 ω_1 f_{ck})$^{1/3}$			0.49		0.49				0.78		0.78			
f_{cv} (t/m²)			49.6		49.6				79.6		79.6			
V_{cu} (t/m) = f_{cv} bd			12.1		12.1				19.1		19.1			
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras														
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras			si		si				si		si			
f_{cv}* (t/m²)= 0,10·(100 ω_1 f_{ck})$^{1/3}$			41.3		41.3				66.3		66.3			
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd			10.1		10.1				15.9		15.9			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}			85.6		85.6				85.5		85.5			
$A_{s\,90°}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})			95.1		95.1				97.0		97.0			
diámetro de los estribos (mm)			12		12				12		12			
separación s_x (m)			0.10		0.10				0.10		0.10			
separación s_y (m)			0.10		0.10				0.10		0.10			
A_s dispuesta (cm²/m²)			113.1		113.1				113.1		113.1			

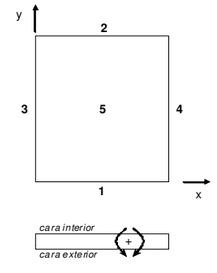


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



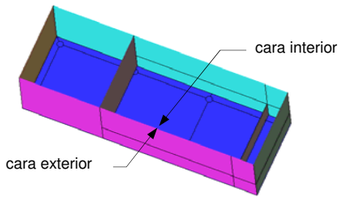
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	133	-170
M1ys	67	-97
M2yd	133	-170
M2ys	67	-97
M5yd	47	-47
M5ys	27	-26
M3xd	75	-50
M3xs	35	-29
M4xd	77	-70
M4xs	36	-39
M5xd	95	-93
M5xs	52	-50

cortantes (KN/m)	
V1yd	994
V2yd	994
V3xd	938
V4xd	938

Esfuerzos de cálculo y de servicio

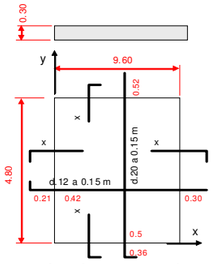


ARMADURAS - ESTACION DE BOMBEO - MURO LONGITUDINAL 1

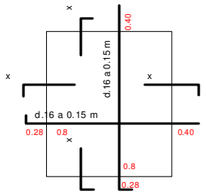
Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb			P_c	1.50		kg/cm²	N/mm²	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD			P_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20		f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	$f_{0\,05\%}$ (kg/cm²)	4082		caras interiores	0.1

ARMADURA				ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
				EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO				3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)				2.4	7.2	6.0	1.9	5.0	4.3	12.5	3.9	9.5	4.8	5.4	2.1
momento de servicio M_s (tm/m)				0.9	4.2	3.7	0.6	2.9	0.8	7.4	2.2	4.7	1.0	3.3	0.7
canto h (m)				0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)				0.25	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25	0.24	0.25	0.24	0.25	0.24	0.25
U_E (t/m)				500.0	498.0	498.0	500.0	493.9	500.0	489.8	500.0	493.9	500.0	493.9	500.0
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm²/m)				2.2	6.8	5.7	1.7	4.8	4.0	12.4	3.7	9.3	4.5	5.1	1.9
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm²/m)				2.9			2.3	5.1	4.6		4.3		4.9	5.3	2.6
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)				4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)				4.8	6.8	5.7	4.8	5.1	4.8	12.4	4.8	9.3	4.9	5.3	4.8
armadura dispuesta	armadura		P (mm)	10	12	12	10	16	10	20	10	16	10	16	10
		base	s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
		refuerzos	P (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	Asr (cm²/m)			5.2	7.5	7.5	5.2	13.4	5.2	20.9	5.2	13.4	5.2	13.4	5.2
ancho de fisura w_k (mm)				0.06	0.17	0.15	0.04	0.06	0.05	0.19	0.14	0.13	0.06	0.07	0.04
comprobación				cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)				0.3038	0.3054	0.3054	0.3038	0.3097	0.3038	0.3151	0.3038	0.3097	0.3038	0.3097	0.3038
y_{gb} (m)				0.149	0.148	0.148	0.149	0.147	0.149	0.145	0.149	0.147	0.149	0.147	0.149
I_b (cm⁴)				2.287.24	2.303.33	2.303.33	228.724	2.343.52	228.724	2.393.61	228.724	2.343.52	228.724	2.343.52	228.724
M_f (tm/m)				4.54	4.59	4.59	4.54	4.71	4.54	4.87	4.54	4.71	4.54	4.71	4.54
P_{sf} (kg/cm²)				4423	3117	3117	4423	1815	4423	1210	4423	1815	4423	1815	4423
P_s (kg/cm²)				855	2831	2482	595	1109	770	1837	2138	1799	975	1255	664
s (m)				0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
P_{max} (mm)				10	12	12	10	16	10	20	10	16	10	16	10
s_m (m)				0.202	0.190	0.190	0.202	0.175	0.202	0.166	0.202	0.175	0.202	0.175	0.202
P_{sm}				0.00016	0.00054	0.00047	0.0001	0.00021	0.00005	0.00069	0.00041	0.00042	0.00009	0.00024	0.00003

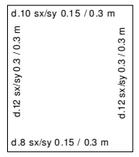
cortante de cálculo V_d (t/m)	17.4		17.4				23.0		23.0			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.0		149.4				146.9		148.2			
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple			
A_w (cm²/m)	5.2		7.5				20.9		13.4			
P_L = As / bd	0.0021		0.0031				0.0087		0.0056			
P = 1+raiz(200/d)	1.90		1.91				1.91		1.91			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12 P (100 P_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.48				0.68		0.58			
f_{cv} (t/m²)	43.3		49.0				69.5		59.7			
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.6		12.0				16.7		14.4			
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras												
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras	si		si				si		si			
f_{cv}* (t/m²)= 0,10P (100 P_L f_{ck})$^{1/3}$	36.1		40.8				58.0		49.7			
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.8		10.0				13.9		12.0			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	8.6		7.5				9.1		11.0			
$A_{s\,90^\circ}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	10.0		10.0				10.3		12.4			
diámetro de los estribos (mm)	12		12				8		10			
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.15		0.15			
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
A_s dispuesta (cm²/m²)	12.6		12.6				11.2		17.5			



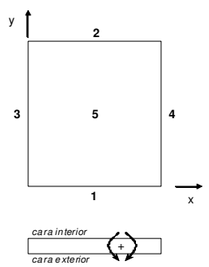
Armaduras cara exterior



Armaduras cara interior



Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	47	-122
M1ys	10	-72
M2yd	20	-93
M2ys	7	-46
M5yd	53	-39
M5ys	32	-22
M3xd	18	-23
M3xs	6	-9
M4xd	42	-59
M4xs	8	-36
M5xd	49	-70
M5xs	28	-41

cortantes (KN/m)	
V1yd	226
V2yd	226
V3xd	171
V4xd	171

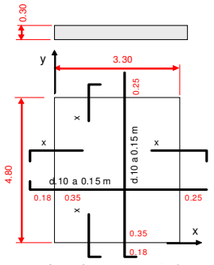
Esfuerzos de cálculo y de servicio

ARMADURAS - ESTACION DE BOMBEO - MURO TRANSVERSAL 1

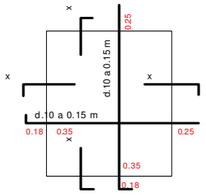
Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb			γ_c	1.50		kg/cm²	N/mm²	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD			γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20		f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	$f_{0\,05\%}$ (kg/cm²)	4082		caras interiores	0.1

ARMADURA				ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
				EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO				3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)				2.4	1.6	2.4	2.0	1.1	2.0	4.1	2.1	3.3	2.3	1.6	0.5
momento de servicio M_s (tm/m)				1.4	0.9	1.4	0.6	0.6	0.6	2.3	1.3	1.6	0.4	1.0	0.0
canto h (m)				0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)				0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_E (t/m)				500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm²/m)				2.2	1.5	2.2	1.9	1.0	1.9	3.8	1.9	3.1	2.2	1.5	0.4
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm²/m)				2.9	2.1	2.9	2.5	1.4	2.5	4.4	2.6	3.7	2.8	2.0	0.6
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)				4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)				4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura		↕ (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		base	s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
		refuerzos	↕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	Asr (cm²/m)			5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
ancho de fisura w_k (mm)				0.09	0.06	0.09	0.04	0.04	0.04	0.15	0.09	0.10	0.02	0.06	0.00
comprobación				cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)				0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038
y_{gb} (m)				0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)				2.287.24	2.287.24	2.287.24	228.724	2.287.24	228.724	2.287.24	228.724	2.287.24	228.724	2.287.24	228.724
M_f (tm/m)				4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
$\uparrow_{sf}$ (kg/cm²)				4.423	4.423	4.423	4.423	4.423	4.423	4.423	4.423	4.423	4.423	4.423	4.423
$\uparrow_s$ (kg/cm²)				1.386	895	1.386	609	619	609	2.243	1.312	1.535	354	989	42
s (m)				0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
$\uparrow_{max}$ (mm)				10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
s_m (m)				0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202
$\uparrow_{sm}$				0.00026	0.00017	0.00026	0.0002	0.00012	0.00012	0.00043	0.00025	0.00029	0.00007	0.00019	0.00001

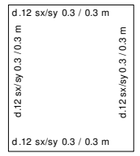
cortante de cálculo V_d (t/m)	11.3		11.3				12.6		12.6			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.0		150.0				150.0		150.0			
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple			
A_w (cm²/m)	5.2		5.2				5.2		5.2			
$\uparrow_L$ = As / bd	0.0021		0.0021				0.0021		0.0021			
$\uparrow$ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12 $\uparrow$ (100 $\uparrow_L$ f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.42		0.42			
f_{cv} (t/m²)	43.3		43.3				43.3		43.3			
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.6		10.6				10.6		10.6			
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras												
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras	si		si				si		si			
f_{cv}* (t/m²)= 0,10$\uparrow$ (100 $\uparrow_L$ f_{ck})$^{1/3}$	36.1		36.1				36.1		36.1			
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.8		8.8				8.8		8.8			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	2.4		2.4				3.8		3.8			
$A_{s\,90^\circ}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	10.0		10.0				10.0		10.0			
diámetro de los estribos (mm)	12		12				12		12			
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
A_s dispuesta (cm²/m²)	12.6		12.6				12.6		12.6			



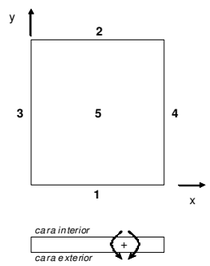
Armaduras cara exterior



Armaduras cara interior



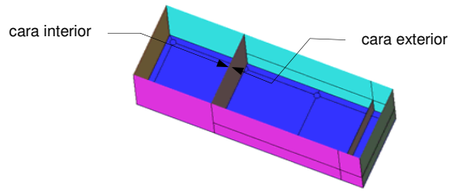
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	23	-40
M1ys	4	-23
M2yd	5	-32
M2ys	0	-15
M5yd	15	-20
M5ys	10	-13
M3xd	20	-23
M3xs	6	-14
M4xd	20	-23
M4xs	6	-14
M5xd	10	-16
M5xs	6	-9

cortantes (KN/m)	
V1yd	124
V2yd	124
V3xd	110
V4xd	110

Esfuerzos de cálculo y de servicio

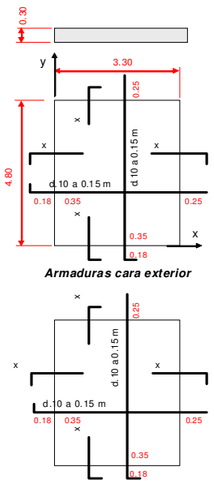


ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO - MURO TRANSVERSAL 2

Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb		γ_c	1.50		kg/cm²	N/mm²	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	306	30	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.1
E_c (kg/cm²)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	$f_{yd2\%}$(kg/cm²)	4082		caras interiores	0.2

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			3.2	1.0	3.2	4.3	1.0	4.3	1.7	1.5	2.9	0.3	1.9	2.7
momento de servicio M_s (tm/m)			0.7	0.5	0.7	2.6	0.3	2.6	0.5	0.9	1.4	0.1	1.0	1.0
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_t (t/m)			500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm²/m)			3.0	0.9	3.0	4.1	1.0	4.1	1.6	1.4	2.7	0.3	1.8	2.5
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm²/m)			3.7	1.3	3.7	4.6	1.4	4.6	2.1	1.9	3.4	0.4	2.4	3.2
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura	γ (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	base	s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	refuerzos	γ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	Asr (cm²/m)		5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
ancho de fisura w_k (mm)			0.04	0.03	0.04	0.16	0.02	0.16	0.03	0.06	0.09	0.01	0.06	0.06
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			228724	228724	228724	228724	228724	228724	228724	228724	228724	228724	228724	228724
M_t (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
τ_{sr} (kg/cm²)			4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423
τ_s (kg/cm²)			640	469	640	2520	289	2520	497	859	1366	116	973	949
s (m)			0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
τ_{max} (mm)			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
s_m (m)			0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202
τ_{gm}			0.00012	0.00009	0.00012	0.00048	0.00005	0.00048	0.00009	0.00016	0.00026	0.00002	0.00019	0.00018

cortante de cálculo V_d (t/m)	17.2		17.2				8.4		8.4		
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.0		150.0				150.0		150.0		
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple		
A_{sr} (cm²/m)	5.2		5.2				5.2		5.2		
τ_L = As / bd	0.0021		0.0021				0.0021		0.0021		
τ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90		
f_{cv} (N/mm²)= 0,12τ (100 τ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.42		0.42		
f_{cv} (t/m²)	43.3		43.3				43.3		43.3		
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.6		10.6				10.6		10.6		
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras							no		no		
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras	si		si								
f_{cv}* (t/m²)= 0,10τ (100 τ_L f_{ck})$^{1/3}$	36.1		36.1								
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.8		8.8								
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	8.4		8.4								
$A_{s\,90}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	10.0		10.0				0.0		0.0		
diámetro de los estribos (mm)	8		8								
separación s_x (m)	0.15		0.15				0.30		0.30		
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.15		0.15		
A_s dispuesta (cm²/m²)	11.2		11.2				0.0		0.0		

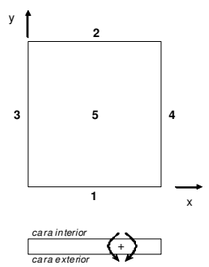


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



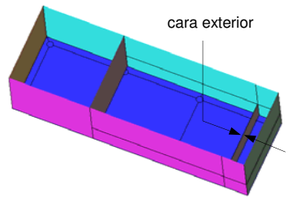
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	3	-17
M1ys	1	-5
M2yd	27	-29
M2ys	10	-14
M5yd	19	-14
M5ys	10	-9
M3xd	42	-32
M3xs	25	-6
M4xd	42	-32
M4xs	25	-6
M5xd	10	-10
M5xs	3	-5

cortantes (KN/m)	
V1yd	82
V2yd	82
V3xd	169
V4xd	169

Esfuerzos de cálculo y de servicio

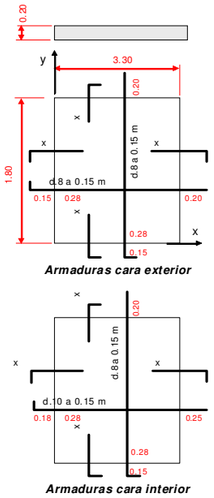


ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO - MURO TRANSVERSAL 3

Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb		γ_c	1.50		kg/cm²	N/mm²	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	306	30	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.1
E_c (kg/cm²)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	$f_{yd2\%}$(kg/cm²)	4082		caras interiores	0.1

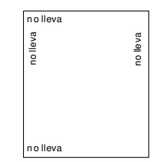
ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			0.6	0.4	0.6	1.3	0.3	1.3	0.5	0.4	0.0	0.5	0.7	0.0
momento de servicio M_s (tm/m)			0.2	0.2	0.2	0.8	0.1	0.8	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0
canto h (m)			0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
canto útil d (m)			0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
U_t (t/m)			298.0	298.0	298.0	295.9	298.0	295.9	298.0	298.0	298.0	298.0	298.0	298.0
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm²/m)			1.0	0.6	1.0	2.1	0.4	2.1	0.8	0.7	0.0	0.8	1.1	0.0
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm²/m)			1.4	0.9	1.4	2.6	0.6	2.6	1.2	0.9	0.0	1.1	1.5	0.0
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)			3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
armadura mínima a disponer (cm²/m)			3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
armadura dispuesta	armadura	ϕ (mm)	8	8	8	10	8	10	8	8	8	8	8	8
	base	s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	Asr (cm²/m)		3.4	3.4	3.4	5.2	3.4	5.2	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
ancho de fisura w_k (mm)			0.03	0.03	0.03	0.08	0.02	0.08	0.05	0.04	0.00	0.04	0.05	0.00
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.2024	0.2024	0.2024	0.2038	0.2024	0.2038	0.2024	0.2024	0.2024	0.2024	0.2024	0.2024
y_{gb} (m)			0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099
I_b (cm⁴)			67263	67263	67263	67592	67263	67592	67263	67263	67263	67263	67263	67263
M_t (tm/m)			2.00	2.00	2.00	2.01	2.00	2.01	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ϕ_{sr} (kg/cm²)			5104	5104	5104	3316	5104	3316	5104	5104	5104	5104	5104	5104
ϕ_s (kg/cm²)			531	563	531	1378	282	1378	787	688	5	642	892	1
s (m)			0.120	0.120	0.120	0.150	0.120	0.150	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	10	8	10	8	8	8	8	8	8
s_m (m)			0.184	0.184	0.184	0.178	0.184	0.178	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184
ϕ_{gm}			0.00010	0.00011	0.00010	0.00026	0.00005	0.00026	0.00015	0.00013	0.00000	0.00012	0.00017	0.00000

cortante de cálculo V_d (t/m)	2.6		2.6				4.0		4.0		
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	89.4		89.4				89.4		89.4		
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple		
A_{sr} (cm²/m)	3.4		3.4				3.4		3.4		
ϕ_L = As / bd	0.0023		0.0023				0.0023		0.0023		
ϕ = 1+raiz(200/d)	2.17		2.17				2.17		2.17		
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ϕ (100 ϕ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.50		0.50				0.50		0.50		
f_{cv} (t/m²)	50.6		50.6				50.6		50.6		
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	7.4		7.4				7.4		7.4		
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras	no		no				no		no		
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras											
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ϕ (100 ϕ_L f_{ck})$^{1/3}$											
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd											
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}											
$A_{s\,90}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	0.0		0.0				0.0		0.0		
diámetro de los estribos (mm)											
separación s_x (m)	0.15		0.15				0.30		0.30		
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.15		0.15		
A_s dispuesta (cm²/m²)	0.0		0.0				0.0		0.0		

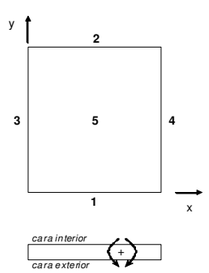


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



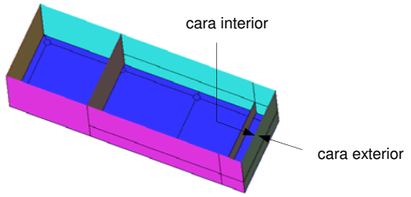
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	5	-5
M1ys	2	-3
M2yd	0	0
M2ys	0	0
M5yd	7	-4
M5ys	3	-3
M3xd	13	-6
M3xs	8	-2
M4xd	13	-6
M4xs	8	-2
M5xd	2	-4
M5xs	1	-2

cortantes (KN/m)	
V1yd	39
V2yd	39
V3xd	25
V4xd	25

Esfuerzos de cálculo y de servicio

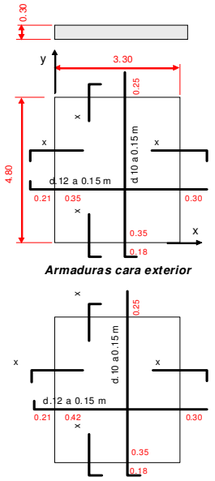


ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO - MURO TRANSVERSAL 4

Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb		T_c	1.50		kg/cm²	N/mm²	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD		T_s	1.15	f_{ck} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	$f_{yd}=f_{yc}$(kg/cm²)	4082		caras interiores	0.1

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			5.1	2.1	5.1	3.7	2.7	3.7	4.8	1.3	4.0	1.9	2.1	0.5
momento de servicio M_s (tm/m)			3.2	0.5	3.2	0.8	1.7	0.8	2.9	0.4	1.7	0.4	1.3	0.2
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.24	0.25	0.24	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_t (t/m)			498.0	500.0	498.0	500.0	498.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm²/m)			4.8	1.9	4.8	3.5	2.5	3.5	4.5	1.2	3.7	1.8	1.9	0.5
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm²/m)			5.1	2.6	5.1	4.1	3.2	4.1	4.9	1.7	4.3	2.4	2.6	0.7
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			5.1	4.8	5.1	4.8	4.8	4.8	4.9	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura	T (mm)	12	10	12	10	12	10	10	10	10	10	10	10
	base	s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	refuerzos	T (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	Asr (cm²/m)		7.5	5.2	7.5	5.2	7.5	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
ancho de fisura w_k (mm)			0.13	0.03	0.13	0.05	0.07	0.05	0.18	0.03	0.11	0.03	0.08	0.01
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3054	0.3038	0.3054	0.3038	0.3054	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038
y_{gb} (m)			0.148	0.149	0.148	0.149	0.148	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			2303133	228724	2303133	228724	2303133	228724	2287224	228724	2287224	228724	2287224	228724
M_t (tm/m)			4.59	4.54	4.59	4.54	4.59	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
T_{cr} (kg/cm²)			3117	4423	3117	4423	3117	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423
T_c (kg/cm²)			2146	447	2146	746	1137	746	2780	435	1621	424	1301	229
s (m)			0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
T_{max} (mm)			12	10	12	10	12	10	10	10	10	10	10	10
s_m (m)			0.190	0.202	0.190	0.202	0.190	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202
T_{sm}			0.00041	0.00009	0.00041	0.0004	0.00022	0.0004	0.00053	0.00008	0.00031	0.00008	0.00025	0.00004

cortante de cálculo V_d (t/m)	11.1		11.1				14.4		14.4		
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	149.4		149.4				150.0		150.0		
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple		
A_{sr} (cm²/m)	7.5		7.5				5.2		5.2		
T_c = As / bd	0.0031		0.0031				0.0021		0.0021		
T = 1+raiz(200/d)	1.91		1.91				1.90		1.90		
f_{cv} (N/mm²)= 0,12 T (100 T_L f_{ck})$^{1/3}$	0.48		0.48				0.42		0.42		
f_{cv} (t/m²)	49.0		49.0				43.3		43.3		
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	12.0		12.0				10.6		10.6		
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras	no		no								
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras							si		si		
f_{cv}* (t/m²)= 0,10 T (100 T_L f_{ck})$^{1/3}$							36.1		36.1		
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd							8.8		8.8		
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}							5.5		5.5		
$A_{s\,90°}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	0.0		0.0				10.0		10.0		
diámetro de los estribos (mm)							12		12		
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
A_s dispuesta (cm²/m²)	0.0		0.0				12.6		12.6		



Armaduras cara exterior

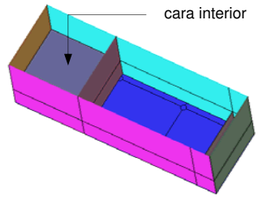
Armaduras cara interior

Armaduras de cortante

momentos (KNm/m)		
M1yd	19	-47
M1ys	4	-28
M2yd	5	-39
M2ys	2	-16
M5yd	20	-13
M5ys	13	-4
M3xd	36	-50
M3xs	8	-31
M4xd	36	-50
M4xs	8	-31
M5xd	27	-20
M5xs	16	-5

cortantes (KN/m)	
V1yd	141
V2yd	141
V3xd	109
V4xd	109

Esfuerzos de cálculo y de servicio

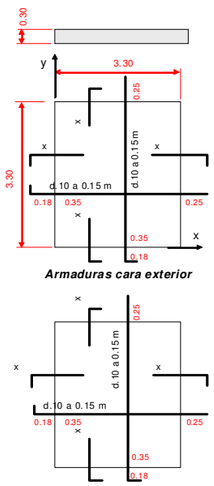


ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO - FORJADO DE LA ARQUETA DE VALVULAS

Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb		T_c	1.50		kg/cm²	N/mm²	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD		T_s	1.15	f_{ck} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	$f_{yd}=f_{yc}$(kg/cm²)	4082		caras interiores	0.1

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			0.3	1.2	0.3	2.2	0.1	2.2	0.2	1.2	0.2	2.1	0.1	2.1
momento de servicio M_s (tm/m)			0.1	0.3	0.2	0.4	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.5	0.0	0.5
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_t (t/m)			500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm²/m)			0.2	1.1	0.3	2.0	0.1	2.0	0.2	1.1	0.2	1.9	0.1	1.9
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm²/m)			0.4	1.5	0.4	2.6	0.1	2.7	0.3	1.5	0.3	2.5	0.1	2.5
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura	T (mm)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	base	s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	refuerzos	(mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	Asr (cm²/m)		5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
ancho de fisura w_k (mm)			0.01	0.02	0.01	0.02	0.00	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038	0.3038
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			2287224	228724	2287224	228724	2287224	228724	2287224	228724	2287224	228724	2287224	228724
M_t (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
T_{cr} (kg/cm²)			4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423	4423
T_c (kg/cm²)			97	282	201	342	58	408	87	308	87	515	48	515
s (m)			0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
T_{max} (mm)			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
s_m (m)			0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202	0.202
T_{sm}			0.00002	0.00005	0.00004	0.00007	0.00001	0.00008	0.00002	0.00006	0.00002	0.00010	0.00001	0.00010

cortante de cálculo V_d (t/m)	6.7		6.7				6.2		6.2		
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.0		150.0				150.0		150.0		
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple		
A_{sr} (cm²/m)	5.2		5.2				5.2		5.2		
T_c = As / bd	0.0021		0.0021				0.0021		0.0021		
T = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90		
f_{cv} (N/mm²)= 0,12 T (100 T_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.42		0.42		
f_{cv} (t/m²)	43.3		43.3				43.3		43.3		
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.6		10.6				10.6		10.6		
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras	no		no				no		no		
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras											
f_{cv}* (t/m²)= 0,10 T (100 T_L f_{ck})$^{1/3}$											
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd											
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}											
$A_{s\,90°}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	0.0		0.0				0.0		0.0		
diámetro de los estribos (mm)											
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
A_s dispuesta (cm²/m²)	0.0		0.0				0.0		0.0		



Armaduras cara exterior

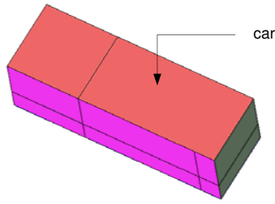
Armaduras cara interior

Armaduras de cortante

momentos (KNm/m)		
M1yd	20	-2
M1ys	5	-1
M2yd	20	-2
M2ys	5	-1
M5yd	1	-11
M5ys	0	-3
M3xd	21	-3
M3xs	3	-1
M4xd	21	-3
M4xs	4	-2
M5xd	1	-12
M5xs	1	-3

cortantes (KN/m)	
V1yd	61
V2yd	61
V3xd	66
V4xd	66

Esfuerzos de cálculo y de servicio



ARMADURAS - ESTACION DE BOMBEO - FORJADO SUPERIOR

Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb		Φ_c	1.50
Acero B500SD		Φ_s	1.15
E_c (kg/cm^2)	291600	$n = E_s/E_c$	7.20

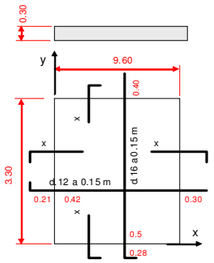
	kg/cm^2	N/mm^2
f_{ck} (kg/cm^2)	306	30
f_{yk} (kg/cm^2)	5102	500

f_{sd} (kg/cm^2)	204
f_{cd} (kg/cm^2)	4437
f_{ptotu} (kg/cm^2)	4082

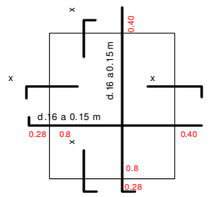
recubrimiento (mm)		50
ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
	caras interiores	0.1

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			3.6	7.3	3.5	0.4	6.0	0.5	9.3	1.8	9.3	1.4	8.2	1.4
momento de servicio M_s (tm/m)			1.6	3.4	1.4	0.0	2.8	0.1	4.5	1.0	4.5	0.0	3.4	0.0
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.24	0.25	0.25	0.24	0.25	0.24	0.25	0.24	0.25	0.24	0.25
U_k (t/m)			500.0	498.0	500.0	500.0	493.9	500.0	493.9	500.0	493.9	500.0	493.9	500.0
armadura necesaria $A_{s\,nec}$ (cm^2/m)			3.4	7.0	3.3	0.3	5.7	0.5	9.0	1.7	9.0	1.3	7.9	1.3
armadura mínima. $A_{s\,min}$ (cm^2/m)			4.0		3.9	0.5		0.7		2.2		1.8		1.8
cuantía geométrica mín. $A_{s\,geo\,min}$ (cm^2/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm^2/m)			4.8	7.0	4.8	4.8	5.7	4.8	9.0	4.8	9.0	4.8	7.9	4.8
armadura dispuesta	armadura base	Φ(mm)	10	12	10	10	16	10	16	10	16	10	16	10
		s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	refuerzos	Φ(mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	Asr (cm^2/m)		5.2	7.5	5.2	5.2	13.4	5.2	13.4	5.2	13.4	5.2	13.4	5.2
ancho de fisura w_k (mm)			0.10	0.14	0.09	0.00	0.06	0.01	0.12	0.07	0.12	0.00	0.07	0.00
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_c (m^2)			0.3038	0.3054	0.3038	0.3038	0.3097	0.3038	0.3097	0.3038	0.3097	0.3038	0.3097	0.3038
y_{gb} (m)			0.149	0.148	0.149	0.149	0.147	0.149	0.147	0.149	0.147	0.149	0.147	0.149
I_b (cm^4)			228724	230333	228724	228724	234352	228724	234352	228724	234352	228724	234352	228724
M_f (tm/m)			4.54	4.59	4.54	4.54	4.71	4.54	4.71	4.54	4.71	4.54	4.71	4.54
Φ_{L1} (kg/cm^2)			4423	3117	4423	4423	1815	4423	1815	4423	1815	4423	1815	4423
Φ_L (kg/cm^2)			1587	2325	1380	0	1066	100	1753	1000	1753	42	1292	42
s (m)			0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Φ_{max} (mm)			10	12	10	10	16	10	16	10	16	10	16	10
s_m (m)			0.202	0.190	0.202	0.202	0.175	0.202	0.175	0.202	0.175	0.202	0.175	0.202
Φ_m			0.00030	0.00044	0.00026	0.00005	0.00020	0.00002	0.00039	0.00019	0.00039	0.00001	0.00025	0.00001

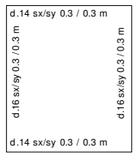
cortante de cálculo V_d (t/m)	25.4		25.4				24.6		24.6			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.0		150.0				148.2		148.2			
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple			
A_w (cm^2/m)	5.2		5.2				13.4		13.4			
Φ_t = As / bd	0.0021		0.0021				0.0055		0.0055			
Φ_m= 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.91		1.91			
t_{cv} (N/mm^2)= 0,12Φ(100·Φ$_t$·f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.58		0.58			
t_{cv} (t/m^2)	43.3		43.3				59.7		59.7			
V_{u2} (t/m) = t_{cv} bd	10.6		10.6				14.4		14.4			
V_d < V_{u2} ; no requiere armaduras												
V_d > V_{u2} ; requiere armaduras	si		si				si		si			
t_{cv}* (t/m^2)= 0,10Φ(100·Φ$_t$·f_{ck})$^{1/3}$	36.1		36.1				49.7		49.7			
V_{cu} (t/m) = t_{cv}* bd	8.8		8.8				12.0		12.0			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	16.6		16.6				12.5		12.5			
$A_{s\,90°}$ (cm^2/m^2) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	18.4		18.4				14.1		14.1			
diámetro de los estribos (mm)	16		16				14		14			
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
A_s dispuesta (cm^2/m^2)	22.3		22.3				17.1		17.1			



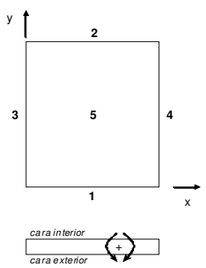
Armaduras cara exterior



Armaduras cara interior



Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	14	-91
M1ys	0	-45
M2yd	14	-91
M2ys	0	-45
M5yd	80	-17
M5ys	33	-10
M3xd	4	-36
M3xs	0	-16
M4xd	5	-34
M4xs	1	-14
M5xd	58	-72
M5xs	27	-34

cortantes (KN/m)	
V1yd	241
V2yd	241
V3xd	249
V4xd	249

Esfuerzos de cálculo y de servicio

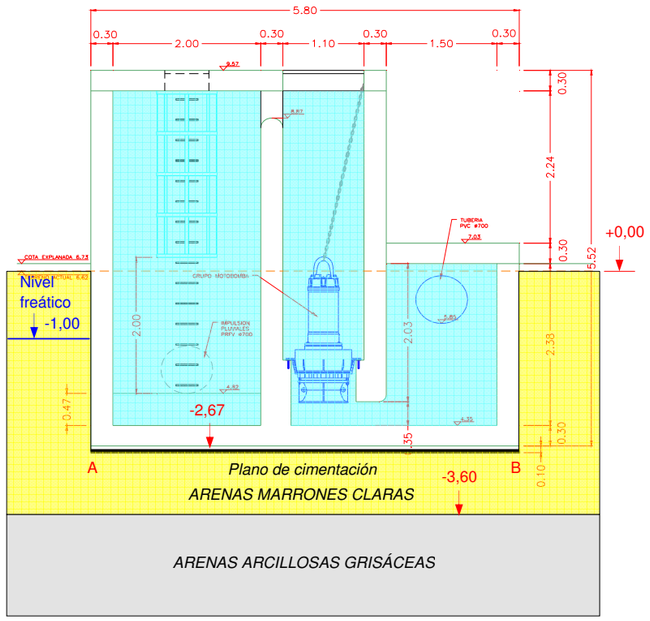
II - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES

II - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES

1) CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN

1.1) ESTUDIO DE UNA CIMENTACIÓN DIRECTA

A continuación se estudia la viabilidad de una cimentación directa de la estación sobre el nivel 2 de arenas marrones claras, con las mismas hipótesis del apartado I-2.1 (techo del nivel de arenas arcillosas grisáceas a 3,6 m de profundidad, nivel freático a 1,0 m de profundidad).



La presión total sobre el plano de cimentación [AB] se calcula en la tabla siguiente.

ELEMENTO	A (m)	B (m)	H (m)	V (m^3)	P (t)
arqueta de bombeo	4.00	3.30	5.52	72.9	182.2
	-3.40	2.70	4.92	-45.2	-112.9
solera depósito de salida (hormigón en masa)	2.70	2.00	0.47	2.5	5.8
muro divisorio 1	2.70	0.41	0.96	1.1	2.7
	2.70	0.30	3.56	2.9	7.2
muro divisorio 2	2.70	0.11	0.61	0.2	0.5
	-2.70	0.30	0.35	-0.3	-0.7
muro divisorio 3	1.10	0.30	4.57	1.5	3.8
arqueta de entrada	3.30	1.80	2.98	17.7	44.3
	-2.70	1.50	2.38	-9.6	-24.1
hormigón de limpieza	5.80	3.30	0.10	1.9	4.4
agua interior	2.70	1.50	2.38	9.6	9.6
	2.70	0.41	0.35	0.4	0.4
	2.70	0.88	0.96	2.3	2.3
	2.40	1.10	3.96	10.5	10.5
	2.70	2.00	4.45	24.0	24.0
presión total de cimentación p_1 sobre la base [AB] (t/m^2) - arqueta llena					8.3
presión total de cimentación p_2 sobre la base [AB] (t/m^2) - arqueta vacía					5.9

La presión efectiva natural σ'_0 (anterior a la construcción de la arqueta) sobre el mismo plano [AB] es:

$\sigma'_0 = 1{,}00 \cdot 1{,}8\ t/m^3$ *(nivel 2 emergido)* $+ 1{,}67 \cdot 0{,}8\ t/m^3$ *(nivel 2 sumergido)* $= 3{,}1\ t/m^2$

La presión de cimentación $p_2 = 5{,}9\ t/m^2$ es mayor que la presión efectiva natural $\sigma'_0 = 3{,}1\ t/m^2$ por lo que la cimentación directa de la obra producirá asientos de consolidación en el nivel 3 de arenas arcillosas grisáceas.

Para obtener un orden de magnitud de dichos asientos se puede atribuir a las arenas arcillosas del nivel 3 un índice de poros inicial $e_0 = 1{,}0$ y un índice de compresión $c_c = 0{,}5$ (ver apartado I-2.1).

Tomando, del lado de la seguridad, una potencia del nivel igual a 2,1 (media) + 0,4 (desviación) = 2,5 m la presión natural en el centro de este estrato, a 4,85 m de profundidad, es:

$\sigma'_1 = 1{,}00 \cdot 1{,}8\ t/m^3$ *(nivel 2 emergido)* $+ 2{,}60 \cdot 0{,}8\ t/m^3$ *(nivel 2 sumergido)* $+ 1{,}25 \cdot 0{,}7\ t/m^3$ *(nivel 3 sumergido)* $= 4{,}8\ t/m^2$

La presión en el mismo punto una vez cimentada la arqueta es:

$$\sigma'_2 = 5{,}9 \text{ t/m}^2 \textit{ (presión de cimentación)} + 0{,}93 \,.\, 0{,}8 \text{ t/m}^3 \textit{ (nivel 2 sumergido)} + \\ + 1{,}25 \,.\, 0{,}7 \text{ t/m}^3 \textit{ (nivel 3 sumergido)} = 7{,}5 \text{ t/m}^2$$

El asiento s a largo plazo producido por un aumento de presión $\Delta\sigma'_v$ en el centro del estrato de valor 7,5 - 4,8 = 2,7 t/m^2 debido a las cargas permanentes de cimentación es:

$$s = (c_c \,.\, H) / (1 + e_0) \,.\, \log_{10} [1 + \Delta\sigma'_v / \sigma'_1] = \\ = 0{,}5 \,.\, 2{,}5 / 2{,}0 \,.\, \log_{10} (1 + 2{,}7 / 4{,}8) = 0{,}121 \text{ m}$$

Si se considera además la carga del relleno general de 1,0 m de espesor que está previsto ejecutar en las obras de urbanización el aumento de presión efectiva en el centro del estrato es $\Delta\sigma'_v$ = 1,00 . 2,2 t/m^3 (relleno) + 2,7 (cimentación de la arqueta) = 4,9 t/m^2, siendo entonces el asiento a largo plazo:

$$s = 0{,}5 \,.\, 2{,}5 / 2{,}0 \,.\, \log_{10} (1 + 4{,}9 / 4{,}8) = 0{,}191 \text{ m}$$

Ambos valores se deben considerar excesivos ya que podrían producir daños en las conexiones de las tuberías de entrada y salida.

Se proyecta en consecuencia, igual que para la estación de bombeo de fecales, una cimentación pilotada.

1.2) CÁLCULO DE LOS MICROPILOTES

Por las mismas razones expuestas en el apartado I-2.2 se proyecta la cimentación de la estación con micropilotes.

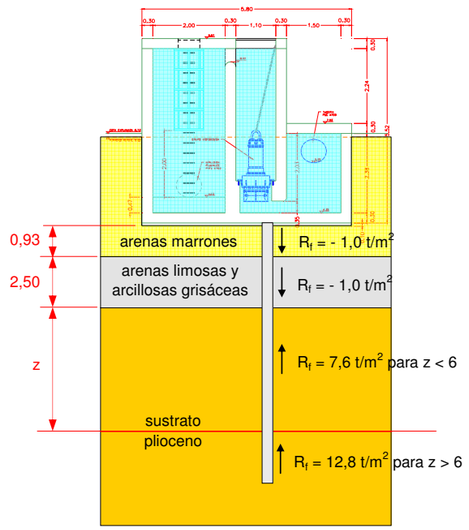
La carga de hundimiento Q_h de un micropilote de longitud L perforado en un terreno homogéneo se calcula con la fórmula de Bustamante, basada en el ensayo de numerosos micropilotes y anclajes:

$$Q_h = \pi \,.\, D_e \,.\, L \,.\, R_f$$

, donde D_e es el diámetro eficaz, igual al diámetro nominal de la perforación D_p multiplicado por un coeficiente de valor 1,15 para arenas finas o arenas limosas, y R_f es la resistencia unitaria por el fuste.

Los valores de la resistencia unitaria por el fuste R_f se obtienen en el ábaco adjunto en función del tipo de inyección y del índice NSPT.

La columna estratigráfica para el cálculo de los micropilotes es la establecida en el apartado I-1 anterior y representada en la figura siguiente.



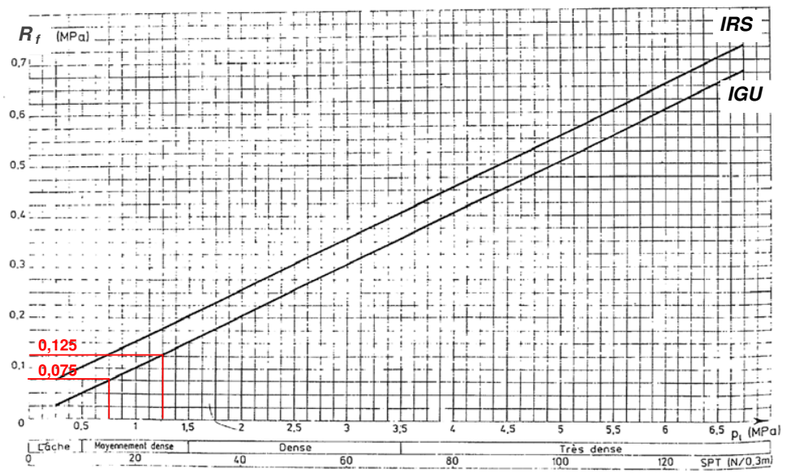
En los niveles de arenas marrones claras y arenas arcillosas grisáceas se toma una resistencia por el fuste negativa de -1 t/m^2 teniendo en cuenta la posible aparición de rozamiento negativo por la consolidación ya mencionada del segundo nivel.

Los golpeos de los ensayos SPT realizados en los 5 sondeos se estudiaron en el apartado I-2.2, adoptando NSPT = 15 entre 6 y 12 m de profundidad y NSPT = 25 para profundidades superiores a 12 m.

Para inyección del tipo IGU y un índice NSPT = 15 se obtiene en el ábaco una resistencia unitaria por el fuste R_f = 7,6 t/m^2 y para NSPT = 25 resulta R_f = 12,8 t/m^2.

La carga de hundimiento de un micropilote de profundidad L ejecutado con inyección IGU se escribe entonces:

$$Q_h\,(t) \cong \pi \,.\, D_p \,.\, 1{,}15 \,.\, [\, -1{,}0 \,.\, 3{,}43 + 7{,}6 \,.\, 6{,}0 + 12{,}8 \,.\, (L - 9{,}43)\,] =$$
$$= D_p \,.\, (46{,}24 \,.\, L - 283{,}73)$$



Ábaco de Bustamante para la determinación de la resistencia unitaria por el fuste en suelos granulares

El coeficiente de seguridad propuesto por Bustamante es 2,0, siendo por tanto la carga admisible Q_a:

$$Q_a\,(t) = Q_h / 2{,}0 = D_p \,.\, (23{,}12 \,.\, L - 141{,}87)$$

La carga admisible de diferentes micropilotes de 15 m de profundidad se indica en la tabla siguiente.

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
carga admisible Q_a (t)	23.4	41.0	51.2	61.5

Como el peso total de la estación llena de agua es igual a 159,8 t, para resistir las cargas verticales son necesarios por tanto 4 micropilotes ϕ 250 mm de 15 m de profundidad.

Por otra parte la estructura se comporta, frente a los desplazamientos sísmicos horizontales, como una masa rígida donde se empotran las cabezas de los micropilotes.

Según Oteo (Jiménez Salas - Tomo III) un pilote alojado en suelos granulares con su extremo superior articulado se comporta frente a los esfuerzos horizontales como una ménsula cuya longitud equivalente L' es:

$$L' = 1{,}2 \,.\, f \,.\, (3 \,.\, E_p \,.\, I_p / E_L)^{1/4}$$
$$f = 1{,}70 \text{ si } E_0 / E_L = 0 \;;\; f = 1{,}25 \text{ si } E_0 / E_L = 0{,}5 \;;\; f = 1{,}00 \text{ si } E_0 / E_L = 1{,}0$$

En estas expresiones E_p es el módulo de elasticidad del pilote, I_p su inercia, E_0 el módulo de deformación del suelo en la superficie del terreno y E_L la misma variable en la punta del pilote.

Para el caso en estudio se suponen ineficaces frente a los movimientos horizontales los dos niveles superficiales de arenas marrones claras y de arenas arcillosas grisáceas. Para el sustrato plioceno se adoptan los mismos valores del apartado I-2.2, con los que se obtienen las longitudes equivalentes L' que figuran en la tabla siguiente.

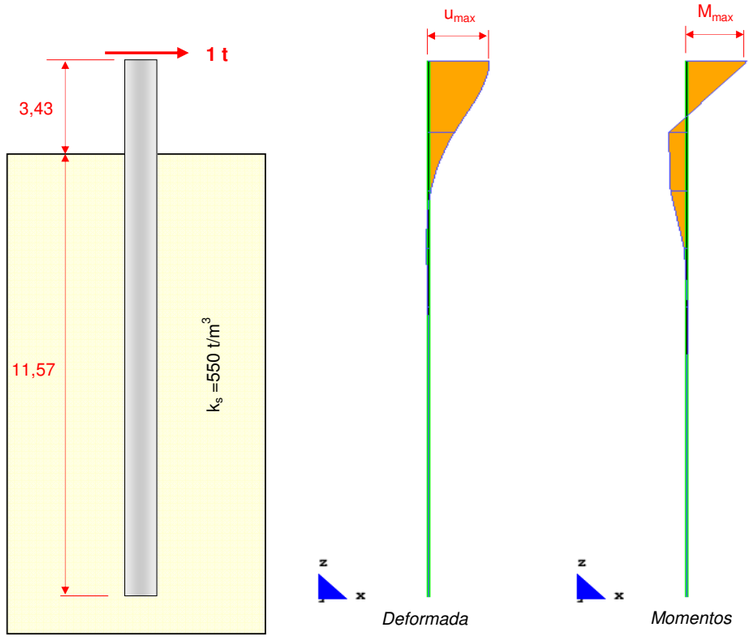
$$E_0 \approx 1000 \text{ t/m}^2 \;\;;\;\; E_L \approx 2000 \text{ t/m}^2 \;\;;\;\; E_0 / E_L \approx 0{,}5$$
$$L' = 1{,}2 \,.\, 1{,}25 \,.\, (3 \,.\, E_p \,.\, I_p / 2000)^{1/4}$$

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
f_{ck} (N/mm^2)	30			
E_p (N/mm^2)	28 577			
E_p (t/m^2)	2.92E+06			
L' (m)	0.7	1.1	1.4	1.7
$(3 \,.\, E_p \,.\, I_p) / L'^3$ (t/m)	258.6	453.7	567.1	680.5

Se puede comprobar que se obtienen resultados parecidos si se suponen los movimientos horizontales del pilote coartados por un balasto uniforme de valor $k_s \approx 550$ t/m^3.

El modelo de cálculo para los movimientos horizontales de los micropilotes es entonces el que se representa en la figura siguiente, donde los dos niveles superficiales de arenas marrones claras y de arenas arcillosas grisáceas son ineficaces y el sustrato plioceno se comporta como un balasto de constante $k_s = 550$ t/m^3.

En los correspondientes modelos de elementos finitos se obtiene, para los diferentes tipos de micropilote:



diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
u_{max} (mm)	232.7	35.5	17.8	10.4
M_{max} (tm)	2.03	2.28	2.42	2.56

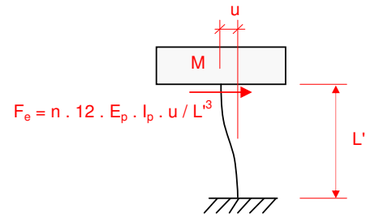
La longitud L' de la viga biempotrada equivalente al micropilote es:

$$L' = (12 \cdot E_p \cdot I_p \cdot u_{max})^{1/3}$$

donde E_p es el módulo de elasticidad del pilote e I_p su inercia.

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
f_{ck} (N/mm^2)	30			
E_p (N/mm^2)	2.86E+04			
E_p (t/m^2)	2.92E+06			
L' (m)	4.07	4.60	4.92	5.25

El esquema de cálculo para los movimientos sísmicos de la obra es el representado en la figura siguiente:



El periodo fundamental del sistema es:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot [M \cdot L'^3 / (12 \cdot n \cdot E_p \cdot I_p)]^{1/2}$$

donde M = 159800 kg es la masa de la estructura en servicio y n el número de micropilotes. Con ello se obtiene:

diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
número de micropilotes n	10	8	6	4
T (s)	3.87	1.69	1.38	1.29

Los parámetros sísmicos de cálculo según NCSR-02, son los siguientes:

a_b = aceleración básica = 0,06 g
coeficiente K = 1,3
importancia de la obra: normal ; ρ = 1,0
coeficiente de suelo C = 1,5 (s/ informe geotécnico)
coeficiente de amplificación S = 1,5 / 1,25 = 1,2
a_c = aceleración de cálculo = 1,2 . 1,0 . 0,06 g = 0,072 g
$T_A = 1,3 \cdot 1,5 / 10 = 0,20$ s
$T_B = 1,3 \cdot 1,5 / 2,5 = 0,78$ s

La fuerza sísmica horizontal equivalente sobre cada micropilote es:

$$F_e = \alpha(T) \cdot a_c \cdot M / n$$
$$\alpha(T) = 1 + 1,5 \cdot T / T_A \quad si \quad T < T_A$$
$$\alpha(T) = 2,5 \quad si \quad T_A \leq T < T_B$$
$$\alpha(T) = K \cdot C / T \quad si \quad T_B \leq T$$

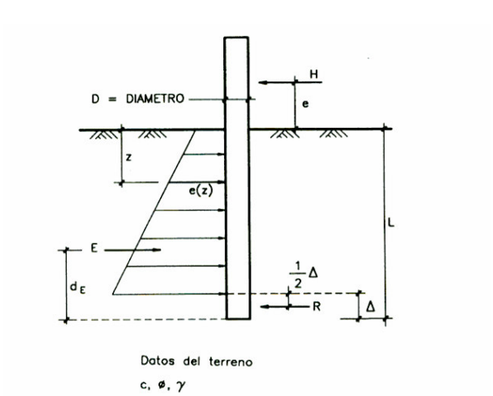
diámetro D_p (mm)	114	200	250	300
$\alpha(T)$	0.50	1.15	1.41	1.51
F_e (t)	0.58	1.66	2.71	4.34

El método de cálculo utilizado para analizar la rotura horizontal del terreno en el entorno de los pilotes es el recomendado en el apartado 3.6.8.1 de la norma ROM 05.94, que permite determinar la carga de rotura H de acuerdo con el esquema que se indica en la figura siguiente.

El cálculo de la estabilidad horizontal de los pilotes se realiza como anteriormente suponiendo ineficaces los dos niveles superficiales de arenas marrones claras y de arenas arcillosas grisáceas y asignando un comportamiento puramente granular al sustrato plioceno, tomando un valor medio del ángulo de rozamiento interno de 32º.

El coeficiente de seguridad frente a la rotura horizontal del terreno se toma igual a 3,0. La profundidad efectiva L de los pilotes se calcula por tanto aplicando un esfuerzo horizontal H igual a 3,0 veces la carga característica.

El esfuerzo horizontal H se debe aplicar en el punto de momento nulo del pilote, situado a la profundidad d, que se obtiene en los modelos de elementos finitos anteriores.



Datos del terreno
c, ø, γ

HIPOTESIS ADMISIBLES:

$$e(z) = (9\ c + 3\ \gamma z \frac{1 + \text{sen } \phi}{1 - \text{sen } \phi}) \cdot D$$

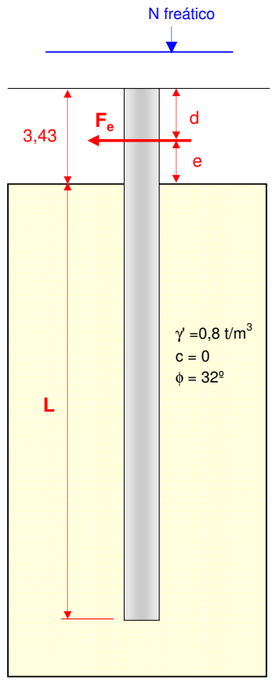
$$E = \int_0^{L-\Delta} e(z) \cdot dz$$

$$\Delta = \frac{R}{e(L)}$$

CONDICIONES DE EQUILIBRIO:

$$H = E - R$$

$$H \cdot (e + L - \frac{1}{2} \Delta) = E \cdot (d_E - \frac{1}{2} \Delta)$$

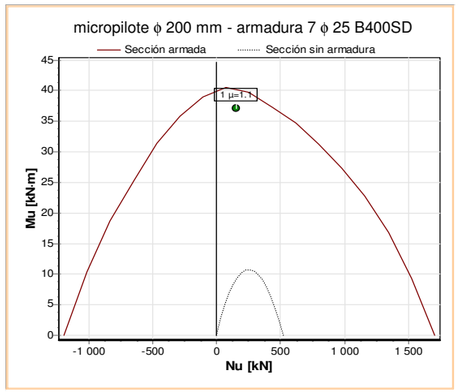


En la tabla siguiente se comprueba que las profundidades de micropilote necesarias para resistir las cargas sísmicas horizontales son menores que las necesarias para transmitir las cargas verticales.

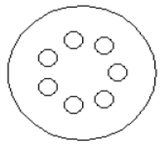
Diámetro D_p (m)	0.114	0.200	0.250	0.300
carga horizontal característica F_e (t)	0.58	1.66	2.71	4.34
d (m)	2.02	2.25	2.42	2.55
cohesión c (t/m^2)	0	0	0	0
ángulo de rozamiento interno ϕ (º)	32	32	32	32
carga horizontal característica en punta (t)	0.58	1.66	2.71	4.34
coeficiente de seguridad	3.0	3.0	3.0	3.0
carga horizontal mayorada en punta (t)	1.7	5.0	8.1	13.0
diámetro exterior del pilote (m)	0.11	0.20	0.25	0.30
excentricidad e (m)	-0.02	-0.25	-0.42	-0.55
densidad del suelo (t/m^3)	0.8	0.8	0.8	0.8
Profundidad efectiva L (m)	3.84	4.76	5.34	6.12
Longitud Δ (m)	0.74	0.90	0.99	1.13
e(0) (t/m)	0.0	0.0	0.0	0.0
e(L - Δ) (t/m)	2.8	6.0	8.5	11.7
e(L) (t/m)	3.4	7.4	10.4	14.3
E (t)	4.3	11.6	18.5	29.2
R (t)	2.5	6.7	10.3	16.2
d_E (m)	1.77	2.18	2.44	2.79
ecuación 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ecuación 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
Profundidad total del pilote (L + 3,4) (m)	7.2	8.2	8.7	9.5

Queda finalmente comprobar la resistencia estructural de los pilotes solicitados por las cargas sísmicas anteriormente calculadas, que se resumen en la tabla siguiente, donde se indican asimismo las armaduras necesarias de acuerdo con los diagramas de agotamiento adjuntos.

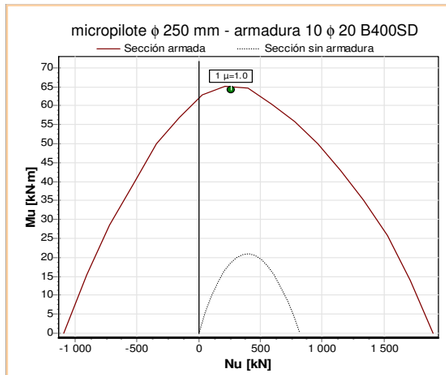
diámetro D_p (mm)			114	200	250	300
carga horizontal caract. F_e (t)			0.58	1.66	2.71	4.34
momento máximo M_d (tm)			1.18	3.78	6.55	11.10
carga vertical caract. F_v (t)			15.98	19.98	26.63	39.95
armaduras	redondos B400SD	nº	sección insuficiente	7	10	10
		ϕ (mm)		25	20	20
		cm^2		34.36	31.42	31.42
		capacidad (t)		122.0	111.5	111.5
	armadura tubular	ϕ_{ext} (mm)		114.3	139.7	168.3
		e (mm)		9.0	9.0	9.0
		tipo		TM-80	TM-70	TM-70
		f_{yk} (N/mm^2)		550	400	400
		cm^2		29.77	36.95	45.04
necesarias		capacidad (t)		133.7	120.7	147.1



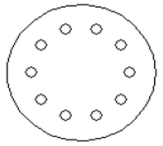
Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-400-S



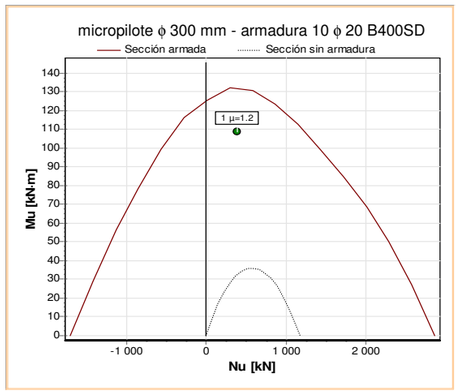
Punto	Nd [kN]	Md [kN·m]	γ
1	156.6	37.04	1.11



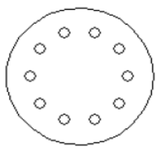
Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-400-S



Punto	Nd [kN]	Md [kN·m]	γ
1	261.0	64.2	1.03



Tipo de hormigón : HA-30
Tipo de acero : B-400-S



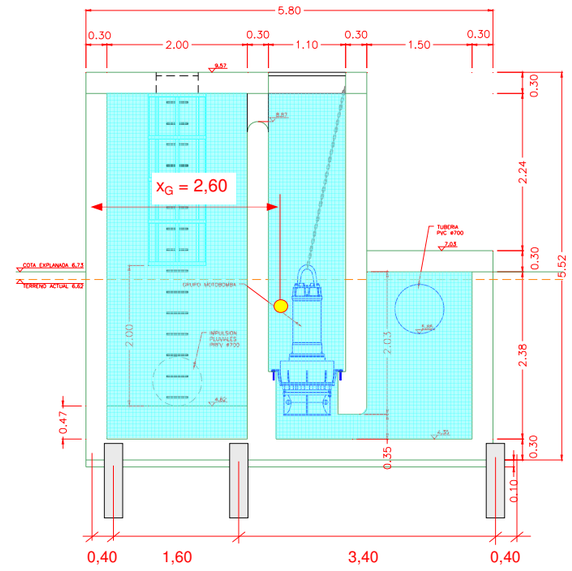
Punto	Nd [kN]	Md [kN·m]	γ
1	391.5	108.8	1.22

Para resistir las cargas sísmicas son necesarios 6 micropilotes ϕ 250 mm con armadura tubular ϕ 139,7 x 9 mm tipo TM-70 de la casa Hermagar, de acero con límite elástico f_{yk} > 400 N/mm^2.

El aumento del nº de micropilotes ϕ 250 de los 4 estrictamente necesarios para resistir las cargas verticales a los 6 necesarios para resistir las cargas sísmicas reduce la carga vertical por micropilote a 26,6 t, lo que permitiría disminuir su profundidad a 10,7 m.

No obstante, para no perder el empotramiento en el sustrato plioceno sano se mantiene la profundidad inicial de 15,0 m, adoptando como solución final de cimentación 6 micropilotes ϕ 250 mm con armadura tubular ϕ 139,7 x 9 mm tipo TM-70 de la casa Hermagar, de acero con límite elástico f_{yk} > 400 N/mm^2.

Para evitar la excentricidad de la acción sísmica los micropilotes deben tener su centro de gravedad conjunto coincidente en planta con el centro de masas de la estación en condiciones de servicio.



Disposición de pilotes

El tope estructural del micropilote se calcula con la fórmula:

$$N_{max} = 0{,}50 \cdot [\, A_c \cdot f_{ck} / \gamma_c + A_s \cdot f_{yk} / \gamma_s \,]$$

donde A_c y A_s son respectivamente las áreas de las secciones de hormigón y acero, f_{ck} y f_{yk} las resistencias características del hormigón y del acero y γ_c y γ_s los respectivos coeficientes de minoración de las resistencias.

$$N_{max} = 0{,}50 \cdot [\, 0{,}0491 \cdot 3061 / 1{,}5 + 0{,}0037 \cdot 40816 / 1{,}25 \,] = 110{,}5 \text{ t}$$

2) MATERIALES

A continuación se aplica otra vez el confuso proceso de tipificación de los hormigones de la Instrucción EHE.

Como vida útil nominal de la estructura se considera adecuado tomar 50 años, asimilando la obra a una estructura de ingeniería civil de repercusión económica baja o media.

En cuanto a la clase general y específica de exposición los diferentes elementos estructurales deberían encuadrarse en las siguientes:

- Los micropilotes de cimentación serían de clase IIa (elementos enterrados) + Qa (ataque débil del agua freática por sulfatos).
- Las soleras y muros enterrados, atendiendo a sus paramentos exteriores serían igualmente de clase IIa + Qa.
- Los forjados y muros no enterrados, atendiendo a sus paramentos exteriores, serían de clase IIIa (elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera). Atendiendo a sus paramentos interiores, serían de clase IIa (elementos sumergidos o interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones).

En los presentes cálculos se adopta del lado de la seguridad, para todos los elementos (micropilotes, losas, muros y forjados) el tipo de hormigón HA30-B/15/IIa+Qa.

El recubrimiento nominal adoptado es 55 mm para los micropilotes y 50 mm para los demás elementos, con un margen de recubrimiento de 5 mm. Las armaduras pasivas son del tipo AP 500 SD.

El ancho de fisura adoptado en el cálculo, de acuerdo con la instrucción EHE, es igual a 0,2 mm para los paramentos exteriores y 0,3 mm para los interiores.

El control de la ejecución debe ser intenso, quedando definidos todos estos parámetros en el cuadro de materiales adjunto.

CUADRO DE MATERIALES

ELEMENTO		MICRO PILOTES	LOSAS, MUROS Y FORJADOS
VIDA ÚTIL (años)		50	
CONTROL DE LA EJECUCIÓN		intenso	
DESIGNACIÓN DEL HORMIGÓN		HA-30/B/15/IIa+Qa	
PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN EN EL ENSAYO DE IMPERMEABILIDAD (mm)	MÁX.	50	
	MEDIA	30	
TIPOS DE CEMENTO UTILIZABLES		CEM I con adición de microsílice superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D, CEM III, CEM IV	
CARACT. ADICIONALES DEL CEMENTO		SR y MR	
MÁX. RELACIÓN AGUA / CEMENTO		0.5	
MÍN. CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m^3)		325	
ARMADURAS PASIVAS		AP 500 SD	
RECUBRIMIENTO	NOMINAL (mm)	55	50
	MARGEN (mm)	5	5
ABERTURA DE FISURA (mm)	paramentos exteriores	0.2	0.2
	paramentos interiores		0.3
PARA ACCIONES		cuasipermanentes	
ACCIONES		CTE - DB-SE-AE	
COEFICIENTES DE SEGURIDAD	MATERIALES γ_c, γ_s	art. 15.3 EHE-08	
	ACCIONES γ_F	art. 12 EHE-08	
COEFICIENTES DE COMBINACIÓN Ψ		CTE - DB-SE	

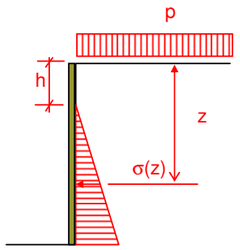
3) ACCIONES

Las acciones consideradas, además del peso propio de los elementos estructurales, incorporado de forma automática en el programa de cálculo, son las siguientes.

3.1) EMPUJE DEL RELLENO ER

Para calcular el empuje del terreno sobre los muros enterrados se considera el empuje al reposo del relleno y se supone actuando a una cierta distancia el tren de cargas de tráfico pesado de la instrucción IAP.

El empuje al reposo sobre una pared vertical de un suelo de densidad γ cohesión c y ángulo de rozamiento ϕ se obtiene a partir de las expresiones:



$\sigma(z) = 0 \quad si\ z <= h$

$\sigma(z) = k_a \cdot (\gamma \cdot z + p) - k_{ac} \quad si\ z > h$

$h = k_{ac} / (k_a \cdot \gamma) - p / \gamma$

, donde:

k_a = coeficiente de empuje = $1 - sen\phi$

$k_{ac} = 2 \cdot c \cdot k_a^{1/2}$

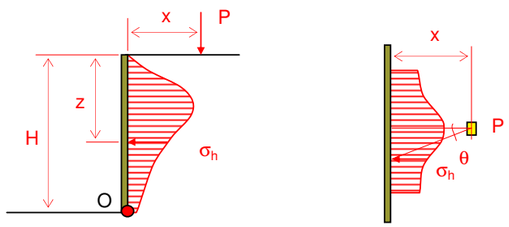
Como parámetros característicos del relleno se toma una cohesión nula, un ángulo de rozamiento $\phi = 30º$ y una densidad saturada $\gamma = 2{,}0$ t/m^3, con lo que se obtiene:

$$\sigma(z) = z$$

Para calcular las presiones adicionales debidas al tren de cargas de la instrucción IAP, formado por un vehículo pesado de 600 KN y una sobrecarga uniforme de 4 KN/m^2, se utilizan las fórmulas siguientes:

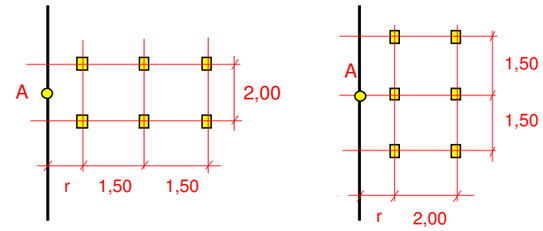
si x/H <= 0,4 ; $\sigma_h = (P / H^2) \cdot 0{,}28 \cdot (z / H)^2 / [\ 0{,}16 + (z / H)^2\ ]^3 \cdot \cos^2(1{,}1 \cdot \theta)$

si x/H > 0,4 ; $\sigma_h = (P / H^2) \cdot 1{,}77 \cdot (x / H)^2 \cdot (z / H)^2 / [\ (x / H)^2 + (z / H)^2\ ]^3 \cdot \cos^2(1{,}1 \cdot \theta)$



SECCIÓN **PLANTA**

La carga del vehículo pesado se sitúa, para cada una de las dos posiciones indicadas en la figura siguiente, a diferentes distancias del muro, eligiendo como más desfavorable la que produce mayor momento de vuelco en su pie.

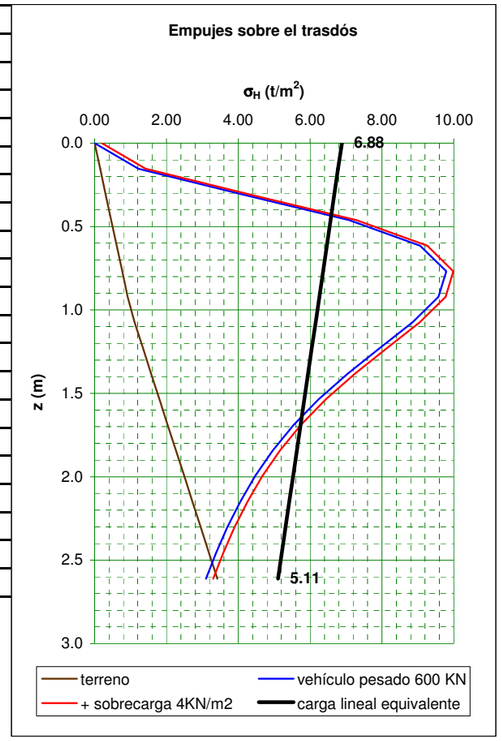


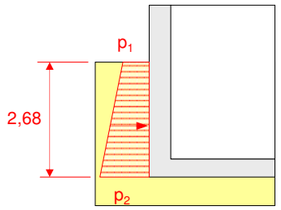
posición 1 *posición 2*

Una vez obtenida la ley de presiones totales sobre el trasdós se calcula la ley lineal equivalente como aquella que tiene la misma resultante y centro de gravedad.

Los resultados obtenidos se indican en las tablas y figuras adjuntas.

prof. z	Presiones en trasdós (t/m^2)			
	del	cargas de tráfico		
(m)	terreno	600 KN	4 KN/m^2	total
0.00	0.00	0.00	0.20	0.20
0.15	0.15	1.22	0.20	1.42
0.31	0.31	4.10	0.20	4.30
0.46	0.46	7.09	0.20	7.29
0.61	0.61	9.06	0.20	9.26
0.77	0.77	9.79	0.20	9.99
0.92	0.92	9.57	0.20	9.77
1.08	1.11	8.85	0.20	9.05
1.23	1.34	7.94	0.20	8.14
1.38	1.57	7.04	0.20	7.24
1.54	1.80	6.23	0.20	6.43
1.69	2.03	5.54	0.20	5.74
1.84	2.26	4.96	0.20	5.16
2.00	2.50	4.47	0.20	4.67
2.15	2.73	4.05	0.20	4.25
2.30	2.96	3.69	0.20	3.89
2.46	3.19	3.38	0.20	3.58
2.61	3.42	3.10	0.20	3.30

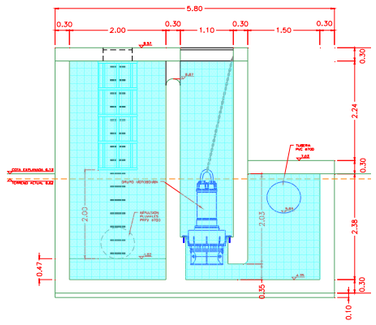




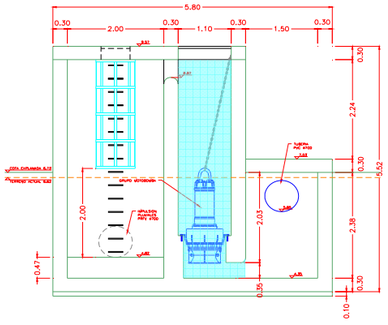
presiones lineales equivalentes al empuje del relleno		
ACCIÓN	p_1 (t/m^2)	p_2 (t/m^2)
peso propio del relleno ER1	0.00	3.42
cargas de tráfico ER2	6.88	1.69

3.2) CARGA HIDROSTÁTICA EH

La carga hidrostática interior a los aparatos se calcula asociada al nivel normal de explotación, diferenciando las dos situaciones EH1 y EH2 representadas en la figura siguiente.



empuje hidrostático EH1



empuje hidrostático EH2

3.3) SUBPRESIÓN SP

Se considera la acción de la subpresión sobre la cara inferior de la solera asociada a un nivel freático situado a 1,0 m de profundidad con respecto al terreno actual, de valor -1,7 t/m^2.

3.4) SOBRECARGA DE TRÁFICO ST

La carga de tráfico sobre el forjado superior, formada por una carga uniforme de 4 kN/m^2 y por el vehículo pesado de 600 KN de la instrucción IAP, se representa mediante una carga uniforme equivalente.

Dicha carga se define como la carga uniformemente repartida que crea los mismos momentos máximos en la placa, supuesta apoyada en todos sus bordes, que la carga de tráfico.

Para calcular la carga uniforme equivalente, se sitúa el vehículo pesado en doce diferentes posiciones desfavorables , determinando tanto los momentos Mx (flexiones según el lado mayor), como My (flexiones según el lado menor), y tomando el mayor de los dos. El cálculo de los momentos se realiza por el método de las series dobles de Fourier.

La carga equivalente obtenida por este procedimiento sobre el forjado de la arqueta de entrada es 14,2 t/m^2.

4) COMBINACIÓN DE ACCIONES

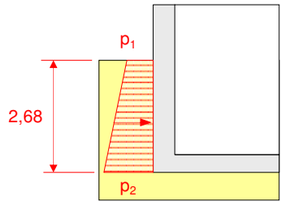
Los coeficientes de combinación de acciones utilizados en el cálculo son los que se indican en la tabla siguiente.

ACCIÓN	COEFICIENTES DE COMBINACIÓN				
	favorable	desfavorable	favorable	desfavorable	
CP	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00
ER1	0.00	1.35	0.00	1.00	1.00
ER2	0.00	1.50	0.00	0.60	1.00
EH1	0.00	1.20	0.00	1.00	1.00
EH2	0.00	1.20	0.00	1.00	0.00
SP	0.00	1.20	0.00	0.60	0.00
SC	0.00	1.50	0.00	0.60	1.00
	situaciones persistentes o transitorias		casi permanentes		características
	ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS		combinaciones		
			ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO		

CP	peso propio
ER1	empuje del relleno (peso propio del relleno)
ER2	empuje del relleno (sobrecarga de tráfico)
EH1	carga hidrostática tipo 1 (nivel normal)
EH2	carga hidrostática tipo 2 (nivel normal)
SP	subpresión
SC	sobrecarga de tráfico sobre el forjado

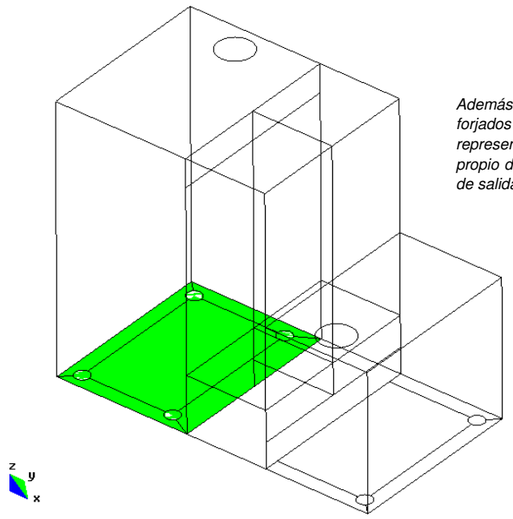
Las combinaciones persistentes se usan para calcular los esfuerzos últimos de flexión sobre los diferentes elementos estructurales, las casi permanentes para comprobar la fisuración, y las características para calcular los esfuerzos sobre los pilotes.

Las cargas equivalentes al empuje del relleno combinado ER1* = [1,35 ER1 + 1,50 ER2] y ER2* = [1,00 ER1 + 0,60 ER2] se indican en la tabla siguiente.



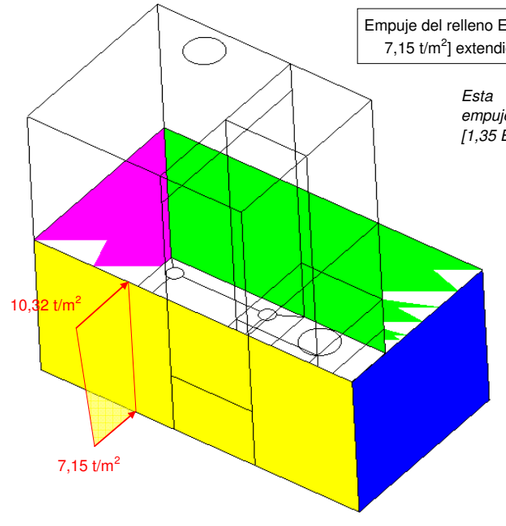
presiones lineales equivalentes al empuje total combinado del relleno (peso propio + cargas de tráfico)			
p_1 (t/m^2)	p_2 (t/m^2)	p_1 (t/m^2)	p_2 (t/m^2)
10.32	7.15	4.13	4.43
ER1* = [1,35 ER1 + 1,50 ER2]		ER2* = [1,00 ER1 + 0,60 ER2]	
COMBINACIÓN			

En las figuras siguientes se representan las acciones aisladas CP, EH, SP y SC o combinadas ER* consideradas en el cálculo.



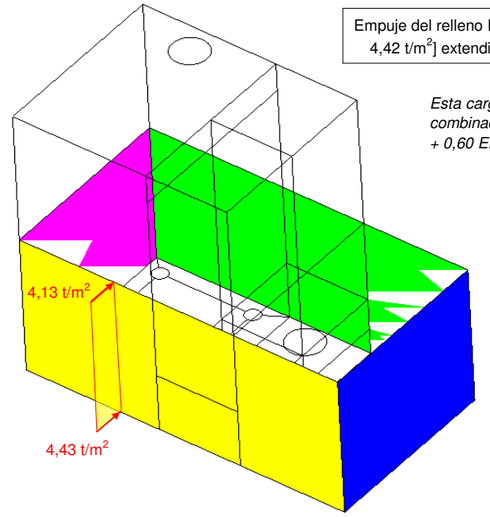
Carga permanente CP

Además del peso propio de los muros y forjados se considera la carga uniforme representada, que corresponde al peso propio del relleno de hormigón de la arqueta de salida.



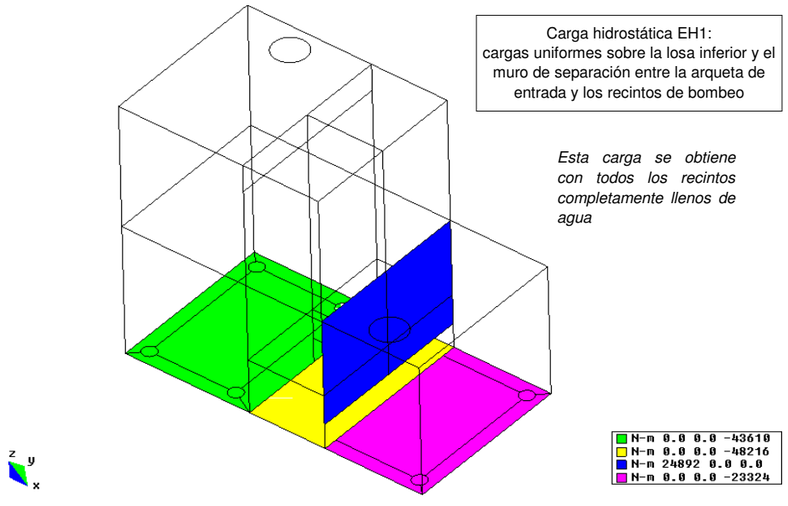
Empuje del relleno ER1* = carga trapecial [10,32 t/m^2 - 7,15 t/m^2] extendida a todos los muros exteriores

Esta carga corresponde al empuje combinado del relleno [1,35 ER1 + 1,50 ER2]



Empuje del relleno ER2* = carga trapecial [4,13 t/m^2 - 4,42 t/m^2] extendida a todos los muros exteriores

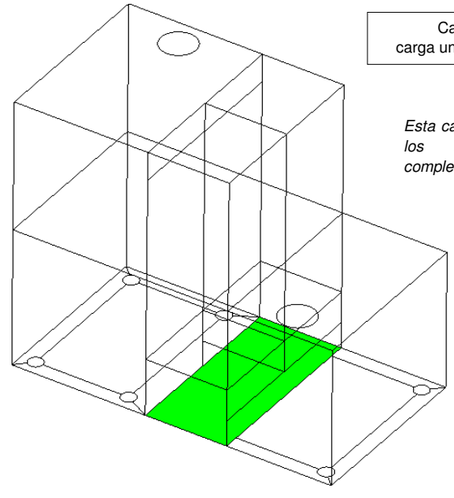
Esta carga corresponde al empuje combinado del relleno [1,00 ER1 + 0,60 ER2]



Carga hidrostática EH1:
cargas uniformes sobre la losa inferior y el muro de separación entre la arqueta de entrada y los recintos de bombeo

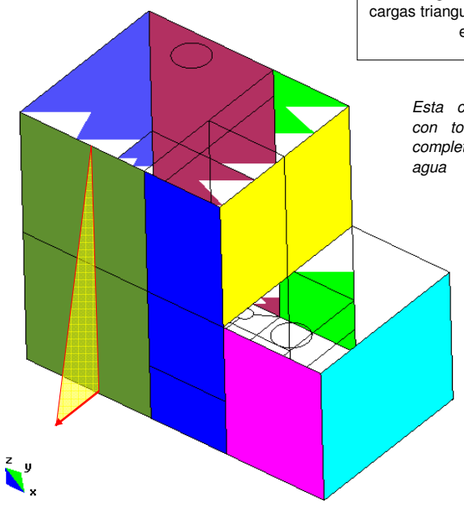
Esta carga se obtiene con todos los recintos completamente llenos de agua





Carga hidrostática EH2:
carga uniforme sobre la losa inferior

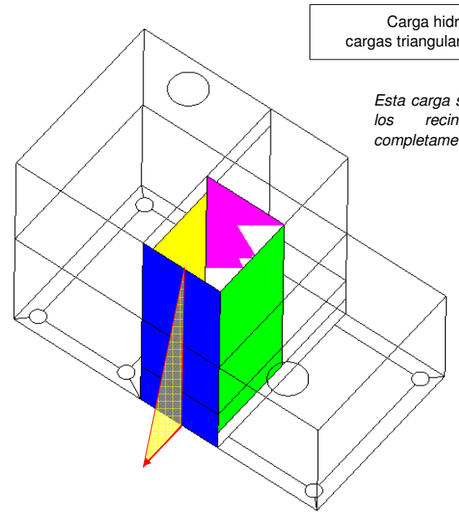
Esta carga se obtiene con uno de los recintos de bombeo completamente lleno de agua



Carga hidrostática EH1:
cargas triangulares sobre los muros exteriores

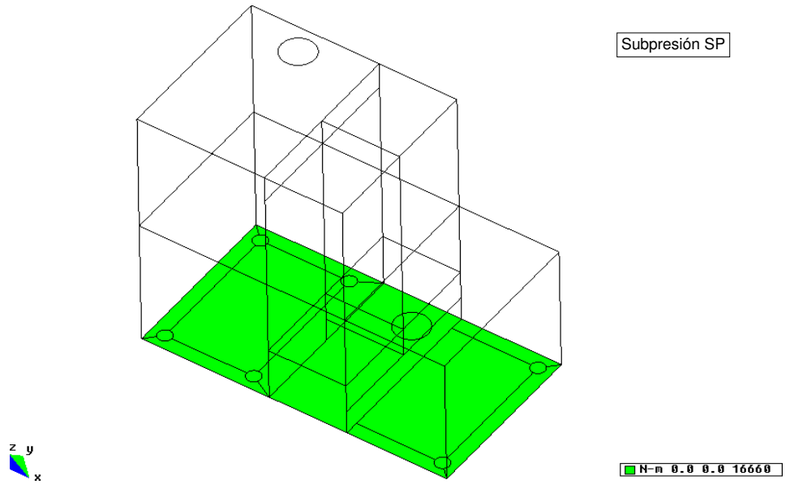
Esta carga se obtiene con todos los recintos completamente llenos de agua

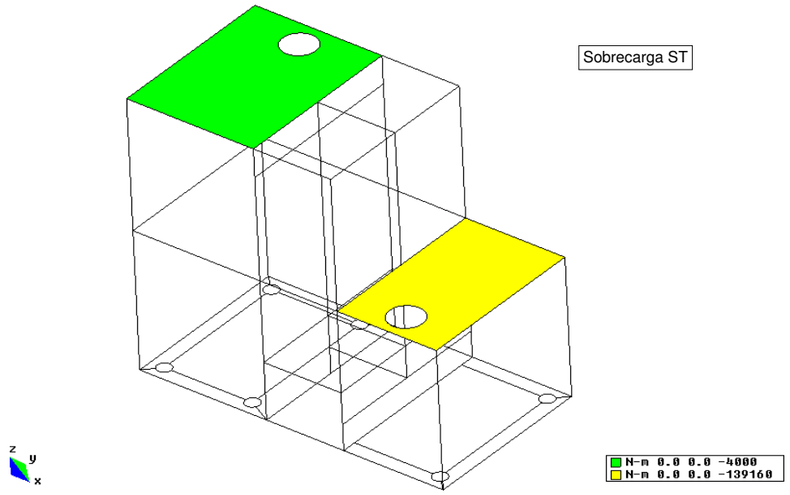




Carga hidrostática EH2:
cargas triangulares sobre los muros

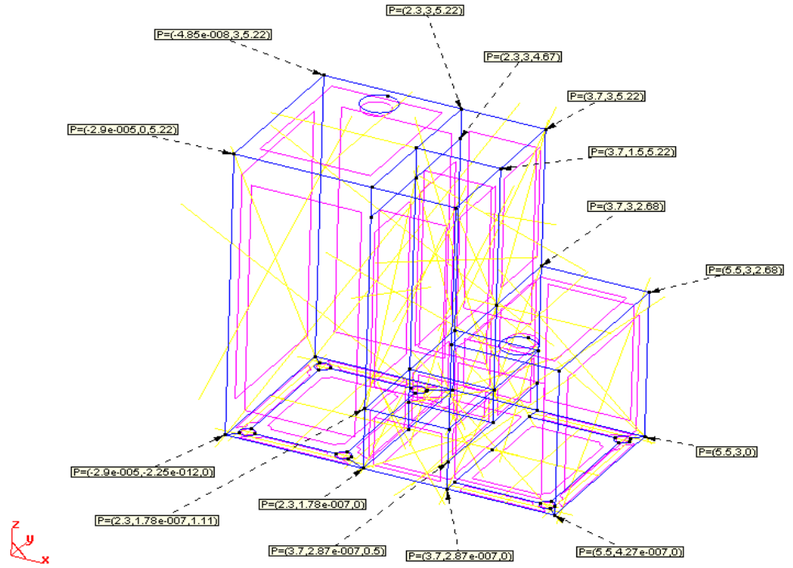
Esta carga se obtiene con uno de los recintos de bombeo completamente lleno de agua



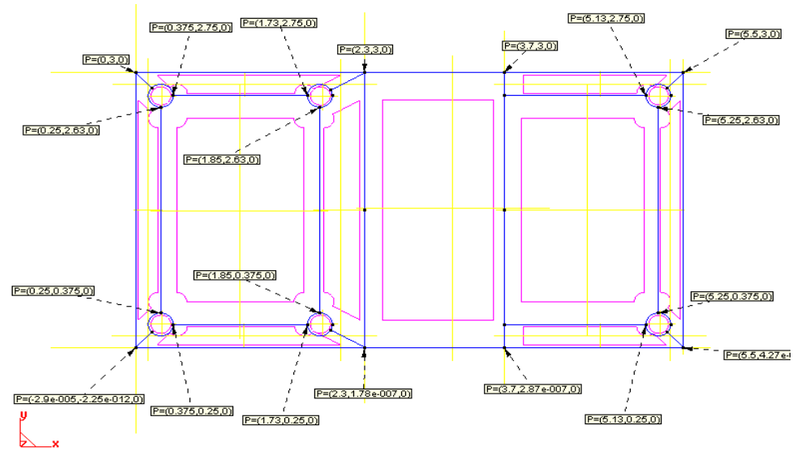


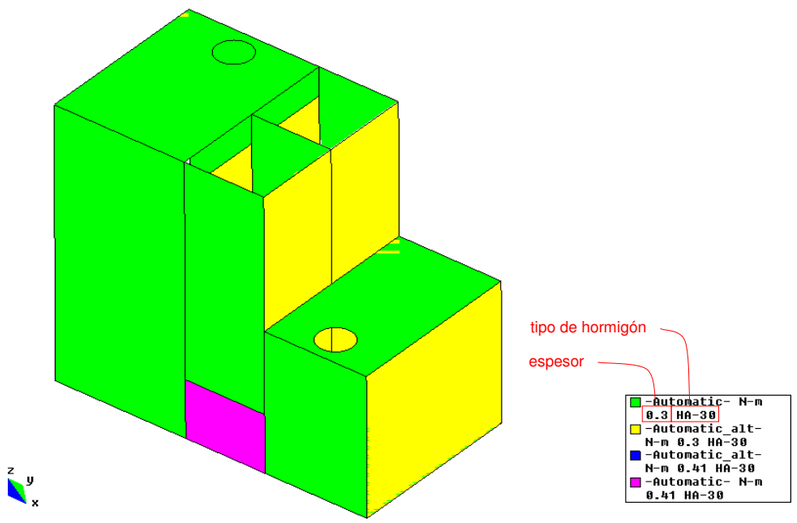
5) MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

El modelo de elementos finitos utilizado para el cálculo de la estación de bombeo se define en las figuras adjuntas.

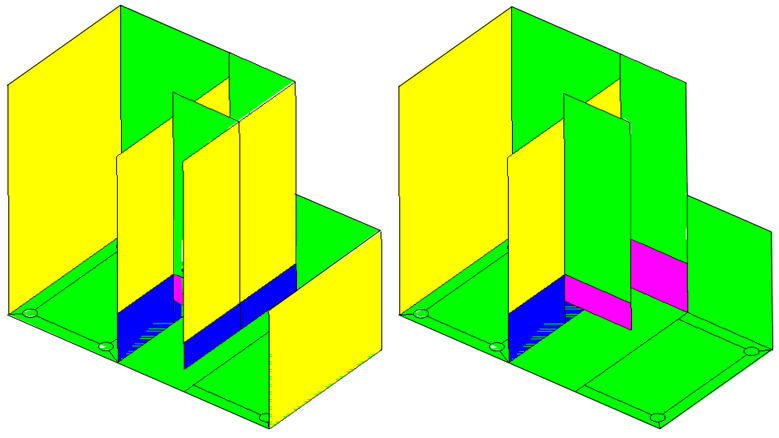


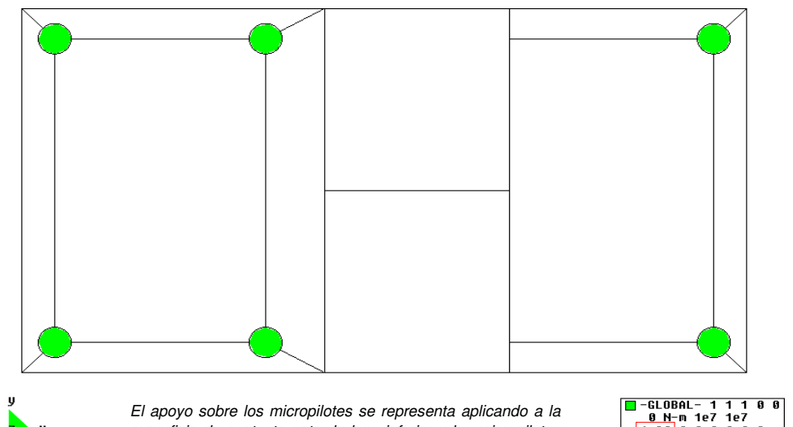
Definición geométrica





Materiales

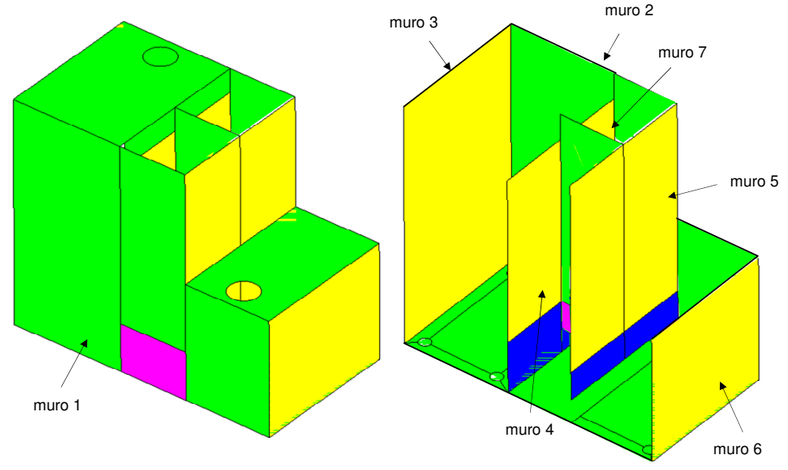




El apoyo sobre los micropilotes se representa aplicando a la superficie de contacto entre la losa inferior y los micropilotes un módulo de balasto muy elevado.

módulo de balasto kz

Condiciones de contorno

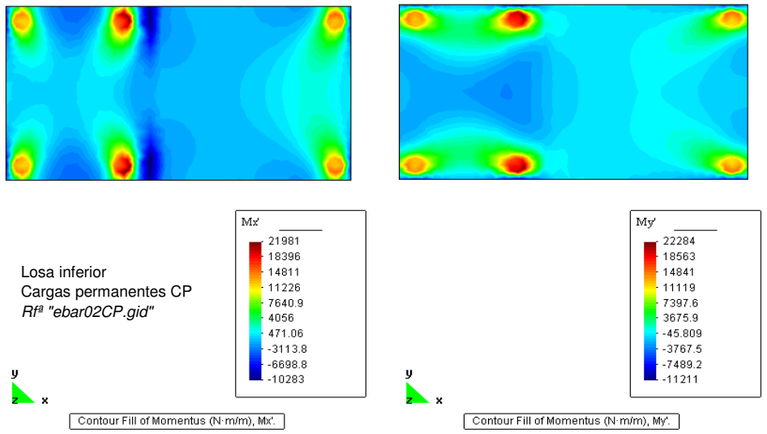


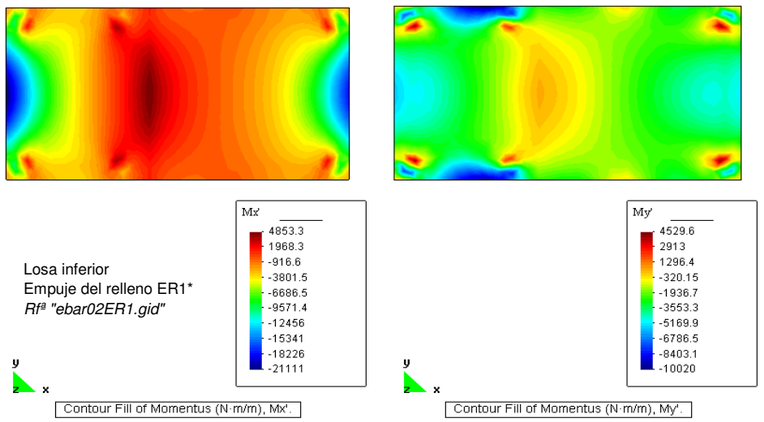
Numeración de muros

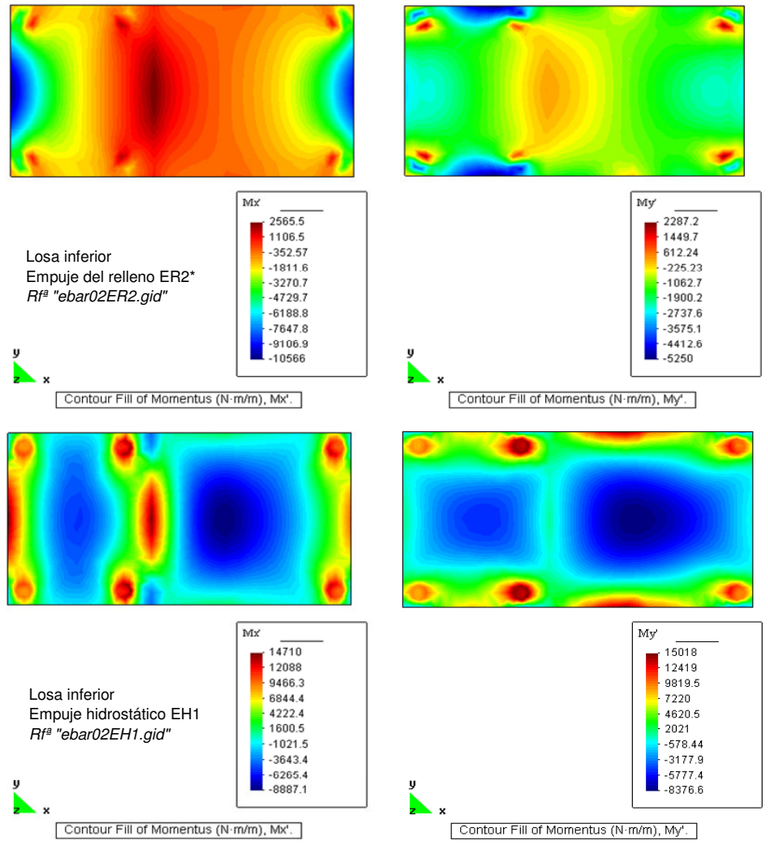
6) ESFUERZOS Y ARMADURAS

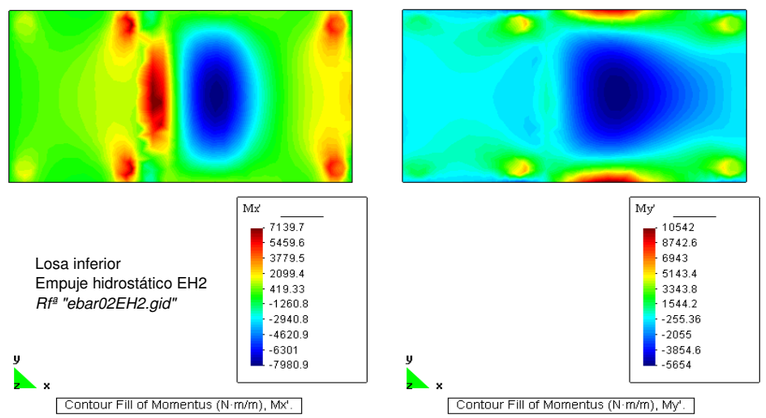
Los esfuerzos sobre las diferentes losas y muros debidos a las acciones aisladas se representan en las figuras adjuntas.

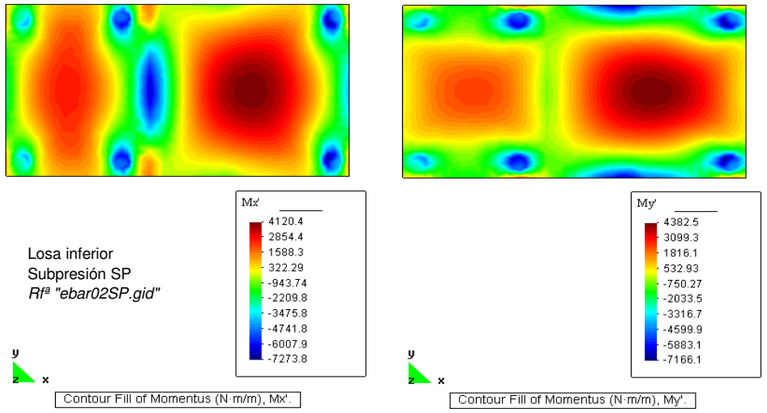
- LOSA INFERIOR



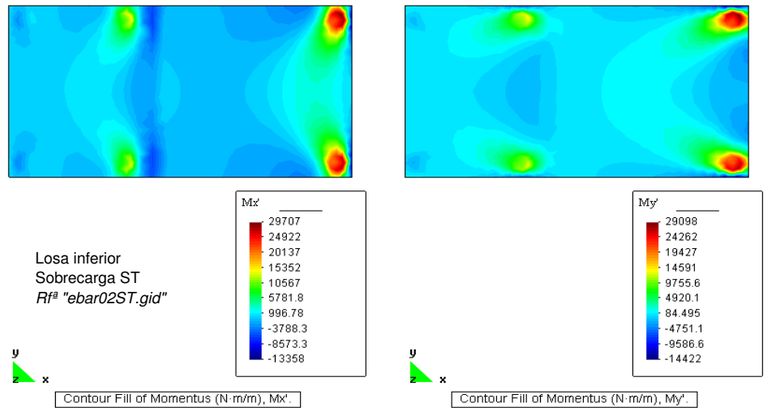




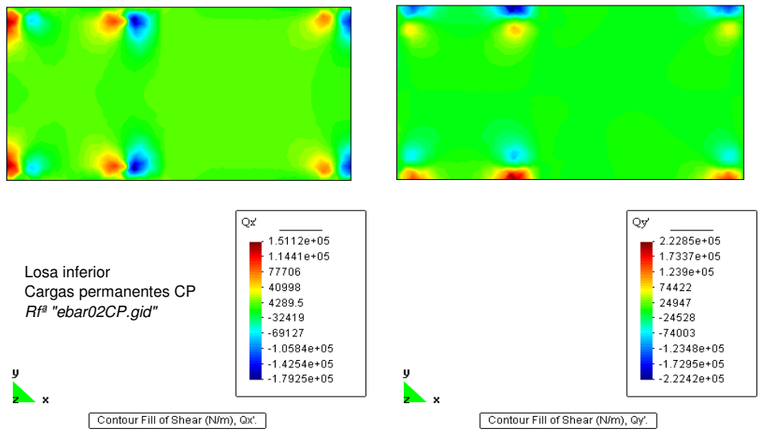




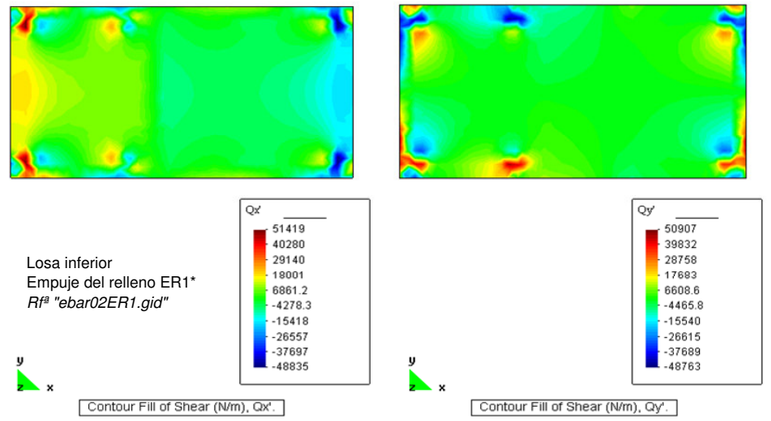
Losa inferior
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"



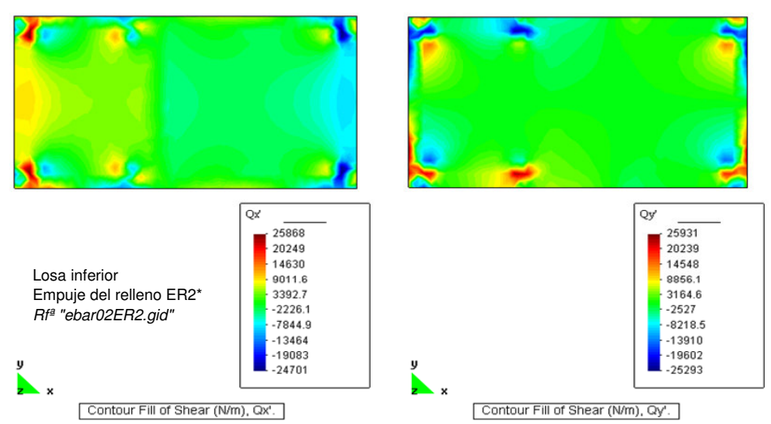
Losa inferior
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"



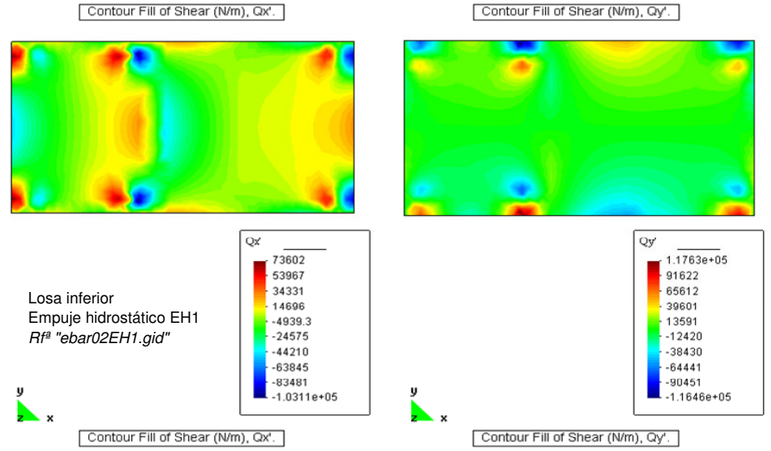
Losa inferior
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



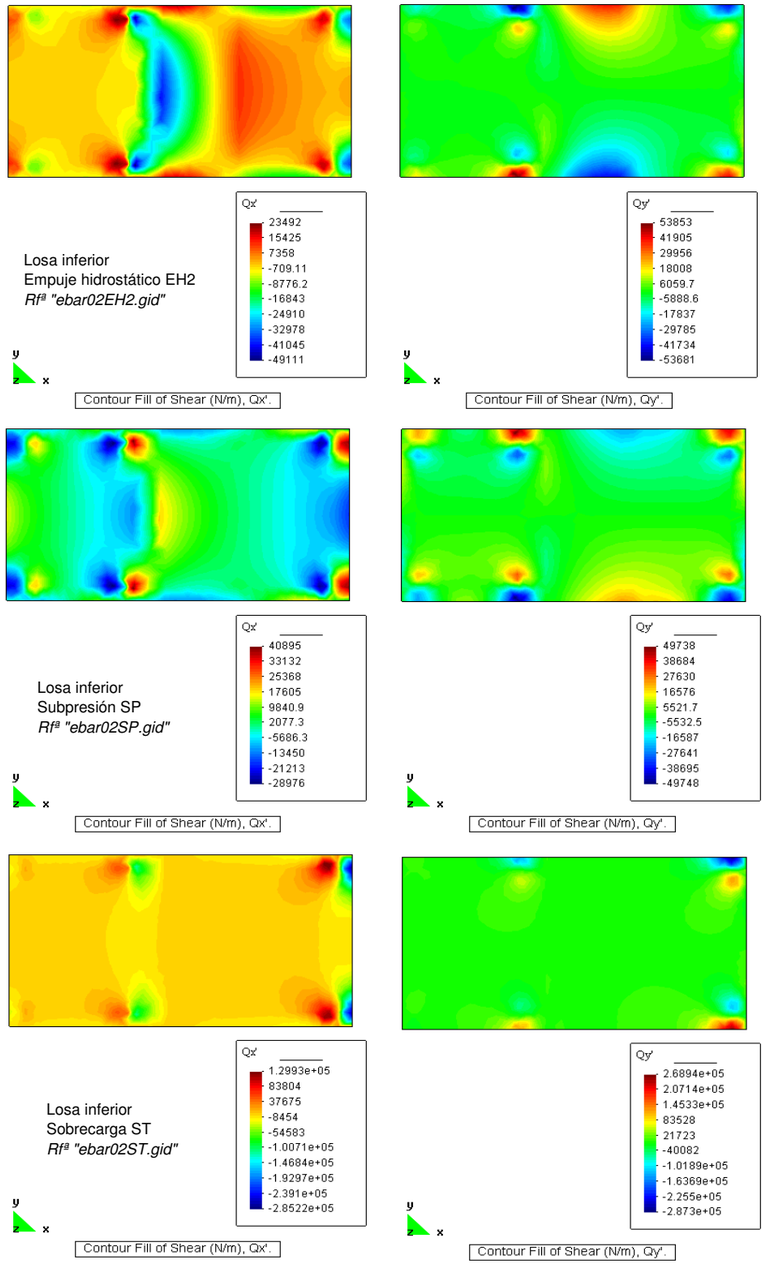
Losa inferior
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



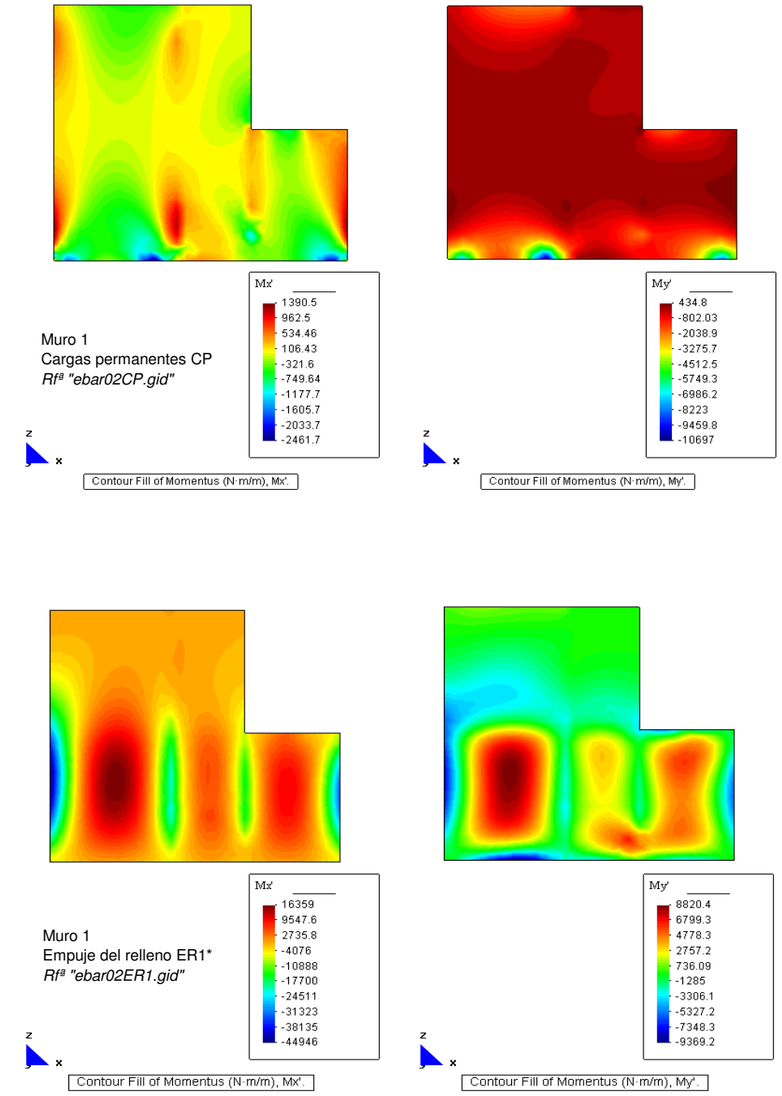
Losa inferior
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"

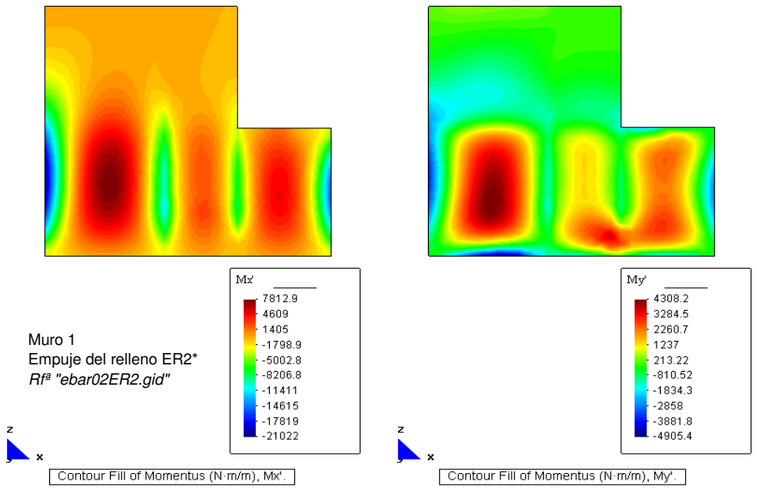


Losa inferior
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"

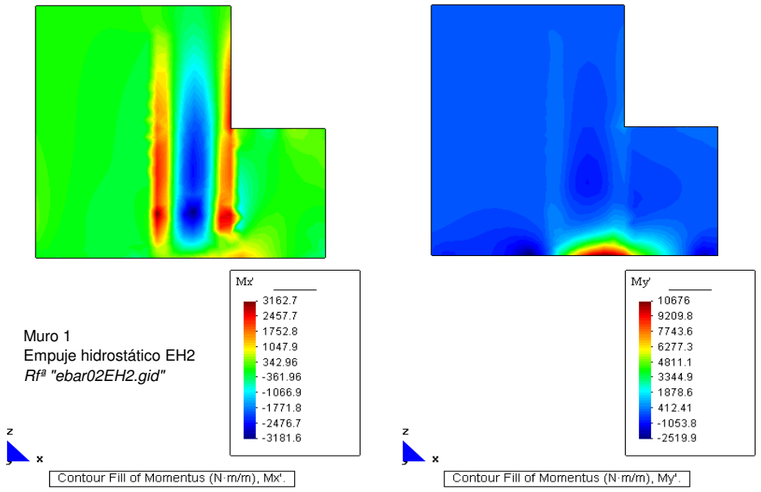

Losa inferior
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"
Qx'
23492
15425
7358
-709.11
-8776.2
-16843
-24910
-32978
-41045
-49111
Contour Fill of Shear (N/m), Qx'.
Qy'
53853
41905
29956
18008
6059.7
-5888.6
-17837
-29785
-41734
-53681
Contour Fill of Shear (N/m), Qy'.
Losa inferior
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"
Qx'
40895
33132
25368
17605
9840.9
2077.3
-5686.3
-13450
-21213
-28976
Contour Fill of Shear (N/m), Qx'.
Qy'
49738
38684
27630
16576
5521.7
-5532.5
-16587
-27641
-38695
-49748
Contour Fill of Shear (N/m), Qy'.
Losa inferior
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"
Qx'
1.2993e+05
83804
37675
-8454
-54583
-1.0071e+05
-1.4684e+05
-1.9297e+05
-2.391e+05
-2.8522e+05
Contour Fill of Shear (N/m), Qx'.
Qy'
2.6894e+05
2.0714e+05
1.4533e+05
83528
21723
-40082
-1.0189e+05
-1.6369e+05
-2.255e+05
-2.873e+05
Contour Fill of Shear (N/m), Qy'.

- MURO 1

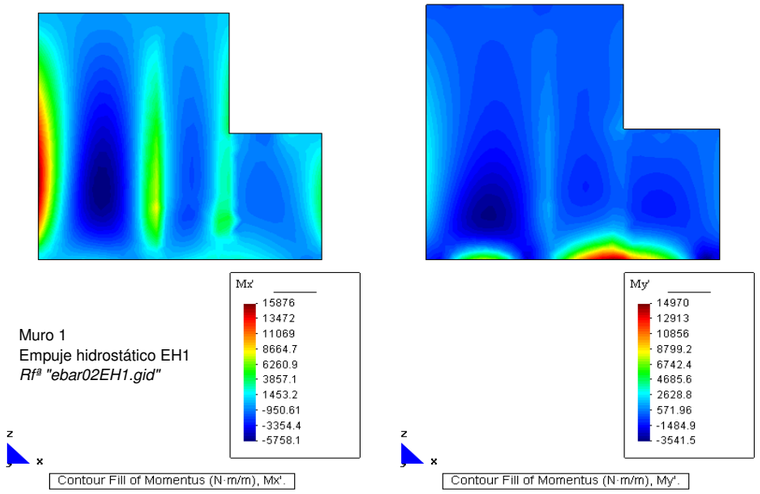

Muro 1
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"
Mx'
1390.5
962.5
534.46
106.43
-321.6
-749.64
-1177.7
-1605.7
-2033.7
-2461.7
Contour Fill of Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
434.8
-802.03
-2038.9
-3275.7
-4512.5
-5749.3
-6986.2
-8223
-9459.8
-10697
Contour Fill of Momentus (N·m/m), My'.
Muro 1
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"
Mx'
16359
9547.6
2735.8
-4076
-10888
-17700
-24511
-31323
-38135
-44946
Contour Fill of Momentus (N·m/m), Mx'.
My'
8820.4
6799.3
4778.3
2757.2
736.09
-1285
-3306.1
-5327.2
-7348.3
-9369.2
Contour Fill of Momentus (N·m/m), My'.



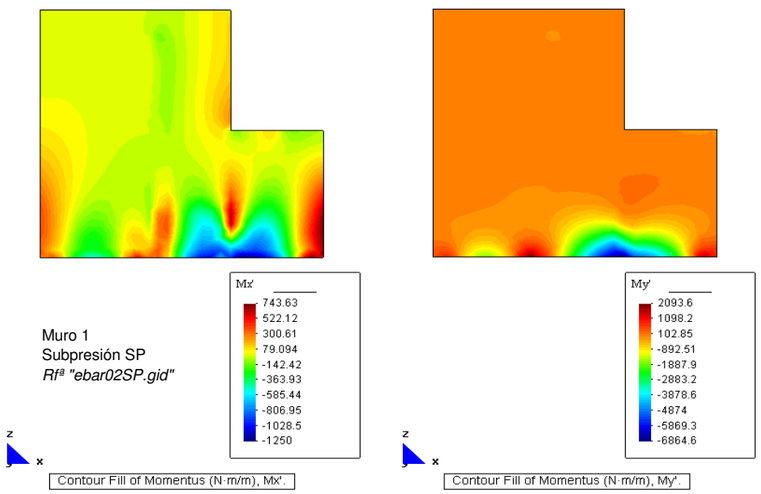
Muro 1
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



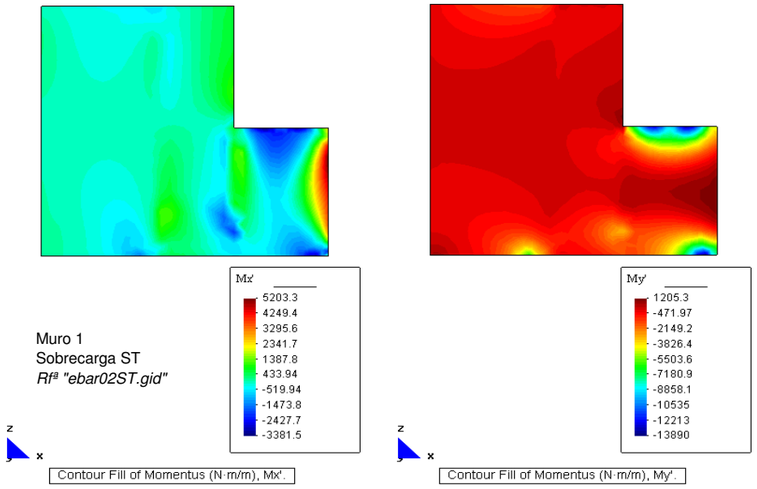
Muro 1
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



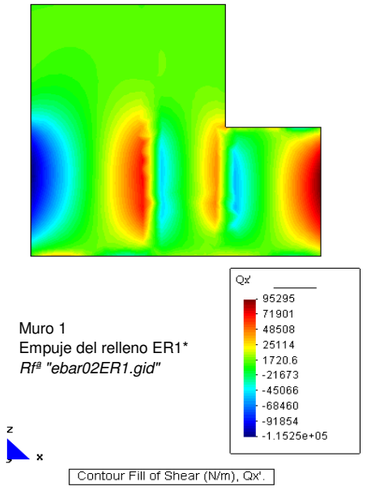
Muro 1
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



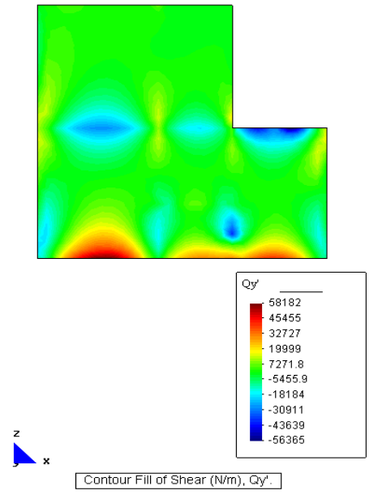
Muro 1
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"

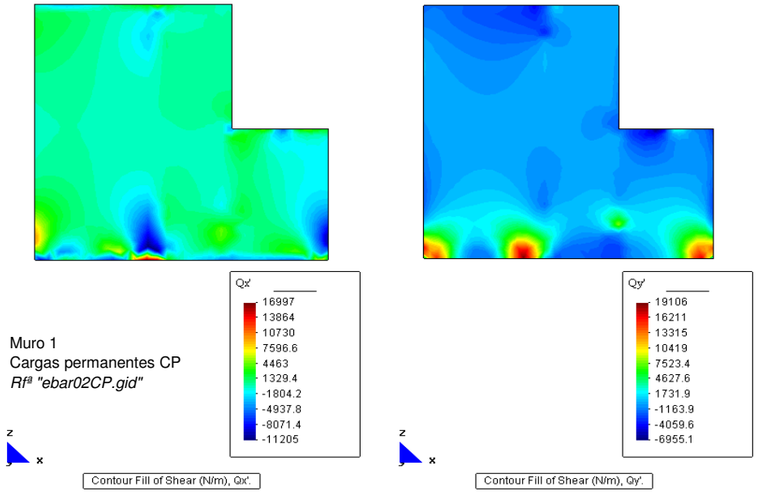


Muro 1
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"

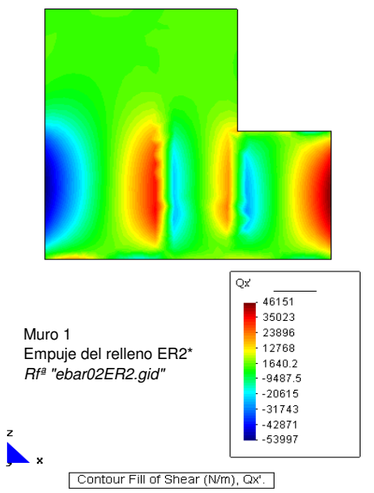


Muro 1
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"

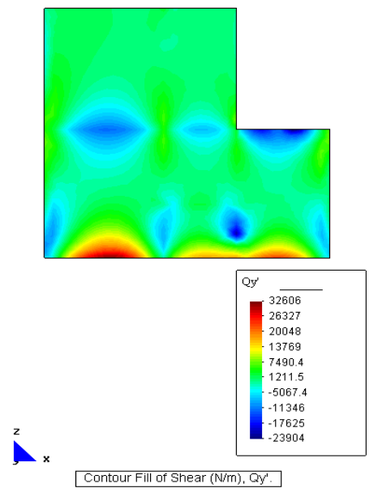


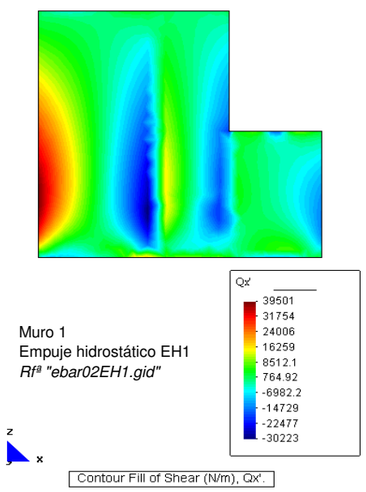


Muro 1
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"

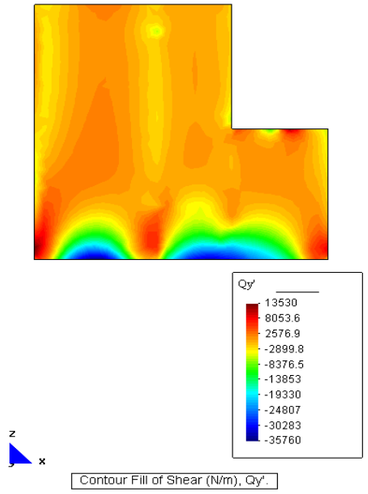


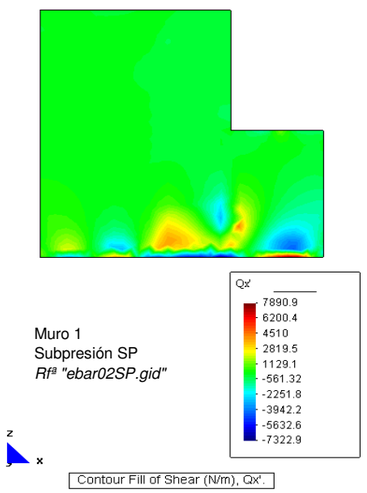
Muro 1
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



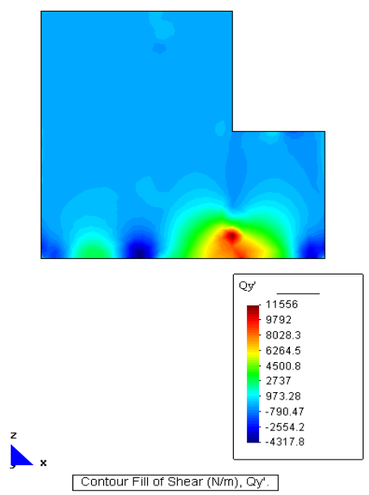


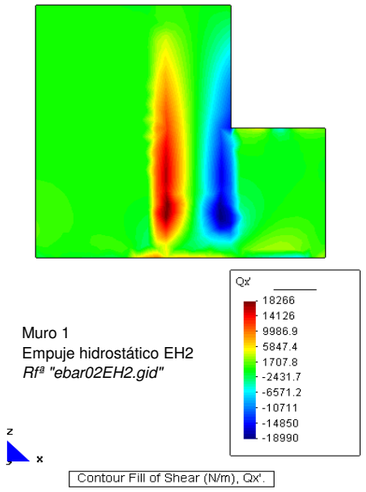
Muro 1
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



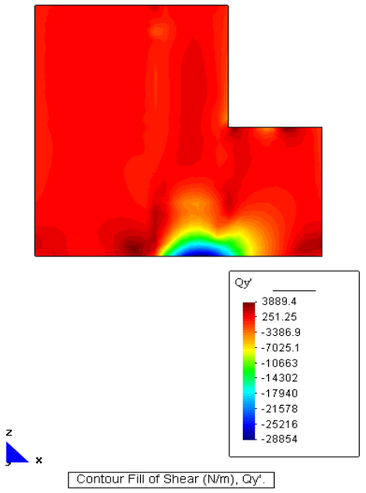


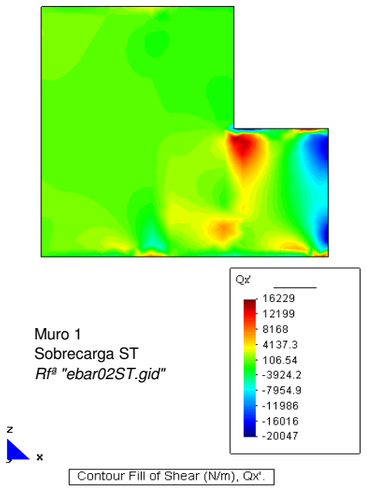
Muro 1
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"



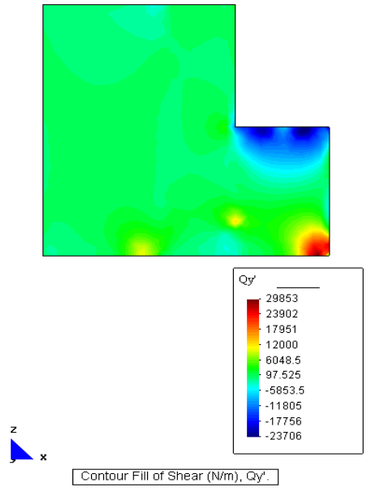


Muro 1
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"

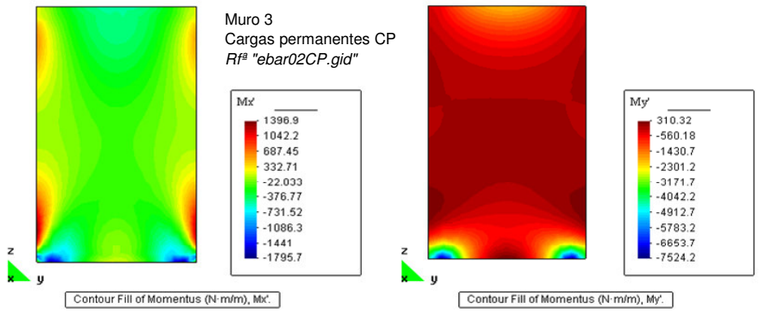




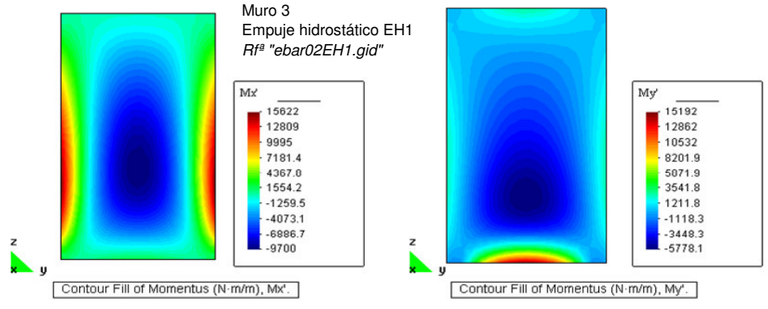
Muro 1
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"



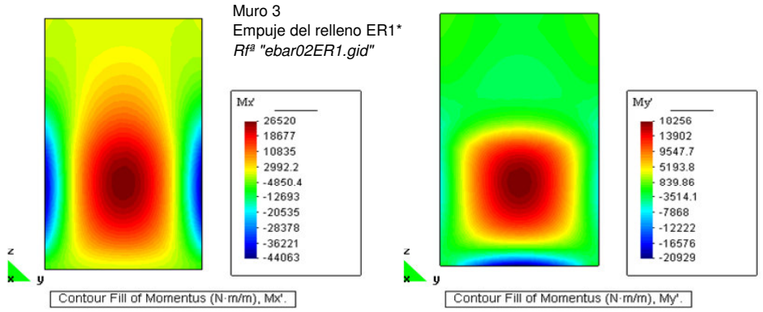
- MURO 3



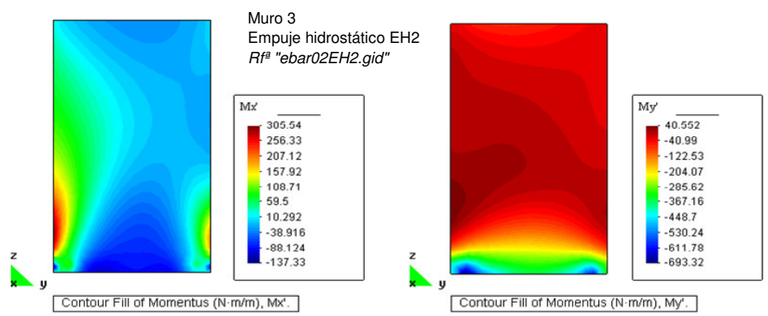
Muro 3
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



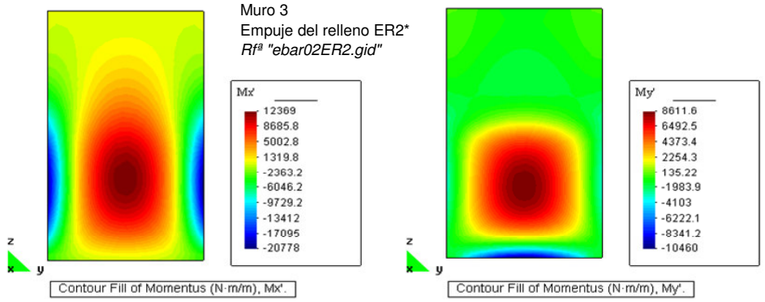
Muro 3
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



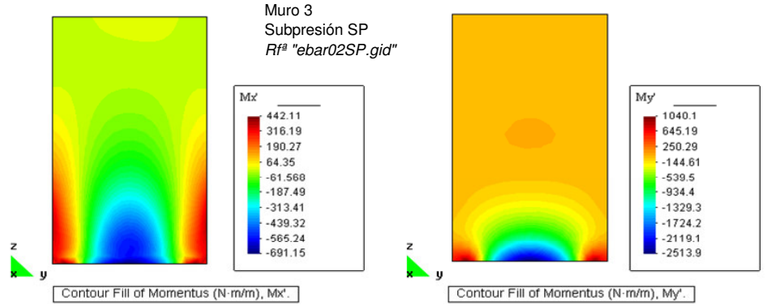
Muro 3
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



Muro 3
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"

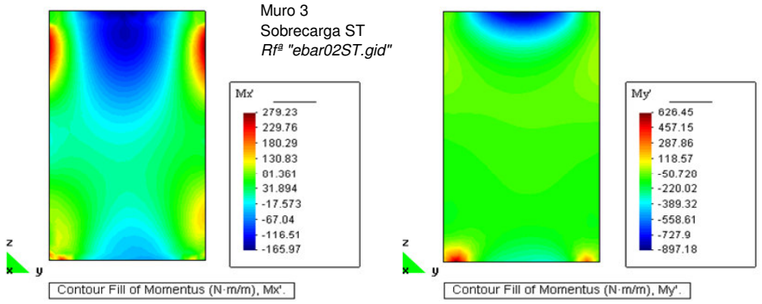


Muro 3
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"

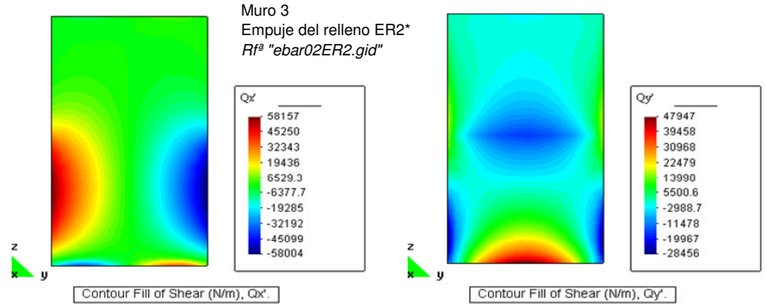


Muro 3
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"

Muro 3
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"



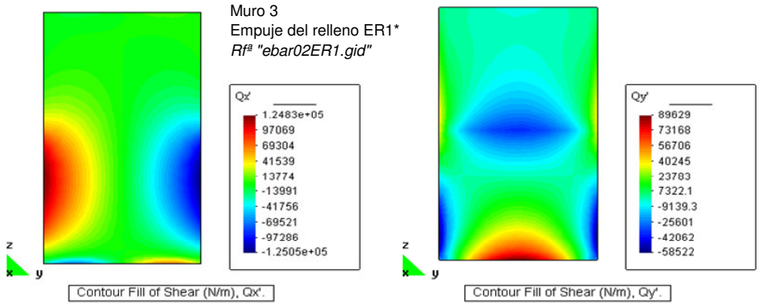
Muro 3
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



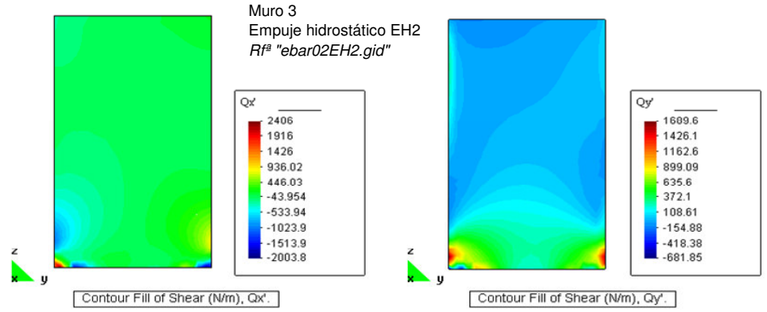
Muro 3
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"

Muro 3
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"

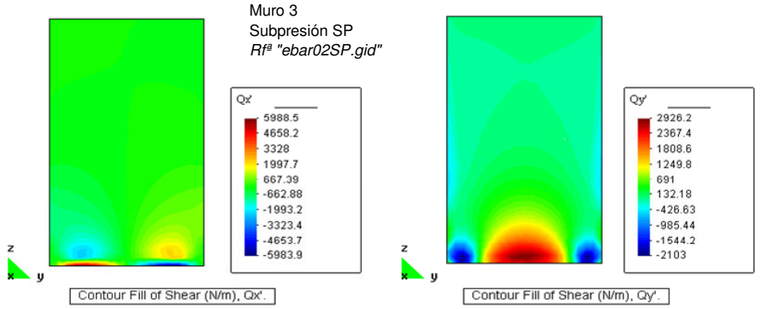
Muro 3
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



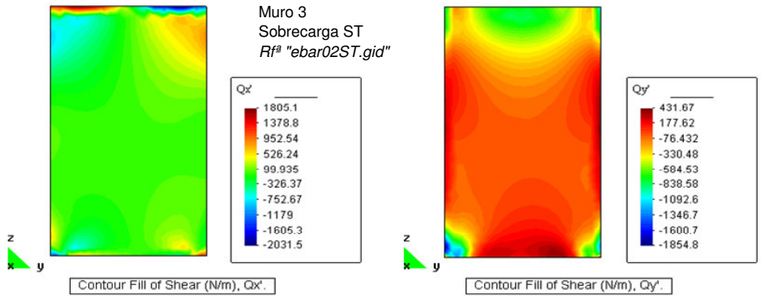
Muro 3
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



Muro 3
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"

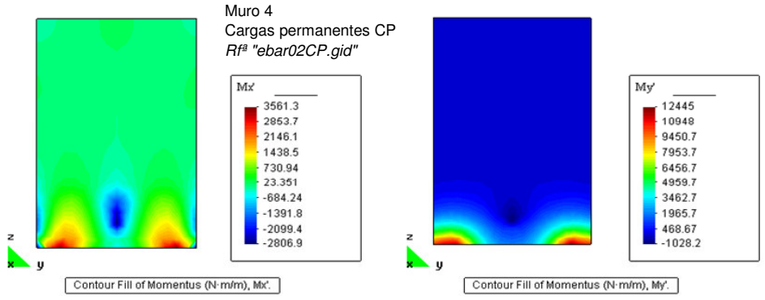


Muro 3
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"

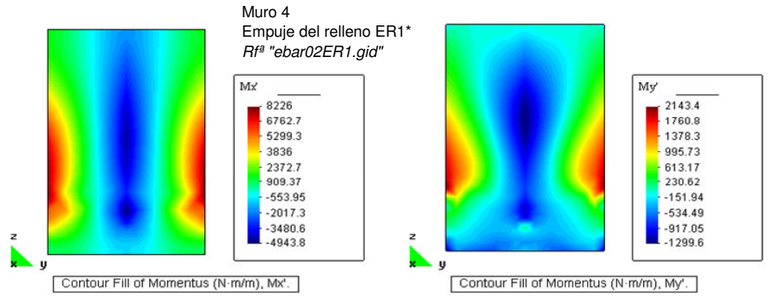


- MURO 4

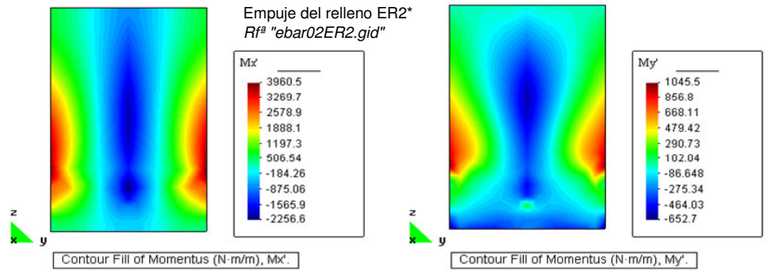
Muro 4
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



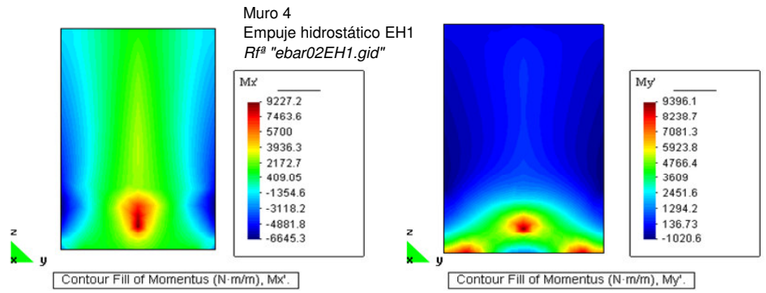
Muro 4
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



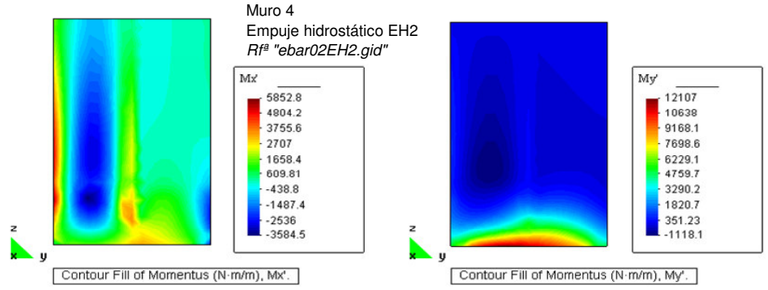
Muro 4
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



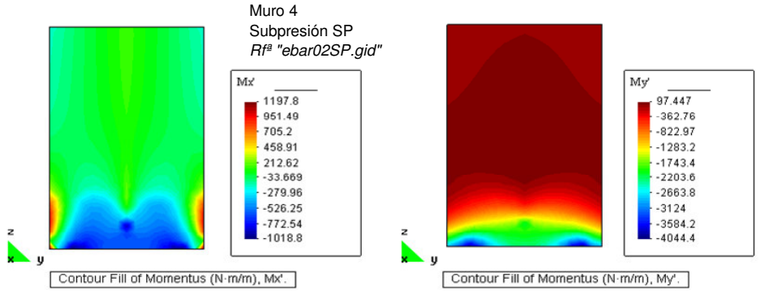
Muro 4
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



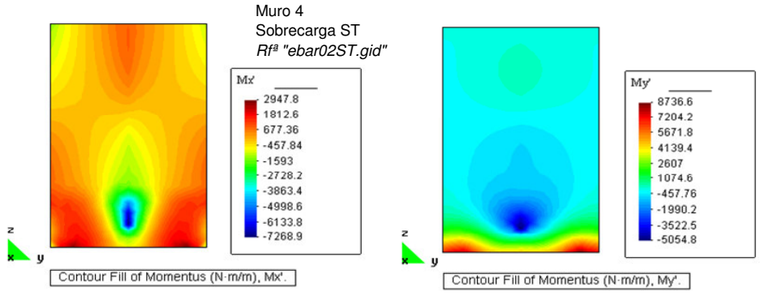
Muro 4
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



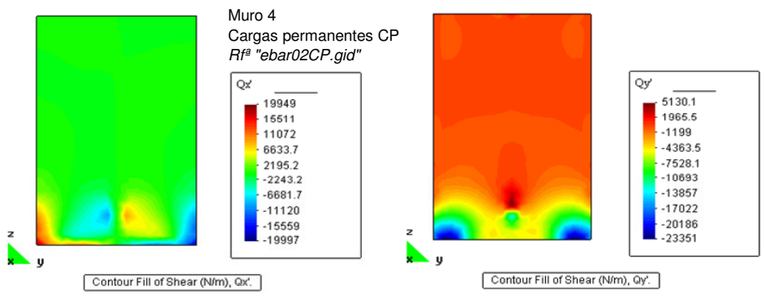
Muro 4
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"



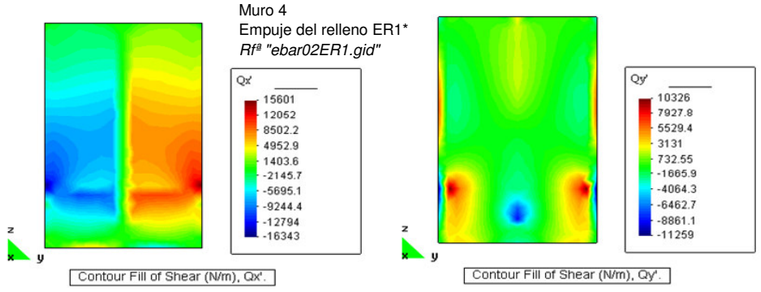
Muro 4
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"



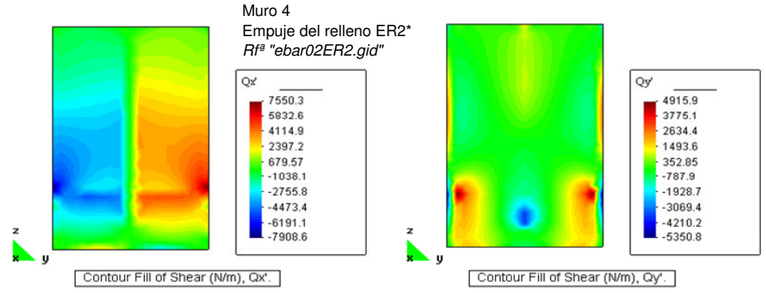
Muro 4
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



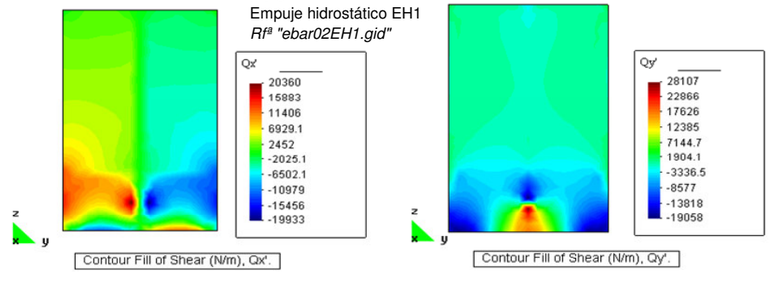
Muro 4
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



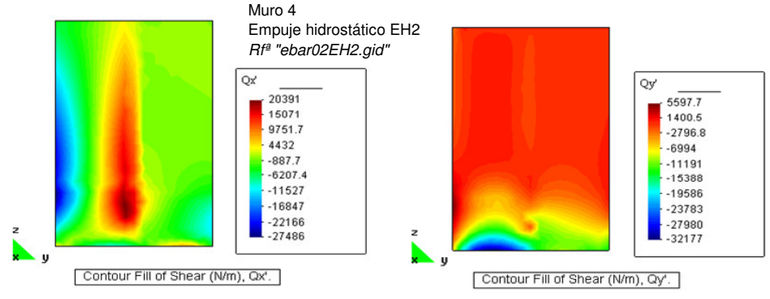
Muro 4
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



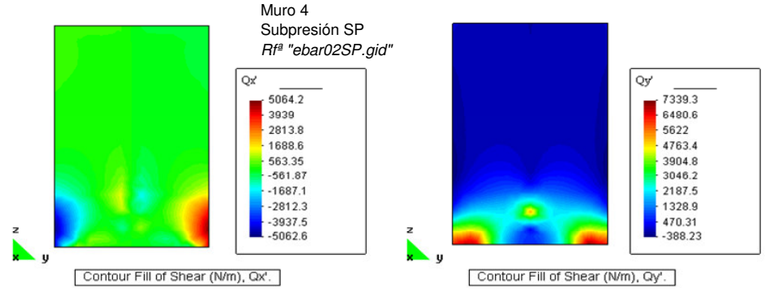
Muro 4
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



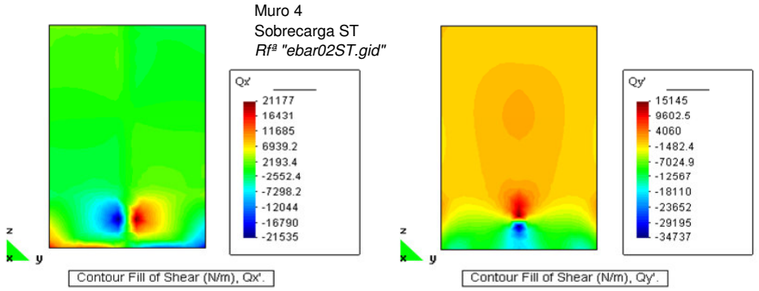
Muro 4
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



Muro 4
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"

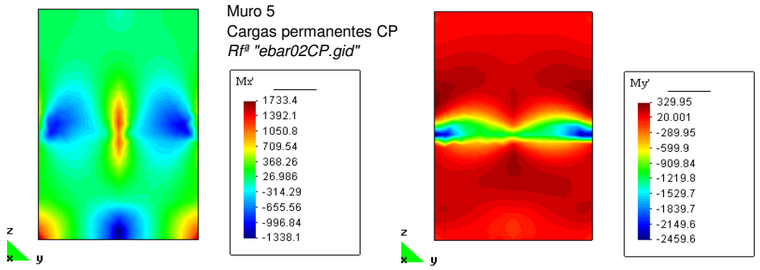


Muro 4
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"

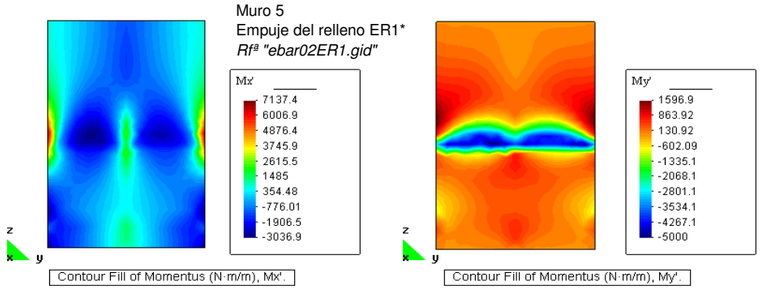


- MURO 5

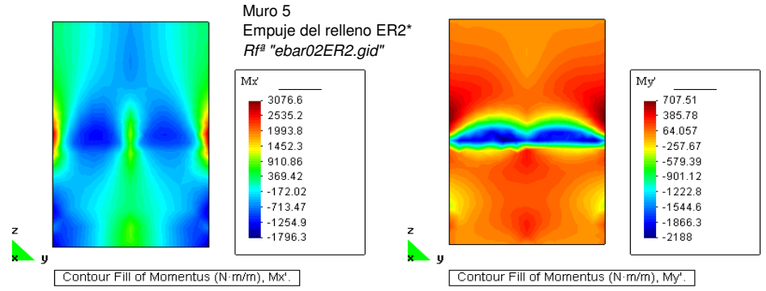
Muro 5
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



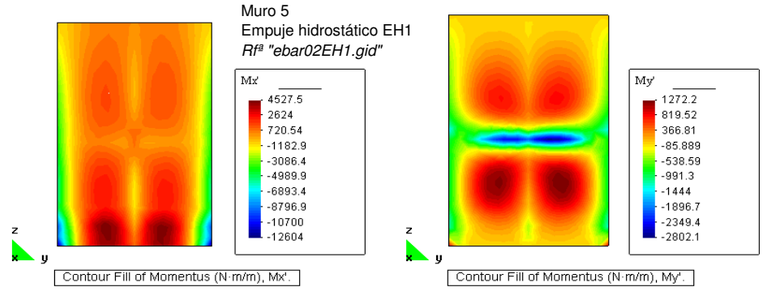
Muro 5
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



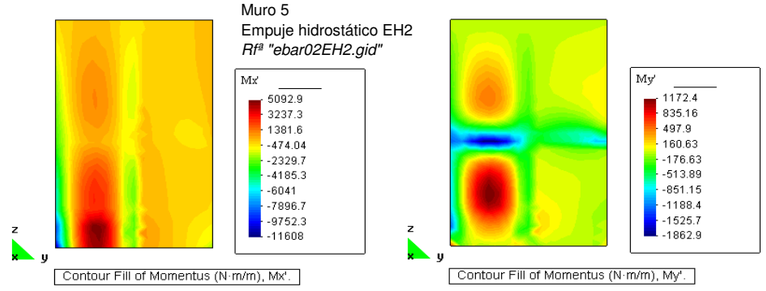
Muro 5
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



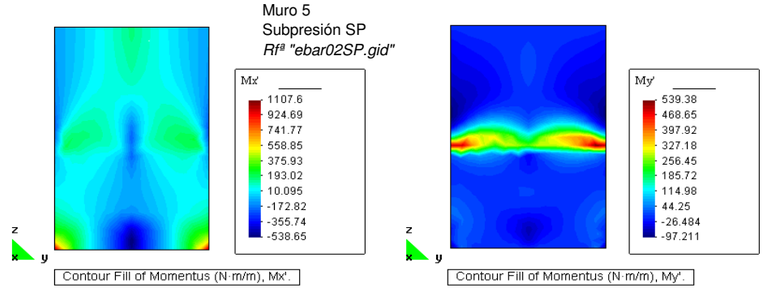
Muro 5
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



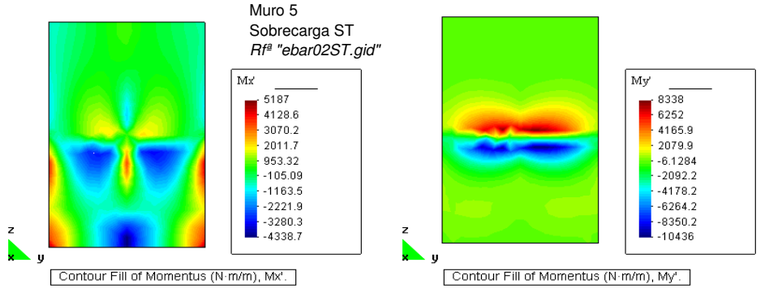
Muro 5
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



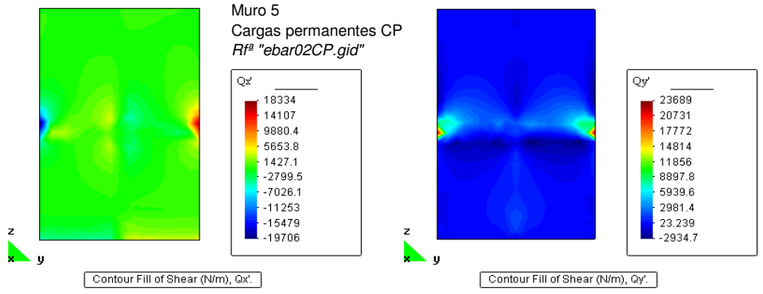
Muro 5
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"



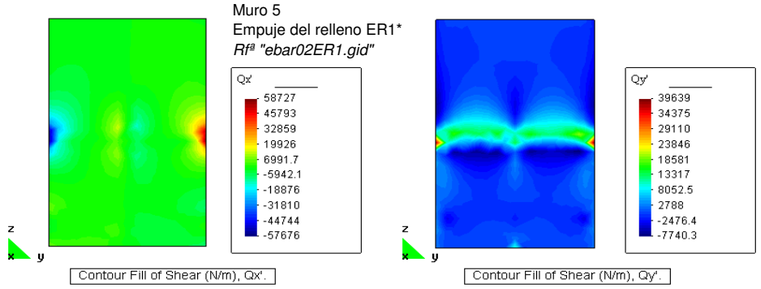
Muro 5
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"



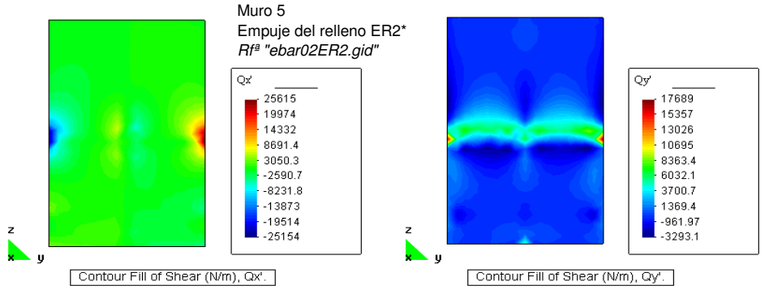
Muro 5
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



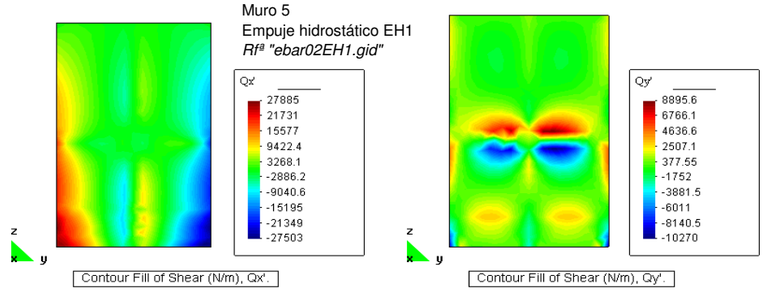
Muro 5
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



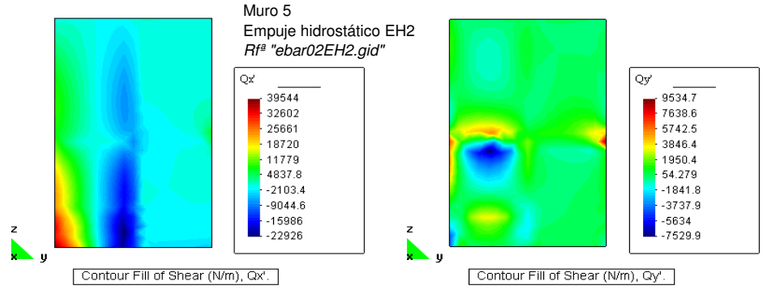
Muro 5
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



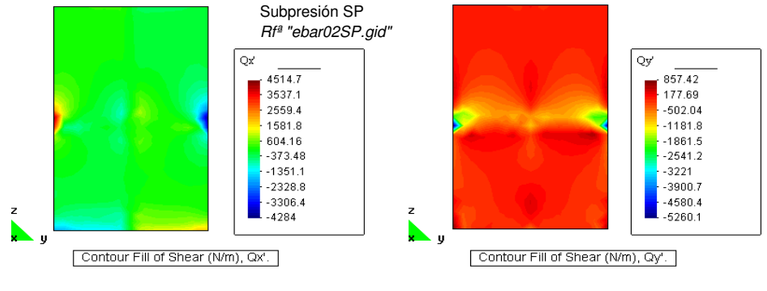
Muro 5
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



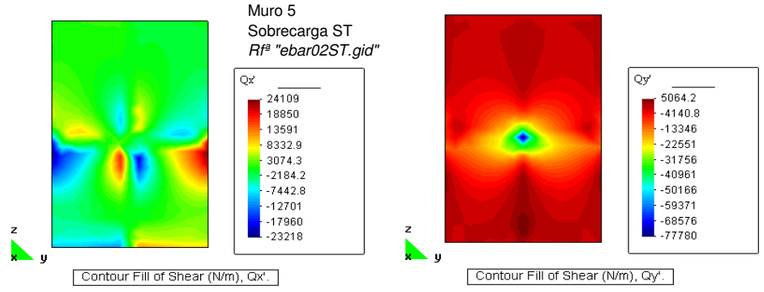
Muro 5
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



Muro 5
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"

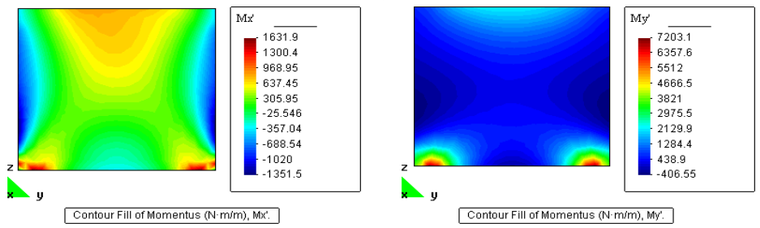


Muro 5
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"

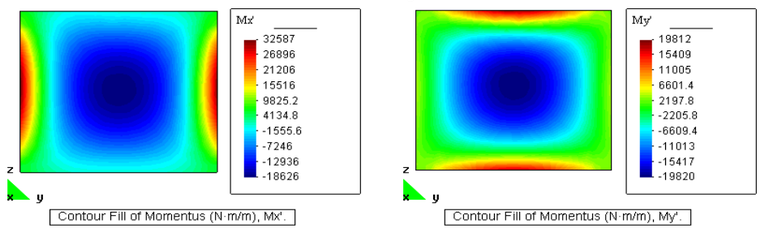


- MURO 6

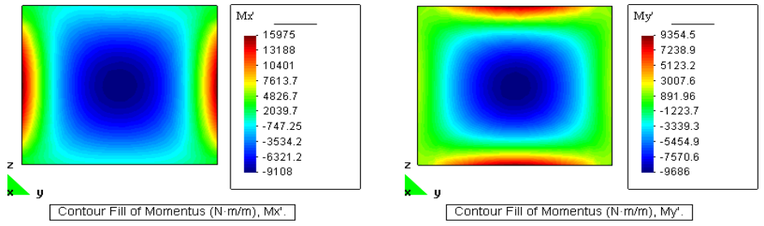
Muro 6
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



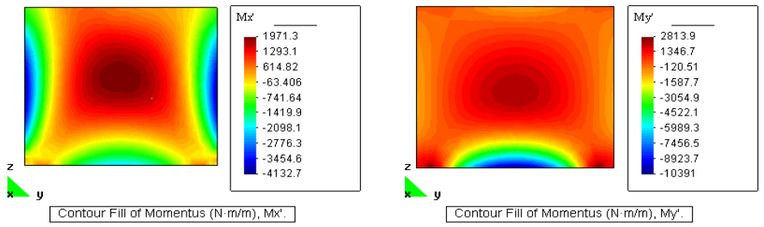
Muro 6
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



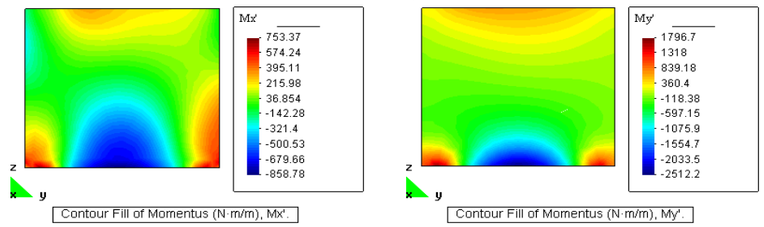
Muro 6
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



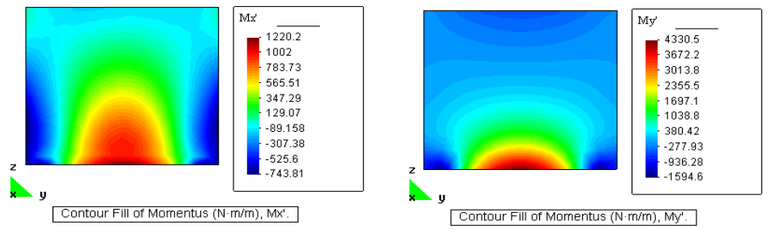
Muro 6
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



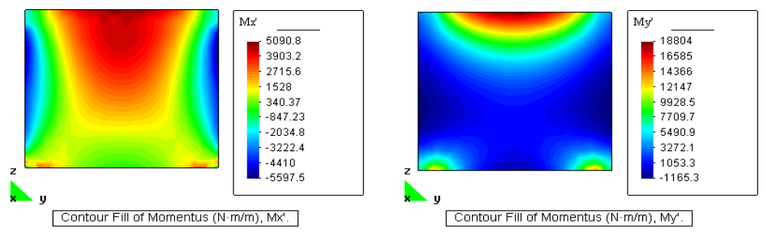
Muro 6
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



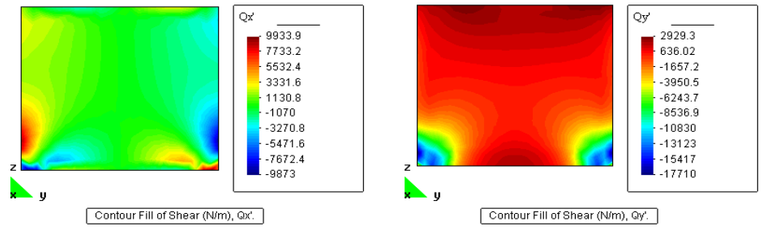
Muro 6
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"



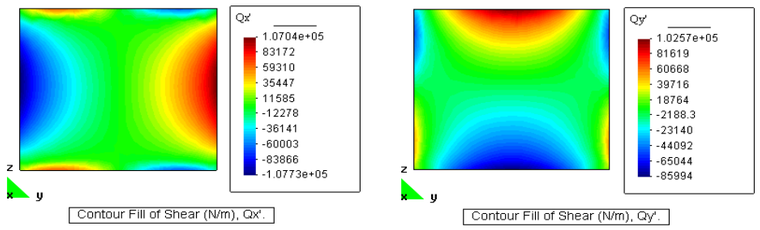
Muro 6
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"



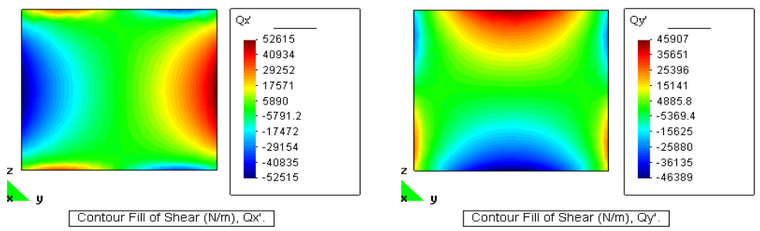
Muro 6
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



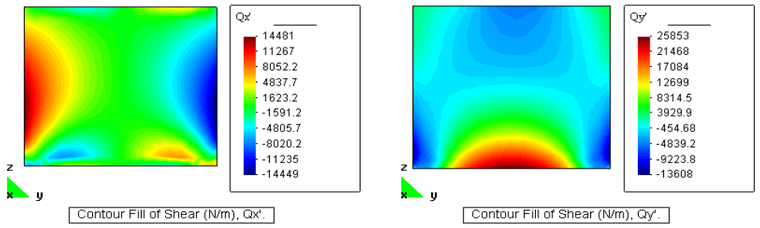
Muro 6
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



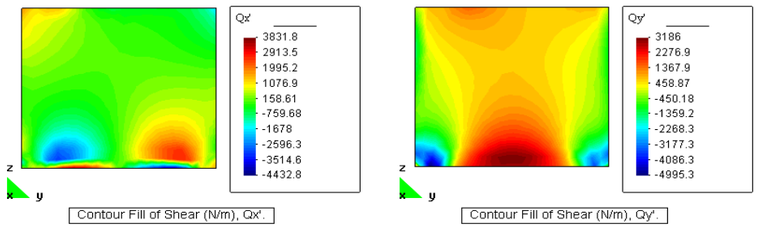
Muro 6
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



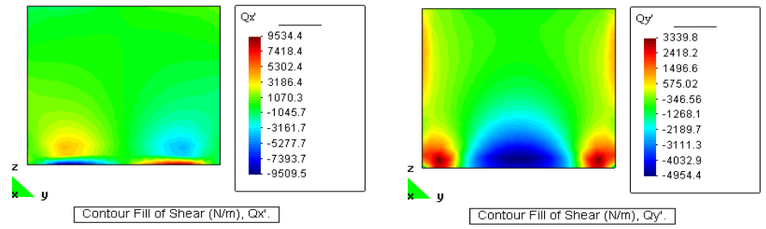
Muro 6
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



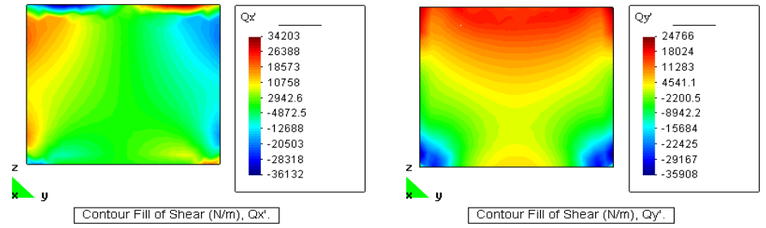
Muro 6
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



Muro 6
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"

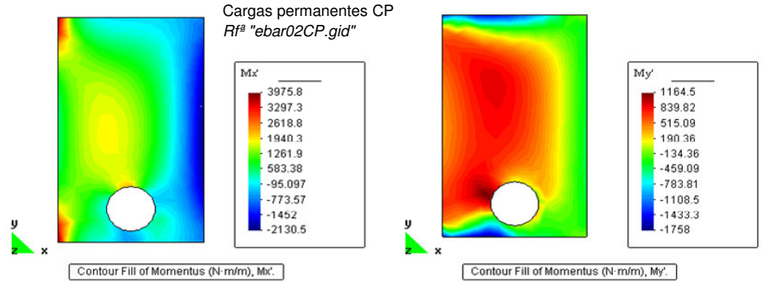


Muro 6
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"

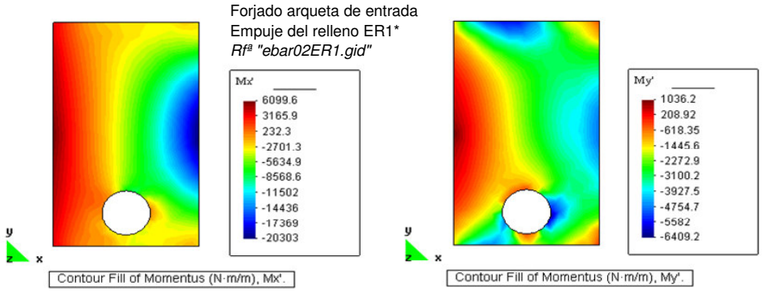


- FORJADO ARQUETA DE ENTRADA

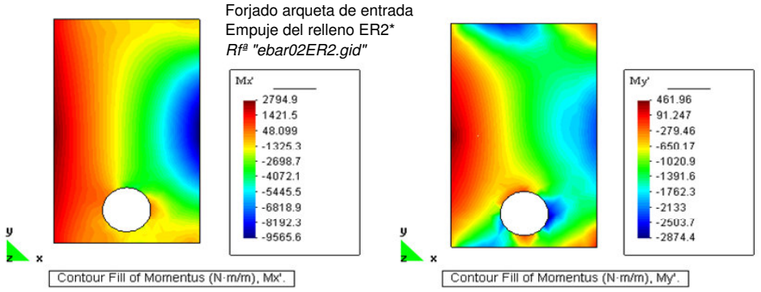
Forjado arqueta de entrada
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



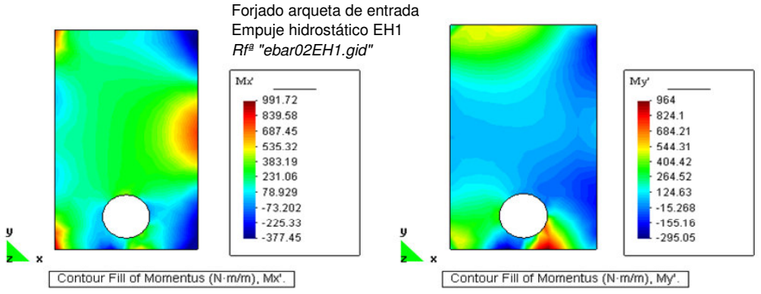
Forjado arqueta de entrada
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



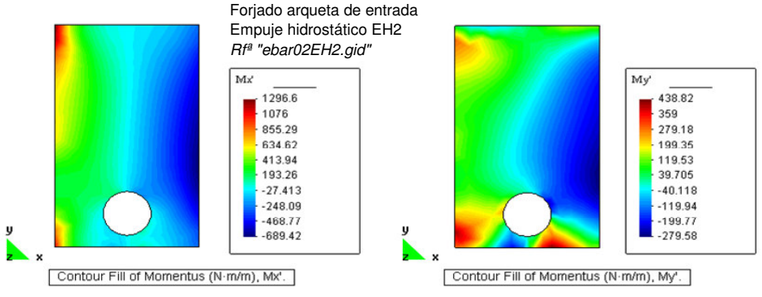
Forjado arqueta de entrada
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



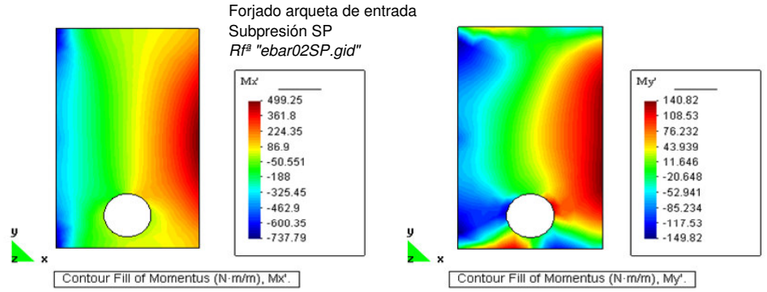
Forjado arqueta de entrada
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



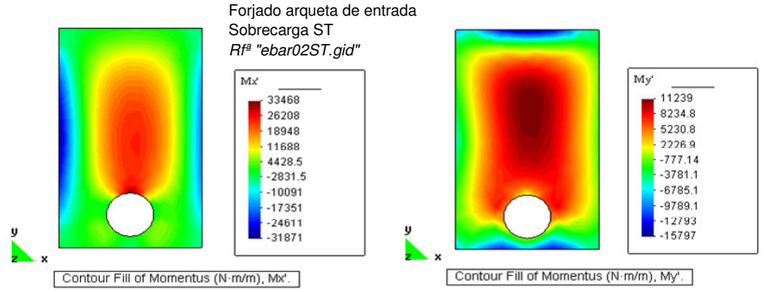
Forjado arqueta de entrada
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



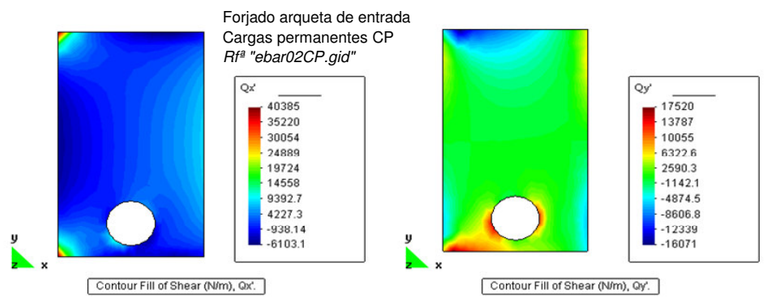
Forjado arqueta de entrada
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"



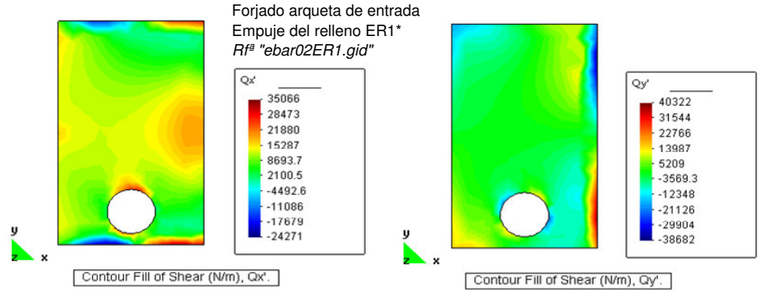
Forjado arqueta de entrada
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"



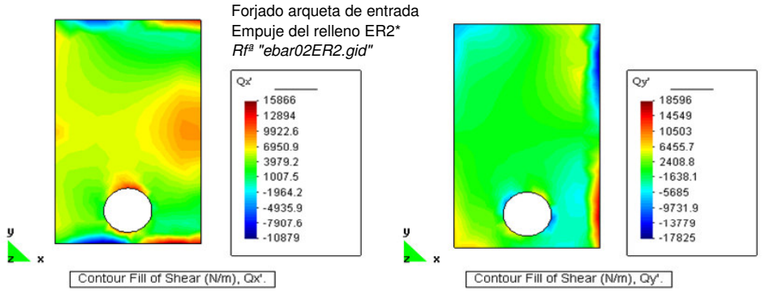
Forjado arqueta de entrada
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



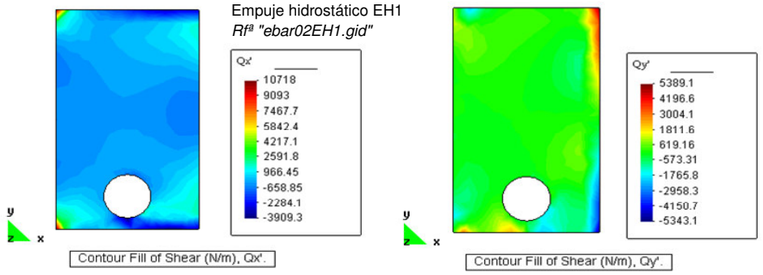
Forjado arqueta de entrada
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



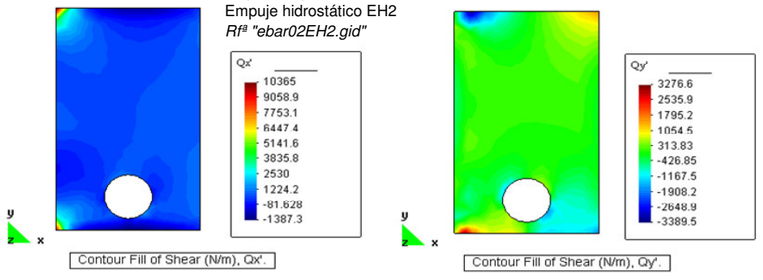
Forjado arqueta de entrada
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



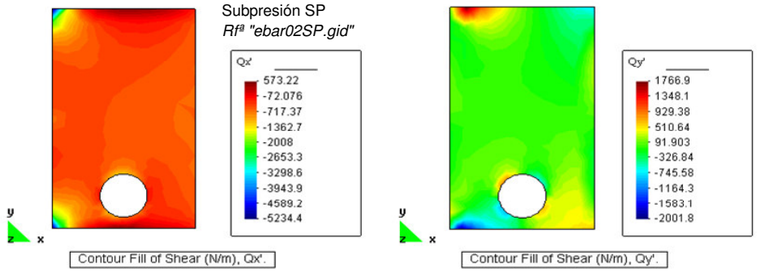
Forjado arqueta de entrada
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



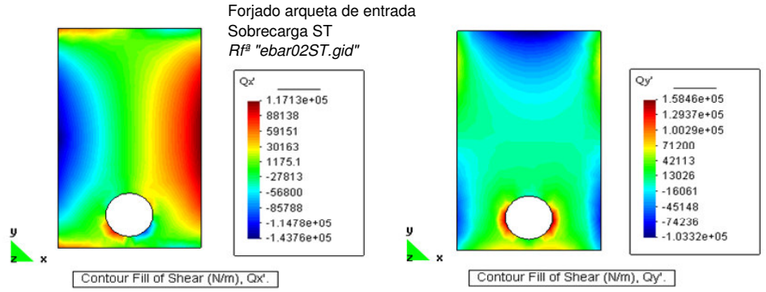
Forjado arqueta de entrada
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



Forjado arqueta de entrada
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"

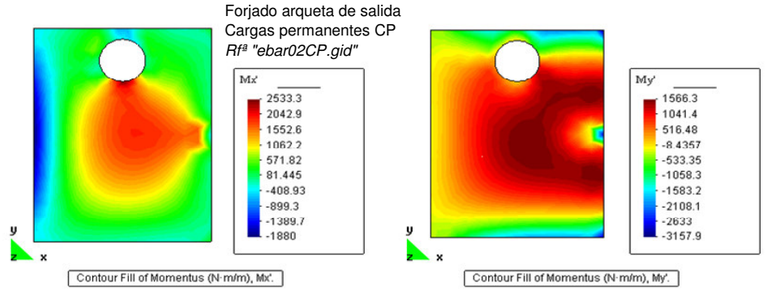


Forjado arqueta de entrada
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"

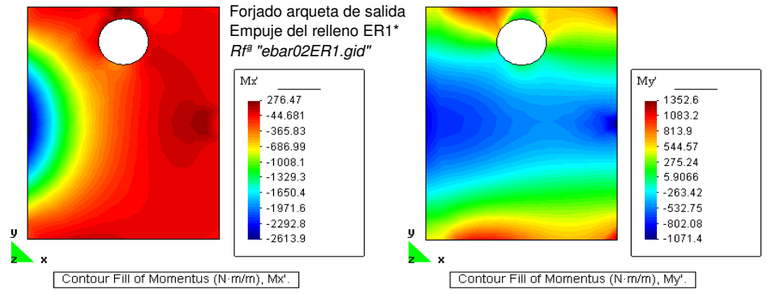


- FORJADO ARQUETA DE SALIDA

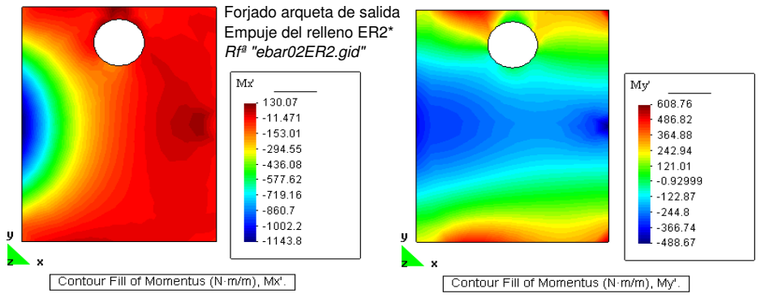
Forjado arqueta de salida
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"



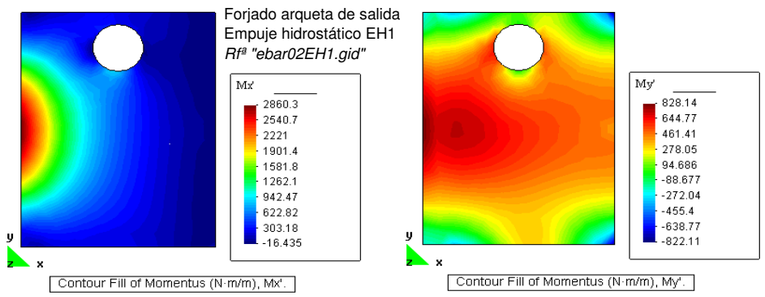
Forjado arqueta de salida
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"



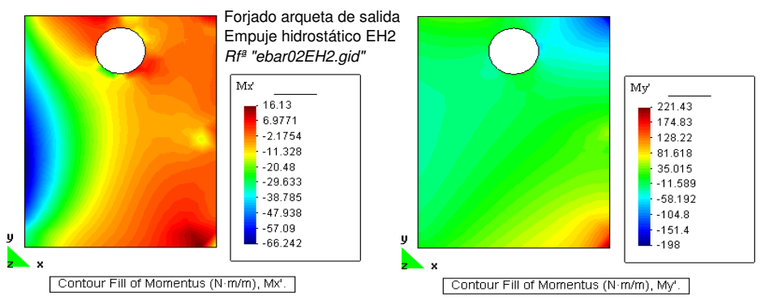
Forjado arqueta de salida
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"



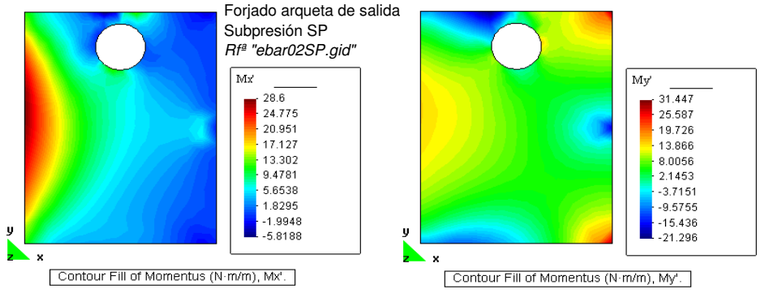
Forjado arqueta de salida
Empuje hidrostático EH1
Rfª "ebar02EH1.gid"



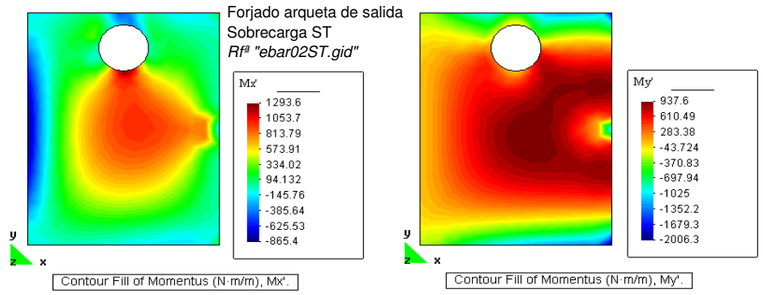
Forjado arqueta de salida
Empuje hidrostático EH2
Rfª "ebar02EH2.gid"



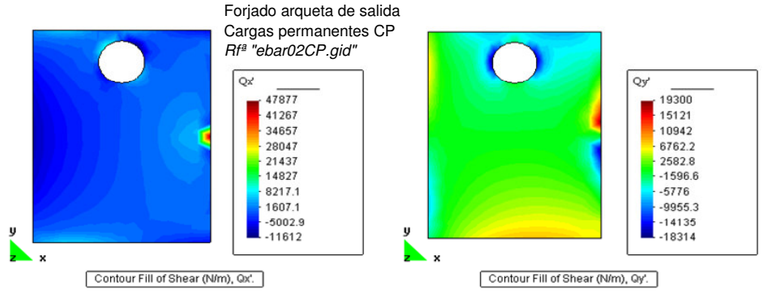
Forjado arqueta de salida
Subpresión SP
Rfª "ebar02SP.gid"



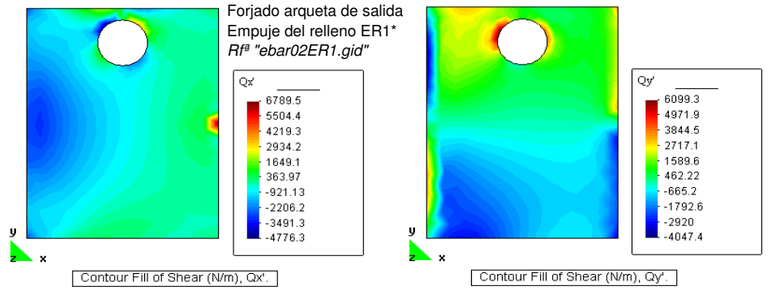
Forjado arqueta de salida
Sobrecarga ST
Rfª "ebar02ST.gid"



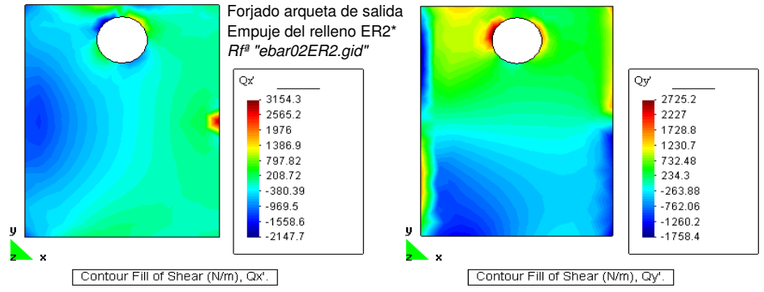
Forjado arqueta de salida
Cargas permanentes CP
Rfª "ebar02CP.gid"

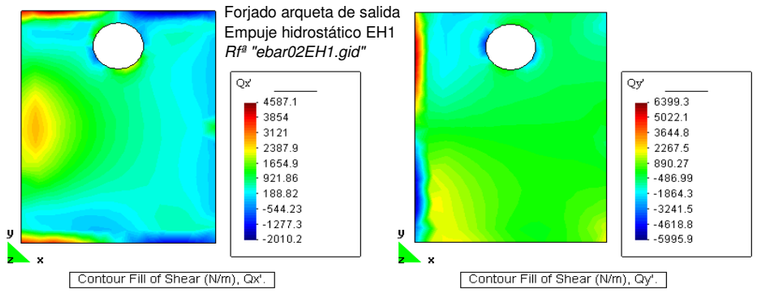


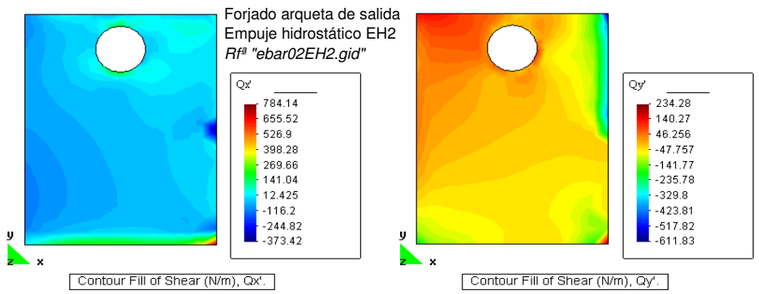
Forjado arqueta de salida
Empuje del relleno ER1*
Rfª "ebar02ER1.gid"

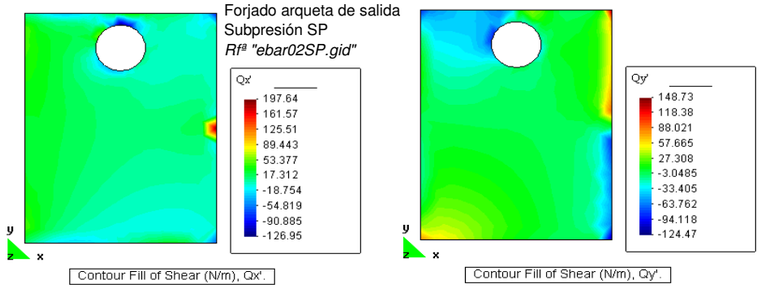


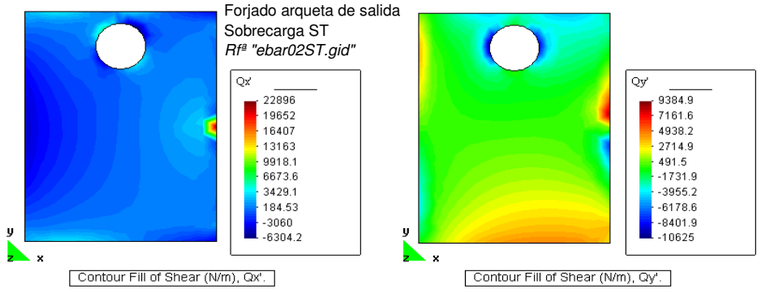
Forjado arqueta de salida
Empuje del relleno ER2*
Rfª "ebar02ER2.gid"











En las tablas adjuntas se indican los esfuerzos correspondientes a las acciones aisladas obtenidos en los gráficos anteriores y se calculan las envolventes de esfuerzos para los estados límite últimos y de servicio, combinando las acciones aisladas según lo indicado en el apartado 5.

Los coeficientes de combinación de las acciones aisladas utilizados en el cálculo de las envolventes se indican en las tablas siguientes.

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

ACCIÓN	COMBINACIÓN										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CP	1.00	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	1.35	1.00	1.35	1.00	1.00
ER1*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EH1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00
EH2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
SP	0.00	0.00	1.20	1.20	1.20	0.00	1.20	1.20	0.00	0.00	0.00
ST	0.00	0.00	1.50	1.50	0.00	1.50	1.50	0.00	1.50	0.00	0.00
ER2*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACCIÓN	COMBINACIÓN				
	12	13	14	15	16
CP	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
ER1*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EH1	1.20	0.00	1.20	0.00	0.00
EH2	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00
SP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ST	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50
ER2*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

ACCIÓN	COMBINACIÓN CASIPERMANENTE									
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
CP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ER1*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EH1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
EH2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SP	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00
ST	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60	0.00	0.60
ER2*	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ACCIÓN	COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA					
	27	28				
CP	1.00	1.00				
ER1*	0.00	0.00				
EH1	1.00	0.00				
EH2	0.00	1.00				
SP	0.00	0.00				
ST	1.00	1.00				
ER2*	0.00	0.00				

Losa inferior - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	22.3	4.5	15.0	10.5		0.5	29.1		2.3		91.8	54.8
M_{y1min}	-11.2	-10.0	-1.0	-1.0		-7.2	-14.4		-5.3		-55.4	-29.5
M_{y2max}	22.3	4.5	15.0	10.5		0.5	29.1		2.3		91.8	54.8
M_{y2min}	-11.2	-10.0	-1.0	-1.0		-7.2	-14.4		-5.3		-55.4	-29.5
M_{x3max}	18.0	4.8	14.7	5.0		3.0	1.0		2.6		43.4	33.3
M_{x3min}	-5.0	-21.1	-2.0	-1.5		-3.5	-4.0		-10.6		-38.1	-20.1
M_{x4max}	18.0	4.8	12.0	5.0		3.0	29.7		2.6		83.3	47.8
M_{x4min}	-5.0	-21.1	-2.0	-1.5		-3.5	-4.0		-10.6		-38.1	-20.1
M_{x5max}	22.0	4.8	14.7	7.1		4.1	15.3		2.6		70.3	45.9
M_{x5min}	-10.3	4.0	-8.9	-8.0		-7.3	-13.4		-2.0		-44.7	-27.2
M_{y5max}	7.0	2.0	5.0	1.0		4.4	1.0		0.6		18.2	12.6
M_{y5min}	-7.0	-5.0	-8.4	-5.6		-3.0	-5.0		-3.0		-27.0	-18.4
V_{xmax}	179.3	51.4	103.1	49.1		40.9	285.2		25.9		793.6	
V_{ymax}	222.8	50.9	117.6	53.9		49.7	287.3		25.9		872.9	

Muro 1 (parte izquierda) - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	0.4	7.0	15.0	10.7		2.1	1.0		4.3		20.0	16.0
M_{y1min}	-10.7	-9.4	-3.5	-2.5		-6.9	-6.0		-4.9		-41.1	-23.3
M_{y2max}	0.4	1.0	-1.5	-1.0		1.0	1.0		0.5		4.2	2.1
M_{y2min}	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0		1.0	-1.0		-0.5		-4.7	-3.1
M_{x3max}	1.4	3.0	15.9	1.0		0.5	0.5		1.5		21.7	17.6
M_{x3min}	-2.0	-44.9	-3.0	-1.0		0.0	-0.5		-21.0		-48.4	-23.3
M_{x4max}	1.0	3.0	6.3	3.1		0.7	1.5		1.5		11.2	8.2
M_{x4min}	-1.0	-18.0	-1.0	-1.0		-1.3	-2.5		-5.0		-24.7	-8.3
M_{x5max}	1.4	16.4	8.7	3.1		0.7	1.5		7.8		21.4	11.0
M_{x5min}	-2.5	-25.0	-5.8	-3.2		-0.5	-1.5		-11.5		-31.2	-15.2
M_{y5max}	0.4	8.8	3.0	2.0		1.0	1.0		4.3		12.0	5.9
M_{y5min}	-1.0	-3.0	-3.5	-2.0		0.0	-1.0		-2.0		-7.1	-5.1
V_{xmax}	17.0	115.3	39.5	19.0		7.8	16.2		54.0		171.9	
V_{ymax}	19.1	58.2	35.8	28.9		11.6	12.0		32.6		115.9	

Muro 1 (parte derecha) - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	0.4	7.0	15.0	10.7		2.1	1.0		4.3		20.0	16.0
M_{y1min}	-9.0	-2.0	-3.5	-2.5		-6.9	-13.9		-2.0		-43.3	-23.5
M_{y2max}	0.4	1.0	-1.5	-1.0		1.0	-4.0		0.5		2.6	1.5
M_{y2min}	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0		1.0	-13.9		-0.5		-24.0	-10.8
M_{x3max}	1.0	3.0	6.3	3.1		0.7	1.5		1.5		11.2	8.2
M_{x3min}	-1.0	-18.0	-1.0	-1.0		-1.3	-2.5		-5.0		-24.7	-8.3
M_{x4max}	1.4	1.0	6.3	0.5		0.7	5.2		1.0		17.3	10.8
M_{x4min}	-2.5	-6.0	-1.0	-0.5		-0.5	-0.5		-15.0		-10.7	-18.1
M_{x5max}	0.2	9.0	0.0	0.5		0.5	0.5		7.0		10.6	7.8
M_{x5min}	-0.8	0.0	-2.0	-0.5		-0.5	-1.5		-2.0		-5.7	-4.0
M_{y5max}	0.4	6.0	0.0	0.5		1.0	1.2		4.0		9.5	5.7
M_{y5min}	-1.0	0.0	-2.0	-0.5		0.0	-1.0		0.0		-5.3	-3.6
V_{xmax}	11.2	95.3	20.0	19.0		7.9	20.0		46.2		149.9	
V_{ymax}	16.0	45.0	35.8	28.9		11.6	29.9		24.0		125.4	

Muro 3 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	0.3	0.8	15.2	0.0		1.0	0.6		0.2		19.5	15.9
M_{y1min}	-7.5	-20.9	-1.0	-0.7		-2.5	-0.4		-10.5		-34.6	-19.7
M_{y2max}	0.0	1.0	3.0	0.0		0.2	0.0		1.0		3.6	3.0
M_{y2min}	-1.5	-1.0	-1.0	0.0		0.0	-0.9		-1.0		-4.6	-3.0
M_{x3max}	1.4	3.0	15.6	0.3		0.4	0.3		1.5		21.1	17.2
M_{x3min}	-1.8	-44.1	-1.0	-0.1		0.0	0.0		-20.8		-46.5	-22.6
M_{x4max}	1.4	3.0	15.6	0.3		0.4	0.3		1.5		21.1	17.2
M_{x4min}	-1.8	-44.1	-1.0	-0.1		0.0	0.0		-20.8		-46.5	-22.6
M_{x5max}	0.5	26.5	0.0	0.1		0.0	0.0		12.4		27.2	12.9
M_{x5min}	-0.5	0.0	-9.7	-0.1		-0.3	-0.2		0.0		-12.6	-10.3
M_{y5max}	0.3	18.3	0.0	0.0		0.3	0.2		8.6		19.4	9.2
M_{y5min}	-0.5	-3.0	-5.8	0.0		-0.3	-0.2		-2.0		-7.9	-6.4
V_{xmax}	9.8	125.0	42.7	2.4		6.0	2.0		58.2		148.4	
V_{ymax}	15.8	89.7	48.6	1.7		2.9	1.9		47.9		117.4	

Muro 4 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	12.4	0.0	9.4	12.1		0.0	8.7		0.0		44.3	27.0
M_{y1min}	-1.0	-1.3	-1.0	0.0		-4.0	-5.0		-0.7		-15.0	-7.1
M_{y2max}	0.5	0.0	0.5	0.5		0.0	0.0		0.0		1.3	1.0
M_{y2min}	-0.5	-1.0	-0.5	-0.5		0.0	-0.5		-0.3		-2.4	-1.3
M_{x3max}	3.5	8.3	0.0	5.9		1.2	2.9		4.0		18.8	10.0
M_{x3min}	-2.8	0.0	-6.6	-3.6		-1.0	-2.9		0.0		-16.1	-11.1
M_{x4max}	3.5	8.3	0.0	0.0		1.2	2.9		4.0		18.8	10.0
M_{x4min}	-2.8	0.0	-6.6	-3.6		-1.0	-2.9		0.0		-16.1	-11.1
M_{x5max}	0.5	0.0	9.2	3.7		0.2	0.6		0.0		12.6	10.1
M_{x5min}	-2.8	-4.9	0.0	-3.6		-0.5	-7.3		-2.3		-20.2	-9.8
M_{y5max}	0.5	2.1	2.5	0.0		0.0	2.0		1.0		6.7	4.2
M_{y5min}	-0.5	-1.3	-1.0	-1.1		-0.4	-2.0		-0.7		-5.5	-2.7
V_{xmax}	20.0	16.3	20.4	27.5		5.1	21.5		7.9		92.3	
V_{ymax}	23.3	11.3	28.1	32.2		7.3	34.7		5.3		122.1	

Muro 5 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	0.3	1.0	1.3	1.0		0.0	0.0		0.5		2.0	1.6
M_{y1min}	0.0	0.0	0.0	-1.0		0.0	0.0		0.0		-1.2	0.0
M_{y2max}	0.3	1.0	0.3	0.2		0.0	0.0		0.5		1.4	0.8
M_{y2min}	0.0	0.0	0.0	-0.2		0.0	0.0		0.0		-0.2	0.0
M_{x3max}	1.7	7.1	2.5	5.1		1.1	5.0		3.1		18.2	8.5
M_{x3min}	-1.3	-3.0	-12.6	-11.6		-0.3	-2.0		-1.8		-19.9	-15.1
M_{x4max}	1.7	7.1	2.5	1.0		1.1	5.0		3.1		18.2	8.5
M_{x4min}	-1.3	-3.0	-12.6	0.0		-0.3	-2.0		-1.8		-19.9	-15.1
M_{x5max}	1.7	2.6	4.5	4.0		0.3	5.2		1.0		15.5	9.3
M_{x5min}	-1.3	-3.0	-2.0	-3.0		-0.5	-4.3		-1.7		-11.8	-5.9
M_{y5max}	0.3	1.6	1.3	1.2		0.5	8.3		0.7		15.1	6.6
M_{y5min}	-2.5	-5.0	-2.8	-1.9		-0.1	-10.4		-2.2		-24.1	-11.5
V_{xmax}	19.7	58.7	27.8	39.5		4.5	24.1		25.6		126.8	
V_{ymax}	23.3	39.6	10.3	9.5		5.3	77.8		17.7		194.7	

Muro 6 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

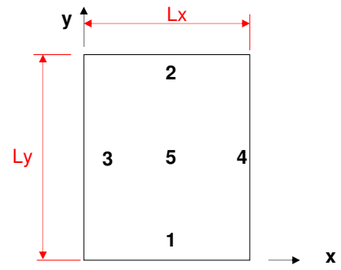
ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	7.2	19.8	2.8	1.8		4.3	14.0		9.3		55.7	27.5
M_{y1min}	-0.4	-5.0	-10.4	-2.5		-1.6	-1.2		-3.0		-14.8	-11.5
M_{y2max}	2.1	19.8	0.0	0.5		0.0	18.8		9.3		50.8	22.7
M_{y2min}	0.0	-5.0	-1.0	0.0		-0.4	0.0		-3.0		-5.5	-3.2
M_{x3max}	1.6	23.6	0.6	0.8		0.0	3.0		15.9		30.3	19.3
M_{x3min}	-1.3	-1.5	-4.1	-0.5		-0.7	-5.6		-1.0		-15.1	-8.8
M_{x4max}	1.6	32.6	0.6	0.8		0.0	3.0		15.9		39.3	19.3
M_{x4min}	-1.3	-1.5	-4.1	-0.5		-0.7	-5.6		-1.0		-15.1	-8.8
M_{x5max}	0.7	0.0	2.0	0.3		1.2	5.1		0.0		11.0	5.8
M_{x5min}	-0.5	-18.6	-2.0	-0.9		-0.2	-1.0		-9.1		-21.0	-10.3
M_{y5max}	1.0	2.0	2.8	0.0		1.0	7.0		1.0		15.2	8.0
M_{y5min}	-0.4	-19.8	0.0	-0.6		-1.0	-1.2		-9.9		-23.3	-11.6
V_{xmax}	9.9	107.7	14.5	4.4		9.5	36.1		52.6		186.6	
V_{ymax}	17.7	102.6	25.9	5.0		5.0	35.9		46.4		186.3	

Forjado arqueta de entrada - Esfuerzos en KNm/m y KN/m

ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	1.1	1.0	1.0	0.4		0.1	5.0		0.4		10.2	5.1
M_{y1min}	-1.8	-6.4	-0.3	-0.3		-0.1	-15.8		-2.8		-32.7	-14.1
M_{y2max}	1.1	0.5	0.5	0.3		0.0	5.0		0.2		9.6	4.6
M_{y2min}	-1.0	-6.4	-0.2	-0.2		-0.1	-15.8		-2.8		-31.6	-13.3
M_{x3max}	4.0	6.1	1.0	1.3		0.0	0.0		2.8		11.5	6.8
M_{x3min}	0.0	0.0	-0.1	0.0		-0.7	-31.9		0.0		-48.7	-19.6
M_{x4max}	-2.1	0.0	0.7	0.0		0.5	0.0		0.0		0.0	0.0
M_{x4min}	0.0	-20.3	-0.4	-0.7		0.0	-25.0		-9.6		-57.8	-24.6
M_{x5max}	2.0	3.0	0.4	0.5		0.4	33.5		0.5		56.4	22.8
M_{x5min}	-1.0	-8.0	-0.4	-0.5		-0.2	-3.0		-5.0		-14.1	-7.9
M_{y5max}	1.1	1.0	0.4	0.1		0.1	11.2		0.5		19.4	8.4
M_{y5min}	-0.5	-3.0	-0.3	-0.2		-0.1	-4.0		-2.0		-9.8	-5.0
V_{xmax}	40.3	35.1	10.7	10.4		5.2	143.8		15.9		311.4	
V_{ymax}	17.5	40.3	5.4	3.4		2.0	158.5		17.8		304.1	

Forjado arqueta de salida - Esfuerzos en KNm/m y KN/m												
ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH2		SP	ST		ER2*		ELU	ELS
M_{y1max}	1.0	1.3	0.5	0.2		0.0	0.5		0.6		3.4	1.9
M_{y1min}	-3.1	0.0	-0.8	0.0		0.0	-2.0		0.0		-8.1	-5.1
M_{y2max}	1.0	1.3	0.5	0.0		0.0	0.5		0.6		3.4	1.9
M_{y2min}	-3.1	0.0	-0.8	-0.2		0.0	-2.0		0.0		-8.1	-5.1
M_{x3max}	0.0	0.0	2.9	0.0		0.0	0.0		0.0		3.5	2.9
M_{x3min}	-1.9	-2.6	0.0	0.0		0.0	-0.9		-1.1		-6.5	-3.5
M_{x4max}	2.0	0.3	0.0	0.0		0.0	0.9		0.1		4.4	2.6
M_{x4min}	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0		0.0	0.0
M_{x5max}	2.5	0.3	1.2	0.0		0.0	1.3		0.1		6.8	4.5
M_{x5min}	0.0	-1.0	0.0	0.0		0.0	-0.3		-0.5		-1.5	-0.7
M_{y5max}	1.6	0.0	0.8	0.0		0.0	0.9		0.0		4.5	2.9
M_{y5min}	-3.2	-1.0	0.0	0.0		0.0	0.0		-0.5		-5.3	-3.7
V_{xmax}	47.9	6.8	4.6	0.8		0.0	22.9		3.1		105.8	
V_{ymax}	19.3	6.0	6.4	0.6		0.0	10.6		2.7		49.6	

En las tablas anteriores los esfuerzos envolventes se han calculado en los bordes y en el centro del vano de cada placa, de acuerdo con la numeración indicada en la figura siguiente, tomando los valores máximos correspondientes a las acciones aisladas en cada borde y en los vanos.



Elemento que se calcula

Muro transversal 2 - Esfuerzos en KNm/m y KN/m												
ESFU	ACCIÓN										COMBINACIÓN	
ERZO	CP	ER1*	EH1	EH1'	EH1''	SP	SC	SC'	ER2*	EH2	ELU	ELS
M_{y1max}	0.5	0.0	2.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	1.2
M_{y1min}	0.0	-7.0	0.0	-13.3	-13.8	0.0	0.0	0.0	-5.0	-4.9	-16.6	-5.0
M_{y2max}	0.7	0.0	4.1	3.9	3.3	0.5	0.0	13.9	0.0	0.5	26.7	9.5
M_{y2min}	0.0	-10.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-12.4	0.0	-6.3	0.0	-28.7	-13.7
M_{x3max}	0.2	34.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	21.9	0.0	42.5	25.3
M_{x3min}	-1.1	-2.0	-13.9	-14.9	-16.4	-1.8	-0.5	-6.6	0.0	-0.5	-31.8	-6.4
M_{x4max}	0.2	34.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	21.9	0.0	42.5	25.3
M_{x4min}	-1.1	-2.0	-13.9	-14.9	-16.4	-1.8	-0.5	-6.6	0.0	-0.5	-31.8	-6.4
M_{x5max}	0.4	0.0	1.0	1.7	3.7	0.2	0.0	3.5	0.0	0.4	10.2	2.9
M_{x5min}	-0.4	-2.3	0.0	-1.0	-1.0	-0.5	-3.2	-1.0	-1.5	-1.0	-9.7	-4.7
M_{y5max}	1.2	6.6	4.0	3.9	3.3	0.5	0.8	6.0	4.2	0.5	19.0	9.8
M_{y5min}	-1.2	-10.1	-2.7	-3.0	-5.0	-0.4	-0.5	-1.0	-6.3	0.0	-14.5	-8.6
V_{xmax}	4.4	144.1	-68.2	-70.9	-71.1	-8.1	19.1	-21.1	106.7	-6.0	169.0	
V_{ymax}	2.9	29.0	-11.8	-40.5	-42.1	-1.5	23.5	-23.8	21.6	-12.6	82.3	

Esfuerzos máximos y mínimos de borde

Esfuerzos máximos y mínimos de vano

Esfuerzos debidos a las acciones aisladas

Esfuerzos combinados

Las armaduras se calculan en las hojas de armado adjuntas, donde se indican los esfuerzos de cálculo y de servicio considerados, las armaduras necesarias en cada zona y el ancho característico de fisura.

El significado de los diferentes parámetros utilizados se aclara en la figura siguiente.

Armaduras necesarias (1ª y 2ª capa) en la cara indicada y en el borde

Armaduras necesarias (1ª y 2ª capa) en la cara indicada y en el vano

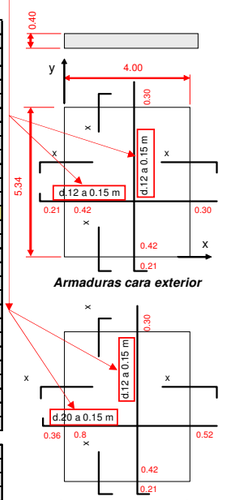
Armaduras necesarias en caso de armadura única en bordes y vano

ARMADURAS - BLOQUE DE MEZCLA - FLOCULACIÓN - DECANTACIÓN - MURO EXTERIOR 1 - ARQUETA FINAL

					kg/cm²	N/mm²				
Hormigón HA-30-B-15-IIIa+Qb		γ_c	1.50	f_{ck} (kg/cm²)	306.1	30	f_{cd} (kg/cm²)	204.1	recubrimiento (mm)	50
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20				f_{ydcc}(kg/cm²)	4082	fisura w_k (mm) caras interiores	0.1

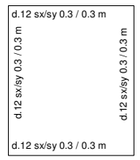
ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			1.7	1.1	2.6	9.7	6.6	1.7	4.6	1.6	0.0	1.0	3.6	0.0
momento de servicio M_s (tm/m)			1.4	0.9	1.5	8.0	5.5	1.4	3.6	1.3	0.0	0.8	3.0	0.0
canto h (m)			0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
canto útil d (m)			0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
U_c (t/m)			702.0	702.0	702.0	693.9	698.0	702.0	702.0	702.0	702.0	702.0	702.0	702.0
armadura necesaria A_{snec} (cm²/m)			1.1	0.7	1.7	6.6	4.4	1.1	3.1	1.0	0.0	0.6	2.4	0.0
armadura mínima. A_{smin} (cm²/m)			1.6	1.1	2.3	6.9	5.3	1.6	4.0	1.5	0.0	0.9	3.2	0.0
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)			6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
armadura mínima a disponer (cm²/m)			6.4	6.4	6.4	6.9	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
armadura dispuesta	armadura base	− (mm)	12	12	12	20	16	12	12	12	12	12	12	12
		s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	refuerzos	− (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Asr (cm²/m)			7.5	7.5	7.5	20.9	13.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
ancho de fisura w_k (mm)			0.05	0.03	0.05	0.09	0.09	0.05	0.12	0.04	0.00	0.03	0.10	0.00
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_h (m²)			0.4054	0.4054	0.4054	0.4151	0.4097	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054
y_{gb} (m)			0.198	0.198	0.198	0.195	0.196	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198	0.198
I_h (cm⁴)			545387	545387	545387	566037	554541	545387	545387	545387	545387	545387	545387	545387
M_i (tm/m)			8.13	8.13	8.13	8.59	8.33	8.13	8.13	8.13	8.13	8.13	8.13	8.13
σ_{sr} (kg/cm²)			3919	3919	3919	1508	2272	3919	3919	3919	3919	3919	3919	3919
σ_s (kg/cm²)			674	428	728	1410	1494	674	1747	639	1	394	1450	0
s (m)			0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
ϕ_{max} (mm)			12	12	12	20	16	12	12	12	12	12	12	12
s_m (m)			0.210	0.210	0.210	0.178	0.190	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210	0.210
ε_{sm}			0.00013	0.00008	0.00014	0.00029	0.00028	0.00013	0.00033	0.00012	0.00000	0.00007	0.00028	0.00000

cortante de cálculo V_d (t/m)	16.0		16.0				14.9		14.9		
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	210.6		210.6				210.6		210.6		
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple		
A_{sr} (cm²/m)	7.5		7.5				7.5		7.5		
ρ_L = As / bd	0.0022		0.0022				0.0022		0.0022		
ζ = 1+raiz(200/d)	1.76		1.76				1.76		1.76		
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.40		0.40				0.40		0.40		
f_{cv} (t/m²)	40.4		40.4				40.4		40.4		
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	13.9		13.9				13.9		13.9		
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras											
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras	si		si				si		si		
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	33.7		33.7				33.7		33.7		
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	11.6		11.6				11.6		11.6		
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	4.4		4.4				3.3		3.3		
$A_{s\,90}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90cd})	10.0		10.0				10.0		10.0		
diámetro de los estribos (mm)	12		12				12		12		
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
A_s dispuesta (cm²/m²)	12.6		12.6				12.6		12.6		

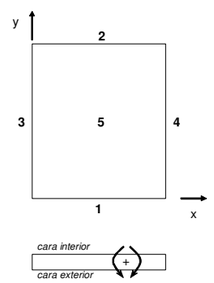


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



Armaduras de cortante

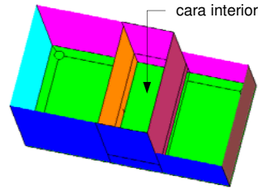


momentos (KNm/m)		
M1yd	9.6	-45.4
M1ys	8.0	-35.5
M2yd	0.0	0.0
M2ys	0.0	0.0
M5yd	35.6	-15.6
M5ys	29.5	-13.0
M3xd	95.0	-17.0
M3xs	78.7	-13.7
M4xd	17.0	-25.0
M4xs	13.7	-14.8
M5xd	65.0	-11.0
M5xs	53.7	-8.7

cortantes (KN/m)	
V1yd	146.0
V2yd	146.0
V3xd	157.0
V4xd	157.0

Esfuerzos máximos y mínimos, de cálculo (subíndice d) y de servicio (subíndice s), en los bordes y en el vano

Esfuerzos de cálculo y de servicio

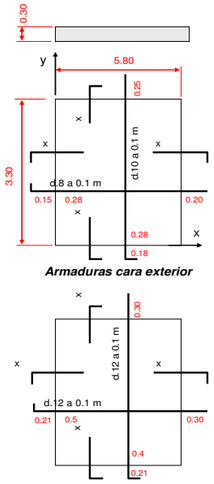


ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES - LOSA INFERIOR

					kg/cm²	N/mm²				
Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50	f_{ck} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)	50
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20				f_{ydcc}(kg/cm²)	4082	fisura w_k (mm) caras interiores	0.3

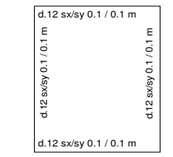
ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			3.9	4.6	3.9	4.4	7.2	8.5	5.6	2.8	5.6	9.4	1.9	9.4
momento de servicio M_s (tm/m)			2.1	2.8	2.1	3.4	4.7	4.9	3.0	1.9	3.0	5.6	1.3	5.6
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25	0.24	0.25	0.24
U_c (t/m)			502.0	502.0	502.0	502.0	500.0	498.0	500.0	502.0	500.0	498.0	502.0	498.0
armadura necesaria A_{snec} (cm²/m)			3.6	4.3	3.6	4.1	6.8	8.1	5.3	2.6	5.3	9.0	1.7	9.0
armadura mínima. A_{smin} (cm²/m)			4.2	4.7	4.2	4.7			5.4	3.2	5.4		2.3	
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	6.8	8.1	5.4	4.8	5.4	9.0	4.8	9.0
armadura dispuesta	armadura base	ϕ (mm)	8	8	8	8	10	12	10	8	10	12	8	12
		s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Asr (cm²/m)			5.0	5.0	5.0	5.0	7.9	11.3	7.9	5.0	7.9	11.3	5.0	11.3
ancho de fisura w_k (mm)			0.12	0.16	0.12	0.20	0.21	0.16	0.11	0.11	0.11	0.21	0.08	0.21
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_h (m²)			0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3057	0.3081	0.3057	0.3036	0.3057	0.3081	0.3036	0.3081
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.148	0.147	0.148	0.149	0.148	0.147	0.149	0.147
I_h (cm⁴)			228577	228577	228577	228577	230551	232930	230551	228577	230551	232930	228577	232930
M_i (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.59	4.67	4.59	4.54	4.59	4.67	4.54	4.67
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	4584	4584	2985	2114	2985	4584	2985	2114	4584	2114
σ_s (kg/cm²)			2073	2810	2073	3435	3041	2210	1953	1898	1953	2531	1300	2531
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	8	10	12	10	8	10	12	8	12
s_m (m)			0.180	0.180	0.180	0.180	0.168	0.160	0.168	0.180	0.168	0.160	0.180	0.160
ε_{sm}			0.00039	0.00054	0.00039	0.00065	0.00075	0.00057	0.00037	0.00036	0.00037	0.00078	0.00025	0.00078

cortante de cálculo V_d (t/m)	81.0		81.0				89.1		89.1		
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.6		150.6				150.0		150.0		
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple		
A_{sr} (cm²/m)	5.0		5.0				7.9		7.9		
ρ_L = As / bd	0.0020		0.0020				0.0032		0.0032		
ζ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90		
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.49		0.49		
f_{cv} (t/m²)	42.6		42.6				49.6		49.6		
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.5		10.5				12.1		12.1		
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras											
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras	si		si				si		si		
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	35.5		35.5				41.3		41.3		
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.7		8.7				10.1		10.1		
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	72.2		72.2				78.9		78.9		
$A_{s\,90}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90cd})	79.9		79.9				87.7		87.7		
diámetro de los estribos (mm)	12		12				12		12		
separación s_x (m)	0.10		0.10				0.10		0.10		
separación s_y (m)	0.10		0.10				0.10		0.10		
A_s dispuesta (cm²/m²)	113.1		113.1				113.1		113.1		

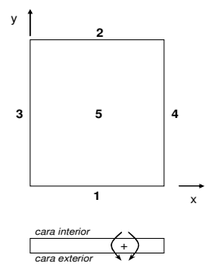


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



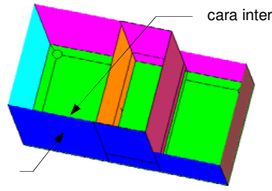
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	92	-55
M1ys	55	-29
M2yd	92	-55
M2ys	55	-29
M5yd	18	-27
M5ys	13	-18
M3xd	43	-38
M3xs	33	-20
M4xd	83	-38
M4xs	48	-20
M5xd	70	-45
M5xs	46	-27

cortantes (KN/m)	
V1yd	873
V2yd	873
V3xd	794
V4xd	794

Esfuerzos de cálculo y de servicio



ARMADURAS - ESTACION DE BOMBEO DE PLUVIALES - MURO 1 (PARTE IZQUIERDA)

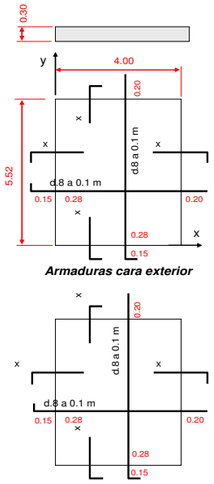
				kg/cm²	N/mm²
Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50		
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	306 30
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20	f_{sk} (kg/cm²)	5102 500

f_{cd} (kg/cm²)	204
f_{yd} (kg/cm²)	4437
f_{ydcru} (kg/cm²)	4082

recubrimiento (mm)		50
ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
	caras interiores	0.3

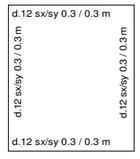
ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			4.9	3.2	2.5	2.2	2.2	1.1	4.2	0.7	0.5	2.0	1.2	0.4
momento de servicio M_s (tm/m)			2.4	1.6	0.8	1.8	1.1	0.8	2.4	0.5	0.3	1.6	0.6	0.2
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_c (t/m)			502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0
armadura necesaria $A_{s,nec}$ (cm²/m)			4.6	3.0	2.3	2.0	2.0	1.0	3.9	0.7	0.4	1.9	1.1	0.4
armadura mínima. $A_{s,min}$ (cm²/m)			5.0	3.6	3.0	2.7	2.7	1.5	4.5	1.0	0.6	2.5	1.6	0.6
cuantía geométrica mín. $A_{s,geom}$ (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			5.0	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura	ϕ (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	base	s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Asr (cm²/m)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ancho de fisura w_k (mm)			0.14	0.09	0.05	0.11	0.07	0.05	0.14	0.03	0.02	0.10	0.04	0.01
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577
M_f (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584
σ_s (kg/cm²)			2403	1568	854	1816	1135	846	2407	526	320	1651	609	217
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
s_m (m)			0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
ε_{sm}			0.00046	0.00030	0.00016	0.00035	0.00022	0.00016	0.00046	0.00010	0.00006	0.00031	0.00012	0.00004

cortante de cálculo V_d (t/m)	17.5		17.5				11.8		11.8			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.6		150.6				150.6		150.6			
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple			
A_{sr} (cm²/m)	5.0		5.0				5.0		5.0			
ρ_L = As / bd	0.0020		0.0020				0.0020		0.0020			
ζ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.42		0.42			
f_{cv} (t/m²)	42.6		42.6				42.6		42.6			
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.5		10.5				10.5		10.5			
V_d < V_{u2} ; no requiere armaduras												
V_d > V_{u2} ; requiere armaduras	si		si				si		si			
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	35.5		35.5				35.5		35.5			
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.7		8.7				8.7		8.7			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	8.8		8.8				3.1		3.1			
$A_{s\ 90°}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	10.0		10.0				10.0		10.0			
diámetro de los estribos (mm)	12		12				12		12			
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
A_s dispuesta (cm²/m²)	12.6		12.6				12.6		12.6			

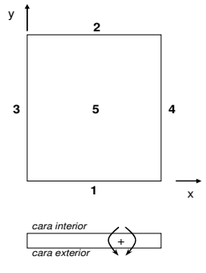


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



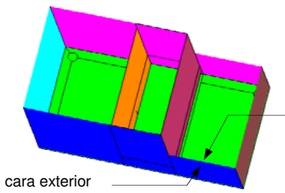
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	20	-41
M1ys	16	-23
M2yd	4	-5
M2ys	2	-3
M5yd	12	-7
M5ys	6	-5
M3xd	22	-48
M3xs	18	-23
M4xd	11	-25
M4xs	8	-8
M5xd	21	-31
M5xs	11	-15

cortantes (KN/m)	
V1yd	116
V2yd	116
V3xd	172
V4xd	172

Esfuerzos de cálculo y de servicio



ARMADURAS - ESTACION DE BOMBEO DE PLUVIALES - MURO 1 (PARTE DERECHA)

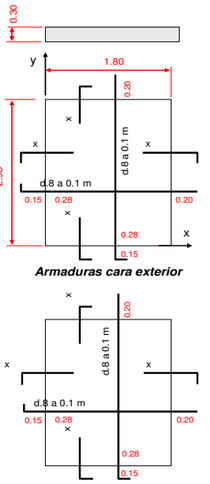
				kg/cm²	N/mm²
Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50		
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	306 30
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20	f_{sk} (kg/cm²)	5102 500

f_{cd} (kg/cm²)	204
f_{yd} (kg/cm²)	4437
f_{ydcru} (kg/cm²)	4082

recubrimiento (mm)		50
ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
	caras interiores	0.3

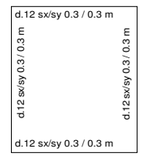
ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			2.5	0.6	1.1	1.1	1.1	1.8	4.4	0.5	2.4	2.0	1.0	0.3
momento de servicio M_s (tm/m)			0.8	0.4	1.8	0.8	0.8	1.1	2.4	0.4	1.1	1.6	0.6	0.2
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_c (t/m)			502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0
armadura necesaria $A_{s,nec}$ (cm²/m)			2.3	0.5	1.0	1.0	1.0	1.6	4.1	0.5	2.3	1.9	0.9	0.2
armadura mínima. $A_{s,min}$ (cm²/m)			3.0	0.8	1.4	1.5	1.4	2.2	4.6	0.7	2.9	2.5	1.3	0.4
cuantía geométrica mín. $A_{s,geom}$ (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura	ϕ (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	base	s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Asr (cm²/m)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ancho de fisura w_k (mm)			0.05	0.02	0.11	0.05	0.05	0.06	0.14	0.02	0.07	0.10	0.03	0.01
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577
M_f (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584
σ_s (kg/cm²)			854	412	1867	846	805	1116	2422	371	1118	1651	590	155
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
s_m (m)			0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
ε_{sm}			0.00016	0.00008	0.00036	0.00016	0.00015	0.00021	0.00046	0.00007	0.00021	0.00031	0.00011	0.00003

cortante de cálculo V_d (t/m)	15.3		15.3				12.8		12.8			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.6		150.6				150.6		150.6			
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple			
A_{sr} (cm²/m)	5.0		5.0				5.0		5.0			
ρ_L = As / bd	0.0020		0.0020				0.0020		0.0020			
ζ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.42		0.42			
f_{cv} (t/m²)	42.6		42.6				42.6		42.6			
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.5		10.5				10.5		10.5			
V_d < V_{u2} ; no requiere armaduras												
V_d > V_{u2} ; requiere armaduras	si		si				si		si			
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	35.5		35.5				35.5		35.5			
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.7		8.7				8.7		8.7			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	6.6		6.6				4.1		4.1			
$A_{s\ 90°}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	10.0		10.0				10.0		10.0			
diámetro de los estribos (mm)	12		12				12		12			
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
A_s dispuesta (cm²/m²)	12.6		12.6				12.6		12.6			

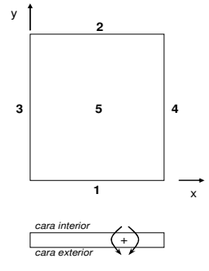


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



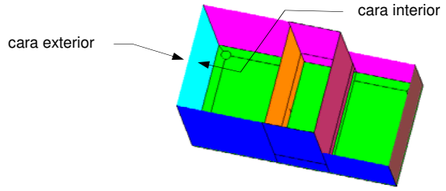
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	20	-43
M1ys	16	-23
M2yd	3	-24
M2ys	2	-11
M5yd	10	-5
M5ys	6	-4
M3xd	11	-25
M3xs	8	-8
M4xd	17	-11
M4xs	11	-18
M5xd	11	-6
M5xs	8	-4

cortantes (KN/m)	
V1yd	125
V2yd	125
V3xd	150
V4xd	150

Esfuerzos de cálculo y de servicio



ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES - MURO 3

Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50
Acero B500SD		γ_s	1.15
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20

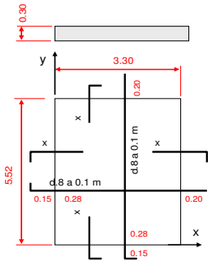
	kg/cm²	N/mm²
f_{ck} (kg/cm²)	306	30
f_{ck} (kg/cm²)	5102	500

f_{ctd} (kg/cm²)	204
f_{ctd} (kg/cm²)	4437
$f_{ctm,fl}$ (kg/cm²)	4082

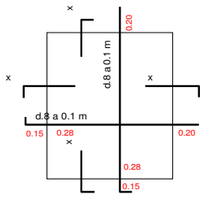
recubrimiento (mm)		50
ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
	caras interiores	0.3

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			4.7	1.3	4.7	2.1	2.8	2.1	3.5	0.8	0.5	2.0	2.0	0.4
momento de servicio M_k (tm/m)			2.3	1.1	2.3	1.8	1.3	1.8	2.0	0.7	0.3	1.6	0.9	0.3
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_c (t/m)			502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0
armadura necesaria $A_{s,nec}$ (cm²/m)			4.4	1.2	4.4	2.0	2.6	2.0	3.3	0.7	0.4	1.8	1.8	0.3
armadura mínima. $A_{s,min}$ (cm²/m)			4.9	1.7	4.9	2.6	3.3	2.6	3.9	1.1	0.6	2.5	2.4	0.5
cuantía geométrica mín. $A_{s,geom,min}$ (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.9	4.8	4.9	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura base	ϕ (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
		s (cm)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (cm)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Asr (cm²/m)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ancho de fisura w_k (mm)			0.14	0.06	0.14	0.10	0.08	0.10	0.12	0.04	0.02	0.10	0.06	0.02
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577
M_r (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584
σ_s (kg/cm²)			2331	1064	2331	1772	1331	1772	2036	662	313	1636	949	310
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
s_m (m)			0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
ε_{sm}			0.00044	0.00020	0.00044	0.00034	0.00025	0.00034	0.00039	0.00013	0.00006	0.00031	0.00018	0.00006

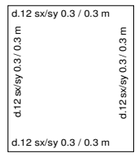
cortante de cálculo V_d (t/m)	15.1		15.1				12.0		12.0		
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.6		150.6				150.6		150.6		
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple		
A_{sr} (cm²/m)	5.0		5.0				5.0		5.0		
ρ_L = As / bd	0.0020		0.0020				0.0020		0.0020		
ζ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90		
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.42		0.42		
f_{cv} (t/m²)	42.6		42.6				42.6		42.6		
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.5		10.5				10.5		10.5		
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras											
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras	si		si				si		si		
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	35.5		35.5				35.5		35.5		
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.7		8.7				8.7		8.7		
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	6.4		6.4				3.2		3.2		
$A_{s,90º}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d $f_{yd(cd)}$)	10.0		10.0				10.0		10.0		
diámetro de los estribos (mm)	12		12				12		12		
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
A_s dispuesta (cm²/m²)	12.6		12.6				12.6		12.6		



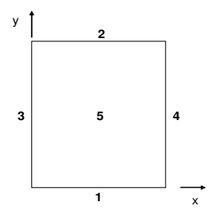
Armaduras cara exterior



Armaduras cara interior



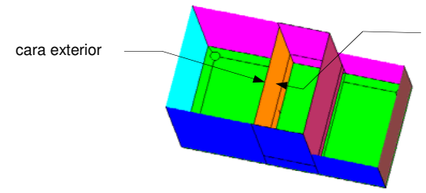
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	20	-35
M1ys	16	-20
M2yd	4	-5
M2ys	3	-3
M5yd	19	-8
M5ys	9	-6
M3xd	21	-47
M3xs	17	-23
M4xd	21	-47
M4xs	17	-23
M5xd	27	-13
M5xs	13	-10

cortantes (KN/m)	
V1yd	117
V2yd	117
V3xd	148
V4xd	148

Esfuerzos de cálculo y de servicio



ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES - MURO 4

Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50
Acero B500SD		γ_s	1.15
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20

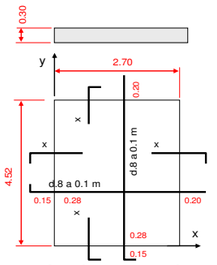
	kg/cm²	N/mm²
f_{ck} (kg/cm²)	306	30
f_{ck} (kg/cm²)	5102	500

f_{ctd} (kg/cm²)	204
f_{ctd} (kg/cm²)	4437
$f_{ctm,fl}$ (kg/cm²)	4082

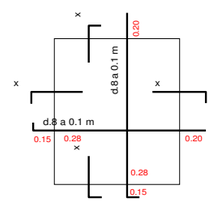
recubrimiento (mm)		50
ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.3
	caras interiores	0.3

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			1.6	2.1	1.6	1.9	1.3	1.9	1.5	0.6	0.2	4.5	0.7	0.1
momento de servicio M_k (tm/m)			1.1	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	0.7	0.3	0.1	2.8	0.4	0.1
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_c (t/m)			502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0
armadura necesaria $A_{s,nec}$ (cm²/m)			1.5	1.9	1.5	1.8	1.2	1.8	1.4	0.5	0.2	4.2	0.6	0.1
armadura mínima. $A_{s,min}$ (cm²/m)			2.1	2.5	2.1	2.4	1.7	2.4	1.9	0.7	0.3	4.7	0.9	0.2
cuantía geométrica mín. $A_{s,geom,min}$ (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura base	ϕ (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
		s (cm)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (cm)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Asr (cm²/m)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ancho de fisura w_k (mm)			0.07	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.04	0.02	0.01	0.16	0.03	0.01
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577
M_r (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584
σ_s (kg/cm²)			1149	1009	1149	1028	1038	1028	732	278	134	2787	433	103
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
s_m (m)			0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
ε_{sm}			0.00022	0.00019	0.00022	0.00020	0.00020	0.00020	0.00014	0.00005	0.00003	0.00053	0.00008	0.00002

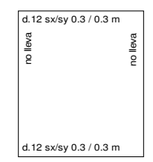
cortante de cálculo V_d (t/m)	9.4		9.4				12.5		12.5		
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.6		150.6				150.6		150.6		
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple		
A_{sr} (cm²/m)	5.0		5.0				5.0		5.0		
ρ_L = As / bd	0.0020		0.0020				0.0020		0.0020		
ζ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90		
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.42		0.42		
f_{cv} (t/m²)	42.6		42.6				42.6		42.6		
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.5		10.5				10.5		10.5		
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras	no		no								
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras							si		si		
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$							35.5		35.5		
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd							8.7		8.7		
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}							3.7		3.7		
$A_{s,90º}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d $f_{yd(cd)}$)	0.0		0.0				10.0		10.0		
diámetro de los estribos (mm)							12		12		
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30		
A_s dispuesta (cm²/m²)	0.0		0.0				12.6		12.6		



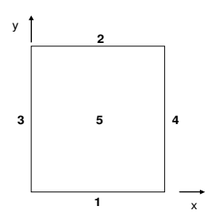
Armaduras cara exterior



Armaduras cara interior



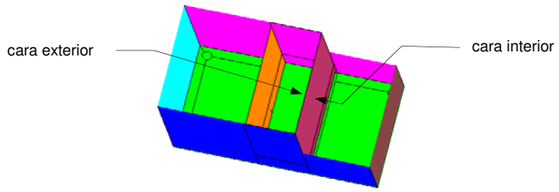
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	44	-15
M1ys	27	-7
M2yd	1	-2
M2ys	1	-1
M5yd	7	-5
M5ys	4	-3
M3xd	19	-16
M3xs	10	-11
M4xd	19	-16
M4xs	10	-11
M5xd	13	-20
M5xs	10	-10

cortantes (KN/m)	
V1yd	122
V2yd	122
V3xd	92
V4xd	92

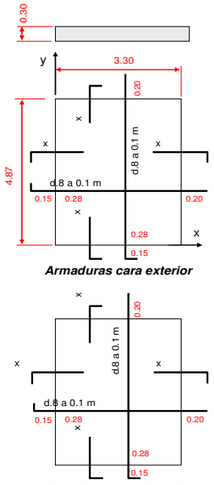
Esfuerzos de cálculo y de servicio



ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES - MURO 5

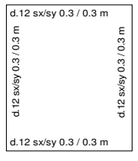
				kg/cm²	N/mm²						
Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50			f_{ck} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)	50
Acero B500SD		γ_s	1.15			f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores 0.3
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20						f_{ydcu} (kg/cm²)	4082		caras interiores 0.2

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			2.0	1.2	2.0	1.9	1.6	1.9	0.1	2.5	0.0	0.2	1.5	0.1
momento de servicio M_s (tm/m)			1.5	0.6	1.5	0.9	1.0	0.9	0.0	1.2	0.0	0.2	0.7	0.1
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_c (t/m)			502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0
armadura necesaria A_{snec} (cm²/m)			1.9	1.1	1.9	1.7	1.5	1.7	0.1	2.3	0.0	0.2	1.4	0.1
armadura mínima. A_{smin} (cm²/m)			2.5	1.6	2.5	2.3	2.0	2.3	0.2	2.9	0.0	0.3	1.9	0.2
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura	ϕ (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	base	s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Asr (cm²/m)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ancho de fisura w_k (mm)			0.09	0.04	0.09	0.05	0.06	0.05	0.00	0.07	0.00	0.01	0.04	0.00
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577
M_f (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584
σ_s (kg/cm²)			1557	606	1557	873	962	873	2	1190	2	165	679	83
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
s_m (m)			0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
ε_{sm}			0.00030	0.00012	0.00030	0.00017	0.00018	0.00017	0.00000	0.00023	0.00000	0.00003	0.00013	0.00002
cortante de cálculo V_d (t/m)			12.9		12.9				19.9		19.9			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd			150.6		150.6				150.6		150.6			
comprobación a compresión oblícua			cumple		cumple				cumple		cumple			
A_{sr} (cm²/m)			5.0		5.0				5.0		5.0			
ρ_L = As / bd			0.0020		0.0020				0.0020		0.0020			
ζ = 1+raiz(200/d)			1.90		1.90				1.90		1.90			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$			0.42		0.42				0.42		0.42			
f_{cv} (t/m²)			42.6		42.6				42.6		42.6			
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd			10.5		10.5				10.5		10.5			
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras														
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras			si		si				si		si			
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$			35.5		35.5				35.5		35.5			
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd			8.7		8.7				8.7		8.7			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}			4.2		4.2				11.1		11.1			
$A_{s\ 90^\circ}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{ydcu})			10.0		10.0				12.3		12.3			
diámetro de los estribos (mm)			12		12				12		12			
separación s_x (m)			0.30		0.30				0.30		0.30			
separación s_y (m)			0.30		0.30				0.30		0.30			
A_s dispuesta (cm²/m²)			12.6		12.6				12.6		12.6			

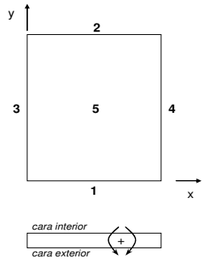


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



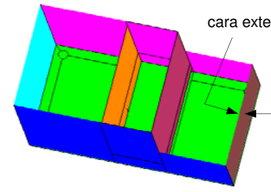
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	2	-1
M1ys	2	0
M2yd	1	0
M2ys	1	0
M5yd	15	-24
M5ys	7	-12
M3xd	18	-20
M3xs	8	-15
M4xd	18	-20
M4xs	8	-15
M5xd	15	-12
M5xs	9	-6

cortantes (KN/m)	
V1yd	195
V2yd	195
V3xd	127
V4xd	127

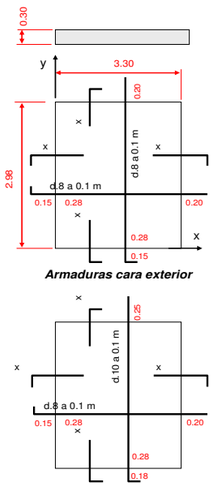
Esfuerzos de cálculo y de servicio



ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES - MURO 6

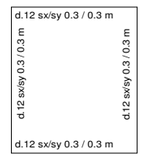
				kg/cm²	N/mm²						
Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50			f_{ck} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)	50
Acero B500SD		γ_s	1.15			f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores 0.3
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20						f_{ydcu} (kg/cm²)	4082		caras interiores 0.2

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			1.5	2.1	1.5	3.1	1.1	4.0	1.5	2.4	0.6	5.7	1.6	5.2
momento de servicio M_s (tm/m)			0.9	1.1	0.9	2.0	0.6	2.0	1.2	1.2	0.3	2.8	0.8	2.3
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_c (t/m)			502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	500.0	502.0	500.0
armadura necesaria A_{snec} (cm²/m)			1.4	2.0	1.4	2.9	1.0	3.7	1.4	2.2	0.5	5.4	1.4	4.9
armadura mínima. A_{smin} (cm²/m)			1.9	2.6	1.9	3.6	1.5	4.3	1.9	2.9	0.7	5.4	2.0	5.2
cuantía geométrica mín. A_{sgmin} (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5.4	4.8	5.2
armadura dispuesta	armadura	ϕ (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	8	10
	base	s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Asr (cm²/m)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.9	5.0	7.9
ancho de fisura w_k (mm)			0.05	0.06	0.05	0.12	0.03	0.12	0.07	0.07	0.02	0.10	0.05	0.08
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3057	0.3036	0.3057
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.148	0.149	0.148
I_b (cm⁴)			228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	230551	228577	230551
M_f (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.59	4.54	4.59
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	2985	4584	2985
σ_s (kg/cm²)			903	1064	903	1991	594	1991	1188	1198	334	1822	825	1504
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	8	8	8	8	8	8	10	8	10
s_m (m)			0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.168	0.180	0.168
ε_{sm}			0.00017	0.00020	0.00017	0.00038	0.00011	0.00038	0.00023	0.00023	0.00006	0.00035	0.00016	0.00029
cortante de cálculo V_d (t/m)			19.0		19.0				19.0		19.0			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd			150.6		150.6				150.6		150.6			
comprobación a compresión oblícua			cumple		cumple				cumple		cumple			
A_{sr} (cm²/m)			5.0		5.0				5.0		5.0			
ρ_L = As / bd			0.0020		0.0020				0.0020		0.0020			
ζ = 1+raiz(200/d)			1.90		1.90				1.90		1.90			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$			0.42		0.42				0.42		0.42			
f_{cv} (t/m²)			42.6		42.6				42.6		42.6			
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd			10.5		10.5				10.5		10.5			
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras														
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras			si		si				si		si			
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$			35.5		35.5				35.5		35.5			
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd			8.7		8.7				8.7		8.7			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}			10.3		10.3				10.3		10.3			
$A_{s\ 90^\circ}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{ydcu})			11.4		11.4				11.4		11.4			
diámetro de los estribos (mm)			12		12				12		12			
separación s_x (m)			0.30		0.30				0.30		0.30			
separación s_y (m)			0.30		0.30				0.30		0.30			
A_s dispuesta (cm²/m²)			12.6		12.6				12.6		12.6			

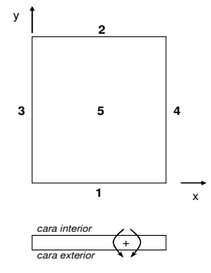


Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior



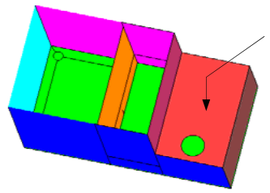
Armaduras de cortante



momentos (KNm/m)		
M1yd	56	-15
M1ys	27	-12
M2yd	51	-5
M2ys	23	-3
M5yd	15	-23
M5ys	8	-12
M3xd	30	-15
M3xs	19	-9
M4xd	39	-15
M4xs	19	-9
M5xd	11	-21
M5xs	6	-10

cortantes (KN/m)	
V1yd	186
V2yd	186
V3xd	187
V4xd	187

Esfuerzos de cálculo y de servicio

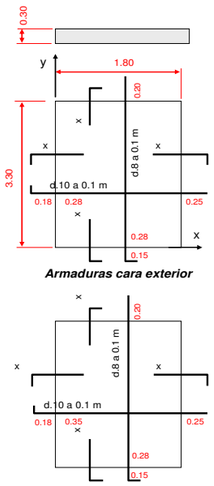


ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES - FORJADO ARQUETA DE ENTRADA

					kg/cm²	N/mm²						
Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50	f_{ck} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20				$f_{y0,1\%}$ (kg/cm²)	4082		caras interiores	0.3

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			5.0	1.4	5.9	1.2	5.8	0.0	3.3	1.0	3.2	1.0	2.0	1.0
momento de servicio M_s (tm/m)			2.0	0.8	2.5	0.7	2.3	0.0	1.4	0.5	1.4	0.5	0.9	0.5
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_c (t/m)			502.0	502.0	500.0	502.0	500.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0
armadura necesaria $A_{s,nec}$ (cm²/m)			4.6	1.3	5.6	1.1	5.4	0.0	3.1	0.9	3.0	1.0	1.8	0.9
armadura mínima. $A_{s,min}$ (cm²/m)			5.0	1.8		1.5	5.5	0.0	3.8	1.3	3.7	1.4	2.4	1.3
cuantía geométrica mín. $A_{s,gmin}$ (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			5.0	4.8	5.6	4.8	5.5	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura	ϕ (mm)	8	8	10	8	10	8	8	8	8	8	8	8
	base	s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Asr (cm²/m)		5.0	5.0	7.9	5.0	7.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ancho de fisura w_k (mm)			0.12	0.05	0.09	0.04	0.08	0.00	0.08	0.03	0.08	0.03	0.05	0.03
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3036	0.3036	0.3057	0.3036	0.3057	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.148	0.149	0.148	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			228577	228577	230551	228577	230551	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577
M_f (tm/m)			4.54	4.54	4.59	4.54	4.59	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	2985	4584	2985	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584
σ_s (kg/cm²)			2017	817	1631	702	1514	0	1458	511	1376	526	865	475
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	10	8	10	8	8	8	8	8	8	8
s_m (m)			0.180	0.180	0.168	0.180	0.168	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
ε_{sm}			0.00038	0.00016	0.00031	0.00013	0.00029	0.00000	0.00028	0.00010	0.00026	0.00010	0.00016	0.00009

cortante de cálculo V_d (t/m)	31.8		31.8				31.0		31.0			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.6		150.0				150.6		150.6			
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple			
A_{sr} (cm²/m)	5.0		7.9				5.0		5.0			
ρ_L = As / bd	0.0020		0.0032				0.0020		0.0020			
ζ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.49				0.42		0.42			
f_{cv} (t/m²)	42.6		49.6				42.6		42.6			
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.5		12.1				10.5		10.5			
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras												
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras	si		si				si		si			
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	35.5		41.3				35.5		35.5			
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.7		10.1				8.7		8.7			
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	23.0		21.7				22.3		22.3			
$A_{s,90º}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	25.5		24.1				24.7		24.7			
diámetro de los estribos (mm)	12		12				12		12			
separación s_x (m)	0.20		0.20				0.20		0.20			
separación s_y (m)	0.20		0.20				0.20		0.20			
A_s dispuesta (cm²/m²)	28.3		28.3				28.3		28.3			



Armaduras cara exterior

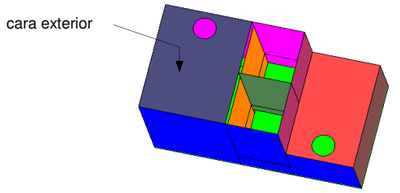
Armaduras cara interior

Armaduras de cortante

momentos (KNm/m)		
M1yd	10	-33
M1ys	5	-14
M2yd	10	-32
M2ys	5	-13
M5yd	19	-10
M5ys	8	-5
M3xd	12	-49
M3xs	7	-20
M4xd	0	-58
M4xs	0	-25
M5xd	56	-14
M5xs	23	-8

cortantes (KN/m)	
V1yd	304
V2yd	304
V3xd	311
V4xd	311

Esfuerzos de cálculo y de servicio

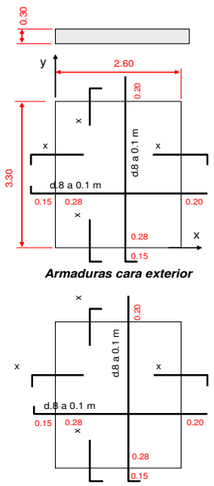


ARMADURAS - ESTACIÓN DE BOMBEO DE PLUVIALES - FORJADO ARQUETA DE SALIDA

					kg/cm²	N/mm²						
Hormigón HA-30-B-15-IIa+Qa		γ_c	1.50	f_{ck} (kg/cm²)	306	30	f_{cd} (kg/cm²)	204	recubrimiento (mm)		50
Acero B500SD		γ_s	1.15	f_{yk} (kg/cm²)	5102	500	f_{yd} (kg/cm²)	4437	ancho máximo de fisura w_k (mm)	caras exteriores	0.2
E_c (kg/cm²)	291600	n = E_s/E_c	7.20				$f_{y0,1\%}$ (kg/cm²)	4082		caras interiores	0.3

ARMADURA			ARMADURA X-X						ARMADURA Y-Y					
			EXTERIOR			INTERIOR			EXTERIOR			INTERIOR		
PUNTO			3	5	4	3	5	4	1	5	2	1	5	2
momento de cálculo M_d (tm/m)			0.7	0.1	0.0	0.4	0.7	0.4	0.8	0.5	0.8	0.3	0.5	0.3
momento de servicio M_s (tm/m)			0.4	0.1	0.0	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4	0.5	0.2	0.3	0.2
canto h (m)			0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
canto útil d (m)			0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
U_c (t/m)			502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0	502.0
armadura necesaria $A_{s,nec}$ (cm²/m)			0.6	0.1	0.0	0.3	0.6	0.4	0.8	0.5	0.8	0.3	0.4	0.3
armadura mínima. $A_{s,min}$ (cm²/m)			0.9	0.2	0.0	0.5	0.9	0.6	1.1	0.7	1.1	0.5	0.6	0.5
cuantía geométrica mín. $A_{s,gmin}$ (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura mínima a disponer (cm²/m)			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
armadura dispuesta	armadura	ϕ (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	base	s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	refuerzos	ϕ (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		s (m)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Asr (cm²/m)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ancho de fisura w_k (mm)			0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01
comprobación			cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
A_b (m²)			0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036	0.3036
y_{gb} (m)			0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149	0.149
I_b (cm⁴)			228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577	228577
M_f (tm/m)			4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54
σ_{sr} (kg/cm²)			4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584	4584
σ_s (kg/cm²)			365	70	2	299	462	273	526	381	526	196	303	196
s (m)			0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
ϕ_{max} (mm)			8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
s_m (m)			0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
ε_{sm}			0.00007	0.00001	0.00000	0.00006	0.00009	0.00005	0.00010	0.00007	0.00010	0.00004	0.00006	0.00004

cortante de cálculo V_d (t/m)	10.8		10.8				5.1		5.1			
V_{u1} (t/m) = 0,30 f_{cd} bd	150.6		150.6				150.6		150.6			
comprobación a compresión oblícua	cumple		cumple				cumple		cumple			
A_{sr} (cm²/m)	5.0		5.0				5.0		5.0			
ρ_L = As / bd	0.0020		0.0020				0.0020		0.0020			
ζ = 1+raiz(200/d)	1.90		1.90				1.90		1.90			
f_{cv} (N/mm²)= 0,12ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	0.42		0.42				0.42		0.42			
f_{cv} (t/m²)	42.6		42.6				42.6		42.6			
V_{u2} (t/m) = f_{cv} bd	10.5		10.5				10.5		10.5			
$V_d < V_{u2}$; no requiere armaduras							no		no			
$V_d > V_{u2}$; requiere armaduras	si		si									
f_{cv}* (t/m²)= 0,10ζ (100 ρ_L f_{ck})$^{1/3}$	35.5		35.5									
V_{cu} (t/m) = f_{cv}* bd	8.7		8.7									
V_{su} (t/m) = V_d - V_{cu}	2.1		2.1									
$A_{s,90º}$ (cm²/m²) = V_{su} / (0,9d f_{y90d})	10.0		10.0				0.0		0.0			
diámetro de los estribos (mm)	12		12									
separación s_x (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
separación s_y (m)	0.30		0.30				0.30		0.30			
A_s dispuesta (cm²/m²)	12.6		12.6				0.0		0.0			



Armaduras cara exterior

Armaduras cara interior

Armaduras de cortante

momentos (KNm/m)		
M1yd	3	-8
M1ys	2	-5
M2yd	3	-8
M2ys	2	-5
M5yd	4	-5
M5ys	3	-4
M3xd	3	-7
M3xs	3	-4
M4xd	4	0
M4xs	3	0
M5xd	7	-1
M5xs	4	-1

cortantes (KN/m)	
V1yd	50
V2yd	50
V3xd	106
V4xd	106

Esfuerzos de cálculo y de servicio