



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Transito y Transportes SC

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE



Secretaría de
Comunicaciones y
Transportes
Dirección General de Transporte
Ferroviario y Multimodal
14/08/2013

ELABORACIÓN DE LOS “ESTUDIOS DE PRE-INVERSIÓN, RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA, FINANCIERA, LEGAL Y AMBIENTAL, ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO, ANTEPROYECTO Y PROYECTO EJECUTIVO PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS EN LA MODALIDAD DE TREN LIGERO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ZAPOPAN, GUADALAJARA Y TLAQUEPAQUE, JALISCO”

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

ÍNDICE

1. OBJETO DEL DOCUMENTO	1
2. BASES DE CÁLCULO	2
2.1. NORMATIVA DE REFERENCIA	2
2.2. FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGAS	2
2.3. FACTORES DE RESISTENCIA	3
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	3
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS DE ARMADO	4
3. ACCIONES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO	6
3.1. LOSA DE CUBIERTA	6
3.2. NIVEL DE ESTAMPIDORES	8
3.3. LOSA DE FONDO	9
4. DESCRIPCIÓN DE LA TRINCHERA Y DE LOS NIVELES DE ARRIOSTRAMIENTO	10
4.1. UBICACIÓN DE LA TRINCHERA	10
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS LOSAS Y NIVELES DE ARRIOSTRAMIENTO	11
5. DIMENSIONAMIENTO DE LA LOSA DE CUBIERTA	15
5.1. CARGAS CONSIDERADAS	15
5.2. CASO A – ZONA ANCHO INTERIOR L=9,15 M.	16
5.2.1. <i>Esfuerzos de dimensionamiento:</i>	16
5.2.2. <i>Dimensionamiento a flexión</i>	16
5.2.3. <i>Dimensionamiento a cortante</i>	17

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

5.2.4.	<i>Dimensionamiento en servicio</i>	18
5.2.5.	<i>Deformaciones</i>	19
5.3.	CASO B – ZONA ANCHO INTERIOR L=13,30 M.	20
5.3.1.	<i>Esfuerzos de dimensionamiento:</i>	20
5.3.2.	<i>Dimensionamiento a flexión</i>	20
5.3.3.	<i>Dimensionamiento a cortante</i>	21
5.3.4.	<i>Dimensionamiento en servicio</i>	22
5.3.5.	<i>Deformaciones</i>	23
5.4.	ESQUEMA DE ARMADO	24
6.	DIMENSIONAMIENTO DE LA LOSA DE FONDO	25
6.1.	CARGAS CONSIDERADAS	25
6.2.	CASO A – ZONA ANCHO INTERIOR L=9,15 M.	26
6.2.1.	<i>Esfuerzos de dimensionamiento</i>	26
6.2.2.	<i>Dimensionamiento a flexión</i>	27
6.2.3.	<i>Dimensionamiento a cortante</i>	29
6.2.4.	<i>Dimensionamiento en servicio</i>	29
6.2.5.	<i>Dimensionamiento a rasante</i>	31
6.2.6.	<i>Deformaciones</i>	33
6.3.	CASO B – ZONA ANCHO INTERIOR L=13,30 M.	34
6.3.1.	<i>Esfuerzos de dimensionamiento</i>	34
6.3.2.	<i>Dimensionamiento a flexión</i>	35
6.3.3.	<i>Dimensionamiento a cortante</i>	37

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

6.3.4.	<i>Dimensionamiento en servicio</i>	37
6.3.5.	<i>Dimensionamiento a rasante</i>	39
6.3.6.	<i>Deformaciones</i>	40
6.4.	ESQUEMA DE ARMADO	42
7.	DIMENSIONAMIENTO DEL POZO DE BOMBEO	43
7.1.	LOSA DE FONDO DEL POZO DE BOMBEO	44
7.1.1.	<i>Cargas consideradas</i>	44
7.1.2.	<i>Esfuerzos de dimensionamiento</i>	44
7.1.3.	<i>Dimensionamiento a flexión</i>	46
7.1.4.	<i>Dimensionamiento a cortante</i>	49
7.1.5.	<i>Dimensionamiento en servicio</i>	49
7.1.6.	<i>Dimensionamiento a rasante</i>	51
7.2.	LOSA DE CUBRICIÓN DEL POZO DE ATAQUE	53
7.2.1.	<i>Cargas consideradas</i>	53
7.2.2.	<i>Esfuerzos de dimensionamiento</i>	54
7.2.3.	<i>Dimensionamiento a flexión</i>	55
7.2.4.	<i>Dimensionamiento a cortante</i>	57
7.2.5.	<i>Dimensionamiento en servicio</i>	57
7.2.6.	<i>Deformaciones</i>	59
7.3.	ESQUEMA DE ARMADO	60
7.4.	IMPERMEABILIZACIÓN INTERIOR DEL POZO	60
8.	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESTAMPIDORES	62

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

8.1.	CARGAS CONSIDERADAS	62
8.2.	ESFUERZOS DE CÁLCULO	63
8.3.	DIMENSIONAMIENTO A FLEXOCOMPRESIÓN	64
8.4.	DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE	67
8.5.	ESQUEMA DE ARMADO	68
9.	DIMENSIONAMIENTO DE ESTAMPIDORES (EJECUTADOS EN 2ª FASE)	69
9.1.	CARGAS CONSIDERADAS	69
9.2.	ESFUERZOS DE CÁLCULO	70
9.1.	DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN	70
9.2.	DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE	71
9.3.	DIMENSIONAMIENTO A RASANTE	72
9.4.	ESQUEMA DE ARMADO	73
9.5.	DEFINICIÓN DEL FORJADO DE VENTILACIÓN	73
10.	DIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS DE BORDE	75
10.1.	CARGAS CONSIDERADAS	75
10.2.	ESFUERZOS DE CÁLCULO	76
10.3.	DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN	77
10.4.	DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE	79
10.5.	DIMENSIONAMIENTO EN SERVICIO	81
10.6.	DIMENSIONAMIENTO A RASANTE	81
10.7.	ESQUEMA DE ARMADO	83



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Transito y Transportes SC

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

APÉNDICES

APÉNDICE 1. LISTADO DE CÁLCULOS DE CYPE LOSAS POZO DE BOMBEO



SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Transito y Transportes SC

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

1. OBJETO DEL DOCUMENTO

En el presente documento se muestra el cálculo y diseño de las losas interiores y niveles de arriostamiento correspondientes a la trinchera Tlaquepaque de la Línea 3 del Metro de Guadalajara.

Se indicará en el mismo las bases de cálculo consideradas, las tipologías de losas y los diferentes resultados obtenidos.

2. BASES DE CÁLCULO

2.1. NORMATIVA DE REFERENCIA

Para el dimensionamiento de las pantallas se han considerado las siguientes normativas de referencia:

- Normativa AASHTO-LRFD 2004.
- Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo de la Comisión Federal de la Electricidad (CFE-2008).
- Normativa ACI 318-08

2.2. FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES DE CARGAS

Se considerarán los factores de carga y las combinaciones de cargas indicados en el artículo 3.4. de la normativa AASHTO LRFD 2004 que sean de aplicación para el cálculo de losas:

- Estado límite de resistencia, RESISTENCIA I = $1,25*DC + 1,50*(EV + DW) + 1,75*(LL + LS)$ y $0,90*DC + 1*WA$.
- Estado límite de servicio, SERVICIO I = $DC + (EV + DW) + (LL + LS)$ y $DC + WA$

Siendo:

DC = peso propio de la estructura.

EV = carga muerta de relleno.

DW = carga muerta de pavimento.

LL = sobrecarga vehicular (Tren de cargas).

LS = sobrecarga del carril de diseño.

WA = empuje del agua.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

2.3. FACTORES DE RESISTENCIA

Se considerarán los factores de resistencia indicados en el artículo 5.5.4.2. de la normativa AASHTO LRFD 2004 que sean de aplicación para el cálculo de pantallas:

- Para flexión y tracción del hormigón armado, $\Phi = 0,90$. ($\Phi = 0,65$ para rotura por compresión).
- Para corte y torsión en hormigón de densidad normal, $\Phi = 0,90$.
- Para el estado de evento extremo, $\Phi = 1,00$. (Según artículo 11.8.6. de la AASTHO LRFD 2004)

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Las características del hormigón y acero considerados son:

- Hormigón Clase A de resistencia característica $f'_c = 30$ MPa.
 - Ambiente de exposición: Categoría y clase de exposición S1. (Según indicaciones de la norma ACI 318-08).
 - Cemento tipo: ASTM C150 II (Según indicaciones de la norma ACI 318-08).
 - Tamaño máximo del agregado: 20 mm.
 - Máxima relación agua/cemento: 0,45.
 - Cantidad mínima de cemento = 375 kg/m³.
 - Módulo de elasticidad: $E = 4800\sqrt{f'_c} = 26290$ MPa.
 - Resistencia a la tracción: $f_r = 0,62\sqrt{f'_c} = 3,39$ MPa.
- Acero ASTM A706 grado 60 para refuerzo.
 - Tensión de fluencia, $f_y = 420$ MPa.
 - Módulo de elasticidad: $E = 200.000$ MPa.
 - Recubrimiento mínimo: 40 mm

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

2.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS DE ARMADO

Se considerarán para el armado los siguientes tipos de barras, con el diámetro y área indicados en la siguiente tabla:

Imperial	Soft	Mass per unit length	Nominal Diameter	Nominal Area
Bar Size	Metric Size	(kg/m)	(mm)	(mm ²)
#3	d10	0,561	9,5	71
#4	d13	0,996	12,7	129
#5	d16	1,556	15,9	200
#6	d19	2,240	19,1	284
#7	d22	3,049	22,2	387
#8	d25	3,982	25,4	509
#9	d29	5,071	28,7	645
#10	d32	6,418	32,3	819
#11	d36	7,924	35,8	1006

Se considerarán las siguientes longitudes de anclaje y solape en función de la posición de las barras y de la forma de trabajo de las mismas, que cumplen con las limitaciones indicadas en la normativa AASHTO LRFD 2004:

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

#CALIBRE	Longitud Anclaje Básica (ldb) (cm)			Longitud Solape (ls) (cm)		
	Tracción		Compresión y Patillas	Tracción		Compresión
	Posición I	Posición II		Posición I	Posición II	
#3	25	35	20	45	60	30
#4	35	50	25	60	85	40
#5	40	60	30	70	105	50
#6	50	70	35	85	120	60
#7	60	85	45	105	145	70
#8	80	115	50	140	200	80
#9	100	140	55	170	240	90
#10	130	185	60	225	315	100
#11	155	220	70	265	375	110

Posición I = Barras Verticales y horizontales en capa inferior
Posición II = Barras Horizontales en capa superior con > 30cm. de hormigón debajo

En cuanto a los radios de doblado y las longitudes de las patillas de las barras se considerarán los siguientes valores, que cumplen con las limitaciones indicadas en la normativa AASHTO LRFD 2004:

#CALIBRE	Radio Dobrado (cm)		Longitud Patillas (cm)	
	Arm. Long.	Estribos	Arm. Long. (90°)	Estribos (135°)
#3	3	1.9	11	7.5
#4	4	2.5	15	8
#5	5	3.2	19	10
#6	6	4.0	23	12
#7	7	-	27	13
#8	8	-	30	15
#9	11	-	34	-
#10	13	-	39	-
#11	14	-	43	-

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

3. ACCIONES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO

Las acciones consideradas en el cálculo de las diferentes losas y niveles de arriostramiento son las siguientes:

3.1. LOSA DE CUBIERTA

La losa de cubierta de la trinchera servirá para el paso rodado de vehículos, y las acciones consideradas en el cálculo son las siguientes:

- Carga muerta del relleno sobre cubierta (EV). Se considera un relleno de 1,5 metros de material sobre la cubierta → $EV = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ kN/m}^2$.
- Carga muerta del pavimento sobre el relleno (DW). Se considera un pavimento de 30 cm. sobre el relleno → $DW = 0,3 \cdot 23 = 6,9 \text{ kN/m}^2$.
- Sobrecarga del carril de diseño (LS). Se debe considerar una carga lineal de 9,3 kN/m a repartir en un ancho de carril de 3 m. por lo que se considerará una sobrecarga superficial de → $LS = 3,1 \text{ kN/m}^2$.
- Sobrecarga vehicular (LL). De acuerdo con la AASHTO, se pueden considerar dos hipótesis:
 - Camión de diseño:

3.6.1.2.2 Camión de Diseño

Los pesos y las separaciones entre los ejes y las ruedas del camión de diseño serán como se especifica en la Figura 1. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica como se especifica en el Artículo 3.6.2.

A excepción de lo especificado en los Artículos 3.6.1.3.1 y 3.6.1.4.1, la separación entre los dos ejes de 145.000 N se deberá variar entre 4300 y 9000 mm para producir las solicitaciones extremas.

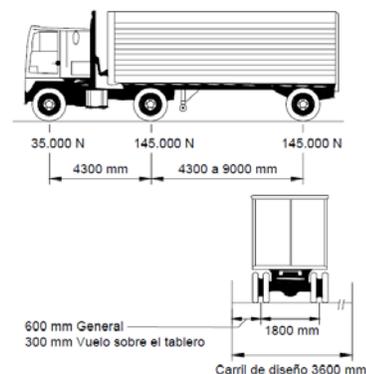


Figura 3.6.1.2.2-1 – Características del camión de diseño

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

– Tándem de diseño:

3.6.1.2.3 Tandem de Diseño

El tandem de diseño consistirá en un par de ejes de 110.000 N con una separación de 1200 mm. La separación transversal de las ruedas se deberá tomar como 1800 mm. Se deberá considerar un incremento por carga dinámica según lo especificado en el Artículo 3.6.2

En este caso, se va a considerar una sobrecarga superficial equivalente obtenida a partir de la distribución de las cargas puntuales del tándem de diseño a lo largo del relleno de cubierta.

Así, se distribuye la carga puntual de 110 kN sobre la superficie de apoyo que se obtiene a partir de la proyección a lo largo del relleno, según las indicaciones de la AASHTO:

3.6.1.2.5 Área de Contacto de los Neumáticos

El área de contacto de los neumáticos de una rueda compuesta por uno o dos neumáticos se deberá considerar como un único rectángulo de 510 mm de ancho y 250 mm de longitud.

Se supondrá que la presión de los neumáticos se distribuye uniformemente sobre el área de contacto. Se supondrá que la presión de los neumáticos se distribuye de la siguiente manera:

- En superficies continuas, uniformemente sobre el área de contacto especificada, y

- En superficies discontinuas, uniformemente sobre el área de contacto real dentro de la huella, aumentando la presión en función de la relación entre el área de contacto especificada y la real.

3.6.1.2.6 Distribución de las Cargas de Rueda a través de Suelos de Relleno

Si la profundidad del relleno es menor que 600 mm, se despreciará el efecto del relleno sobre la distribución de la sobrecarga. La distribución de la sobrecarga para la parte superior de alcantarillas se puede basar en los requisitos para losas de tablero paralelas al tráfico según lo especificado en los Artículos 4.6.2.1 y 4.6.3.2.

En vez de realizar un análisis más preciso o utilizar otros métodos aproximados de distribución de cargas aceptables permitidos en la Sección 12, si la profundidad del relleno es mayor que 600 mm, se puede considerar que las cargas de las ruedas están uniformemente distribuidas en un área rectangular cuyos lados son iguales a la dimensión del área de contacto de los neumáticos, según lo especificado en el Artículo 3.6.1.2.5, más 1,15 veces la profundidad del relleno en el caso de rellenos granulares seleccionados, o la profundidad del relleno en todos los demás casos. Se aplicarán los requisitos de los Artículos 3.6.1.1.2 y 3.6.1.3.

Si las áreas de varias ruedas se superponen, la carga total se deberá distribuir uniformemente en el área.

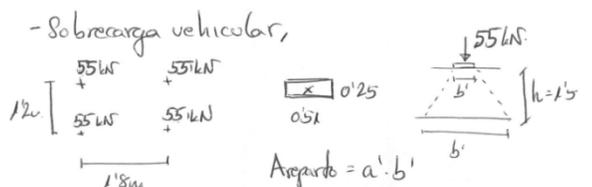
10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Esta carga se debe incrementar por un factor de carga dinámica, IM que consideraremos del 33%.

Para la obtención de la superficie proyectada de la carga bajo el relleno, se supondrá de manera conservadora la menor altura de relleno sobre cubierta, que se considera de $H_t=1,50\text{m}$.

Por lo tanto, la sobrecarga vehicular se simulará como una sobrecarga superficial en toda la superficie de la cubierta de $\rightarrow LL = 20 \text{ kN/m}^2$ según cálculo:

- Sobrecarga vehicular,



$$A_{\text{proy}} = a' \cdot b'$$

$$a' = 0.25 + 1.15 \cdot h = 1.97 \text{ m}$$

$$b' = 0.51 + 1.15 \cdot h = 2.23 \text{ m}$$

$$LL = \frac{55}{1.97 \cdot 2.23} = 12.5 \text{ kN/m}^2$$

Se considera un factor de carga dinámica $\rightarrow IM=33\%$

$$LL \approx (1 + 0.33) \cdot 12.5 = 16.6 \text{ kN/m}^2 \rightarrow LL \approx 20 \text{ kN/m}^2$$

3.2. NIVEL DE ESTAMPIDORES

Para los niveles de estampidores, se considerarán las reacciones obtenidas en los cálculos de las pantallas, que se justifican en el documento DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-00101.

Adicionalmente, para la fila de estampidores inferior se considera la futura cubrición de los mismos para condicionantes de ventilación.

- Reacciones sobre estampidores (EH). Según los modelos de cálculo de las pantallas se obtienen los siguientes valores envolventes de reacciones en los estampidores:

EH (kN/m)	Mínimo	Máximo	Sismo
Nivel Superior	816	826	1219
Nivel Inferior	999	1019	1018

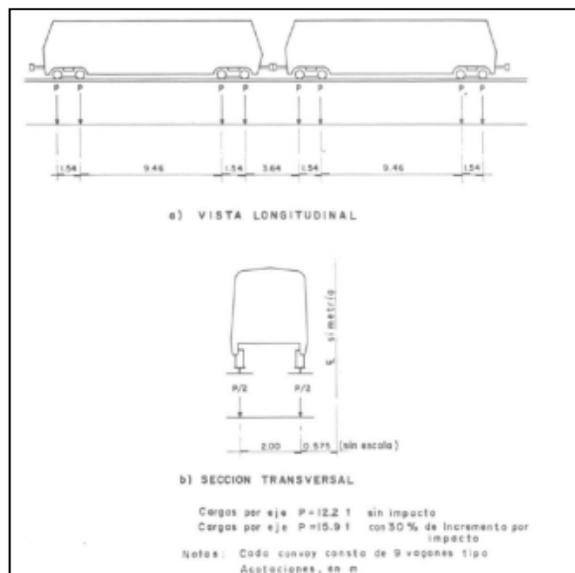
10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

- Carga muerta de la cubrición para ventilación (DW). Se considera, de manera conservadora, una cubrición que presente un peso de $\rightarrow DW = 1,5 \text{ kN/m}^2$.
- Sobrecarga de uso de mantenimiento (LS). Se considera una sobrecarga por mantenimiento sobre el forjado de $\rightarrow LS = 1 \text{ kN/m}^2$.

3.3. LOSA DE FONDO

Para la losa de fondo se considerará la subpresión del agua y la carga de los vehículos del metro.

- Subpresión del agua freática (WA). Se considera una subpresión por restitución del nivel freático para la situación pésima, que corresponde a las siguientes profundidades:
 - Excavación máxima = 23,5 m.
 - Profundidad del nivel freático = 5 m.
 - Subpresión del agua $\rightarrow WA = -185 \text{ kN/m}^2$.
- Sobrecarga vehicular del tren (LL). Se considera las cargas de un tren tipo de 9 vagones con una carga por eje de 12,2 t., según el siguiente esquema:



4. DESCRIPCIÓN DE LA TRINCHERA Y DE LOS NIVELES DE ARRIOSTRAMIENTO

4.1. UBICACIÓN DE LA TRINCHERA

La trinchera Tlaquepaque se desarrolla a lo largo de la Avenida Revolución, desde la estación Plaza de la Bandera hasta el cruce de la Avenida Revolución con la Calle Reyes Flores.

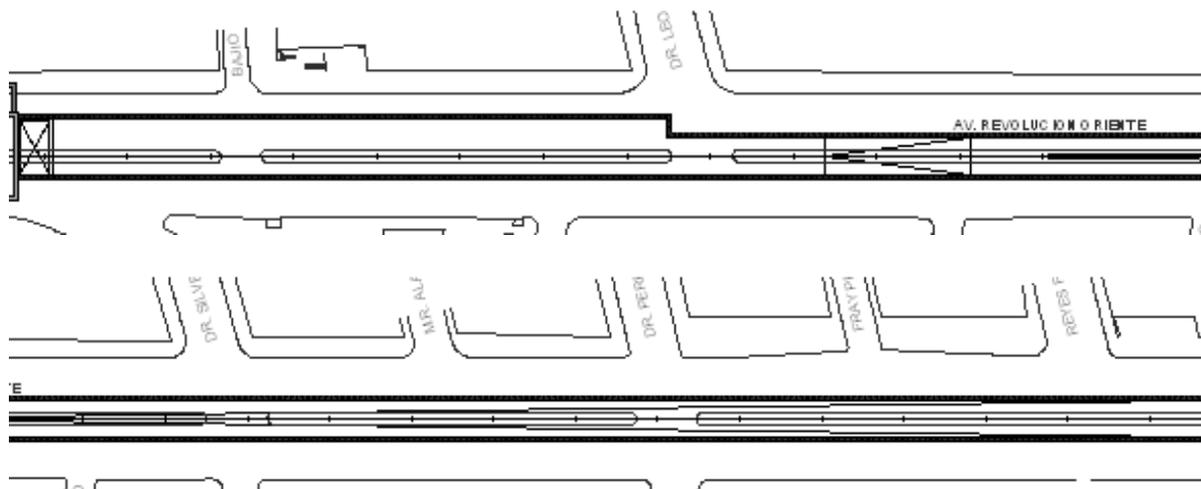
La trinchera discurre por el centro de la avenida, estando suficientemente alejada de los edificios colindantes de tal manera que se pueda respetar la vialidad de la avenida.



Para la trinchera se pueden diferenciar cuatro zonas diferentes, que se corresponderán con las cuatro secciones de cálculo consideradas. Estas cuatro zonas son:

- Zona T01: Zona en la que existe cubierta, dos niveles de estampidores y losa de fondo. (P.K. 13+502.00 a P.K 13+710.00)
- Zona T02: Zona en la que existe cubierta, un nivel de estampidores y losa de fondo. (P.K. 13+710.00 a P.K 13+824.80)
- Zona T03: Zona en la que existe cubierta y losa de fondo. (P.K. 13+824.80 a P.K 13+936.90)
- Zona T04: Zona en la que no existe cubierta, las pantallas están en voladizo. (P.K. 13+936.90 a P.K 14+053.70)
- Zona T05: Zona en la que existe cubierta, dos niveles de estampidores y losa de fondo con pozo de bombeo. (P.K. 13+493.80 a P.K 13+502.00)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE



Por otro lado, se diferencian dos zonas en la trinchera, una primera zona más ancha en la que la distancia entre la cara interior de las pantallas es de 13,13 m y otra en la que la distancia interior de las pantallas es de 9,20 m.

La primera de las zonas va desde el P.K. 13+493.80 a P.K 13+649.50), mientras que la segunda zona va desde la anterior hasta el final de la trinchera.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS LOSAS Y NIVELES DE ARRIOSTRAMIENTO

Las pantallas de la trinchera disponen de cuatro posibles niveles de arriostramiento:

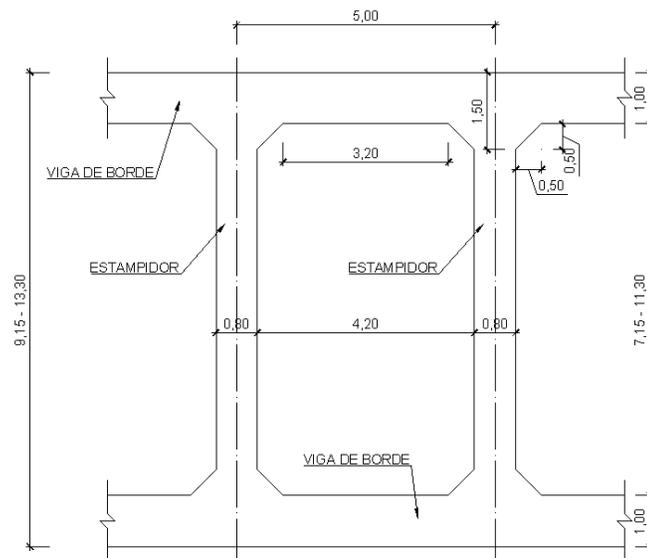
- Losa de cubierta.
- Nivel de estampidores superior.
- Nivel de estampidores inferior.
- Losa de fondo (o Losa de Fondo Pozo Bombeo)

La losa de cubierta se resolverá mediante una losa de hormigón armado de 1 metro de espesor, hormigonada sobre el terreno y conectada a las pantallas de pilotes mediante unas vigas de atado. Esta losa se considerará biapoyada en las pantallas a efectos de cálculo.

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

Los niveles de estampidores se resuelven mediante una serie de puntales de hormigón de 80x80 cm separados 5 m. en planta y con una viga lateral de reparto de 100x80 cm. El acabado interior de los estampidores será achaflanado con un chaflán de 50 cm.

El esquema tipo en planta es el siguiente:



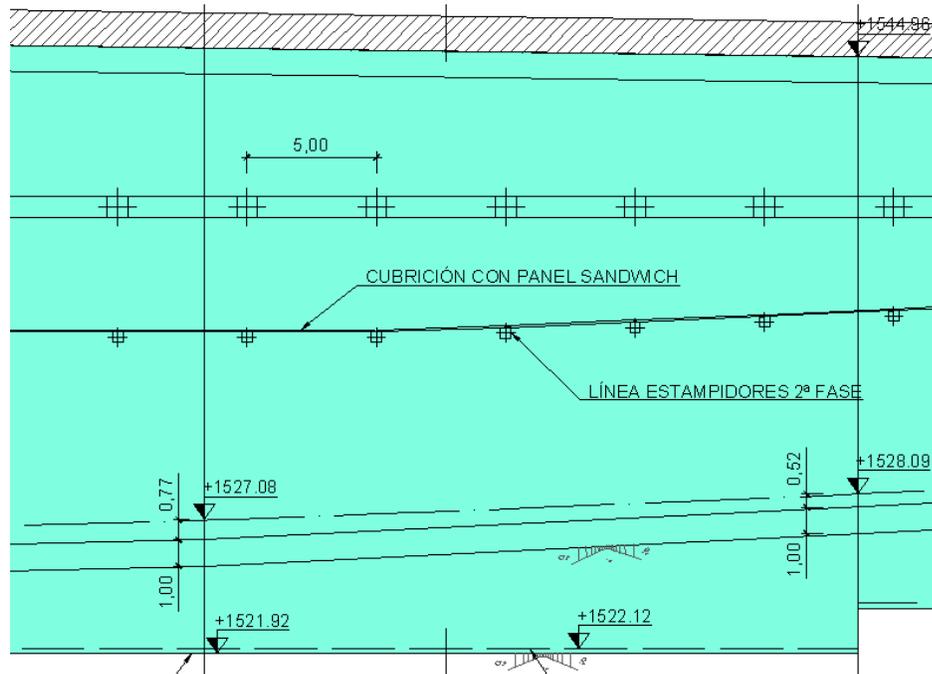
La solución de estampidores es la misma tanto para la zona ancha de la trinchera como la zona estrecha.

Por necesidades de ventilación de la trinchera, es necesario que en toda la longitud de la misma exista una cubrición a 7 m. de la rasante que sirva para confinar el volumen de aire a bombear en caso de incendio dentro de la misma.

Para ello, se aprovechará el nivel inferior de estampidores en la zona en la que existan, pero será necesario ejecutar otro nivel de estampidores en la zona en la que la trinchera va saliendo a superficie, ya que no pueden ejecutarse antes por el proceso constructivo.

Estos estampidores únicamente tendrán que soportar el peso de la cubrición y las posibles cargas de mantenimiento sobre la misma, ya que se ejecutarán una vez ya se ha excavado hasta la losa de fondo y se haya ejecutado la misma.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE



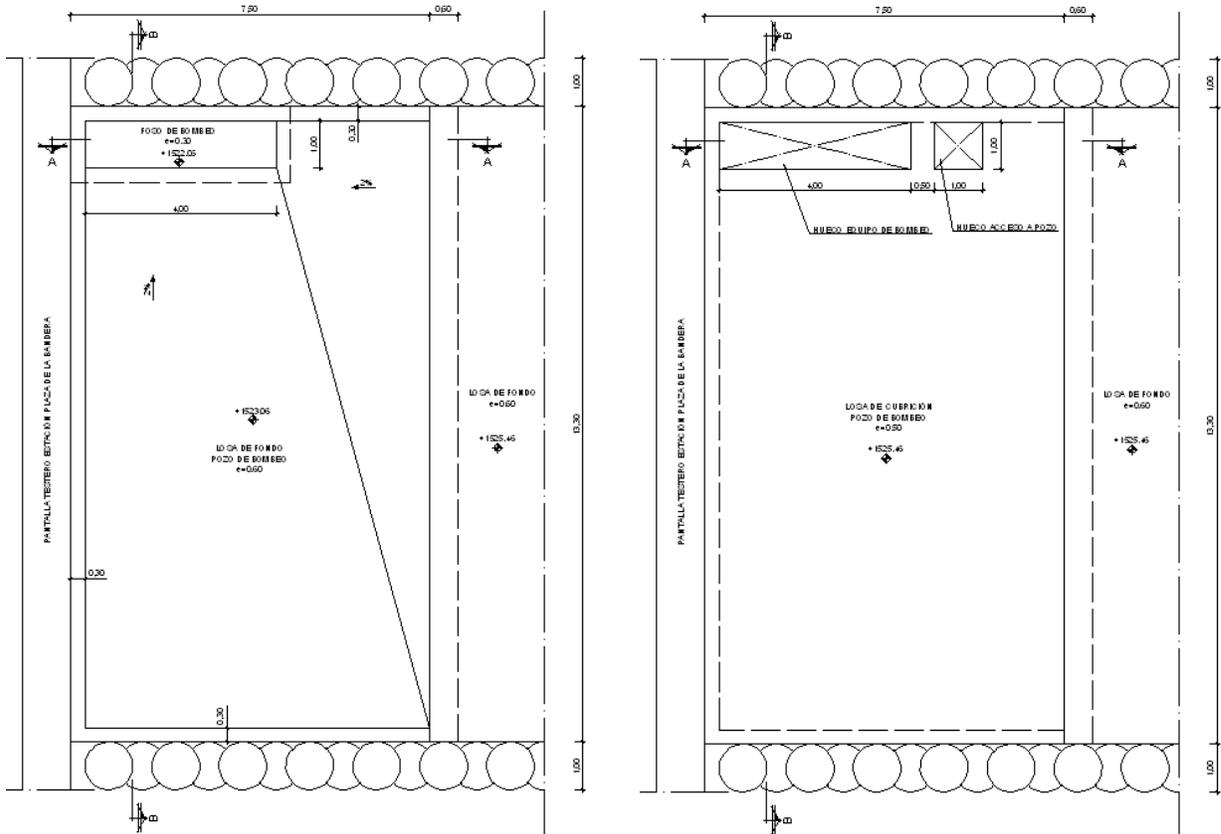
La losa de fondo se resolverá mediante una losa de hormigón armado de 1 metro de espesor, hormigonada sobre el terreno y conectada a las pantallas de pilotes mediante anclajes a posteriori rellenos de resina epoxi. Esta losa se considerará biapoyada en las pantallas a efectos de cálculo.

La losa del pozo de bombeo se resolverá mediante una losa de 60 cm. de espesor hormigonada sobre el terreno y conectada a las pantallas de pilotes así como a la losa de fondo y a la pantalla de la estación de Plaza de la Bandera. Esta losa funcionará como una placa apoyada en sus cuatro lados.

Finalmente, la losa de cubrición del pozo de bombeo será una losa de hormigón armado de 50 cm. de espesor que se ejecutará una vez se haya hormigonado la losa de fondo, y que será ejecutada sobre cimbra tradicional. La losa dispone de dos huecos, uno de 4x1 m para la entrada de los equipos de bombeo y otro de 1x1 m para entrada de personas al pozo de bombeo para mantenimiento. Esta losa se apoya en los pilotes de la trinchera, en la pantalla de testero de la estación Plaza de la Bandera y en la losa de fondo de la trinchera, por lo que trabajará como una placa apoyada en sus cuatro lados.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

El esquema de estas losas se muestra a continuación:



10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

5. DIMENSIONAMIENTO DE LA LOSA DE CUBIERTA

Según se ha comentado anteriormente, la losa de cubierta es una losa de 1 metro de canto apoyada lateralmente entre las dos alineaciones de pilotes. Esta losa se considera biapoyada, y se puede estudiar como una viga biapoyada entre las dos filas de pilotes, considerando una luz de cálculo igual a la separación interior entre pilotes más el espesor de los mismos.

Se considerarán dos casos, según el ancho de la trinchera:

- Caso A: Zona ancho interior 9,15 m → Viga biapoyada de $L = 10$ m.
- Caso B: Zona ancho interior 13,30 m → Viga biapoyada de $L = 14,30$ m.

Se estudiará el caso pésimo en el que el relleno es de 1,5 m. que es el máximo espesor de relleno que tendremos a lo largo de toda la trinchera.

5.1. CARGAS CONSIDERADAS

Según se ha indicado en los apartados anteriores, las cargas consideradas son las siguientes:

- Peso propio de la losa, $DC = 25$ kN/m².
- Carga muerta de relleno de tierras, $EV = 30$ kN/m².
- Carga muerta del pavimento, $DW = 6,9$ kN/m².
- Sobrecarga vehicular, $LL = 20$ kN/m².
- Sobrecarga carril de diseño, $LS = 3,1$ kN/m².

Por lo tanto, para las diferentes combinaciones de cargas consideradas se obtiene:

- Comb. Resistencia I = $1,25*DC + 1,50*(EV + DW) + 1,75*(LL + LS) = 1,25*25 + 1,50*(30 + 6,9) + 1,75*(20 + 3,1) = 126,9$ kN/m² ≈ 130 kN/m².
- Comb. Servicio I = $DC + (EV + DW) + (LL + LS) = 25 + (30 + 6,9) + (20 + 3,1) = 75$ kN/m².

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

5.2. CASO A – ZONA ANCHO INTERIOR L=9,15 M.

5.2.1. Esfuerzos de dimensionamiento:

Se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo:

- Momento de cálculo en centro luz y cortante de cálculo a un canto útil del apoyo:

$$M_d^{CL} = \frac{130 \cdot 10^2}{8} = 1625 \frac{kNm}{m} \quad V_d^A = \frac{130 \cdot (10 - 2 \cdot 0.9)}{2} = 533 \text{ kN/m}$$

- Momento de servicio en centro luz:

$$M_k^{CL} = \frac{75 \cdot 10^2}{8} = 937 \text{ kNm/m}$$

5.2.2. Dimensionamiento a flexión

Para el momento de cálculo en centro luz se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08			
LOSA DE CUBIERTA - ZONA L=9m.			
1. DATOS DE LA SECCIÓN.		2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO	
1.1. Geometría de la sección.		2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión.	
Ancho de la sección, b (mm) =	1 000	Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) =	0.00
Altura de la sección, h (mm) =	1 000	Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) =	1625.00
Recubrimiento mecánico inferior, r _{i,mec} (mm) =	50	Coefficiente Capacidad de Carga, Φ =	0.82 0.90
Recubrimiento mecánico superior, r _{s,mec} (mm) =	50	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN	
Canto útil de la sección, d (mm) =	950	3.1. Comprobación límites dimensionamiento.	
Canto útil sup. de la sección, d' (mm) =	50	Momento en capa armado, M _{1d} (kNm) =	1625.00 1625.00
1.2. Características de los materiales.		Profundidad fibra neutra, x (mm) =	103 93
Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) =	30	3.2. Cálculo tensiones en las sección.	
Deformación última hormigón a flexión simple, ε _c =	0.003	Compresión en cara superior, C (kN) =	2193.86 1981.63
Coefficiente de diagrama tensión-deformación, η =	0.850	Tracción a nivel del armado, T (kN) =	-2193.86 -1981.63
Coefficiente de diagrama tensión-deformación, β ₁ =	0.836	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo.	
Límite elástico del acero, f _y (MPa) =	420	Armado tracción necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) =	52.23 47.18
Deformación última del acero a flexión simple, ε _t =	0.004	Armado compresión necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) =	0.00 0.00
Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) =	200 000	3.4. Cálculo armados mínimos.	
1.3. Límites de dimensionamiento.		Armado mínimo mecánico, A _{s,mec} (cm ²) =	31.67 31.67
Fibra neutra para ε _a = 4% (Hipótesis Inicial), x _i (mm) =	407	Reducción armado mínimo mecánico, A _{lims,mec} (cm ²) =	31.67 31.67
Momento último en capa armado, M _l (x _i) (kNm) =	6766.57	Armado mínimo geométrico, A _{geo} (cm ²) =	18.00 18.00
Fibra neutra para ε _a = 5% (Límite Control Tracción), x _{trac} (mm) =	356	Armado a tracción necesario, A_s (cm²) =	52.23 47.18
Fibra neutra para ε _a = f _y /E _s (Límite Control Tracción), x _{lim} (mm) =	559	Armado a compresión necesario, A_s (cm²) =	0.00 0.00

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Así, para el armado transversal inferior se propone un armado de #10/0,15 (54,6 cm²/m)

En cuanto al armado transversal superior se propone un armado mínimo:

- Armado mínimo mecánico = 31,67 cm²/m > 0,3·A_{s,calc} = 0,3·54,6 = 16,38 cm²/m → #8/0,15 (34 cm²/m)

Para los armados longitudinales se propone un armado mínimo pero por condicionantes de retracción y temperatura:

- Armado mínimo geométrico = 18 cm²/m → #6/0,15 (18,9 cm²/m)

5.2.3. Dimensionamiento a cortante

Considerando la sección de apoyo entre la losa y los pilotes, el armado necesario por cortante es:

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
LOSA DE CUBIERTA - ZONA L=9m.	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b _w (mm) = 1000 Canto de la sección, h (mm) = 1000 Área bruta de la sección, A _c (mm ²) = 1000000 Recubrimiento mecánico, r _{mec} (mm) = 40 Canto útil de la sección, d (mm) = 960	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N _d (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, M _d (kNm) = 0.00 Cortante de cálculo en la sección, V _d (kN) = 533.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90
1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A _s (cm ²) = 60 Cuantía arm. long. traccionada, ρ _l (‰) = 6.2500	3. CÁLCULOS. 3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V _c (kN) = 893.88 Método detallado Art. 11.2.2, V _c (kN) = 943.30 Momento equivalente cálculo, M _m (kNm) = 0.00 Coeficiente Vu*d/Mu = 1.00 Valor límite del cortante, V _{c,lim} (kN) = 1524.86 Cortante resistido por el hormigón, V _c (kN) = 893.88
1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, Raiz(f _c) (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f _y (MPa) = 420	3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V _s (kN) = 0.00 3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A _s /sep (cm ² /m) = 0.00 Armado mínimo, A _{smin} /sep (cm ² /m) = 8.33 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 8.33 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 48

Por lo que no haría falta disponer armado a cortante en la losa.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

5.2.4. Dimensionamiento en servicio

Para la sección de centro luz y el momento en situación de servicio se obtiene:

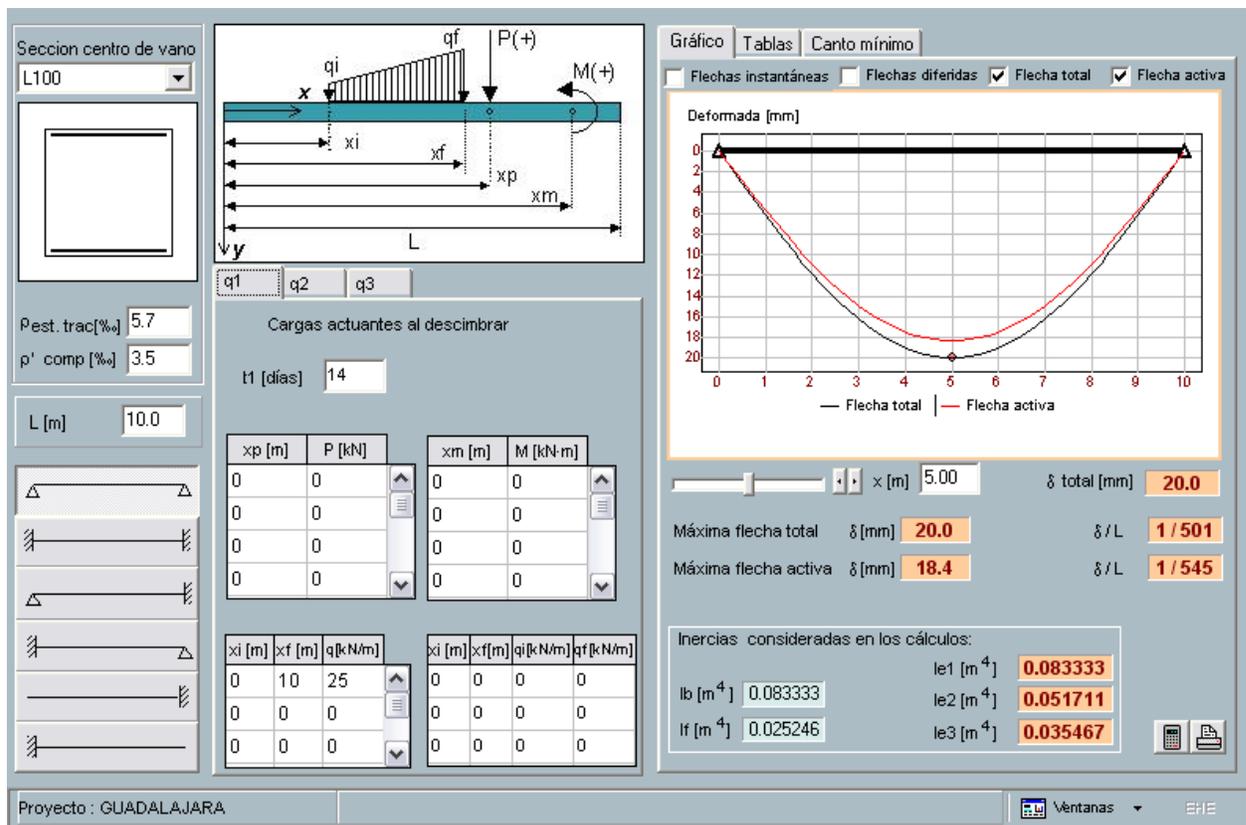
COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08									
LOSA DE CUBIERTA - ZONA L=9m									
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.			1.3. Armado Tracción de la sección.			1.3. Armado Compresión de la sección.			
1.1. Geometría de la sección.			CAPA 1 CAPA 2 CAPA 3			CAPA 1 CAPA 2 CAPA 3			
Ancho de la sección, b (mm) = 1 000			Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #10 0 0			Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #8 0 0			
Altura de la sección, h (mm) = 1 000			Agrupaciones de las barras = 1 1 1			Agrupaciones de las barras = 1 1 1			
Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0			Nº de barras por capa de armado = 7 10 10			Nº de barras por capa de armado = 7 10 10			
1.2. Características de los materiales.			Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 5460 0 0			Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 3393 0 0			
Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80			
Resist. A la tracción, f _r (MPa) = 3.396			Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200			Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200			
Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291			Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 56 120 200			Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 53 120 200			
Limite elástico del acero, f _y (MPa) = 420			Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100			Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100			
Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000			Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 5460			Área de acero comprimida, A _s (mm ²) = 3393			
Coeficiente de homogeneización, n = 7.99			Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 56			Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 53			
			Canto útil a cara superior, d (mm) = 944			Canto útil a cara superior, d' (mm) = 53			
			Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0058			Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0036			
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA					3. LÍMITES DE TENSION EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO				
2.1. Inercia homogeneizada.					3.1. Momento de fisuración y momento de servicio.				
Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³)					Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 669.00				
Hormigón = 1000000 500 5.000E+08 -7 8.333E+10 4.564E+07					Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 937.00				
Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 1.428E+06 -454 0.000E+00 5.588E+09					3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero.				
Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 43612 944 4.116E+07 437 0.000E+00 8.332E+09					Limite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00				
Fibra neutra homogeneizada, x _{h,om} (mm) = 507					Limite de compresión admisible en el hormigón, cc,lim (MPa) = 18.00				
Inercia homogeneizada de la sección, I _{h,om} (mm ⁴) = 9.730E+10					3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras.				
2.1. Inercia fisurada.					Tensión Compresión máxima en el hormigón, cc (MPa) = 7.93 OK				
Auxiliar, ρ/p = 0.621					Tensión Compresión en armado superior, o's (MPa) = 48.80 OK				
Auxiliar, d'/d = 0.056					Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, os (MPa) = 197.03 OK				
Profundidad relativa fibra neutra fisurada, xfs/d = 0.243					Tensión Tracción en armadura extrema inferior, os (MPa) = 197.03 OK				
Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³)									
Hormigón = 229591 115 -115 1.009E+09 3.026E+09									
Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 -177 0.000E+00 8.481E+08									
Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 43612 944 714 0.000E+00 2.225E+10									
Fibra neutra fisuración, x _{fs} (mm) = 230									
Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 2.713E+10									

Se obtiene una tensión en el armado inferior a 0,6·f_y, por lo que se considera el armado suficiente para el estado límite de servicio.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

5.2.5. Deformaciones

Para obtener la deformación máxima de la losa se aplicará la ecuación de Branson para la obtención de la inercia equivalente considerando la fisuración del elemento y así obtener la flecha total instantánea y la flecha diferida en estado infinito.



Se obtiene para tiempo infinito una flecha total de 20 mm, que corresponde a una relación flecha/luz de 1/500, totalmente adecuada para la losa de cubierta.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

5.3. CASO B – ZONA ANCHO INTERIOR L=13,30 M.

5.3.1. Esfuerzos de dimensionamiento:

Se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo:

- Momento de cálculo en centro luz y cortante de cálculo a un canto útil del apoyo:

$$M_d^{CL} = \frac{130 \cdot 14.30^2}{8} = 3322 \frac{kNm}{m} \quad V_d^A = \frac{130 \cdot (14.30 - 2 \cdot 0.9)}{2} = 812 \text{ kN/m}$$

- Momento de servicio en centro luz:

$$M_k^{CL} = \frac{75 \cdot 14.30^2}{8} = 1917 \text{ kNm/m}$$

5.3.2. Dimensionamiento a flexión

Para el momento de cálculo en centro luz se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08												
LOSA DE CUBIERTA - ZONA L=9m.												
1. DATOS DE LA SECCIÓN.		2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO										
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento mecánico inferior, r _{i,mec} (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, r _{s,mec} (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 950 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 50		2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 3322.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90										
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ε _c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β ₁ = 0.836 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ε _t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 200 000		3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN										
1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para ε _a = 4% (Hipótesis Inicial), x _i (mm) = 407 Momento último en capa armado, M _l (x _i) (kNm) = 6766.57 Fibra neutra para ε _a = 5% (Límite Control Tracción), x _{trac} (mm) = 356 Fibra neutra para ε _a = f _y /E _s (Límite Control Tracción), x _{lim} (mm) = 559		3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm)</td> <td>3322.00</td> <td>3322.00</td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm)</td> <td>223</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table>			INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M _{1d} (kNm)	3322.00	3322.00	Profundidad fibra neutra, x (mm)	223	200
	INICIAL	ITERACIÓN										
Momento en capa armado, M _{1d} (kNm)	3322.00	3322.00										
Profundidad fibra neutra, x (mm)	223	200										
		3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 4746.93 4259.93 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -4746.93 -4259.93										
		3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 113.02 101.43 Armado compresión necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 0.00 0.00										
		3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, A _{s,mec} (cm ²) = 31.67 31.67 Reducción armado mínimo mecánico, A _{lims,mec} (cm ²) = 31.67 31.67 Armado mínimo geométrico, A _{geo} (cm ²) = 18.00 18.00 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 113.02 101.43 Armado a compresión necesario, A_s' (cm²) = 0.00 0.00										

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Así, para el armado transversal inferior se propone un armado de #11/0,15 (100,6 cm²/m)

En cuanto al armado transversal superior se propone un armado mínimo:

- Armado mínimo mecánico = 31,67 cm²/m > 0,3·A_{s,calc} = 0,3·54,6 = 16,38 cm²/m → #8/0,15 (34 cm²/m)

Para los armados longitudinales se propone un armado mínimo pero por condicionantes de retracción y temperatura:

- Armado mínimo geométrico = 18 cm²/m → #6/0,15 (18,9 cm²/m)

5.3.3. Dimensionamiento a cortante

Considerando la sección de apoyo entre la losa y los pilotes, el armado necesario por cortante es:

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
LOSA DE CUBIERTA - ZONA L=13m.	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b _w (mm) = 1000 Canto de la sección, h (mm) = 1000 Área bruta de la sección, A _c (mm ²) = 1000000 Recubrimiento mecánico, r _{mec} (mm) = 40 Canto útil de la sección, d (mm) = 960	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N _d (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, M _d (kNm) = 0.00 Cortante de cálculo en la sección, V _d (kN) = 812.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90
1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A _s (cm ²) = 60 Cuantía arm. long. traccionada, ρ _l (‰) = 6.2500	3. CÁLCULOS. 3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V _c (kN) = 893.88 Método detallado Art. 11.2.2, V _c (kN) = 943.30 Momento equivalente cálculo, M _m (kNm) = 0.00 Coeficiente Vu*d/Mu = 1.00 Valor límite del cortante, V _{c,lim} (kN) = 1524.86 Cortante resistido por el hormigón, V _c (kN) = 893.88
1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, Raiz(f _c) (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f _y (MPa) = 420	3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V _s (kN) = 8.34 3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A _s /sep (cm ² /m) = 0.21 Armado mínimo, A _{smin} /sep (cm ² /m) = 8.33 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 8.33 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 48

No se considera necesario el disponer armadura de cortante en la losa de cubierta.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

5.3.4. Dimensionamiento en servicio

Para la sección de centro luz y el momento en situación de servicio se obtiene:

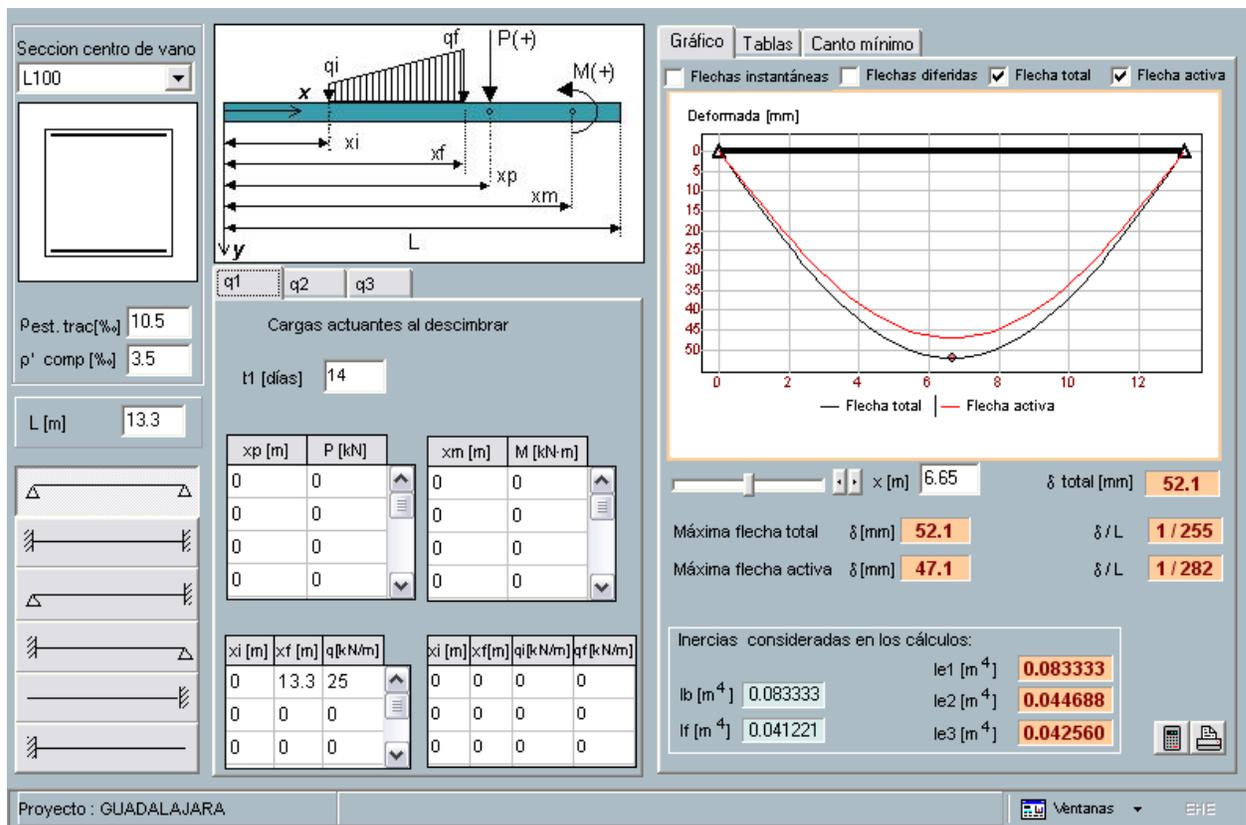
COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08									
LOSA DE CUBIERTA - ZONA L=13m									
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.									
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, f _r (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99	1.3. Armado Tracción de la sección. Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #11 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 10 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 10060 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 58 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 100 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 10060 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 58 Canto útil a cara superior, d (mm) = 942 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0107	1.3. Armado Compresión de la sección. Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 3393 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 53 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero comprimida, A _s (mm ²) = 3393 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 53 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 53 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0036							
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA					3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO				
2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 1000000 500 5.000E+08 -21 8.333E+10 4.465E+08 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 1.428E+06 -468 0.000E+00 5.947E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 80355 942 7.570E+07 421 0.000E+00 1.424E+10 Fibra neutra homogeneizada, x _{h_{om}} (mm) = 521 Inercia homogeneizada de la sección, I _{h_{om}} (mm ⁴) = 1.040E+11 2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, ρ/p = 0.337 Auxiliar, d'/d = 0.056 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x _{fis} /d = 0.318 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 299738 150 -150 2.244E+09 6.732E+09 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 -247 0.000E+00 1.654E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 80355 942 642 0.000E+00 3.316E+10 Fibra neutra fisuración, x _{fis} (mm) = 300 Inercia fisurada de la sección, I _{is} (mm ⁴) = 4.379E+10					3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{is} (kNm) = 737.00 Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 1917.00 3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00 3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) = 13.12 OK Tensión Compresión en armado superior, σ' _s (MPa) = 86.39 OK Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) = 224.63 OK Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) = 224.63 OK				

Se obtiene una tensión en el armado inferior a 0,6·f_y, por lo que se considera el armado suficiente para el estado límite de servicio.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

5.3.5. Deformaciones

Para obtener la deformación máxima de la losa se aplicará la ecuación de Branson para la obtención de la inercia equivalente considerando la fisuración del elemento y así obtener la flecha total instantánea y la flecha diferida en estado infinito.

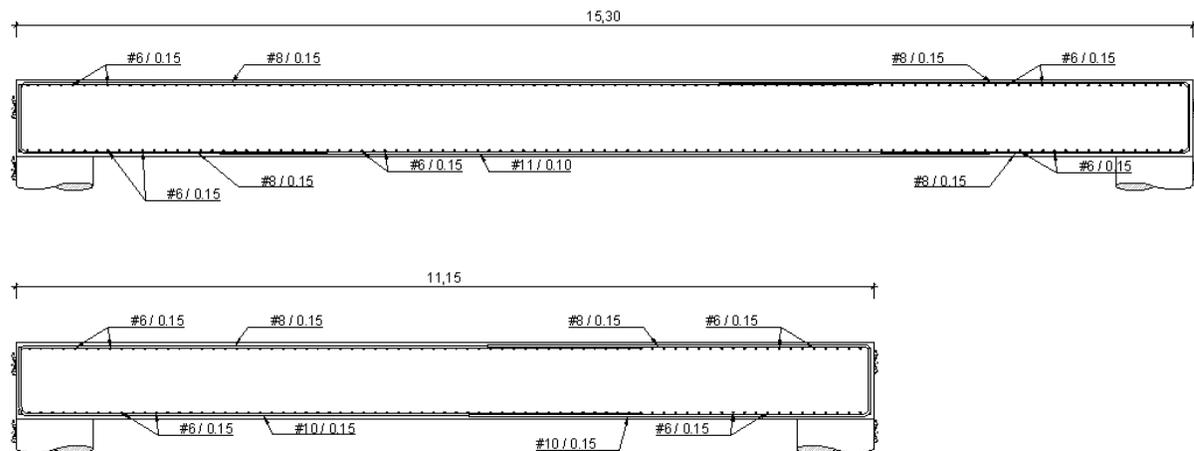


Se obtiene para tiempo infinito una flecha total de 52.1 mm, que corresponde a una relación flecha/luz de 1/255, suficientemente adecuada para la losa de cubierta.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

5.4. ESQUEMA DE ARMADO

Así, el esquema de armado de la losa de cubierta queda como se muestra a continuación:



10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

6. DIMENSIONAMIENTO DE LA LOSA DE FONDO

Según se ha comentado anteriormente, la losa de fondo es una losa de 1 metro de canto apoyada sobre el terreno y anclada lateralmente entre las dos alineaciones de pilotes.

Se considerarán dos casos, según el ancho de la trinchera:

- Caso A: Zona ancho interior 9,15 m → Viga biapoyada de L = 9,15 m.
- Caso B: Zona ancho interior 13,30 m → Viga biapoyada de L = 13,30 m.

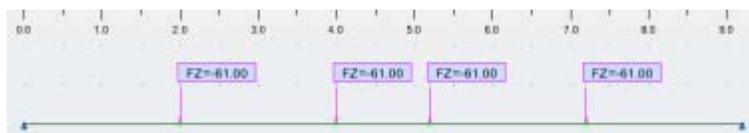
Para estos casos, se considerarán dos hipótesis de cálculo:

- Hipótesis 1: Apoyada sobre el suelo y considerando la sobrecarga de los trenes.
- Hipótesis 2: Losa suportando la subpresión del agua y las cargas muertas.

6.1. CARGAS CONSIDERADAS

Según se ha indicado en los apartados anteriores, las cargas consideradas son las siguientes:

- Peso propio de la losa, DC = 25 kN/m².
- Subpresión del agua, WA = -185 kN/m².
- Sobrecarga vehicular del tren, LL = 122/2 = 61 kN/m. (Distribuidos según esquema).
 - Caso A:



- Caso B:



10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Para la hipótesis 1 se tienen las siguientes combinaciones de cargas:

- Comb. Resistencia I = $0,90 \cdot DC + 1,00 \cdot (WA) = 0,90 \cdot 25 + 1,00 \cdot (-185) = -162,5 \text{ kN/m}^2$.
- Comb. Servicio I = $DC + WA = 25 - 185 = -160 \text{ kN/m}^2$.

Para la hipótesis 2 se tienen las siguientes combinaciones de cargas:

- Comb. Resistencia I = $1,25 \cdot DC + 1,75 \cdot LL$.
- Comb. Servicio I = $DC + LL$.

6.2. CASO A – ZONA ANCHO INTERIOR L=9,15 M.

6.2.1. Esfuerzos de dimensionamiento

Para la hipótesis 1 se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo:

- Momento de cálculo en centro luz:

$$M_d^{CL} = \frac{-162,5 \cdot 9,2^2}{8} = -1719 \text{ kNm/m}$$

- Cortante de cálculo en apoyo:

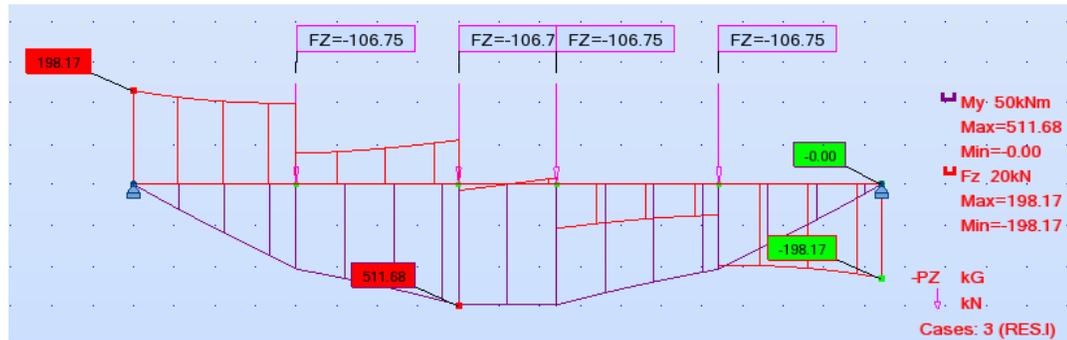
$$V_d^A = \frac{-162,5 \cdot 9,2}{2} = -747 \text{ kN/m}$$

- Momento de servicio en centro luz:

$$M_k^{CL} = \frac{-160 \cdot 9,2^2}{8} = -1693 \text{ kNm/m}$$

Para la hipótesis 2 se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo, considerando un coeficiente de balasto bajo la losa de 25.000 kN/m^3 . (Caso pésimo)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE



- Momento de cálculo en centro luz $\rightarrow M_d^{CL} = 511 \text{ kNm/m}$
- Cortante de cálculo en apoyo $\rightarrow V_d^A = 198 \text{ kN/m}$
- Momento de servicio en centro luz $\rightarrow M_k^{CL} = 330 \text{ kNm/m}$

6.2.2. Dimensionamiento a flexión

Para el armado transversal superior, se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08										
LOSA DE FONDO										
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO									
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mech}$ (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mech}$ (mm) = 75 Canto útil de la sección, d (mm) = 950 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 75	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = -166.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 1719.00 Coeficiente Capacidad de Carga, $\Phi = 0.82$ 0.90									
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, $\epsilon_c = 0.003$ Coeficiente de diagrama tensión-deformación, $\eta = 0.850$ Coeficiente de diagrama tensión-deformación, $\beta_1 = 0.836$ Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, $\epsilon_s = 0.004$ Módulo de elasticidad del acero, Es (MPa) = 200 000	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN									
1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 407 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 6766.57 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{frac} (mm) = 356 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 559	3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) =</td> <td>1644.30</td> <td>1644.30</td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) =</td> <td>104</td> <td>94</td> </tr> </tbody> </table>		INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) =	1644.30	1644.30	Profundidad fibra neutra, x (mm) =	104	94
	INICIAL	ITERACIÓN								
Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) =	1644.30	1644.30								
Profundidad fibra neutra, x (mm) =	104	94								
	3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 2221.23 2006.23 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -2387.23 -2172.23									
	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 56.84 51.72 Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00 0.00									
	3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, $A_{s,mech}$ (cm ²) = 31.67 31.67 Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mech}$ (cm ²) = 31.67 31.67 Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 18.00 18.00 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 56.84 51.72 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00									

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

Así, para el armado transversal superior se propone un armado de #10/0,15 (54,6 cm²/m)

En cuanto al armado transversal inferior, se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08											
LOSA DE FONDO											
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO										
1.1. Geometría de la sección.	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión.										
Ancho de la sección, b (mm) = 1 000	Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00										
Altura de la sección, h (mm) = 1 000	Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 511.00										
Recubrimiento mecánico inferior, r _{i,mec} (mm) = 50	Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90										
Recubrimiento mecánico superior, r _{s,mec} (mm) = 75	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN										
Canto útil de la sección, d (mm) = 950	3.1. Comprobación límites dimensionamiento.										
Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 75	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 511.00</td> <td>511.00</td> <td>511.00</td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 31</td> <td>28</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M _{1d} (kNm) = 511.00	511.00	511.00	Profundidad fibra neutra, x (mm) = 31	28	
	INICIAL	ITERACIÓN									
Momento en capa armado, M _{1d} (kNm) = 511.00	511.00	511.00									
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 31	28										
1.2. Características de los materiales.	3.2. Cálculo tensiones en las sección.										
Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30	Compresión en cara superior, C (kN) = 667.85 605.22										
Deformación última hormigón a flexión simple, ε _c = 0.003	Tracción a nivel del armado, T (kN) = -667.85 -605.22										
Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo.										
Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β ₁ = 0.836	Armado tracción necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 15.90 14.41										
Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420	Armado compresión necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 0.00 0.00										
Deformación última del acero a flexión simple, ε _t = 0.004	3.4. Cálculo armados mínimos.										
Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 200 000	Armado mínimo mecánico, A _{s,mec} (cm ²) = 31.67 31.67										
1.3. Límites de dimensionamiento.	Reducción armado mínimo mecánico, A _{lims,mec} (cm ²) = 21.15 19.17										
Fibra neutra para ε _a = 4% (Hipótesis Inicial), x _i (mm) = 407	Armado mínimo geométrico, A _{geo} (cm ²) = 18.00 18.00										
Momento último en capa armado, M _{1(x_i)} (kNm) = 6766.57	Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 21.15 19.17										
Fibra neutra para ε _a = 5% (Límite Control Tracción), x _{trac} (mm) = 356	Armado a compresión necesario, A_s' (cm²) = 0.00 0.00										
Fibra neutra para ε _a = f _y /E _s (Límite Control Tracción), x _{lim} (mm) = 559											

Así, para el armado transversal inferior se propone un armado de #8/0,15 (34 cm²/m)

Para los armados longitudinales se propone un armado mínimo pero por condicionantes de retracción y temperatura:

- Armado mínimo geométrico = 18 cm²/m → #6/0,15 (18,9 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

6.2.3. Dimensionamiento a cortante

Considerando la sección de apoyo entre la losa y los pilotes, el armado necesario por cortante es:

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
LOSA DE FONDO	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b_w (mm) = 1000 Canto de la sección, h (mm) = 1000 Área bruta de la sección, A_c (mm ²) = 1000000 Recubrimiento mecánico, r_{mec} (mm) = 75 Canto útil de la sección, d (mm) = 925 1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A_s (cm ²) = 60 Cuantía arm. long. traccionada, ρ_l (‰) = 6.4865 1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, $Raiz(f_c)$ (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f_y (MPa) = 420	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N_d (kN) = -166.00 Momento de cálculo en la sección, M_d (kNm) = 0.00 Cortante de cálculo en la sección, V_d (kN) = 747.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90 3. CÁLCULOS. 3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V_c (kN) = 0.00 Método detallado Art. 11.2.2, V_c (kN) = 819.83 Momento equivalente cálculo, M_m (kNm) = 63.81 Coeficiente V_u*d/M_u = 1.00 Valor límite del cortante, $V_{c,lim}$ (kN) = 0.00 Cortante resistido por el hormigón, V_c (kN) = 819.83 3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V_s (kN) = 10.17 3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A_s/sep (cm ² /m) = 0.26 Armado mínimo, A_{smin}/sep (cm ² /m) = 8.33 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 8.33 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 46

Por cálculo, el armado a disponer es de 0,30 cm²/m, un valor ínfimo, por lo que se propone no disponer armado a cortante en la losa.

6.2.4. Dimensionamiento en servicio

Para la sección de centro luz y considerando el armado dispuesto por cálculo y el momento en situación de servicio se obtiene:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08					
LOSA DE FONDO					
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.		1.3. Armado Tracción de la sección.		1.3. Armado Compresión de la sección.	
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0		CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #10 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 5460 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 56 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 5460 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 56 Canto útil a cara superior, d (mm) = 944 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0058		CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 3393 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 53 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero comprimida, A _s ' (mm ²) = 3393 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 53 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 53 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0036	
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, f _r (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99		2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA			
2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 1000000 500 5.000E+08 -7 8.333E+10 4.564E+07 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 1.428E+06 -454 0.000E+00 5.588E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 43612 944 4.116E+07 437 0.000E+00 8.332E+09 Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 507 Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 9.730E+10		3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO		3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 669.00 Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 1693.00	
2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/p = 0.621 Auxiliar, d'/d = 0.056 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x _{fs} /d = 0.243 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 229591 115 -115 1.009E+09 3.026E+09 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 -177 0.000E+00 8.481E+08 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 43612 944 714 0.000E+00 2.225E+10 Fibra neutra fisuración, x _{fs} (mm) = 230 Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 2.713E+10		3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00		3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) = 14.33 OK Tensión Compresión en armado superior, σ' _s (MPa) = 88.17 OK Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) = 356.00 EXCESIVA Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) = 356.00 EXCESIVA	

Por lo que la tensión en el acero en situación de servicio es mayor que el 0,6·f_y, por lo que es necesario aumentar el armado.

Se propone como nuevo armado #10/0,10 (81,9 cm²/m) y se comprueba de nuevo:

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08					
LOSA DE FONDO					
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.		1.3. Armado Tracción de la sección.		1.3. Armado Compresión de la sección.	
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0		CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #10 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 10 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 8190 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 56 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 100 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 8190 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 56 Canto útil a cara superior, d (mm) = 944 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0087		CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 3393 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 53 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero comprimida, A _s ' (mm ²) = 3393 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 53 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 53 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0036	
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, f _r (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99		2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA			
2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 1000000 500 5.000E+08 -15 8.333E+10 2.396E+08 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 1.428E+06 -463 0.000E+00 5.805E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 65419 944 6.175E+07 428 0.000E+00 1.200E+10 Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 515 Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 1.014E+11		3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO		3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 710.00 Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 1693.00	
2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/p = 0.414 Auxiliar, d'/d = 0.056 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x _{fs} /d = 0.291 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 274775 137 -137 1.729E+09 5.186E+09 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 -222 0.000E+00 1.337E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 65419 944 669 0.000E+00 2.929E+10 Fibra neutra fisuración, x _{fs} (mm) = 275 Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 3.754E+10		3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00		3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) = 12.39 OK Tensión Compresión en armado superior, σ' _s (MPa) = 80.00 OK Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) = 241.04 OK Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) = 241.04 OK	

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Se obtiene una tensión en el armado inferior a $0,6 \cdot f_y$, por lo que se considera el armado suficiente para el estado límite de servicio.

En cuanto al armado transversal inferior, la comprobación es la siguiente:

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08						
LOSA DE FONDO						
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.						
1.1. Geometría de la sección.		1.3. Armado Tracción de la sección.			1.3. Armado Compresión de la sección.	
Ancho de la sección, b (mm) = 1 000		CAPA 1 CAPA 2 CAPA 3			CAPA 1 CAPA 2 CAPA 3	
Altura de la sección, h (mm) = 1 000		Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #8 0 0			Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #10 0 0	
Recubrimiento lateral, c_{lat} (mm) = 0		Agrupaciones de las barras = 1 1 1			Agrupaciones de las barras = 1 1 1	
		Nº de barras por capa de armado = 7 10 10			Nº de barras por capa de armado = 10 10 10	
		Área de armado por capa, A_s (mm ²) = 3393 0 0			Área de armado por capa, A_s (mm ²) = 8190 0 0	
1.2. Características de los materiales.		Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s_v (mm) = --- 80 80			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s_v (mm) = --- 80 80	
Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30		Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200			Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200	
Resist. A la tracción, f_r (MPa) = 3.396		Recubrimiento mecánico por capa, r_{mec} (mm) = 53 120 200			Recubrimiento mecánico por capa, r_{mec} (mm) = 56 120 200	
Módulo de elasticidad del hormigón, E_c (MPa) = 26 291		Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100			Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 100 100	
Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420		Área de acero traccionada, A_s (mm ²) = 3393			Área de acero comprimida, A'_s (mm ²) = 8190	
Módulo de elasticidad del acero, E_s (MPa) = 210 000		Recubrimiento mecánico equivalente, r_{mec} (mm) = 53			Recubrimiento mecánico equivalente, r_{mec} (mm) = 56	
Coeficiente de homogeneización, n = 7.99		Canto útil a cara superior, d (mm) = 947			Canto útil a cara superior, d' (mm) = 56	
		Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0036			Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0086	
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA						
2.1. Inercia homogeneizada.		3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO				
Área (mm ²) y c_dg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) I c_dg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³)		3.1. Momento de fisuración y momento de servicio.				
Hormigón = 1000000 500 5.000E+08 15 8.333E+10 2.396E+08		Momento de fisuración de la sección, M_{fs} (kNm) = 667.00				
Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 65419 56 3.673E+06 -428 0.000E+00 1.200E+10		Momento en situación de servicio, M_s (kNm) = 330.00				
Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 27105 947 2.568E+07 463 0.000E+00 5.805E+09		LA SECCIÓN NO FISURA				
Fibra neutra homogeneizada, x_{com} (mm) = 485		3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero.				
Inercia homogeneizada de la sección, I_{com} (mm ⁴) = 1.014E+11		Límite de tracción admisible en el acero, $f_{s,adm}$ (MPa) = 252.00				
		Límite de compresión admisible en el hormigón, $\sigma_{c,lim}$ (MPa) = 18.00				
2.1. Inercia fisurada.		3.3. Cálculo de las tensiones en las armaduras.				
Auxiliar, p/p = 2.414		Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ_c (MPa) =				
Auxiliar, d'/d = 0.059		Tensión Compresión en armado superior, σ'_s (MPa) =				
Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x_{fs}/d = 0.176		Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ_s (MPa) =				
		Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ_{os} (MPa) =				
Área (mm ²) y c_dg (mm) Brazo (mm) I c_dg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³)						
Hormigón = 166821 83 -83 3.869E+08 1.161E+09						
Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 65419 56 -111 0.000E+00 8.013E+08						
Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 27105 947 780 0.000E+00 1.651E+10						
Fibra neutra fisuración, x_{fs} (mm) = 167						
Inercia fisurada de la sección, I_{fs} (mm ⁴) = 1.886E+10						

La sección no fisura, por lo que el armado propuesto es correcto.

6.2.5. Dimensionamiento a rasante

La conexión entre la losa de fondo y las pantallas de pilotes se realizará mediante barras de armado dispuestas a modo de anclajes a posteriori, con taladros rellenos de resinas epoxi.

Para el diseño de la conexión, se obtendrá el esfuerzo a rasante que debería resistir cada conexión en los pilotes secundarios, ya que se propone disponer de estos anclajes únicamente en los pilotes que van armados (pilotes secundarios).

Así, considerando una separación entre pilotes secundarios de $2 \times 0,70 = 1,40$ m. y un cortante en el apoyo de 747 kN/m se obtiene un esfuerzo rasante de cálculo de $V_d = 1,4 \cdot 747 = 1045$ kN

Así el dimensionamiento a rasante queda:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

RESISTENCIA RASANTE EN JUNTA ACI 318-08	
CONEXIÓN LOSA FONDO -PANTALLA ZONA L=9m	
Resist. Comp. del hormigón, f_c (Mpa) =	30
Resist. Tracción del acero, f_yt (Mpa) =	420
Coeficiente rugosidad, c (Mpa) =	0.6
Coeficiente rozamiento, μ =	1
Ancho de la junta, A (m) =	1.4
Canto losa, h (m) =	1
Superficie de la junta, A_{cv} (mm ²) =	1400000
V_d (kN) =	1045.8
P_d (kN)	0
Nº de barras cara superior/m =	1
Diámetro equivalente barra, d (mm) =	25
Nº de barras en cara inferior /m =	1
Diámetro equivalente barra, d (mm) =	19
Área de armado en junta, A_v (mm ²)	774
Resistencia a esfuerzo rasante, V_n (kN) =	1 165.25
Resistencia rasante máximo, V_n (kN) =	7 700.00
Coeficiente de minoración, ϕ =	0.90
Resistencia a rasante cálculo, ϕV_n (kN) =	1 048.72

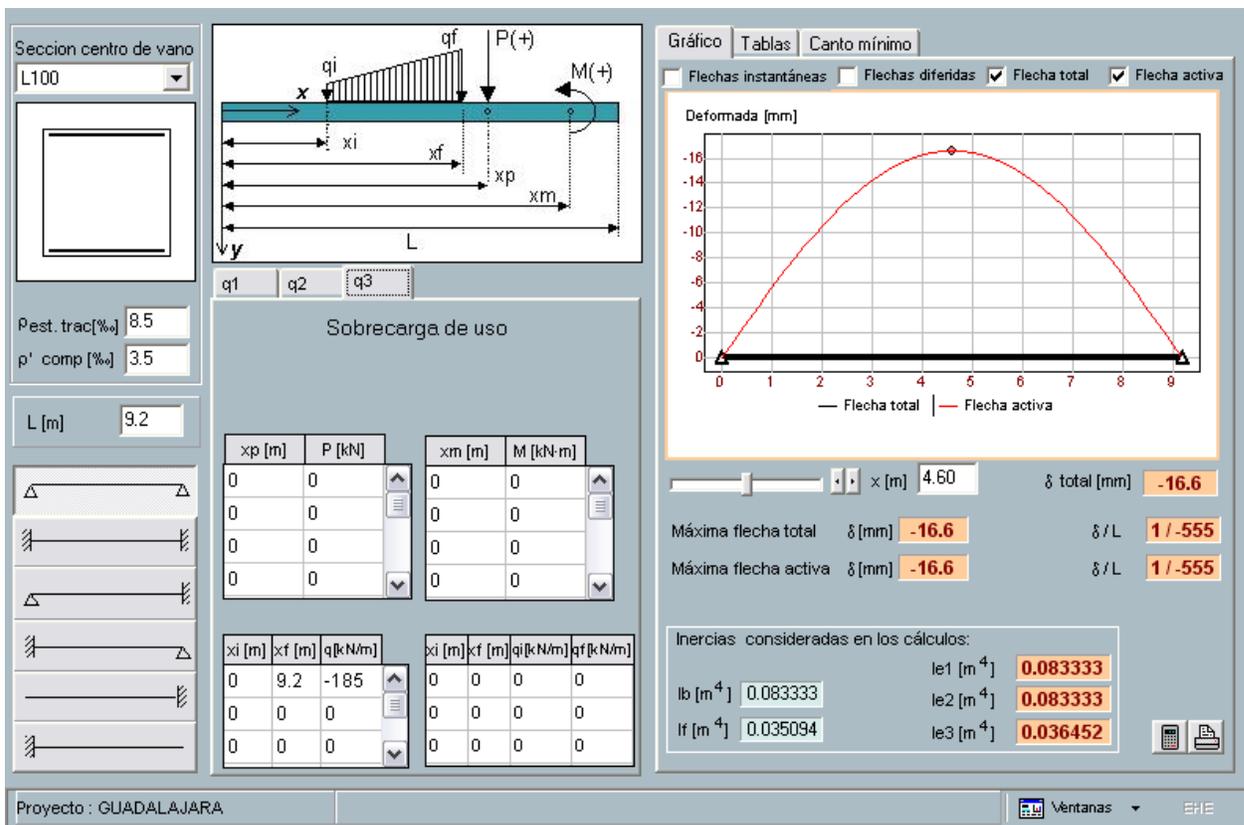
DIMENSIONAMIENTO CORRECTO

Se dispone en cada pilote secundario de un anclaje superior de 1#8 y de un anclaje inferior de 1#6.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

6.2.6. Deformaciones

Para obtener la deformación máxima de la losa se aplicará la ecuación de Branson para la obtención de la inercia equivalente considerando la fisuración del elemento y así obtener la flecha total instantánea y la flecha diferida en estado infinito.



Se obtiene para tiempo infinito una flecha total de 16,6 mm, que corresponde a una relación flecha/luz de 1/554, totalmente adecuada para la losa de fondo.

6.3. CASO B – ZONA ANCHO INTERIOR L=13,30 M.

6.3.1. Esfuerzos de dimensionamiento

Para la hipótesis 1 se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo:

- Momento de cálculo en centro luz:

$$M_d^{CL} = \frac{-162,5 \cdot 13,3^2}{8} = -3593 \text{ kNm/m}$$

- Cortante de cálculo en apoyo:

$$V_d^A = \frac{-162,5 \cdot 13,3}{2} = -1080 \text{ kN/m}$$

- Momento de servicio en centro luz:

$$M_k^{CL} = \frac{-160 \cdot 13,3^2}{8} = -3537 \text{ kNm/m}$$

Para la hipótesis 2 se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo, considerando un coeficiente de balasto bajo la losa de 25.000 kN/m³. (Caso pésimo)



- Momento de cálculo en centro luz → $M_d^{CL} = 406 \text{ kNm/m}$
- Cortante de cálculo en apoyo → $V_d^A = 154 \text{ kN/m}$
- Momento de servicio en centro luz → $M_k^{CL} = 260 \text{ kNm/m}$

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

6.3.2. Dimensionamiento a flexión

Para el armado transversal superior, se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08											
LOSA DE FONDO - ZONA L=13m.											
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO										
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mec}$ (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mec}$ (mm) = 75 Canto útil de la sección, d (mm) = 950 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 75 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ϵ_c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β_1 = 0.836 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ϵ_t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, Es (MPa) = 200 000 1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 407 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 6766.57 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{trac} (mm) = 356 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 559	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 3433.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90 3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN 3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 3433.00</td> <td>3433.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 231</td> <td>207</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 4925.69 4418.08 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -4925.69 -4418.08 3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 117.28 105.19 Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00 0.00 3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, $A_{s,mec}$ (cm ²) = 31.67 31.67 Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mec}$ (cm ²) = 31.67 31.67 Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 18.00 18.00 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 117.28 105.19 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00		INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 3433.00	3433.00		Profundidad fibra neutra, x (mm) = 231	207		
	INICIAL	ITERACIÓN									
Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 3433.00	3433.00										
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 231	207										

Así, para el armado transversal superior se propone un armado de #11/0,10 (100,6 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

En cuanto al armado transversal inferior, se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08											
LOSA DE FONDO - ZONA L=13m.											
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO										
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mec}$ (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mec}$ (mm) = 75 Canto útil de la sección, d (mm) = 950 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 75 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ϵ_c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β_1 = 0.836 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ϵ_t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, E_s (MPa) = 200 000 1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 407 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 6766.57 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{trac} (mm) = 356 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 559	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 406.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90 3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN 3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 406.00</td> <td>406.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 25</td> <td>23</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 529.09 479.60 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -529.09 -479.60 3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 12.60 11.42 Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00 0.00 3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, $A_{s,mec}$ (cm ²) = 31.67 31.67 Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mec}$ (cm ²) = 16.75 15.19 Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 18.00 18.00 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 18.00 18.00 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00			INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 406.00	406.00		Profundidad fibra neutra, x (mm) = 25	23	
	INICIAL	ITERACIÓN									
Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 406.00	406.00										
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 25	23										

Así, para el armado transversal inferior se propone un armado de #8/0,15 (34 cm²/m)

Para los armados longitudinales se propone un armado mínimo pero por condicionantes de retracción y temperatura:

- Armado mínimo geométrico = 18 cm²/m → #6/0,15 (18,9 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

6.3.3. Dimensionamiento a cortante

Considerando la sección de apoyo entre la losa y los pilotes, el armado necesario por cortante es:

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
LOSA DE FONDO - ZONA L=13m.	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b_w (mm) = 1000 Canto de la sección, h (mm) = 1000 Área bruta de la sección, A_c (mm ²) = 1000000 Recubrimiento mecánico, r_{mec} (mm) = 75 Canto útil de la sección, d (mm) = 925	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N_d (kN) = -166.00 Momento de cálculo en la sección, M_d (kNm) = 0.00 Cortante de cálculo en la sección, V_d (kN) = 1080.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90
1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A_s (cm ²) = 60 Cuantía arm. long. traccionada, ρ_l (‰) = 6.4865	3. CÁLCULOS. 3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V_c (kN) = 0.00 Método detallado Art. 11.2.2, V_c (kN) = 819.83 Momento equivalente cálculo, M_m (kNm) = 63.81 Coeficiente V_u*d/M_u = 1.00 Valor límite del cortante, $V_{c,lim}$ (kN) = 0.00 Cortante resistido por el hormigón, V_c (kN) = 819.83
1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, $Raiz(f_c)$ (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f_y (MPa) = 420	3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V_s (kN) = 380.17
	3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A_s/sep (cm ² /m) = 9.79 Armado mínimo, A_{smin}/sep (cm ² /m) = 8.33 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 9.79 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 46

Se propone disponer un armado de 1h#4/0,30x0,30 (14,33 cm²/m) en la zona de la losa a 1 m. de las pantallas.

6.3.4. Dimensionamiento en servicio

Para la sección de centro luz y considerando el armado dispuesto por cálculo y el momento en situación de servicio se obtiene:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08									
LOSA DE FONDO - ZONA L=13m									
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.			1.3. Armado Tracción de la sección.						
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0			CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #11 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 Nº de barras por capa de armado = 10 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 10060 0 0			1.3. Armado Compresión de la sección. CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #10 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 Nº de barras por capa de armado = 10 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 8190 0 0			
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, f _r (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 58 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 100 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 10060 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 58 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 942 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0107			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _c (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 56 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 100 100 Área de acero comprimida, A' _s (mm ²) = 8190 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 56 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 56 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0087			
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA			3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO						
2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 1000000 500 5.000E+08 -6 8.333E+10 3.208E+07 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 65419 56 3.673E+06 -450 0.000E+00 1.322E+10 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 80355 942 7.570E+07 436 0.000E+00 1.531E+10 Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 506 Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 1.119E+11			3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 768.00 Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 3537.00						
2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/ρ = 0.814 Auxiliar, d'/d = 0.060 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x _{fs} /d = 0.296 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 278493 139 -139 1.800E+09 5.400E+09 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 65419 56 -222 0.000E+00 3.234E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 80355 942 664 0.000E+00 3.539E+10 Fibra neutra fisuración, x _{fs} (mm) = 278 Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 4.582E+10			3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00 3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) = 21.50 EXCESIVA Tensión Compresión en armado superior, σ' _s (MPa) = 137.09 OK Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) = 409.17 EXCESIVA Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) = 409.17 EXCESIVA						

Por lo que la tensión en el acero en situación de servicio es mayor que el 0,6·f_y, por lo que es necesario aumentar el armado.

Se propone como nuevo armado #11/0,10 + #11/0,10 (2ª Capa) (201 cm²/m) y se comprueba de nuevo:

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08									
LOSA DE FONDO - ZONA L=13m									
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.			1.3. Armado Tracción de la sección.						
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0			CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #11 #11 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 Nº de barras por capa de armado = 10 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 10060 10060 0			1.3. Armado Compresión de la sección. CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #10 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 Nº de barras por capa de armado = 10 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 8190 0 0			
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, f _r (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 58 138 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 100 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 20120 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 98 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 902 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0223			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _c (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 56 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 100 100 Área de acero comprimida, A' _s (mm ²) = 8190 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 56 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 56 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0091			
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA			3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO						
2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 1000000 500 5.000E+08 -29 8.333E+10 8.423E+08 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 65419 56 3.673E+06 -473 0.000E+00 1.463E+10 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 160711 902 1.450E+08 373 0.000E+00 2.237E+10 Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 529 Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 1.212E+11			3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 873.00 Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 3537.00						
2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/ρ = 0.407 Auxiliar, d'/d = 0.062 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x _{fs} /d = 0.404 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 364155 182 -182 4.024E+09 1.207E+10 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 65419 56 -308 0.000E+00 6.206E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 160711 902 538 0.000E+00 4.651E+10 Fibra neutra fisuración, x _{fs} (mm) = 364 Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 6.881E+10			3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00 3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) = 18.72 EXCESIVA Tensión Compresión en armado superior, σ' _s (MPa) = 126.46 OK Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) = 220.87 OK Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) = 237.29 OK						

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Se obtiene una tensión en el armado inferior a $0,6 \cdot f_y$, por lo que se considera el armado suficiente para el estado límite de servicio.

En cuanto al armado transversal inferior, la comprobación es la siguiente:

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08						
LOSA DE FONDO - ZONA L=13m						
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.						
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento lateral, c_{lat} (mm) = 0 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, f_r (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, E_c (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, E_s (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99	1.3. Armado Tracción de la sección. Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, A_s (mm ²) = 3393 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s_v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r_{mec} (mm) = 53 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero traccionada, A_{st} (mm ²) = 3393 Recubrimiento mecánico equivalente, r_{mec} (mm) = 53 Canto útil a cara superior, d (mm) = 947 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0036	1.3. Armado Compresión de la sección. Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #10 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 10 10 10 Área de armado por capa, A_s (mm ²) = 8190 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s_v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r_{mec} (mm) = 56 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 100 100 Área de acero comprimida, A'_s (mm ²) = 8190 Recubrimiento mecánico equivalente, r_{mec} (mm) = 56 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 56 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0086				
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA						
2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 1000000 500 5.000E+08 15 8.333E+10 2.396E+08 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 65419 56 3.673E+06 -428 0.000E+00 1.200E+10 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 27105 947 2.568E+07 463 0.000E+00 5.805E+09 Fibra neutra homogeneizada, x_{hom} (mm) = 485 Inercia homogeneizada de la sección, I_{com} (mm ⁴) = 1.014E+11	2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/p = 2.414 Auxiliar, d'/d = 0.059 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x_{fis}/d = 0.176 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 166821 83 -83 3.869E+08 1.161E+09 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 65419 56 -111 0.000E+00 8.013E+08 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 27105 947 780 0.000E+00 1.651E+10 Fibra neutra fisuración, x_{fis} (mm) = 167 Inercia fisurada de la sección, I_{fis} (mm ⁴) = 1.886E+10	3. LÍMITES DE TENSION EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M_{fs} (kNm) = 667.00 Momento en situación de servicio, M_s (kNm) = 260.00 <b style="color: red;">LA SECCIÓN NO FISURA 3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, $f_{s,adm}$ (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, $\sigma_{c,lim}$ (MPa) = 18.00 3.3. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ_c (MPa) = Tensión Compresión en armado superior, σ'_s (MPa) = Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ_s (MPa) = Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ_{os} (MPa) =				

La sección no fisura, por lo que el armado propuesto es correcto.

6.3.5. Dimensionamiento a rasante

La conexión entre la losa de fondo y las pantallas de pilotes se realizará mediante barras de armado dispuestas a modo de anclajes a posteriori, con taladros rellenos de resinas epoxi.

Para el diseño de la conexión, se obtendrá el esfuerzo a rasante que debería resistir cada conexión en los pilotes, debiendo disponer anclajes a posteriori en los pilotes primarios y secundarios debido a la importante entidad del esfuerzo cortante en esta zona.

Así, considerando una separación entre pilotes de 0,70 m. y un cortante en el apoyo de 1080 kN/m se obtiene un esfuerzo rasante de cálculo de $V_d = 0,7 \cdot 1080 = 756$ kN

Así el dimensionamiento a rasante queda:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

RESISTENCIA RASANTE EN JUNTA ACI 318-08	
CONEXIÓN LOSA FONDO -PANTALLA ZONA L=13m	
Resist. Comp. del hormigón, f_c (Mpa) =	30
Resist. Tracción del acero, f_y (Mpa) =	420
Coeficiente rugosidad, c (Mpa) =	0.6
Coeficiente rozamiento, μ =	1
Ancho de la junta, A (m) =	0.7
Canto losa, h (m) =	1
Superficie de la junta, A_{cv} (mm ²) =	700000
V_d (kN) =	756
P_d (kN)	0
Nº de barras cara superior/m =	1
Diámetro equivalente barra, d (mm) =	32
Nº de barras en cara inferior /m =	1
Diámetro equivalente barra, d (mm) =	19
Área de armado en junta, A_v (mm ²)	1088
Resistencia a esfuerzo rasante, V_n (kN) =	876.87
Resistencia rasante máximo, V_n (kN) =	3 850.00
Coeficiente de minoración, =	0.90
Resistencia a rasante cálculo, V_n (kN) =	789.18

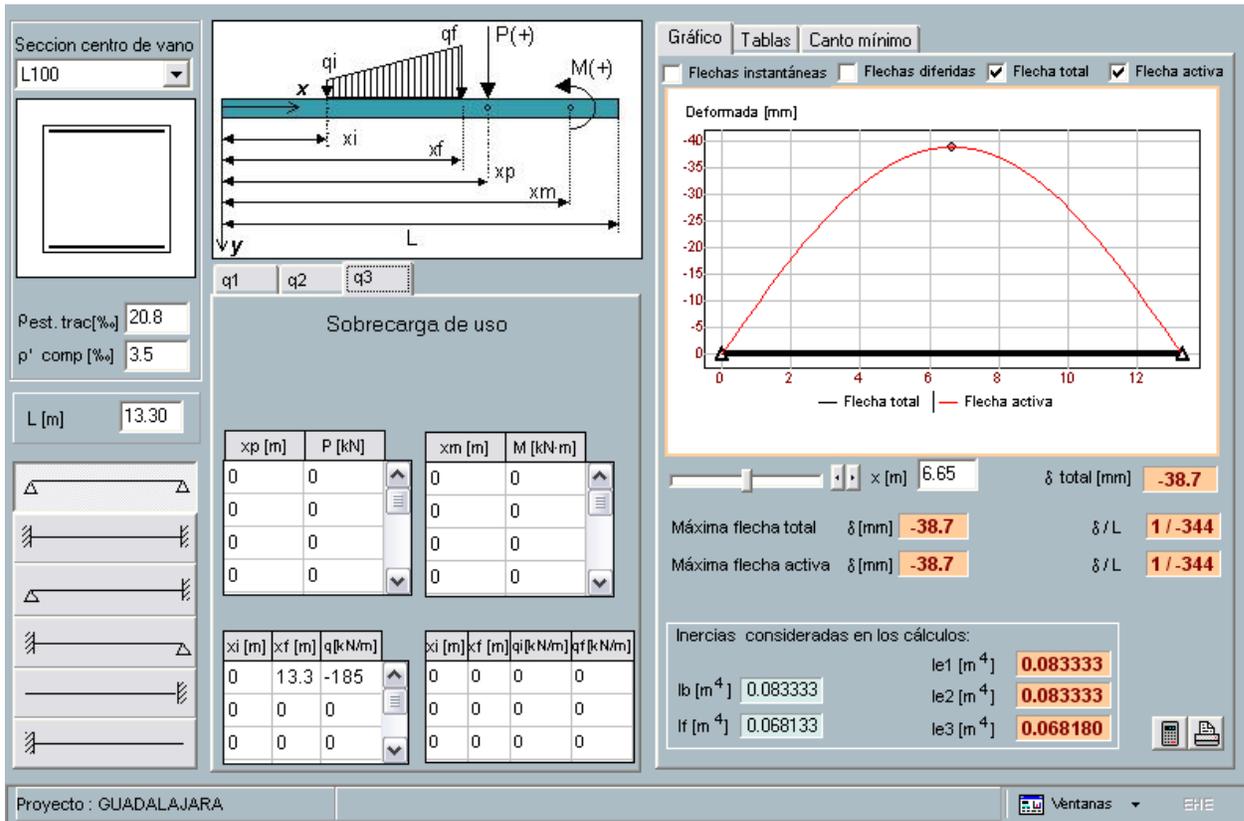
DIMENSIONAMIENTO CORRECTO

Se dispone en cada pilote secundario de un anclaje superior de 1#10 y de un anclaje inferior de 1#6.

6.3.6. Deformaciones

Para obtener la deformación máxima de la losa se aplicará la ecuación de Branson para la obtención de la inercia equivalente considerando la fisuración del elemento y así obtener la flecha total instantánea y la flecha diferida en estado infinito.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

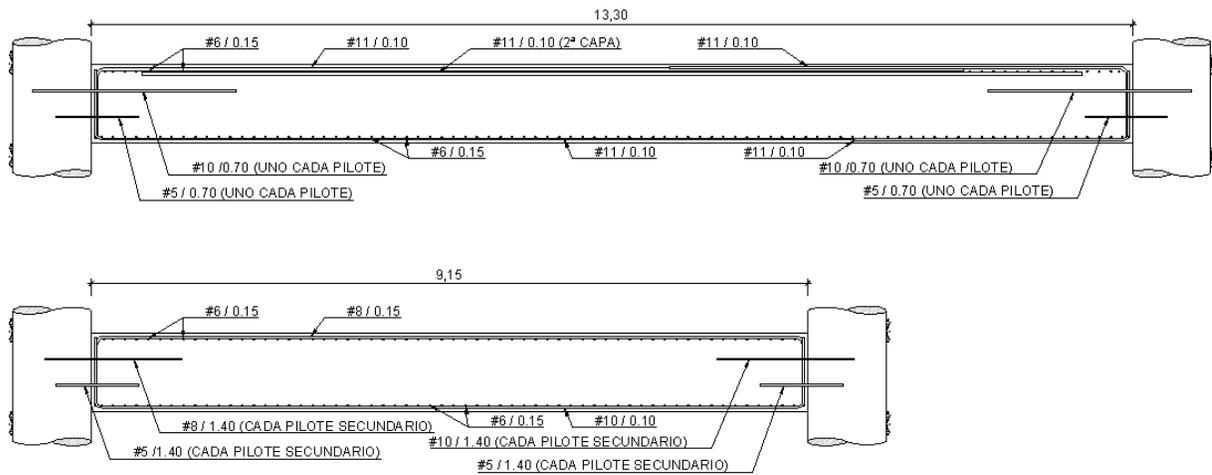


Se obtiene para tiempo infinito una flecha total de 38,7 mm, que corresponde a una relación flecha/luz de 1/343, totalmente adecuada para la losa de fondo.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

6.4. ESQUEMA DE ARMADO

Así, el esquema de armado de la losa de fondo queda como se muestra a continuación:

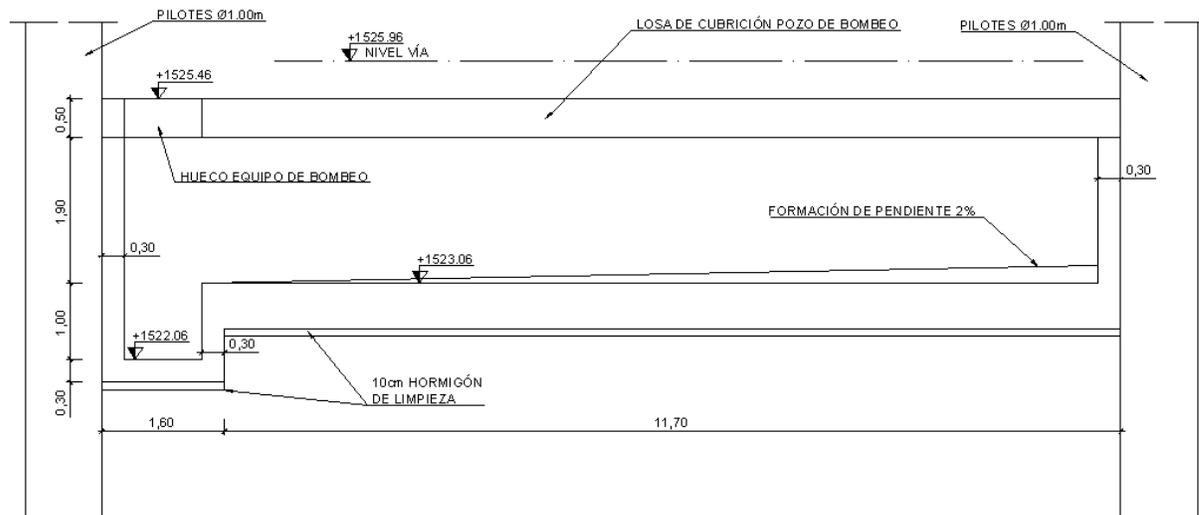


10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

7. DIMENSIONAMIENTO DEL POZO DE BOMBEO

En la zona de entronque entre la trinchera y la estación plaza de la bandera se diseña un pozo de bombeo que quedará integrado en la losa de fondo.

Este pozo de bombeo se consigue realizando un salto en la losa de fondo, rebajando la cara superior 2,4 m. en todo el ancho de la trinchera según esquema adjunto:



La losa de fondo del pozo, de 60 cm de espesor, se comportará como una placa apoyada en todos sus lados y presenta un pequeño rebaje para la colocación de los equipos de bombeo. El pozo de bombeo se completa con unos muros perimetrales que servirán para impermeabilización del pozo y como apoyo para la estructura de cubrición del mismo.

Como estructura de cubrición del pozo de bombeo se diseña una losa de hormigón armado de 50 cm de espesor que se apoyará sobre los muros perimetrales y que deberá soportar los esfuerzos transmitidos por los trenes. Esta losa se comportará también como una losa apoyada en sus lados, debiendo respetar los huecos para mantenimiento de bombas y para acceso al pozo.

7.1. LOSA DE FONDO DEL POZO DE BOMBEO

7.1.1. Cargas consideradas

Según se ha indicado en los apartados anteriores, las cargas consideradas son las siguientes:

- Peso propio de la losa, $DC = 0.6 \cdot 25 = 15 \text{ kN/m}^2$.
- Subpresión del agua freática (WA). Se considera una subpresión por restitución del nivel freático para la situación pésima, que corresponde a las siguientes profundidades:
 - Excavación máxima = 25,5 m.
 - Profundidad del nivel freático = 5 m.
 - Subpresión del agua $\rightarrow WA = -205 \text{ kN/m}^2$.

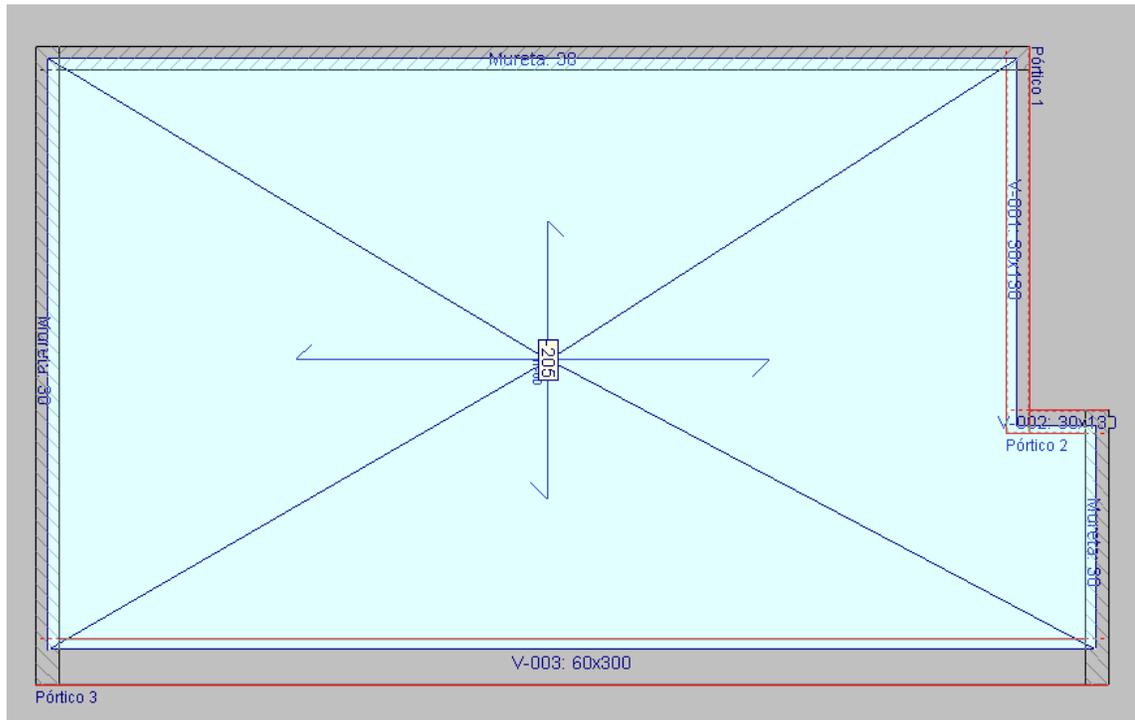
Se considerarán las siguientes combinaciones de cargas:

- Comb. Resistencia I = $0,90 \cdot DC + 1,00 \cdot (WA) = 0,90 \cdot 15 + 1,00 \cdot (-205) = -191,5 \text{ kN/m}^2$.
- Comb. Servicio I = $DC + WA = 15 - 205 = -180 \text{ kN/m}^2$.

7.1.2. Esfuerzos de dimensionamiento

Para obtener los esfuerzos de dimensionamiento se realiza un modelo en elementos finitos de la losa de fondo, sobre el cual aplicamos la carga de cálculo considerada y obteniendo los siguientes valores máximos de cálculo:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE



- Momentos máximos:

Flexión Negativa - $M_{dx} = -1045 \text{ kNm/m}$ - $M_{dy} = -683 \text{ kNm/m}$

Flexión Positiva - $M_{dx} = 475 \text{ kNm/m}$ - $M_{dy} = 475 \text{ kNm/m}$

- Cortante de cálculo en apoyo:

$V_{dx} = 612 \text{ kN/m}$ – $V_{dy} = 734 \text{ kN/m}$

- Momento de servicio en centro luz:

Flexión Negativa - $M_{kx} = -1021 \text{ kNm/m}$ - $M_{ky} = -513 \text{ kNm/m}$

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

7.1.3. Dimensionamiento a flexión

Para el armado longitudinal superior, se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08											
LOSA DE FONDO - LOSA POZO BOMBEO											
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO										
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 600 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mec}$ (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mec}$ (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 550 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 50 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ϵ_c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β_1 = 0.836 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ϵ_t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, E_s (MPa) = 200 000 1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 236 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 2268.02 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{trac} (mm) = 206 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 324	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 1021.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90 3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN 3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 1021.00</td> <td>1021.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 117</td> <td>117</td> <td>105</td> </tr> </tbody> </table> 3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 2495.03 2241.79 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -2495.03 -2241.79 3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 59.41 53.38 Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00 0.00 3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, $A_{s,mec}$ (cm ²) = 18.33 18.33 Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mec}$ (cm ²) = 18.33 18.33 Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 10.80 10.80 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 59.41 53.38 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00		INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 1021.00	1021.00		Profundidad fibra neutra, x (mm) = 117	117	105	
	INICIAL	ITERACIÓN									
Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 1021.00	1021.00										
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 117	117	105									

Así, para el armado longitudinal superior se propone un armado de #10/0,15 (54,6 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Para el armado transversal superior, se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08											
LOSA DE FONDO - LOSA POZO BOMBEO											
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO										
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 600 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mec}$ (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mec}$ (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 550 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 50	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 683.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90										
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ϵ_c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β_1 = 0.836 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ϵ_t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, E_s (MPa) = 200 000	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN										
1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 236 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 2268.02 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{trac} (mm) = 206 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 324	3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 683.00</td> <td>683.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 76</td> <td>68</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 683.00	683.00		Profundidad fibra neutra, x (mm) = 76	68	
	INICIAL	ITERACIÓN									
Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 683.00	683.00										
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 76	68										
	3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 1613.39 1455.30 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -1613.39 -1455.30										
	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 38.41 34.65 Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00 0.00										
	3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, $A_{s,mec}$ (cm ²) = 18.33 18.33 Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mec}$ (cm ²) = 18.33 18.33 Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 10.80 10.80 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 38.41 34.65 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00										

Así, para el armado transversal superior se propone un armado de #8/0,10 (51 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Para los armados inferiores se obtiene:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08										
LOSA DE FONDO - LOSA POZO BOMBEO										
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO									
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 600 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mec}$ (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mec}$ (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 550 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 50	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 475.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90									
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ϵ_c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β_1 = 0.836 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ϵ_t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, Es (MPa) = 200 000	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN									
1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 236 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 2268.02 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{trac} (mm) = 206 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 324	3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">INICIAL</th> <th style="text-align: center;">ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 475.00</td> <td style="text-align: center;">475.00</td> <td style="text-align: center;">475.00</td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 52</td> <td style="text-align: center;">52</td> <td style="text-align: center;">47</td> </tr> </tbody> </table>		INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 475.00	475.00	475.00	Profundidad fibra neutra, x (mm) = 52	52	47
	INICIAL	ITERACIÓN								
Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 475.00	475.00	475.00								
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 52	52	47								
3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 1100.71 994.88 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -1100.71 -994.88	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 26.21 23.69 Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00 0.00									
3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, $A_{s,mec}$ (cm ²) = 18.33 18.33 Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mec}$ (cm ²) = 18.33 18.33 Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 10.80 10.80 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 26.21 23.69 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00										

Se propone un armado de #6/0,10 (28,4 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

7.1.4. Dimensionamiento a cortante

El armado necesario por cortante es:

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
LOSAS DE FONDO - POZO BOMBEO	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b_w (mm) = 1000 Canto de la sección, h (mm) = 600 Área bruta de la sección, A_c (mm ²) = 600000 Recubrimiento mecánico, r_{mec} (mm) = 75 Canto útil de la sección, d (mm) = 525	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N_d (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, M_d (kNm) = 0.00 Cortante de cálculo en la sección, V_d (kN) = 734.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90
1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A_s (cm ²) = 60 Cuantía arm. long. traccionada, ρ_l (‰) = 11.4286	3. CÁLCULOS.
1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, $Raiz(f_c)$ (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f_y (MPa) = 420	3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V_c (kN) = 488.84 Método detallado Art. 11.2.2, V_c (kN) = 562.09 Momento equivalente cálculo, M_m (kNm) = 0.00 Coeficiente V_u*d/M_u = 1.00 Valor límite del cortante, $V_{c,lim}$ (kN) = 833.91 Cortante resistido por el hormigón, V_c (kN) = 488.84
	3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V_s (kN) = 326.71
	3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A_s/sep (cm ² /m) = 14.82 Armado mínimo, A_{smin}/sep (cm ² /m) = 8.33 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 14.82 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 26

Se propone como armado a cortante el disponer 1r#4/0,30x0,30 (14,3 cm²/m).

7.1.5. Dimensionamiento en servicio

Se realizará una comprobación a fisuración del armado de la cara superior de la losa, ya que es el armado más expuesto a posibles filtraciones de agua por ser la cara de contacto del pozo de bombeo.

Para el armado longitudinal superior:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08						
LOSA DE FONDO POZO DE BOMBEO						
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.			1.3. Armado Tracción de la sección.			
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 600 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0			CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #10 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 7 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 5460 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 56 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 150 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 5460 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 56 Canto útil a cara superior, d (mm) = 544 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0100			1.3. Armado Compresión de la sección. CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 3393 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 53 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero comprimida, A _s ' (mm ²) = 3393 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 53 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 53 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0062
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, f _r (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99			2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA 2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 600000 300 1.800E+08 -6 1.800E+10 2.062E+07 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 1.428E+06 -253 0.000E+00 1.737E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 43612 544 2.372E+07 238 0.000E+00 2.470E+09 Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 306 Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 2.223E+10 2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/p = 0.621 Auxiliar, d'/d = 0.097 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, xfs/d = 0.302 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 164432 82 -82 3.705E+08 1.111E+09 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 -112 0.000E+00 3.384E+08 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 43612 544 379 0.000E+00 6.278E+09 Fibra neutra fisurada, x _{fs} (mm) = 164 Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 8.099E+09			
			3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 256.00 Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 1013.00 3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00 3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) = 20.57 EXCESIVA Tensión Compresión en armadura superior, σ _s ' (MPa) = 111.63 OK Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) = 379.08 EXCESIVA Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) = 379.08 EXCESIVA			

Por lo que la tensión en el acero en situación de servicio es mayor que el 0,6·f_y, por lo que es necesario aumentar el armado.

Se propone como nuevo armado #10/0,15 + #10/0,15 (2ª Capa) (109,2 cm²/m) y se comprueba:

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08						
LOSA DE FONDO POZO DE BOMBEO						
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.			1.3. Armado Tracción de la sección.			
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 600 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0			CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #10 #10 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 7 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 5460 5460 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 56 136 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 150 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 10920 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 96 Canto útil a cara superior, d (mm) = 504 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0217			1.3. Armado Compresión de la sección. CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 3393 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 53 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero comprimida, A _s ' (mm ²) = 3393 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 53 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 53 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0067
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, f _r (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99			2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA 2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 600000 300 1.800E+08 -16 1.800E+10 1.443E+08 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 1.428E+06 -263 0.000E+00 1.872E+09 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 87225 504 4.395E+07 188 0.000E+00 3.094E+09 Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 316 Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 2.311E+10 2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/p = 0.311 Auxiliar, d'/d = 0.105 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, xfs/d = 0.413 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) l cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 207889 104 -104 7.487E+08 2.246E+09 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 27105 53 -155 0.000E+00 6.528E+08 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 87225 504 296 0.000E+00 7.640E+09 Fibra neutra fisurada, x _{fs} (mm) = 208 Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 1.129E+10			
			3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 275.00 Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 1013.00 3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00 3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) = 18.66 EXCESIVA Tensión Compresión en armadura superior, σ _s ' (MPa) = 111.24 OK Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) = 212.15 OK Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) = 240.63 OK			

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Se obtiene una tensión en el armado inferior a $0,6 \cdot f_y$, por lo que se considera el armado suficiente para el estado límite de servicio.

En cuanto al armado transversal superior, la comprobación es la siguiente:

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08						
LOSA DE FONDO POZO DE BOMBEO						
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.						
1.1. Geometría de la sección.		1.3. Armado Tracción de la sección.			1.3. Armado Compresión de la sección.	
Ancho de la sección, b (mm) =	1 000	CAPA 1	CAPA 2	CAPA 3	CAPA 1	CAPA 2
Altura de la sección, h (mm) =	600	Calibre Armadura Tracción longitudinal, # =	#10	0	0	0
Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) =	0	Agrupaciones de las barras =	1	1	1	
1.2. Características de los materiales.		Nº de barras por capa de armado =	7	7	10	
Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) =	30	Área de armado por capa, A _s (mm ²) =	5460	0	0	Área de armado por capa, A _s (mm ²) =
Resist. A la tracción, f _t (MPa) =	3.396	Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) =	---	80	80	2840
Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) =	26 291	Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) =	40	120	200	Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) =
Límite elástico del acero, f _y (MPa) =	420	Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) =	56	120	200	Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) =
Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) =	210 000	Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) =	150	150	100	Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) =
Coefficiente de homogeneización, n =	7.99	Área de acero traccionada, A _s (mm ²) =	5460			Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) =
		Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) =	56			Área de acero comprimida, A' _s (mm ²) =
		Canto útil a cara superior, d (mm) =	544			Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) =
		Cuántía de acero traccionado, ρ =	0.0100			Canto útil a cara superior, d' (mm) =
						Cuántía de acero traccionado, ρ' =
						0.0052
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA						
2.1. Inercia homogeneizada.		Área (mm ²) y cdg (mm)			A ³ y (mm ³)	
Hormigón	600000	300	1.800E+08	-7	1.800E+10	3.316E+07
Acero Sup. Homogeneizado (Comp)	22685	50	1.124E+06	-258	0.000E+00	1.509E+09
Acero Inf. Homogeneizado (Trac)	43612	544	2.372E+07	236	0.000E+00	2.438E+09
Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) =	307					
Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) =	2.198E+10					
3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO						
3.1. Momento de fisuración y momento de servicio.						
Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 255.00						
Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 513.00						
3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero.						
Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00						
Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00						
3.3. Cálculo de las tensiones en las armaduras.						
Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) = 10.58 OK						
Tensión Compresión en armado superior, σ' _s (MPa) = 59.34 OK						
Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) = 191.99 OK						
Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) = 191.99 OK						
2.1. Inercia fisurada.						
Auxiliar, ρ/p = 0.520						
Auxiliar, d'/d = 0.091						
Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x _{fs} /d = 0.306						
Área (mm ²) y cdg (mm)		Braza (mm)		I cdg (mm ⁴)		A ³ brazo ² (mm ³)
Hormigón	166255	83	-83	3.830E+08	1.149E+09	
Acero Sup. Homogeneizado (Comp)	22685	50	-117	0.000E+00	3.090E+08	
Acero Inf. Homogeneizado (Trac)	43612	544	378	0.000E+00	6.218E+09	
Fibra neutra fisuración, x _{fs} (mm) =	166					
Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) =	8.059E+09					

Se obtiene una tensión en el armado inferior a $0,6 \cdot f_y$, por lo que se considera el armado suficiente para el estado límite de servicio.

7.1.6. Dimensionamiento a rasante

La conexión entre la losa de fondo y las pantallas de pilotes se realizará a través de la junta de contacto entre el muro perimetral del pozo y la pantalla.

El rozamiento entre los dos hormigones servirá de resistencia para transmitir el cortante máximo de cálculo sin necesidad de disponer de conexiones a posteriori ni sin tener que realizar ningún tratamiento especial a la junta entre los dos hormigones.

Así el dimensionamiento a rasante queda:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

RESISTENCIA RASANTE EN JUNTA ACI 318-08	
CONEXIÓN LOSA DE POZO BOMBEO CON PANTALLA	
Resist. Comp. del hormigón, f_c (Mpa) =	30
Resist. Tracción del acero, f_y (Mpa) =	420
Coeficiente rugosidad, c (Mpa) =	0.52
Coeficiente rozamiento, μ =	0.6
Ancho de la junta, A (m) =	1
Canto losa, h (m) =	1.9
Superficie de la junta, A_{cv} (mm ²) =	1900000
V_d (kN) =	734
P_d (kN)	0
Nº de barras cara superior/m =	0
Diámetro equivalente barra, d (mm) =	16
Nº de barras en cara inferior /m =	0
Diámetro equivalente barra, d (mm) =	16
Área de armado en junta, A_v (mm ²)	0
Resistencia a esfuerzo rasante, V_n (kN) =	988.00
Resistencia rasante máximo, V_n (kN) =	10 450.00
Coeficiente de minoración, ϕ =	0.90
Resistencia a rasante cálculo, ϕV_n (kN) =	889.20

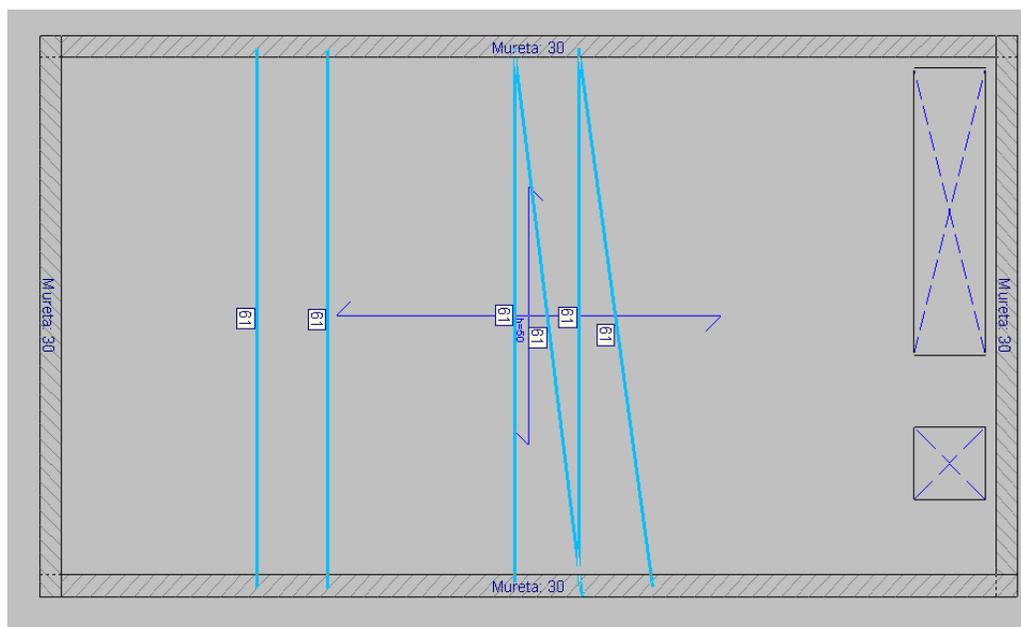
DIMENSIONAMIENTO CORRECTO

7.2. LOSA DE CUBRICIÓN DEL POZO DE ATAQUE

7.2.1. Cargas consideradas

Según se ha indicado en los apartados anteriores, las cargas consideradas son las siguientes:

- Peso propio de la losa, DC = $0.5 \cdot 25 = 12,5 \text{ kN/m}^2$.
- Carga muerta pavimento de vía, DW = 10 kN/m^2 .
- Sobrecarga superficial sobre losa, LS = 4 kN/m^2 .
- Sobrecarga vehicular del tren, LL = $122/2 = 61 \text{ kN/m}$. (Distribuidos según esquema).



Por lo tanto, para las diferentes combinaciones de cargas consideradas se obtiene:

- Comb. Resistencia I = $1,25 \cdot DC + 1,50 \cdot (EV + DW) + 1,75 \cdot (LL + LS)$
- Comb. Servicio I = $DC + (EV + DW) + (LL + LS)$

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

7.2.2. Esfuerzos de dimensionamiento

Para obtener los esfuerzos de dimensionamiento se realiza un modelo en elementos finitos de la losa de fondo, sobre el cual aplicamos la carga de cálculo considerada y obteniendo los siguientes valores máximos de cálculo:

- Momentos máximos:

$$\text{Flexión Negativa - } M_{dx} = -350 \text{ kNm/m - } M_{dy} = -320 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Flexión Positiva - } M_{dx} = 620 \text{ kNm/m - } M_{dy} = 508 \text{ kNm/m}$$

- Cortante de cálculo en apoyo:

$$V_{dx} = 495 \text{ kN/m - } V_{dy} = 360 \text{ kN/m}$$

- Momento de servicio en centro luz:

$$\text{Flexión Positiva - } M_{dx} = 370 \text{ kNm/m - } M_{dy} = 160 \text{ kNm/m}$$

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

7.2.3. Dimensionamiento a flexión

Para el armado longitudinal inferior, se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08		
LOSA DE FONDO - CUBIERTA POZO BOMBEO		
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO	
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 500 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mec}$ (mm) = 40 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mec}$ (mm) = 40 Canto útil de la sección, d (mm) = 460 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 40 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ϵ_c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β_1 = 0.836 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ϵ_t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, E_s (MPa) = 200 000 1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 197 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 1586.49 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{trac} (mm) = 173 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 271	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 620.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90	
	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN	
	3.1. Comprobación límites dimensionamiento.	INICIAL ITERACIÓN
	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 620.00	620.00
	Profundidad fibra neutra, x (mm) = 84	75
	3.2. Cálculo tensiones en las sección.	
	Compresión en cara superior, C (kN) = 1786.43	1607.77
	Tracción a nivel del armado, T (kN) = -1786.43	-1607.77
	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo.	
	Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 42.53	38.28
	Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00	0.00
	3.4. Cálculo armados mínimos.	
	Armado mínimo mecánico, $A_{s,mec}$ (cm ²) = 15.33	15.33
	Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mec}$ (cm ²) = 15.33	15.33
	Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 9.00	9.00
	Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 42.53	38.28
	Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00	0.00

Así, para el armado longitudinal inferior se propone un armado de #8/0,10 (51 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

En cuanto al armado transversal inferior, se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08											
LOSA DE FONDO - CUBIERTA POZO BOMBEO											
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO										
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 500 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mec}$ (mm) = 40 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mec}$ (mm) = 40 Canto útil de la sección, d (mm) = 460 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 40	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 508.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90										
1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ϵ_c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β_1 = 0.836 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ϵ_t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, Es (MPa) = 200 000	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN										
1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 197 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 1586.49 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{trac} (mm) = 173 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 271	3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 508.00</td> <td>508.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 68</td> <td>61</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 508.00	508.00		Profundidad fibra neutra, x (mm) = 68	61	
	INICIAL	ITERACIÓN									
Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 508.00	508.00										
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 68	61										
	3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 1440.74 1298.98 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -1440.74 -1298.98										
	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 34.30 30.93 Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00 0.00										
	3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, $A_{s,mec}$ (cm ²) = 15.33 15.33 Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mec}$ (cm ²) = 15.33 15.33 Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 9.00 9.00 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 34.30 30.93 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00										

Así, para el armado transversal inferior se propone un armado de #8/0,15 (34 cm²/m)

Para los armados superiores se propone un armado mínimo pero por condicionantes de retracción y temperatura:

- Armado mínimo geométrico = 18 cm²/m → #6/0,15 (18,9 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

7.2.4. Dimensionamiento a cortante

Considerando la sección de apoyo entre la losa y los pilotes, el armado necesario por cortante es:

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
LOSA DE FONDO - CUBIERTA POZO BOMBEO	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b_w (mm) = 1000 Canto de la sección, h (mm) = 500 Área bruta de la sección, A_c (mm ²) = 500000 Recubrimiento mecánico, r_{mec} (mm) = 75 Canto útil de la sección, d (mm) = 425 1.2. Armado de la sección. Inclinação de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A_s (cm ²) = 0 Cuantía arm. long. traccionada, ρ_l (‰) = 0.0000 1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, $Raiz(f_c)$ (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f_y (MPa) = 420	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N_d (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, M_d (kNm) = 0.00 Cortante de cálculo en la sección, V_d (kN) = 495.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90 3. CÁLCULOS. 3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V_c (kN) = 395.73 Método detallado Art. 11.2.2, V_c (kN) = 372.45 Momento equivalente cálculo, M_m (kNm) = 0.00 Coeficiente V_u*d/M_u = 1.00 Valor límite del cortante, $V_{c,lim}$ (kN) = 675.07 Cortante resistido por el hormigón, V_c (kN) = 372.45 3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V_s (kN) = 177.55 3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A_s/sep (cm ² /m) = 9.95 Armado mínimo, A_{smin}/sep (cm ² /m) = 8.33 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 9.95 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 21

Se propone disponer un armado de 1h#4/0,30x0,30 (14,33 cm²/m) en la zona de la losa a 1 m. de las del apoyo longitudinal.

7.2.5. Dimensionamiento en servicio

Se realizará una comprobación a fisuración del armado de la cara inferior de la losa, ya que es el armado más expuesto a posibles agresiones por el agua al ser la cara de contacto del pozo de bombeo.

Para el armado longitudinal inferior:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08					
LOSA DE CUBRILIÓN POZO DE BOMBEO					
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.		1.3. Armado Tracción de la sección.		1.3. Armado Compresión de la sección.	
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 500 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, fr (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, Ec (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, fy (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, Es (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99	CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 10 7 10 Área de armado por capa, As (mm ²) = 5090 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 53 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 100 150 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 5090 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 53 Canto útil a cara superior, d (mm) = 447 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0114	CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, As (mm ²) = 1893 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 50 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero comprimida, A _s ' (mm ²) = 1893 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 50 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 50 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0042			
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA			3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO		
2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 500000 250 1.250E+08 -9 1.042E+10 4.031E+07 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 15123 50 7.494E+05 -209 0.000E+00 6.633E+08 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 40657 447 1.819E+07 188 0.000E+00 1.442E+09 Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 259 Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 1.256E+10 2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/p = 0.372 Auxiliar, d'/d = 0.111 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, xfs/d = 0.328 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 146660 73 -73 2.629E+08 7.886E+08 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 15123 50 -97 0.000E+00 1.426E+08 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 40657 447 301 0.000E+00 3.675E+09 Fibra neutra fisuración, x _{fs} (mm) = 147 Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 4.869E+09	3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 176.00 Momento en situación de servicio, Ms (kNm) = 370.00 3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, fs,adm (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, oc,lim (MPa) = 18.00 3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, oc (MPa) = 11.15 OK Tensión Compresión en armado superior, o's (MPa) = 58.95 OK Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, os (MPa) = 182.49 OK Tensión Tracción en armadura extrema inferior, os (MPa) = 182.49 OK				

Se obtiene una tensión en el armado inferior a 0,6-fy, por lo que se considera el armado suficiente.

En cuanto al armado transversal inferior, la comprobación es la siguiente:

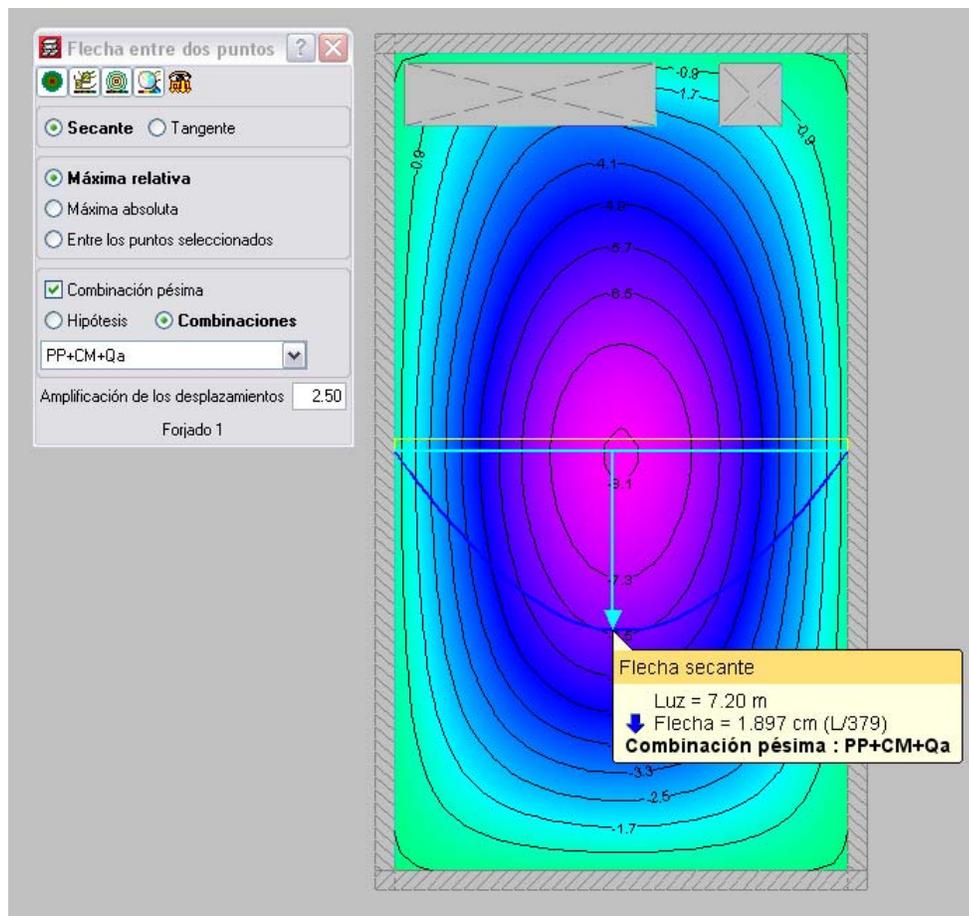
COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08					
LOSA DE CUBRILIÓN POZO DE BOMBEO					
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.		1.3. Armado Tracción de la sección.		1.3. Armado Compresión de la sección.	
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 1 000 Altura de la sección, h (mm) = 500 Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Resist. A la tracción, fr (MPa) = 3.396 Módulo de elasticidad del hormigón, Ec (MPa) = 26 291 Límite elástico del acero, fy (MPa) = 420 Módulo de elasticidad del acero, Es (MPa) = 210 000 Coeficiente de homogeneización, n = 7.99	CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 7 10 Área de armado por capa, As (mm ²) = 3393 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 53 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 150 100 Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 3393 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 53 Canto útil a cara superior, d (mm) = 447 Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0076	CAPA1 CAPA 2 CAPA 3 Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #8 0 0 Agrupaciones de las barras = 1 1 1 N° de barras por capa de armado = 7 10 10 Área de armado por capa, As (mm ²) = 1893 0 0 Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80 Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200 Recubrimiento mecánico por capa, r _{mecc} (mm) = 50 120 200 Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 150 100 100 Área de acero comprimida, A _s ' (mm ²) = 1893 Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mecc} (mm) = 50 Canto útil a cara superior, d' (mm) = 50 Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0042			
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA			3. LÍMITES DE TENSIÓN EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO		
2.1. Inercia homogeneizada. Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 500000 250 1.250E+08 -4 1.042E+10 9.124E+06 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 15123 50 7.494E+05 -205 0.000E+00 6.338E+08 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 27105 447 1.212E+07 193 0.000E+00 1.010E+09 Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 254 Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 1.207E+10 2.1. Inercia fisurada. Auxiliar, p/p = 0.558 Auxiliar, d'/d = 0.111 Profundidad relativa fibra neutra fisurada, xfs/d = 0.277 Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³) Hormigón = 123693 62 -62 1.577E+08 4.731E+08 Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 15123 50 -74 0.000E+00 8.314E+07 Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 27105 447 324 0.000E+00 2.838E+09 Fibra neutra fisuración, x _{fs} (mm) = 124 Inercia fisurada de la sección, I _{fs} (mm ⁴) = 3.552E+09	3.1. Momento de fisuración y momento de servicio. Momento de fisuración de la sección, M _{fs} (kNm) = 166.00 Momento en situación de servicio, Ms (kNm) = 160.00 <b style="color: red;">LA SECCIÓN NO FISURA 3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero. Límite de tracción admisible en el acero, fs,adm (MPa) = 252.00 Límite de compresión admisible en el hormigón, oc,lim (MPa) = 18.00 3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras. Tensión Compresión máxima en el hormigón, oc (MPa) = Tensión Compresión en armado superior, o's (MPa) = Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, os (MPa) = Tensión Tracción en armadura extrema inferior, os (MPa) =				

La sección no fisura, por lo que el armado propuesto es correcto.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

7.2.6. Deformaciones

Para obtener la deformación máxima de la losa se aplicará la ecuación de Branson para la obtención de la inercia equivalente considerando la fisuración del elemento y así obtener la flecha total instantánea y la flecha diferida en estado infinito.

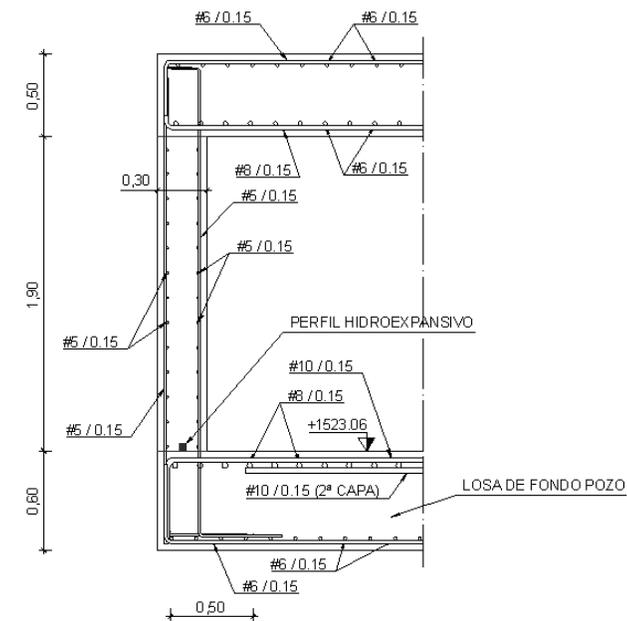


Se obtiene para tiempo infinito una flecha total de 18,9 mm, que corresponde a una relación flecha/luz de 1/379, totalmente adecuada para la losa de cubrición sobre el pozo de bombeo.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

7.3. ESQUEMA DE ARMADO

Así, el esquema de las losas del pozo de bombeo queda como se muestra a continuación:

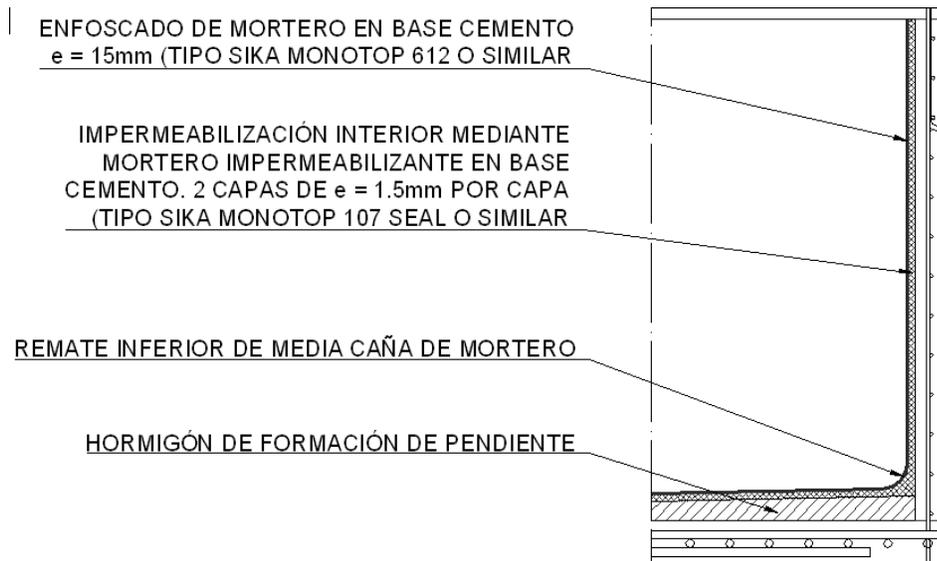


7.4. IMPERMEABILIZACIÓN INTERIOR DEL POZO

El pozo de bombeo, debido a la necesidad de almacenamiento continuo de agua sin filtraciones, será necesario que sea impermeabilizado en su cara interior, para lo cual se propone:

- Enfoscado de la cara interior de mortero en base cemento e=15 mm Tipo Sika MonoTop 612 o similar.
- Impermeabilización interior mediante mortero impermeabilizante en base cemento, colocando dos capas de e=1,5 mm. cada capa Tipo Sika Monotop 107 Seal o similar.
- Se realizarán medias cañas en el entronque losa-muro y se dispondrá un hormigón de pendiente para que el agua fluya hasta el rebaje del pozo.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE



8. DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESTAMPIDORES

Según se ha comentado anteriormente, a lo largo de la trinchera se han dispuesto dos filas de estampidores formados por puntales de 0,8x0,8m separados 5 m en planta. Estos estampidores se pueden estudiar como un puntal articulado apoyado entre las dos filas de pilotes, considerando una luz de cálculo igual a la separación interior entre pilotes.

Para el dimensionamiento de los estampidores, se considerará el cálculo de los estampidores de la zona ancha de la trinchera (distancia interior entre pantallas = 13,3 m) y se diseñará para dicha longitud de elemento, siendo el dimensionamiento válido para los estampidores de la zona estrecha de la trinchera. Así se tendrá:

- Zona ancho interior 13,30 m → Viga biapoyada 80x80 cm de L = 13,30 m. (Para el cálculo de la esbeltez se considerará una barra de 10,30 m. debido a las vigas de reparto y a los acartelamientos).

Se estudiará el caso pésimo en el que las cargas transmitidas por las pantallas son máximas y se considera la ejecución de un forjado sobre los puntales por condicionantes de ventilación.

8.1. CARGAS CONSIDERADAS

Según se ha indicado en los apartados anteriores, las cargas consideradas son las siguientes:

- Peso propio del estampidor, $DC = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 25 = 16 \text{ kN/m}$.
- Reacción máxima transmitida por la pantalla, con estampidores separados 5 metros, $EH = 5 \cdot 1019 = 5095 \text{ kN}$.
- Carga muerta del forjado de ventilación, $DW = 5 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ kN/m}$.
- Sobrecarga del forjado de ventilación, $LS = 5 \cdot 1 = 5 \text{ kN/m}$.

Por lo tanto, para las diferentes combinaciones de cargas consideradas se obtiene:

- Comb. Resistencia I = $1,25 \cdot DC + 1,50 \cdot DW + 1,75 \cdot LS = 1,25 \cdot 16 + 1,50 \cdot 7,5 + 1,75 \cdot 5 = 40 \text{ kN/m}$.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

8.2. ESFUERZOS DE CÁLCULO

Se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo:

- Axil de cálculo en el estampidor:

$$N_d = 1.5 \cdot 5095 = 7642 \text{ kN}$$

- Momento de cálculo en centro luz:

$$M_d^{CL} = \frac{40 \cdot 13,3^2}{8} = 884 \text{ kNm}$$

- Cortante de cálculo en apoyo:

$$V_d^A = \frac{40 \cdot 13,3}{2} = 266 \text{ kN}$$

Debido a las dimensiones de los estampidores, y a las importantes cargas axiles que deben resistir, será necesario realizar un cálculo de los efectos de segundo orden derivados de la esbeltez del elemento. Así se procederá a calcular la magnificación de momentos por efectos de segundo orden (esbeltez).

Para ello se consideran los artículos 4.5.3.2.2b y 5.7.4.3 de la LRFD-AASHTO, obteniendo:

SEGÚN ARTÍCULOS 4.5.3.2.2b y 5.7.4.3 DE LRFD-AASHTO			
a (m)	0.8	Nd (kN)	7642.00
b (m)	0.8	Md (kNm)	884.00
r _{mec} (m)	0.05	Φ	0.75
K	1	β _d	0.8
l _u (m)	10.3	C _m	0.6
r (m)	0.24	EI (Nmm ²)	1.99415E+14
Kl _u /r	42.92	Pe (kN)	18551.63
E _c (MPa)	26290	δ _b	1.33
E _s (MPa)	200000	δ _b *Md	1176.68
I _g (mm ⁴)	3.41E+10		
I _s (mm ⁴)	7.77E+04		
As (cm ²)	d (cm)	I _s (cm ⁴)	
30.60	0.35	3.75	
10.20	0.12	0.14	

Así el momento de cálculo a considerar será:

$$M_d^{CL} = 1176 \text{ kNm}$$

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

8.3. DIMENSIONAMIENTO A FLEXOCOMPRESIÓN

Para el axil y el momento de cálculo en centro luz se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

VERIFICACIÓN DE SECCIONES RECTANGULARES EN FLEXIÓN COMPUESTA RECTA

[VOLVER AL INICIO](#)

1.- DATOS GENERALES

REGLAMENTO DE REFERENCIA: ACI 318-08			
Resistencia especificada a compresión del hormigón =	$f'_c =$	30	MPa
Tensión de fluencia especificada de la armadura =	$f_y =$	420	MPa
Tipo de Estribado : 1 = estribos cerrados ; 2 = zunchos		1	
P_n (max) =	$0.8 P_o$		
$P_o =$	$0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$		
Módulo de elasticidad del acero =	$E_s =$	200000	MPa
Deformación de fluencia del acero =	$\epsilon_{sy} =$	2.100	‰
Factor que relaciona la altura del bloque de tensiones de compresión rectangular equivalente con la profundidad del eje neutro =	$\beta_1 =$	0.832	
Cuántia mínima de la armadura traccionada =	$\rho_{min} =$	0.0033	

Factor de reducción de la resistencia. Secciones controladas por compresión =	$\phi =$	0.65	
Factor de reducción de la resistencia. Secciones controladas por tracción =	$\phi =$	0.90	

2.- DATOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Ancho del borde comprimido de la sección transversal =	$b =$	0.80	m
Altura total de la sección transversal =	$h =$	0.80	m
Ancho del hueco =	$b_h =$	0.00	m
Altura del hueco =	$h_h =$	0.00	m

Esquema

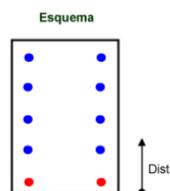


3.- DISTRIBUCIÓN DE ARMADURAS

Cada nivel de armaduras es definido por su centro de gravedad y la distancia al lado inferior de la sección. Si algún nivel de armadura no existe debe ser considerado cero. Para cada nivel debe definirse la sección de armadura y la posición de su centro de gravedad.

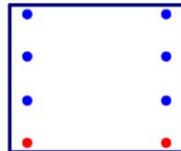
Pos. 1: Nivel inferior de armaduras. Las armaduras de este nivel no pueden ser nulas.

Posición	Dist. [m]	A_{s_i} [cm ²]
5	0.750	31.400
4		
3	0.620	10.200
2	0.280	10.200
1	0.050	31.400



10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

Esquema de la sección en estudio



El número de barras por nivel es indicativo. El esquema muestra si un nivel existe o no y su posición dentro de la sección de hormigón

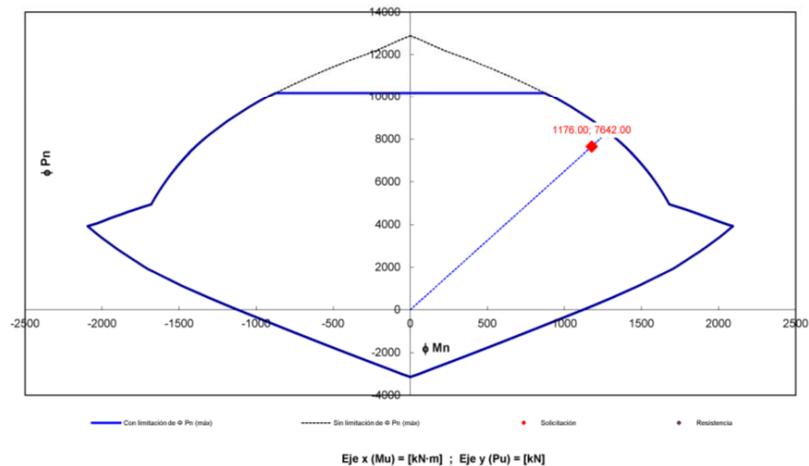
Los puntos rojos representan la armadura inferior. Si los puntos rojos no han quedado como armadura inferior se debe revisar la entrada de datos

Area total de la armadura longitudinal no tesa =	$A_{st} =$	83.200	[cm ²]
Cuántía geométrica total =	$\rho =$	0.013	

5.- CONDICIÓN DE SEGURIDAD PARA UNA SOLICITACIÓN DADA

Si no se desea graficar una solicitación en el diagrama, introducir valores nulos para P_u y M_u

Esfuerzo axial mayorado; se debe considerar positivo para compresión y negativo para tracción =	$P_u =$	7642.00	kN	
Momento mayorado =	$M_u =$	1176.00	kN m	(positivo tracciona fibra inferior)
	$M_u / P_u =$	0.154	m	



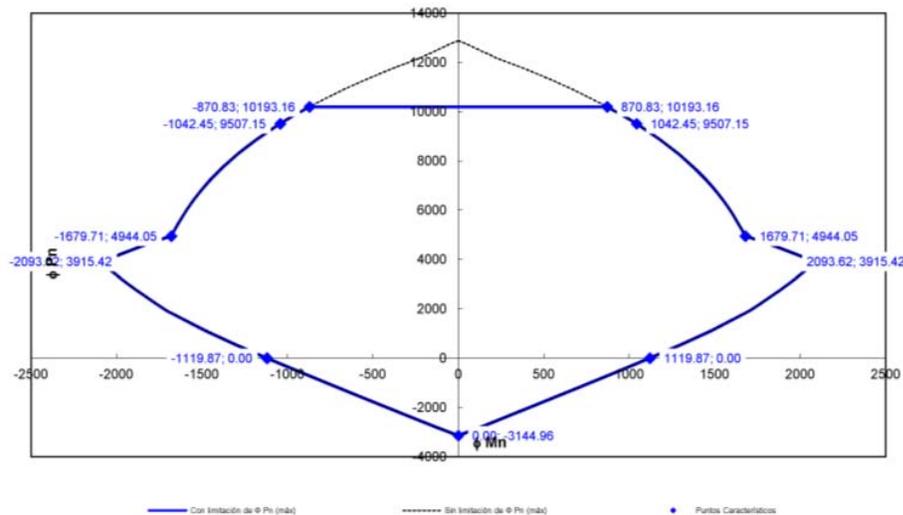
En el diagrama anterior el rombo rojo indica la solicitación y el rombo magenta la resistencia correspondiente a una excentricidad igual a la de la solicitación.

Si se mantiene la excentricidad de las solicitaciones se obtienen los siguientes valores en el diagrama resistente:

$P_{u\ res} =$	8326.28	kN
$M_{u\ res} =$	1281.30	kN m
$MV\ sol = [(P_{u\ sol})^2 + (M_{u\ sol})^2]^{1/2} =$	7731.96	= Módulo vector solicitante
$MV\ res = [(P_{u\ res})^2 + (M_{u\ res})^2]^{1/2} =$	8424.29	= Módulo vector resistente
$MV\ res / MV\ sol =$	1.0895	debe ser mayor o igual que 1 para cumplir con la condición de seguridad.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

6.- PUNTOS CARACTERÍSTICOS DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN



Eje x (M_u) = [kN-m] ; Eje y (P_u) = [kN]

	Resultados suponiendo al borde inferior como el más comprimido		
	ϕM_n [kN-m]	ϕP_n [kN]	ϕ
Límite carga axial como columna =	-870.83	10193.16	0.65
Deformación nula en la armadura superior =	-1042.45	9507.15	0.65
Deformación de fluencia por tracción en la armadura superior =	-1679.71	4944.05	0.65
Deformación de 0,005 de tracción en la armadura superior =	-2093.62	3915.42	0.90
Resistencia a flexión pura =	-1119.87	0.00	0.90
Máxima resistencia a tracción =	0.00	-3144.96	0.90

	Resultados suponiendo al borde superior como el más comprimido		
	ϕM_n [kN-m]	ϕP_n [kN]	ϕ
Límite carga axial como columna =	870.83	10193.16	0.65
Deformación nula en la armadura inferior =	1042.45	9507.15	0.65
Deformación de fluencia por tracción en la armadura inferior =	1679.71	4944.05	0.65
Deformación de 0,005 de tracción en la armadura inferior =	2093.62	3915.42	0.90
Resistencia a flexión pura =	1119.87	0.00	0.90
Máxima resistencia a tracción =	0.00	-3144.96	0.90

Así, se propone un armado de 6#8 (30,6 cm²) para las caras horizontales y un armado de 2#8 (10,2 cm²) para las caras verticales.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

8.4. DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE

Para el cortante de cálculo se obtiene el siguiente armado de cálculo:

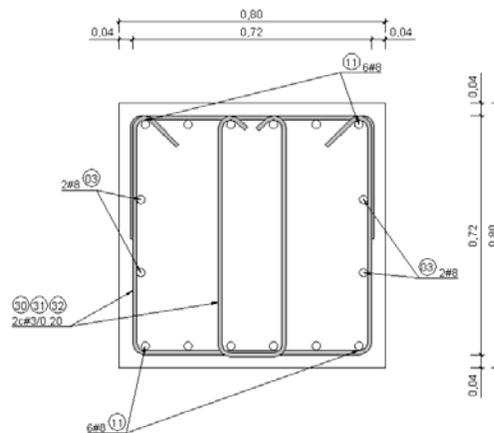
DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
ESTAMPIDOR - ZONA L=13m.	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b_w (mm) = 800 Canto de la sección, h (mm) = 800 Área bruta de la sección, A_c (mm ²) = 640000 Recubrimiento mecánico, r_{mec} (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 750	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N_d (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, M_d (kNm) = 0.00 Cortante de cálculo en la sección, V_d (kN) = 266.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90
1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A_s (cm ²) = 0 Cuantía arm. long. traccionada, ρ_l (‰) = 0.0000	3. CÁLCULOS.
1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, $Raiz(f_c)$ (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f_y (MPa) = 420	3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V_c (kN) = 558.68 Método detallado Art. 11.2.2, V_c (kN) = 525.81 Momento equivalente cálculo, M_m (kNm) = 0.00 Coeficiente V_u*d/M_u = 1.00 Valor límite del cortante, $V_{c,lim}$ (kN) = 953.04 Cortante resistido por el hormigón, V_c (kN) = 525.81
	3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V_s (kN) = 0.00
	3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, $A_{s/sep}$ (cm ² /m) = 0.00 Armado mínimo, $A_{smin/sep}$ (cm ² /m) = 6.67 Armado cortante a disponer, $A_{s/sep}$ (cm²/m) = 6.67 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 38

El armado es un armado mínimo, se propone 2c#3/0,20 (14,2 cm²/m).

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

8.5. ESQUEMA DE ARMADO

Así, el esquema de armado de los estampadores queda como se muestra a continuación:



9. DIMENSIONAMIENTO DE ESTAMPIDORES (EJECUTADOS EN 2ª FASE)

Por necesidades de ventilación de la trinchera, es necesario que en toda la longitud de la misma exista una cubrición a 7 m. de la rasante que sirva para confinar el volumen de aire a bombear en caso de incendio dentro de la misma.

Para ello, se aprovechará el nivel inferior de estampidores en la zona en la que existan, pero será necesario ejecutar otro nivel de estampidores en la zona en la que la trinchera va saliendo a superficie, ya que no pueden ejecutarse antes por el proceso constructivo.

Estos estampidores únicamente tendrán que soportar el peso de la cubrición y las posibles cargas de mantenimiento sobre la misma, ya que se ejecutarán una vez ya se ha excavado hasta la losa de fondo y se haya ejecutado la misma.

Así se proponen estampidores de 0,4x0,4m separados 5 m en planta, sin necesidad de que exista viga de reparto entre los mismos ya que no tendrán función de contención. Estos estampidores se dispondrán únicamente en la zona estrecha de la trinchera, por lo que la longitud de los mismos será de 9,15 m. Así se tendrá:

- Zona ancho interior 9,15 m → Viga biapoyada 40x40 cm de L = 9,15 m.

9.1. CARGAS CONSIDERADAS

Según se ha indicado en los apartados anteriores, las cargas consideradas son las siguientes:

- Peso propio del estampidor, $DC = 0,4 \cdot 0,4 \cdot 25 = 4 \text{ kN/m}$.
- Carga muerta del forjado de ventilación, $DW = 5 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ kN/m}$.
- Sobrecarga del forjado de ventilación, $LS = 5 \cdot 1 = 5 \text{ kN/m}$.

Por lo tanto, para las diferentes combinaciones de cargas consideradas se obtiene:

- Comb. Resistencia I = $1,25 \cdot DC + 1,50 \cdot DW + 1,75 \cdot LS = 1,25 \cdot 4 + 1,50 \cdot 7,5 + 1,75 \cdot 5 = 25 \text{ kN/m}$.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

9.2. ESFUERZOS DE CÁLCULO

Se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo:

- Momento de cálculo en centro luz:

$$M_d^{CL} = \frac{25 \cdot 9,2^2}{8} = 264 \text{ kNm}$$

- Cortante de cálculo en apoyo:

$$V_d^A = \frac{25 \cdot 9,2}{2} = 115 \text{ kN}$$

9.1. DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN

Para el momento de cálculo en centro luz se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08											
ESTAMPIDOR ZONA VENTILACIÓN											
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO										
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 400 Altura de la sección, h (mm) = 400 Recubrimiento mecánico inferior, r _{i,mec} (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, r _{s,mec} (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 350 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 50 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ε _c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β ₁ = 0.836 Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ε _t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 200 000 1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para ε _a = 4% (Hipótesis Inicial), x _i (mm) = 150 Momento último en capa armado, M _{1(x_i)} (kNm) = 367.38 Fibra neutra para ε _a = 5% (Límite Control Tracción), x _{trac} (mm) = 131 Fibra neutra para ε _a = f _y /E _s (Límite Control Tracción), x _{lim} (mm) = 206	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 264.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90 3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN 3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 264.00</td> <td>264.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 128</td> <td>128</td> <td>114</td> </tr> </tbody> </table> 3.2. Cálculo tensiones en la sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 1090.02 969.83 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -1090.02 -969.83 3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 25.95 23.09 Armado compresión necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 0.00 0.00 3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, A _{s,mec} (cm ²) = 4.67 4.67 Reducción armado mínimo mecánico, A _{lims,mec} (cm ²) = 4.67 4.67 Armado mínimo geométrico, A _{geo} (cm ²) = 2.88 2.88 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 25.95 23.09 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00			INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M _{1d} (kNm) = 264.00	264.00		Profundidad fibra neutra, x (mm) = 128	128	114
	INICIAL	ITERACIÓN									
Momento en capa armado, M _{1d} (kNm) = 264.00	264.00										
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 128	128	114									

Así, para el armado de las caras horizontales se propone un armado de 4#8 (20,4 cm²) por cara.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

9.2. DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE

Para el cortante de cálculo se obtiene el siguiente armado de cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
ESTAMPIDOR ZONA VENTILACIÓN	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b_w (mm) = 400 Canto de la sección, h (mm) = 400 Área bruta de la sección, A_c (mm ²) = 160000 Recubrimiento mecánico, r_{mec} (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 350	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N_d (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, M_d (kNm) = 0.00 Cortante de cálculo en la sección, V_d (kN) = 115.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90
1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A_s (cm ²) = 0 Cuantía arm. long. traccionada, ρ_l (‰) = 0.0000	3. CÁLCULOS. 3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V_c (kN) = 130.36 Método detallado Art. 11.2.2, V_c (kN) = 122.69 Momento equivalente cálculo, M_m (kNm) = 0.00 Coeficiente V_u*d/M_u = 1.00 Valor límite del cortante, $V_{c,lim}$ (kN) = 222.38 Cortante resistido por el hormigón, V_c (kN) = 122.69
1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, $Raiz(f_c)$ (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f_y (MPa) = 420	3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V_s (kN) = 5.09 3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A_s/sep (cm ² /m) = 0.35 Armado mínimo, A_{smin}/sep (cm ² /m) = 3.33 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 3.33 Sep. máx. barras refuerzo, $Sep.Max$ (cm) = 18

Se propone un armado de 1c#3/0,30 (4,7 cm²/m) en toda la longitud del estampidor.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

9.3. DIMENSIONAMIENTO A RASANTE

La conexión entre la viga de borde y las pantallas de pilotes se realizará mediante barras de armado dispuestas a modo de anclajes a posteriori, con taladros rellenos de resinas epoxi.

Se considera que el estampidor se ancla en un único pilote, y que no se trata la junta previo al hormigonado.

Así el dimensionamiento a rasante queda:

RESISTENCIA RASANTE EN JUNTA ACI 318-08	
CONEXIÓN ESTAMPIDORES ZONA VENTILACIÓN	
Resist. Comp. del hormigón, f_c (Mpa) =	30
Resist. Tracción del acero, f_y (Mpa) =	420
Coeficiente rugosidad, c (Mpa) =	0.52
Coeficiente rozamiento, μ =	0.6
Ancho de la junta, A (m) =	0.4
Canto losa, h (m) =	0.4
Superficie de la junta, A_{cv} (mm ²) =	160000
V_d (kN) =	115
P_d (kN)	0
Nº de barras cara superior/m =	1
Diámetro equivalente barra, d (mm) =	13
Nº de barras en cara inferior /m =	1
Diámetro equivalente barra, d (mm) =	13
Área de armado en junta, A_v (mm ²)	265
Resistencia a esfuerzo rasante, V_n (kN) =	150.10
Resistencia rasante máximo, V_n (kN) =	880.00
Coeficiente de minoración, ϕ =	0.90
Resistencia a rasante cálculo, ϕV_n (kN) =	135.09

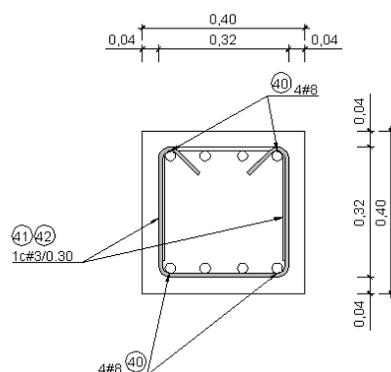
DIMENSIONAMIENTO CORRECTO

Se dispone en cada pilote secundario de un anclaje superior de 1#4 y de un anclaje inferior de 1#4.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

9.4. ESQUEMA DE ARMADO

Así, el esquema de armado de los estampidores queda como se muestra a continuación:



9.5. DEFINICIÓN DEL FORJADO DE VENTILACIÓN

Como solución para el forjado de ventilación, puesto que no se prevé la necesidad de disponer cargas o equipamientos sobre el mismo, se propone disponer de paneles tipo sándwich apoyados sobre los estampidores.

Se propone un panel tipo sándwich de 80 mm. con espesor de chapas de 0,5 mm. y con las siguientes características:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

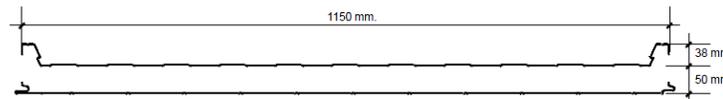
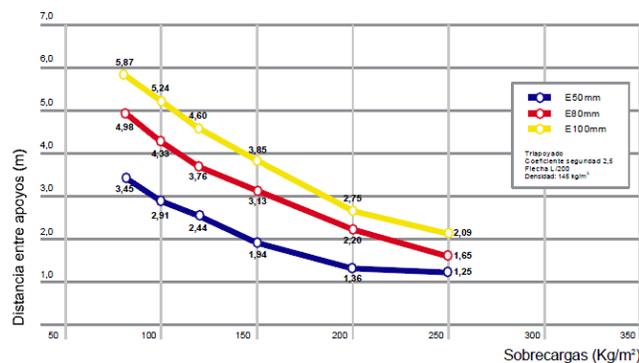


Gráfico de carga. Panel CUBIERTA 2 GRECAS



Espesor en mm.	Peso paneles Kg/m²	K en Kcal/m²h.°C	K en W/m²k
50	16.81	0.57	0.67
80	20.31	0.38	0.44
100	23.21	0.31	0.36
150	30.46	0.21	0.25

El núcleo aislante está formado por lanas minerales (de roca o vidrio) con densidad de 100 kg/m³, garantizando el llenado de los huecos de cada perfil, sea nervado o plano. La clasificación de las lanas minerales ante la reacción al fuego es MO; no combustible

Como se puede observar, el panel resistiría la sobrecarga de mantenimiento (1 kN/m²) y su peso es muy inferior al considerado en los cálculos como carga muerta (1,5 kN/m²).

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

10. DIMENSIONAMIENTO DE LAS VIGAS DE BORDE

Según se ha comentado anteriormente, los niveles de estampidores estarán delimitados por unas vigas de borde que conectarán con los diferentes pilotes de cada alineación de la trinchera. Estas vigas de borde son de 1,0x0,8m y con chaflán de 0,5m en los entronques con los estampidores.

Estas vigas se estudiarán como elementos biempotrados entre los distintos estampidores, por lo que se estudiará una viga de 5 metros de luz empotrada en sus apoyos.

Se estudiará el caso pésimo en el que las cargas transmitidas por las pantallas son máximas y se considera la ejecución de un forjado sobre los puntales por condicionantes de ventilación.

10.1. CARGAS CONSIDERADAS

Según se ha indicado en los apartados anteriores, las cargas consideradas son las siguientes:

- Peso propio de la viga, $DC = 0,80 \cdot 1,0 \cdot 25 = 20 \text{ kN/m}$.
- Reacción máxima transmitida por la pantalla, $EH = 1019 \text{ kN/m}$.
- Carga muerta del forjado de ventilación, $DW = 9,2/2 \cdot 5 = 23 \text{ kN/m}$.
- Sobrecarga del forjado de ventilación, $LS = 9,2/2 \cdot 1 = 4,6 \text{ kN/m}$.

Por lo tanto, para las diferentes combinaciones de cargas consideradas se obtiene:

- Comb. Resistencia I = $1,25 \cdot DC + 1,50 \cdot DW + 1,75 \cdot LS = 1,25 \cdot 20 + 1,50 \cdot 23 + 1,75 \cdot 4,6 = 67,55 \text{ kN/m}$. (Cargas verticales).
- Comb. Resistencia I = $1,5 \cdot EH = 1,5 \cdot 1019 = 1528 \text{ kN/m}$. (Cargas horizontales).
- Comb. Servicio I = $1,0 \cdot EH = 1,0 \cdot 1019 = 1019 \text{ kN/m}$. (Cargas horizontales).

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

10.2. ESFUERZOS DE CÁLCULO

Se obtienen los siguientes esfuerzos de cálculo:

- Momento de cálculo en centro luz:

$$M_d^{CL} = \frac{1528 \cdot 5^2}{24} = 1591 \text{ kNm}$$

- Momento de cálculo en apoyo con estampidor:

$$\text{Sección de } h = 1,5\text{m.} \rightarrow M_d^A = \frac{-1528 \cdot 5^2}{12} = -3183 \text{ kNm}$$

$$\text{Sección de } h = 1,0\text{m.} \rightarrow M_d^B \approx -1300 \text{ kNm}$$

- Cortante de cálculo en apoyo con estampidor:

$$\text{Sección de } h = 1,5\text{m.} \rightarrow V_d^A = \frac{1528 \cdot 5}{2} = 3820 \text{ kN}$$

$$\text{Sección de } h = 1,0\text{m.} \rightarrow V_d^B \approx -2440 \text{ kN}$$

- Momento de servicio en centro luz:

$$M_k^{CL} = \frac{1019 \cdot 9,5^2}{12} = 2122 \text{ kNm}$$

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

10.3. DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN

Para el momento de cálculo en centro luz se obtiene el siguiente armado necesario por cálculo:

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08										
VIGA DE REPARTO M+										
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO									
1.1. Geometría de la sección. Ancho de la sección, b (mm) = 800 Altura de la sección, h (mm) = 1 000 Recubrimiento mecánico inferior, $r_{i,mec}$ (mm) = 50 Recubrimiento mecánico superior, $r_{s,mec}$ (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 950 Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 50 1.2. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Deformación última hormigón a flexión simple, ϵ_c = 0.003 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850 Coeficiente de diagrama tensión-deformación, β_1 = 0.836 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Deformación última del acero a flexión simple, ϵ_t = 0.004 Módulo de elasticidad del acero, Es (MPa) = 200 000 1.3. Límites de dimensionamiento. Fibra neutra para $\epsilon_a = 4\%$ (Hipótesis Inicial), x_i (mm) = 407 Momento último en capa armado, $M_1(x_i)$ (kNm) = 5413.25 Fibra neutra para $\epsilon_a = 5\%$ (Límite Control Tracción), x_{trac} (mm) = 356 Fibra neutra para $\epsilon_a = f_y/E_s$ (Límite Control Tracción), x_{lim} (mm) = 559	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión. Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 1591.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90 3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN 3.1. Comprobación límites dimensionamiento. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>INICIAL</th> <th>ITERACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 1591.00</td> <td>1591.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Profundidad fibra neutra, x (mm) = 127</td> <td>115</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 3.2. Cálculo tensiones en las sección. Compresión en cara superior, C (kN) = 2172.46 1959.92 Tracción a nivel del armado, T (kN) = -2172.46 -1959.92 3.3. Cálculo armado necesario por cálculo. Armado tracción necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 51.73 46.66 Armado compresión necesario por cálculo, A_{cal} (cm ²) = 0.00 0.00 3.4. Cálculo armados mínimos. Armado mínimo mecánico, $A_{s,mec}$ (cm ²) = 25.33 25.33 Reducción armado mínimo mecánico, $A_{lims,mec}$ (cm ²) = 25.33 25.33 Armado mínimo geométrico, A_{geo} (cm ²) = 14.40 14.40 Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 51.73 46.66 Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00		INICIAL	ITERACIÓN	Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 1591.00	1591.00		Profundidad fibra neutra, x (mm) = 127	115	
	INICIAL	ITERACIÓN								
Momento en capa armado, M_{1d} (kNm) = 1591.00	1591.00									
Profundidad fibra neutra, x (mm) = 127	115									

Así, para el armado de la cara del intradós se propone un armado de 5#11 (50,3 cm²)

En cuanto al armado en la zona de apoyo de la viga en los estampidores estudiaremos dos secciones, una al inicio del chaflán y otra al final del mismo:

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08	
VIGA DE REPARTO M-	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO
1.1. Geometría de la sección.	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión.
Ancho de la sección, b (mm) = 800	Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00
Altura de la sección, h (mm) = 1 500	Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 3183.00
Recubrimiento mecánico inferior, r _{i, mec} (mm) = 50	Coefficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90
Recubrimiento mecánico superior, r _{s, mec} (mm) = 50	
Canto útil de la sección, d (mm) = 1 450	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN
Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 50	3.1. Comprobación límites dimensionamiento.
1.2. Características de los materiales.	INICIAL ITERACIÓN
Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30	Momento en capa armado, M _{1d} (kNm) = 3183.00 3183.00
Deformación última hormigón a flexión simple, ε _c = 0.003	Profundidad fibra neutra, x (mm) = 166 150
Coefficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850	3.2. Cálculo tensiones en la sección.
Coefficiente de diagrama tensión-deformación, β ₁ = 0.836	Compresión en cara superior, C (kN) = 2822.64 2548.90
Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420	Tracción a nivel del armado, T (kN) = -2822.64 -2548.90
Deformación última del acero a flexión simple, ε _t = 0.004	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo.
Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 200 000	Armado tracción necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 67.21 60.69
1.3. Límites de dimensionamiento.	Armado compresión necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 0.00 0.00
Fibra neutra para ε _a = 4% (Hipótesis Inicial), x _i (mm) = 621	3.4. Cálculo armados mínimos.
Momento último en capa armado, M ₁ (x _i) (kNm) = 12610.93	Armado mínimo mecánico, A _{s, mec} (cm ²) = 38.67 38.67
Fibra neutra para ε _a = 5% (Límite Control Tracción), x _{trac} (mm) = 544	Reducción armado mínimo mecánico, A _{lims, mec} (cm ²) = 38.67 38.67
Fibra neutra para ε _a = f _y /E _s (Límite Control Tracción), x _{lim} (mm) = 853	Armado mínimo geométrico, A _{geo} (cm ²) = 21.60 21.60
	Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 67.21 60.69
	Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00

DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE/COMPUESTA EN SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08	
VIGA DE REPARTO M-	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. ESFUERZOS DE DIMENSIONAMIENTO
1.1. Geometría de la sección.	2.1. Esfuerzos dimensionamiento flexocompresión.
Ancho de la sección, b (mm) = 800	Axil de cálculo de la sección, Nd (kN) = 0.00
Altura de la sección, h (mm) = 1 000	Momento de cálculo en la sección, Md (kNm) = 1300.00
Recubrimiento mecánico inferior, r _{i, mec} (mm) = 50	Coefficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.82 0.90
Recubrimiento mecánico superior, r _{s, mec} (mm) = 50	
Canto útil de la sección, d (mm) = 950	3. CÁLCULO ARMADO FLEXOCOMPRESIÓN
Canto útil sup. de la sección, d' (mm) = 50	3.1. Comprobación límites dimensionamiento.
1.2. Características de los materiales.	INICIAL ITERACIÓN
Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30	Momento en capa armado, M _{1d} (kNm) = 1300.00 1300.00
Deformación última hormigón a flexión simple, ε _c = 0.003	Profundidad fibra neutra, x (mm) = 103 93
Coefficiente de diagrama tensión-deformación, η = 0.850	3.2. Cálculo tensiones en la sección.
Coefficiente de diagrama tensión-deformación, β ₁ = 0.836	Compresión en cara superior, C (kN) = 1755.09 1585.31
Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420	Tracción a nivel del armado, T (kN) = -1755.09 -1585.31
Deformación última del acero a flexión simple, ε _t = 0.004	3.3. Cálculo armado necesario por cálculo.
Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 200 000	Armado tracción necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 41.79 37.75
1.3. Límites de dimensionamiento.	Armado compresión necesario por cálculo, A _{cal} (cm ²) = 0.00 0.00
Fibra neutra para ε _a = 4% (Hipótesis Inicial), x _i (mm) = 407	3.4. Cálculo armados mínimos.
Momento último en capa armado, M ₁ (x _i) (kNm) = 5413.25	Armado mínimo mecánico, A _{s, mec} (cm ²) = 25.33 25.33
Fibra neutra para ε _a = 5% (Límite Control Tracción), x _{trac} (mm) = 356	Reducción armado mínimo mecánico, A _{lims, mec} (cm ²) = 25.33 25.33
Fibra neutra para ε _a = f _y /E _s (Límite Control Tracción), x _{lim} (mm) = 559	Armado mínimo geométrico, A _{geo} (cm ²) = 14.40 14.40
	Armado a tracción necesario, A_s (cm²) = 41.79 37.75
	Armado a compresión necesario, A'_s (cm²) = 0.00 0.00

Así, para el armado de la cara del trasdós se propone un armado de 7#11 (70,4 cm²)

En cuanto a las caras horizontales se dispondrán 3#8 (15,3 cm²/m)

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

10.4. DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE

Se estudiarán dos secciones, una al inicio del chaflán y otra al final del mismo:

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
VIGA DE REPARTO	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b_w (mm) = 800 Canto de la sección, h (mm) = 1500 Área bruta de la sección, A_c (mm ²) = 1200000 Recubrimiento mecánico, r_{mec} (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 1450	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N_d (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, M_d (kNm) = 3183.00 Cortante de cálculo en la sección, V_d (kN) = 3820.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90
1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A_s (cm ²) = 0 Cuantía arm. long. traccionada, ρ_l (‰) = 0.0000	3. CÁLCULOS. 3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V_c (kN) = 1080.11 Método detallado Art. 11.2.2, V_c (kN) = 1016.57 Momento equivalente cálculo, M_m (kNm) = 3183.00 Coeficiente $V_u \cdot d / M_u$ = 1.00 Valor límite del cortante, $V_{c,lim}$ (kN) = 1842.54 Cortante resistido por el hormigón, V_c (kN) = 1016.57
1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, $Raiz(f_c)$ (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f_y (MPa) = 420	3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V_s (kN) = 3227.87
	3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A_s/sep (cm ² /m) = 53.00 Armado mínimo, A_{smin}/sep (cm ² /m) = 6.67 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 53.00 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 30

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE DE SECCIONES RECTANGULARES SEGÚN CAP.11 DE LA ACI 318-08	
VIGA DE REPARTO	
1. DATOS DE LA SECCIÓN.	2. CARGAS DE DIMENSIONAMIENTO.
1.1. Geometría de la sección. Ancho efectivo de la sección, b_w (mm) = 800 Canto de la sección, h (mm) = 1000 Área bruta de la sección, A_c (mm ²) = 800000 Recubrimiento mecánico, r_{mec} (mm) = 50 Canto útil de la sección, d (mm) = 950	2.1. Cargas de dimensionamiento concomitantes en la sección. Axil de cálculo de la sección, N_d (kN) = 0.00 Momento de cálculo en la sección, M_d (kNm) = 1300.00 Cortante de cálculo en la sección, V_d (kN) = 2440.00 Coeficiente Capacidad de Carga, Φ = 0.90
1.2. Armado de la sección. Inclinación de las armaduras transversales, α (°) = 90 Área de arm. long. traccionada, A_s (cm ²) = 0 Cuantía arm. long. traccionada, ρ_l (‰) = 0.0000	3. CÁLCULOS. 3.1. Cálculo de cortante resistido por el hormigón, V_c. Método general Art. 11.2.1, V_c (kN) = 707.66 Método detallado Art. 11.2.2, V_c (kN) = 666.03 Momento equivalente cálculo, M_m (kNm) = 1300.00 Coeficiente V_u*d/M_u = 1.00 Valor límite del cortante, $V_{c,lim}$ (kN) = 1207.18 Cortante resistido por el hormigón, V_c (kN) = 666.03
1.3. Características de los materiales. Resist. característica del hormigón, f_c (MPa) = 30 Resist. efectiva del hormigón, $R_{az}(f_c)$ (MPa) = 5.477 Límite elástico del acero, f_y (MPa) = 420 Límite elástico del acero máximo, f_y (MPa) = 420	3.2. Cálculo de resistencia a cortante del armado necesaria, V_s. Cortante necesario a resistir por el armado, V_s (kN) = 2045.08
	3.3. Cálculo del armado necesario, A_s. Armado necesario por cálculo, A_s/sep (cm ² /m) = 51.26 Armado mínimo, A_{smin}/sep (cm ² /m) = 6.67 Armado cortante a disponer, A_s/sep (cm²/m) = 51.26 Sep. máx. barras refuerzo, Sep.Max (cm) = 24

Se propone un armado de 2c#5/0,15 + 1r#5/0,15 (66,3 cm²/m).

Como armado mínimo en las zonas fuera del entronque entre la viga y el estampidor se proponen 2c#3/0,20 (14,2 cm²/m).

**10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE**

10.5. DIMENSIONAMIENTO EN SERVICIO

Para la sección de centro luz y el momento en situación de servicio se obtiene:

COMPROBACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO DE FISURACIÓN SEGÚN CAP.10 DE LA ACI 318-08									
VIGA DE REPARTO - FLEXIÓN POSITIVA									
1. DATOS DE LA SECCIÓN Y DE LOS MATERIALES.			1.3. Armado Tracción de la sección.			1.3. Armado Compresión de la sección.			
1.1. Geometría de la sección.			CAPA 1 CAPA 2 CAPA 3			CAPA 1 CAPA 2 CAPA 3			
Ancho de la sección, b (mm) = 8 000			Calibre Armadura Tracción longitudinal, # = #11 0 0			Calibre Armadura Compresión longitudinal, # = #11 0 0			
Altura de la sección, h (mm) = 1 000			Agrupaciones de las barras = 1 1 1			Agrupaciones de las barras = 1 1 1			
Recubrimiento lateral, c _{lat} (mm) = 0			N° de barras por capa de armado = 5 10 10			N° de barras por capa de armado = 7 10 10			
1.2. Características de los materiales.			Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 5030 0 0			Área de armado por capa, A _s (mm ²) = 7042 0 0			
Resist. característica del hormigón, f _c (MPa) = 30			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _v (mm) = --- 80 80			Sep. vertical entre ejes de capas de armadura, s _c (mm) = --- 80 80			
Resist. A la tracción, f _t (MPa) = 3.396			Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200			Recubrimiento a la armadura longitudinal, c (mm) = 40 120 200			
Módulo de elasticidad del hormigón, E _c (MPa) = 26 291			Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 58 120 200			Recubrimiento mecánico por capa, r _{mec} (mm) = 58 120 200			
Límite elástico del acero, f _y (MPa) = 420			Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 1600 800 800			Separación entre ejes de barras por capa, s (mm) = 1143 800 800			
Módulo de elasticidad del acero, E _s (MPa) = 210 000			Área de acero traccionada, A _s (mm ²) = 5030			Área de acero comprimida, A _s ' (mm ²) = 7042			
Coeficiente de homogeneización, n = 7.99			Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 58			Recubrimiento mecánico equivalente, r _{mec} (mm) = 58			
			Canto útil a cara superior, d (mm) = 942			Canto útil a cara superior, d' (mm) = 58			
			Cuantía de acero traccionado, ρ = 0.0007			Cuantía de acero traccionado, ρ' = 0.0009			
2. CÁLCULO DE LA INERCIA HOMOGENEIZADA Y LA INERCIA FISURADA					3. LÍMITES DE TENSION EN LOS MATERIALES Y COMPROBACIÓN EN ESTADO LÍMITE DE SERVICIO				
2.1. Inercia homogeneizada.					3.1. Momento de fisuración y momento de servicio.				
Área (mm ²) y cdg (mm) A'y (mm ³) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³)					Momento de fisuración de la sección, M _{cr} (kNm) = 4647.00				
Hormigón = 8000000 500 4.000E+09 1 6.667E+11 6.161E+06					Momento en situación de servicio, M _s (kNm) = 2122.00				
Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 56249 58 3.257E+06 -441 0.000E+00 1.095E+10					LA SECCIÓN NO FISURA				
Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 40178 942 3.785E+07 443 0.000E+00 7.884E+09					3.2. Límites admisibles de tensión en el hormigón y en el acero.				
Fibra neutra homogeneizada, x _{hom} (mm) = 499					Límite de tracción admisible en el acero, f _{s,adm} (MPa) = 252.00				
Inercia homogeneizada de la sección, I _{hom} (mm ⁴) = 6.855E+11					Límite de compresión admisible en el hormigón, σ _{c,lim} (MPa) = 18.00				
2.2. Inercia fisurada.					3.2. Cálculo de las tensiones en las armaduras.				
Auxiliar, ρ/p = 1.400					Tensión Compresión máxima en el hormigón, σ _c (MPa) =				
Auxiliar, d'/d = 0.061					Tensión Compresión en armado superior, σ' _s (MPa) =				
Profundidad relativa fibra neutra fisurada, x _{fis} /d = 0.096					Tensión Tracción en c.d.g. armado inferior, σ _s (MPa) =				
Área (mm ²) y cdg (mm) Brazo (mm) I cdg (mm ⁴) A*brazo ² (mm ³)					Tensión Tracción en armadura extrema inferior, σ _s (MPa) =				
Hormigón = 720293 45 -45 4.866E+08 1.460E+09									
Acero Sup. Homogeneizado (Comp) = 56249 58 -32 0.000E+00 5.809E+07									
Acero Inf. Homogeneizado (Trac) = 40178 942 852 0.000E+00 2.917E+10									
Fibra neutra fisuración, x _{fis} (mm) = 90									
Inercia fisurada de la sección, I _{fis} (mm ⁴) = 3.117E+10									

La sección no fisura, por lo que el armado propuesto es correcto.

10.6. DIMENSIONAMIENTO A RASANTE

La conexión entre la viga de borde y las pantallas de pilotes se realizará mediante barras de armado dispuestas a modo de anclajes a posteriori, con taladros rellenos de resinas epoxi.

Para el diseño de la conexión, se obtendrá el esfuerzo a rasante que debería resistir cada conexión en los pilotes secundarios, ya que se propone disponer de estos anclajes únicamente en los pilotes que van armados (pilotes secundarios).

Así, considerando una separación entre pilotes secundarios de 2x0,70 = 1,40 m. y un cortante en el apoyo de 67,5 kN/m se obtiene un esfuerzo rasante de cálculo de Vd = 1,4·1,5·67,5 = 141 kN

Así el dimensionamiento a rasante queda:

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

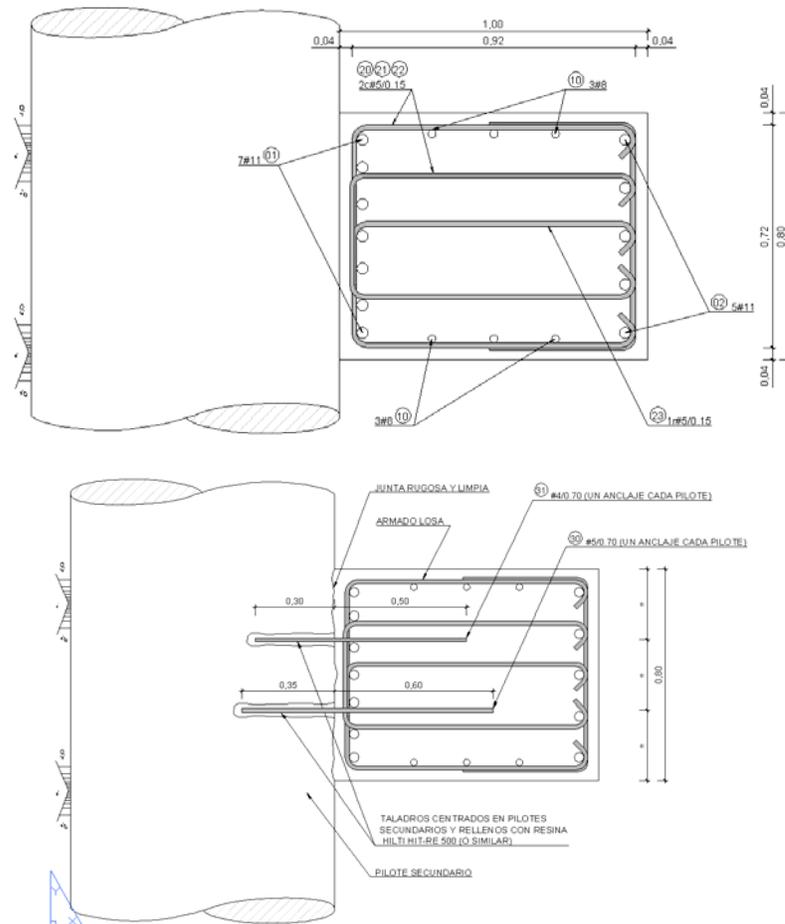
RESISTENCIA RASANTE EN JUNTA - ACI 318-08
VIGA DE REPARTO
Resist. comp. del hormigón, f_c (MPa) = 30
Resist. tracción del acero, f_yt (MPa) = 420
Coeficiente rugosidad, c (MPa) = 0.7
Coeficiente rozamiento, μ = 1
Ancho de la junta, A (m) = 1.40
Canto losa, h (m) = 0.80
Superficie de la junta, Acv (mm ²) = 1120000
Nº de barras en junta, n^o = 1
Diámetro equivalente barra, d (mm) = 16
Nº de barras en junta, n^o = 1
Diámetro equivalente barra, d (mm) = 13
Área de armado en junta, Av (mm ²) = 328
Resistencia a esfuerzo rasante, V_n (kN) = 921.76
Resistencia rasante máxima, V_n (kN) = 6160.00
Coeficiente de minoración, Φ = 0.90
Resistencia a rasante cálculo, ΦV_n (kN) = 829.58

Se dispone en cada pilote secundario de un anclaje superior de 1#4 y de un anclaje inferior de 1#5.

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
 ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
 DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

10.7. ESQUEMA DE ARMADO

Así, el esquema de armado queda como se muestra a continuación:





SENERMEX Ingeniería y Sistemas SA de CV



Consultoría en Transito y Transportes SC

10.6.104 DOCUMENTO DE CÁLCULO COMPLETO Y DETALLADO DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN
ANEXO 02-TRINCHERA TLAQUEPAQUE
DGTFM2112-ME-H03-ESTRU-10101 CÁLCULO LOSAS INTERIORES TRINCHERA TLAQUEPAQUE

APÉNDICE 1. LISTADO DE CÁLCULOS DE CYPE LOSAS POZO DE BOMBEO

ÍNDICE

1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

3.- NORMAS CONSIDERADAS

4.- ACCIONES CONSIDERADAS

4.1.- Gravitatorias

4.2.- Hipótesis de carga

4.3.- Listado de cargas

5.- ESTADOS LÍMITE

6.- SITUACIONES DE PROYECTO

6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

6.2.- Combinaciones

7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

8.- MATERIALES UTILIZADOS

8.1.- Hormigones

8.2.- Aceros por elemento y posición

8.2.1.- Aceros en barras



Listado de datos de la obra

LOSA DE CUBRICIÓN POZO DE BOMBEO

Fecha: 07/08/13

1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2013

Número de licencia: 63229

2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: LOSA DE CUBRICIÓN POZO DE BOMBEO

Clave: LOSA CUBRICION POZO BOMBEO-00

3.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: ACI 318M-08

Aceros conformados: CTE DB SE-A

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)

Categoría de uso: General

4.- ACCIONES CONSIDERADAS

4.1.- Gravitatorias

Planta	S.C.U (kN/m ²)	Cargas muertas (kN/m ²)
Forjado 1	4.0	10.0
Cimentación	0.0	0.0

4.2.- Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso
-------------	--

4.3.- Listado de cargas

Cargas especiales introducidas (en KN, KN/m y KN/m²)

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
1	Sobrecarga de uso	Lineal	61.00	(-2.74, 6.02) (4.69, 6.02)
	Sobrecarga de uso	Lineal	61.00	(-2.74, 2.42) (4.78, 2.42)
	Sobrecarga de uso	Lineal	61.00	(-2.72, 3.42) (4.78, 3.42)
	Sobrecarga de uso	Lineal	61.00	(-2.74, 6.90) (4.73, 6.90)
	Sobrecarga de uso	Lineal	61.00	(-2.67, 6.02) (4.89, 6.95)
	Sobrecarga de uso	Lineal	61.00	(-2.61, 6.92) (4.76, 7.94)

5.- ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón	LRFD - AASHTO
Desplazamientos	Acciones características

6.- SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$



Listado de datos de la obra

LOSA DE CUBRICIÓN POZO DE BOMBEO

Fecha: 07/08/13

- Donde:

G_k Acción permanente

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: ACI 318M-08

LRFD-RESISTENCIA		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	1.500
Sobrecarga (Q)	0.000	1.750

LRFD-SERVICIO		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

6.2.- Combinaciones

■ Nombres de las hipótesis

PP Peso propio

CM Cargas muertas

Qa Sobrecarga de uso

■ E.L.U. de rotura. Hormigón

Comb.	PP	CM	Qa
1	0.900	0.900	
2	1.500	1.500	
3	0.900	0.900	1.750
4	1.500	1.500	1.750



Listado de datos de la obra

LOSA DE CUBRICIÓN POZO DE BOMBEO

Fecha: 07/08/13

Comb.	PP	CM	Qa
5	1.000	1.000	
6	1.000	1.000	1.000

Desplazamientos

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
1	Forjado 1	1	Forjado 1	2.00	2.00
0	Cimentación				0.00

8.- MATERIALES UTILIZADOS

8.1.- Hormigones

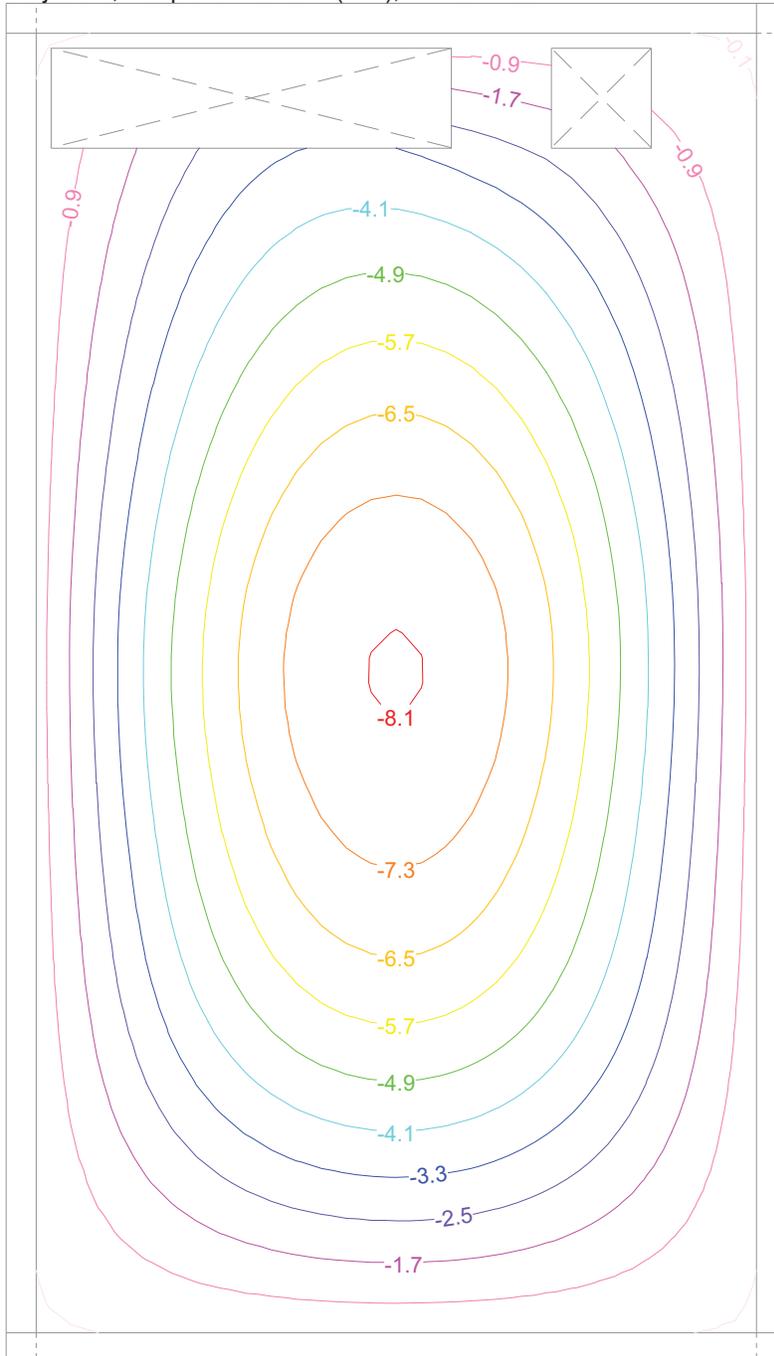
Elemento	Hormigón	f_{ck} (MPa)	γ_c
Forjados	$f'c=300$	29	1.00
Muros	$f'c=250$	25	1.00

8.2.- Aceros por elemento y posición

8.2.1.- Aceros en barras

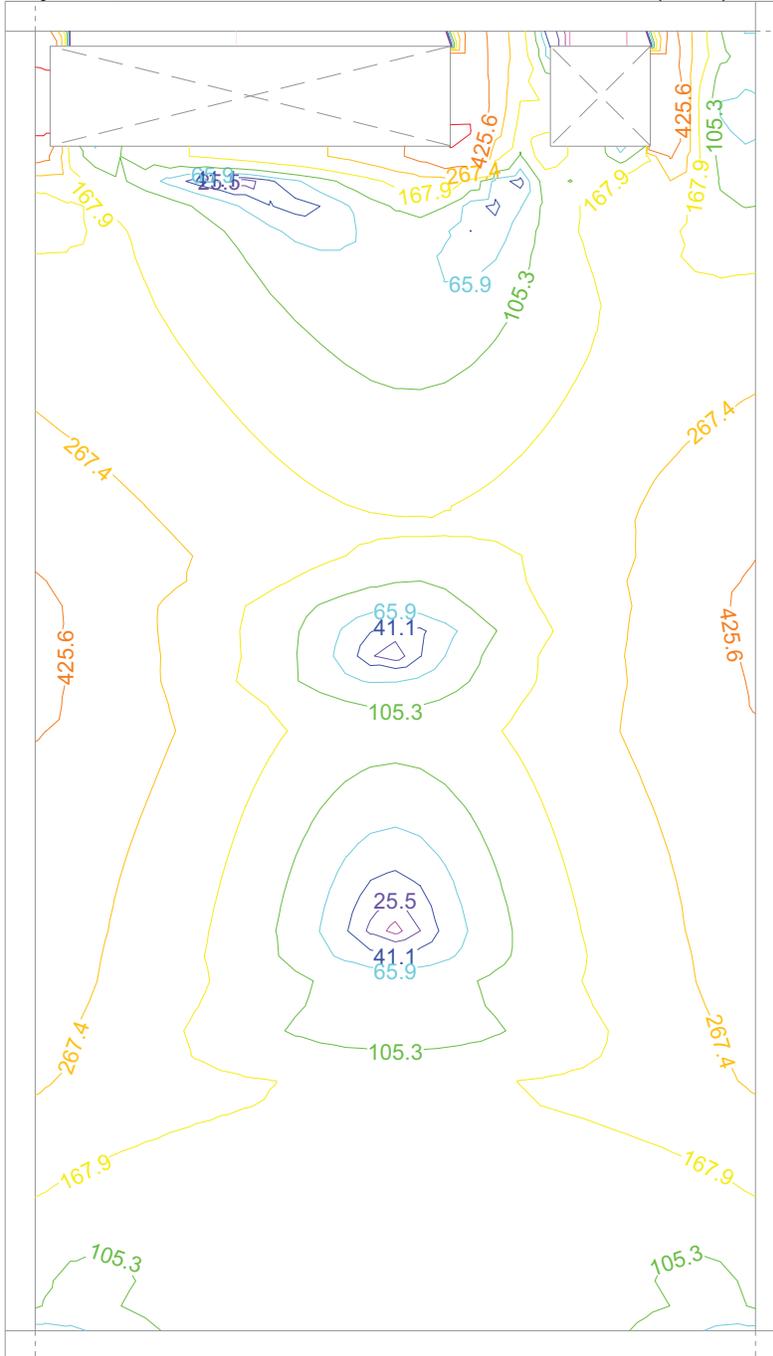
Para todos los elementos estructurales de la obra: Grade 60; $f_{yk} = 412$ MPa; $\gamma_s = 1.00$

Forjado 1, Desplazamiento Z (mm), PP+CM+Qa



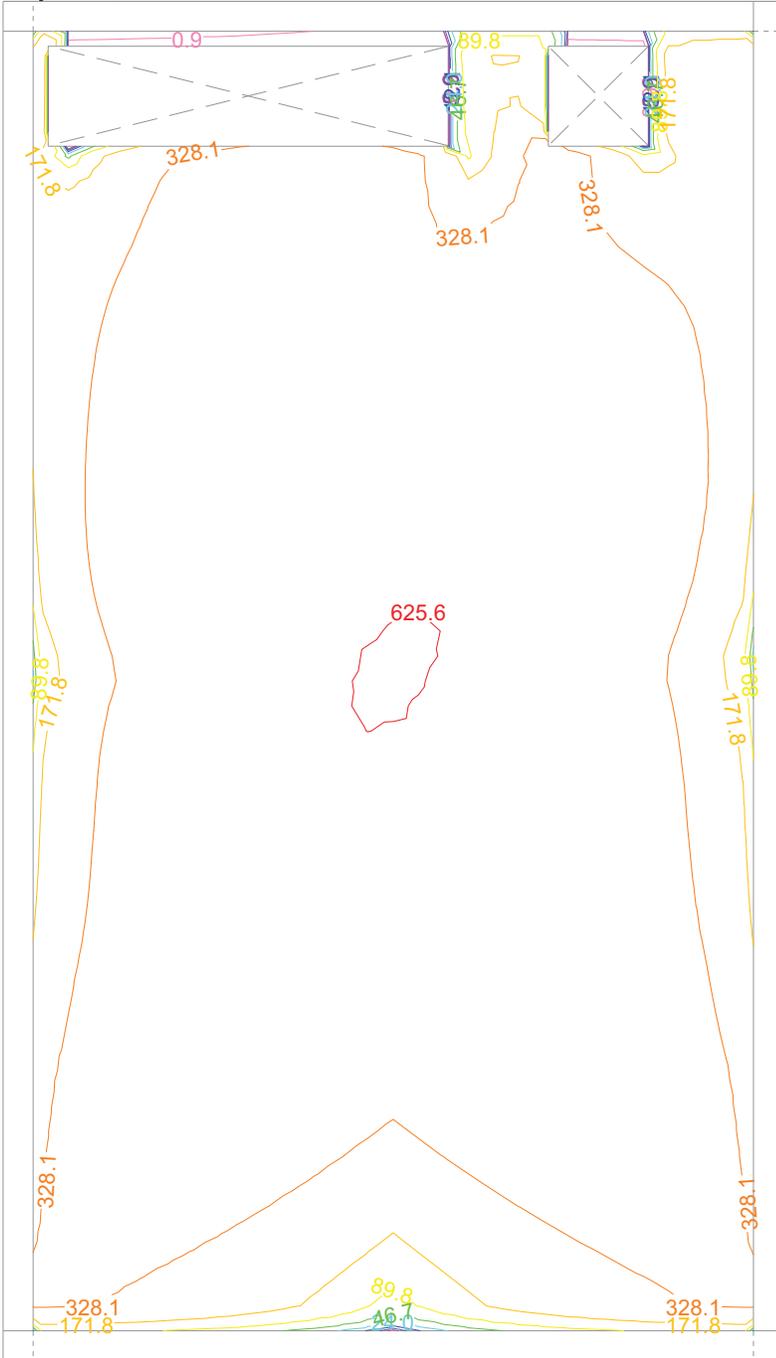
LOSA CUBRICION POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Forjado 1, Esfuerzos de dimensionamiento: Cortante total (kN/m)



LOSA CUBRICION POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Forjado 1, Esfuerzos de dimensionamiento: Momento X, cuantía inferior (kN·m/m)



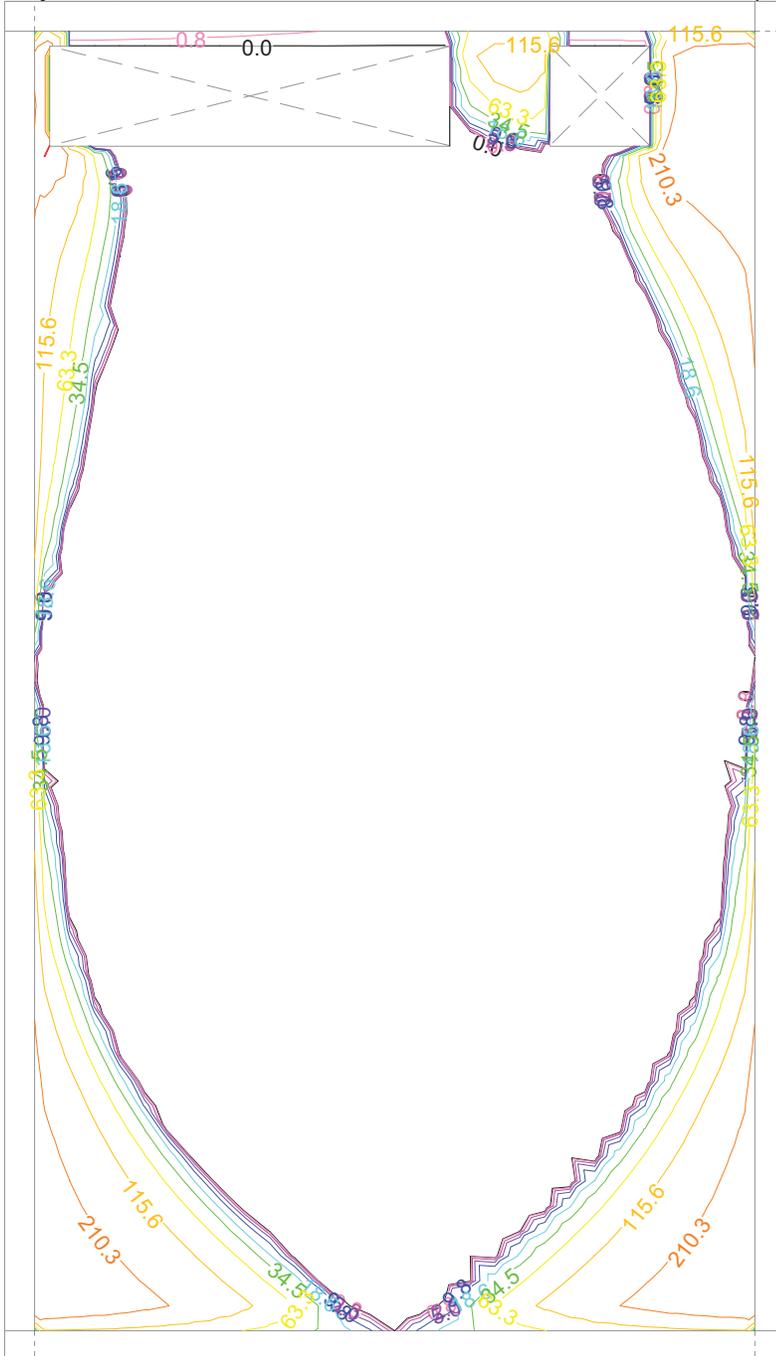
LOSA CUBRICION POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Forjado 1, Esfuerzos de dimensionamiento: Momento Y, cuantía inferior (kN·m/m)



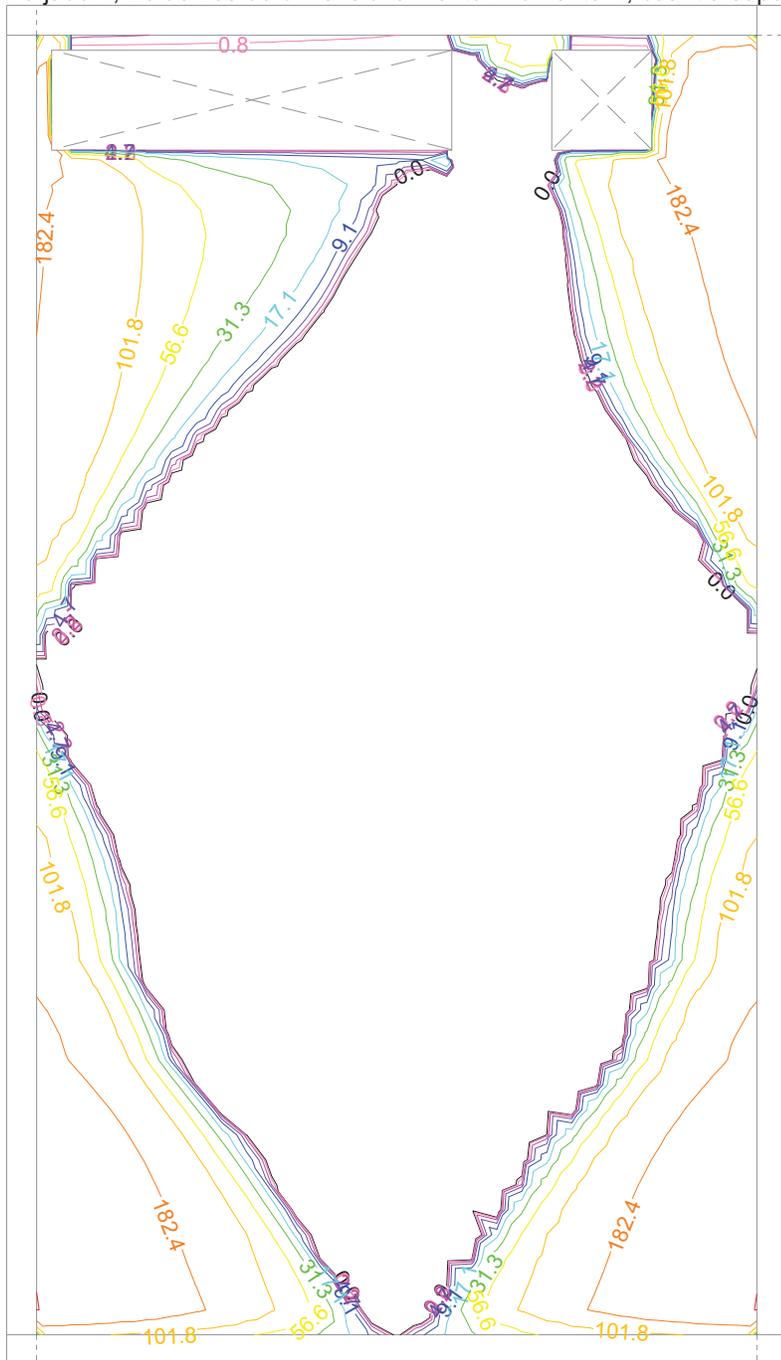
LOSA CUBRICION POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Forjado 1, Esfuerzos de dimensionamiento: Momento X, cuantía superior (kN·m/m)



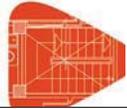
LOSA CUBRICION POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Forjado 1, Esfuerzos de dimensionamiento: Momento Y, cuantía superior (kN·m/m)



LOSA CUBRICION POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA	
2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA.....	
3.- NORMAS CONSIDERADAS.....	
4.- ACCIONES CONSIDERADAS	
4.1.- Gravitatorias.....	
4.2.- Hipótesis de carga	
4.3.- Listado de cargas.....	
5.- ESTADOS LÍMITE.....	
6.- SITUACIONES DE PROYECTO.....	
6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)	
6.2.- Combinaciones	
7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS	
8.- MATERIALES UTILIZADOS.....	
8.1.- Hormigones	
8.2.- Aceros por elemento y posición	
8.2.1.- Aceros en barras	



Listado de datos de la obra

LOSA DE FONDO POZO DE BOMBEO

Fecha: 07/08/13

1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2013

Número de licencia: 63229

2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: LOSA DE FONDO POZO DE BOMBEO

Clave: LOSA DE FONDO POZO BOMBEO-01

3.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: ACI 318M-08

Aceros conformados: CTE DB SE-A

Aceros laminados y armados: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)

Categoría de uso: General

4.- ACCIONES CONSIDERADAS

4.1.- Gravitatorias

Planta	S.C.U(kN/m ²)	Cargas muertas(kN/m ²)
Forjado 1	4.0	10.0
Cimentación	0.0	0.0

4.2.- Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso
-------------	--

4.3.- Listado de cargas

Cargas especiales introducidas (en KN, KN/m y KN/m²)

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
0	Sobrecarga de uso	Superficial	-205.00	(4.73, 12.86) (-2.77, 12.86) (-2.77, -0.44) (4.73, -0.44)
	Sobrecarga de uso	Superficial	-212.00	(-0.17, 17.71) (-2.77, 17.71) (-2.77, 16.11) (-0.17, 16.11)

5.- ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón	DC+WA
----------------------------	-------



Listado de datos de la obra

LOSA DE FONDO POZO DE BOMBEO

Fecha: 07/08/13

Desplazamientos	Acciones características
-----------------	--------------------------

6.- SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de combinación (ψ)

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón: ACI 318M-08

DC+WA		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	0.900	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000

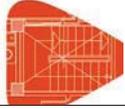
6.2.- Combinaciones

▪ Nombres de las hipótesis

PP Peso propio

CM Cargas muertas

Qa Sobrecarga de uso



Listado de datos de la obra

LOSA DE FONDO POZO DE BOMBEO

Fecha: 07/08/13

▪ E.L.U. de rotura. Hormigón

Comb.	PP	CM	Qa
1	0.900	0.900	
2	1.000	1.000	
3	0.900	0.900	1.000
4	1.000	1.000	1.000

▪ Desplazamientos

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
1	Forjado 1	1	Forjado 1	2.00	2.00
0	Cimentación				0.00

8.- MATERIALES UTILIZADOS

8.1.- Hormigones

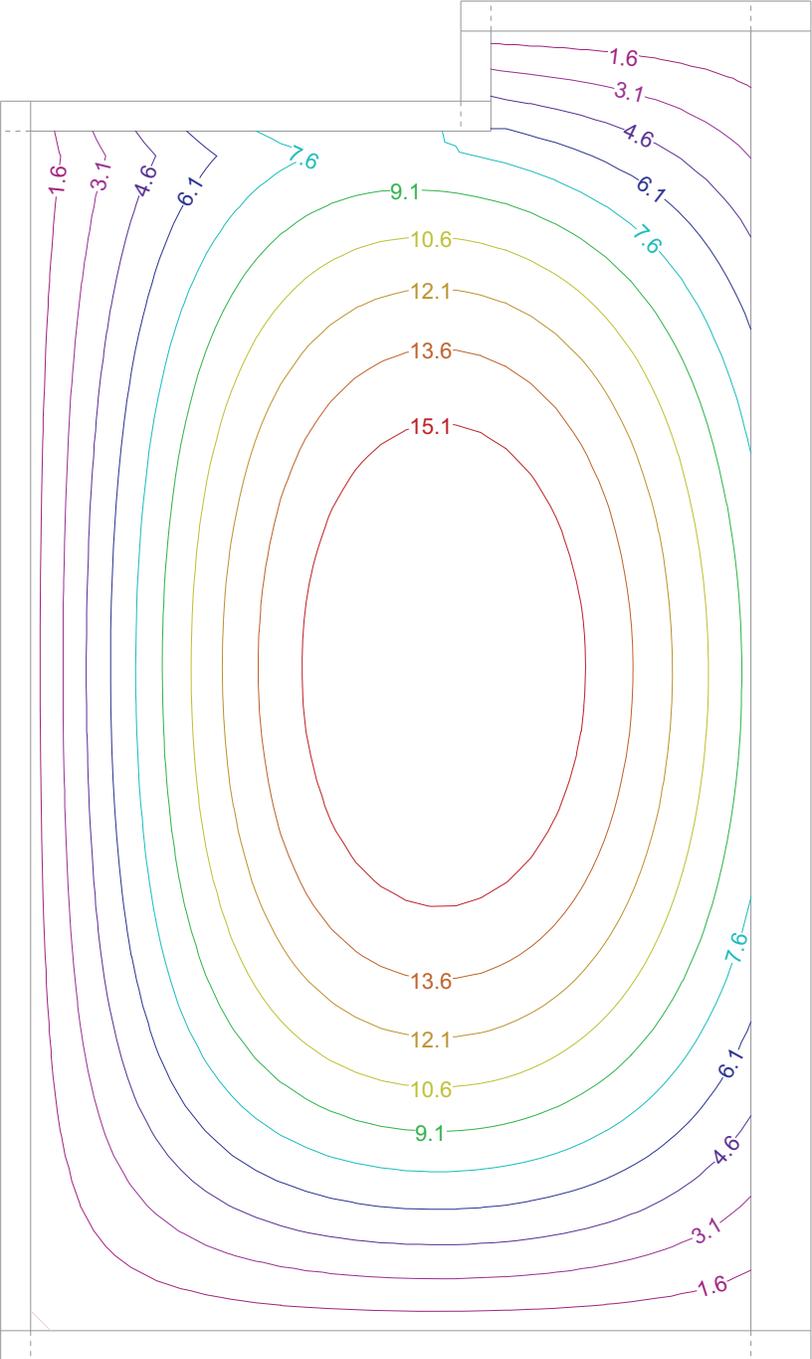
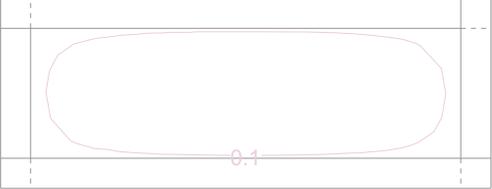
Elemento	Hormigón	f_{ck} (MPa)	γ_c
Forjados	$f'c=300$	29	1.00
Muros	$f'c=250$	25	1.00

8.2.- Aceros por elemento y posición

8.2.1.- Aceros en barras

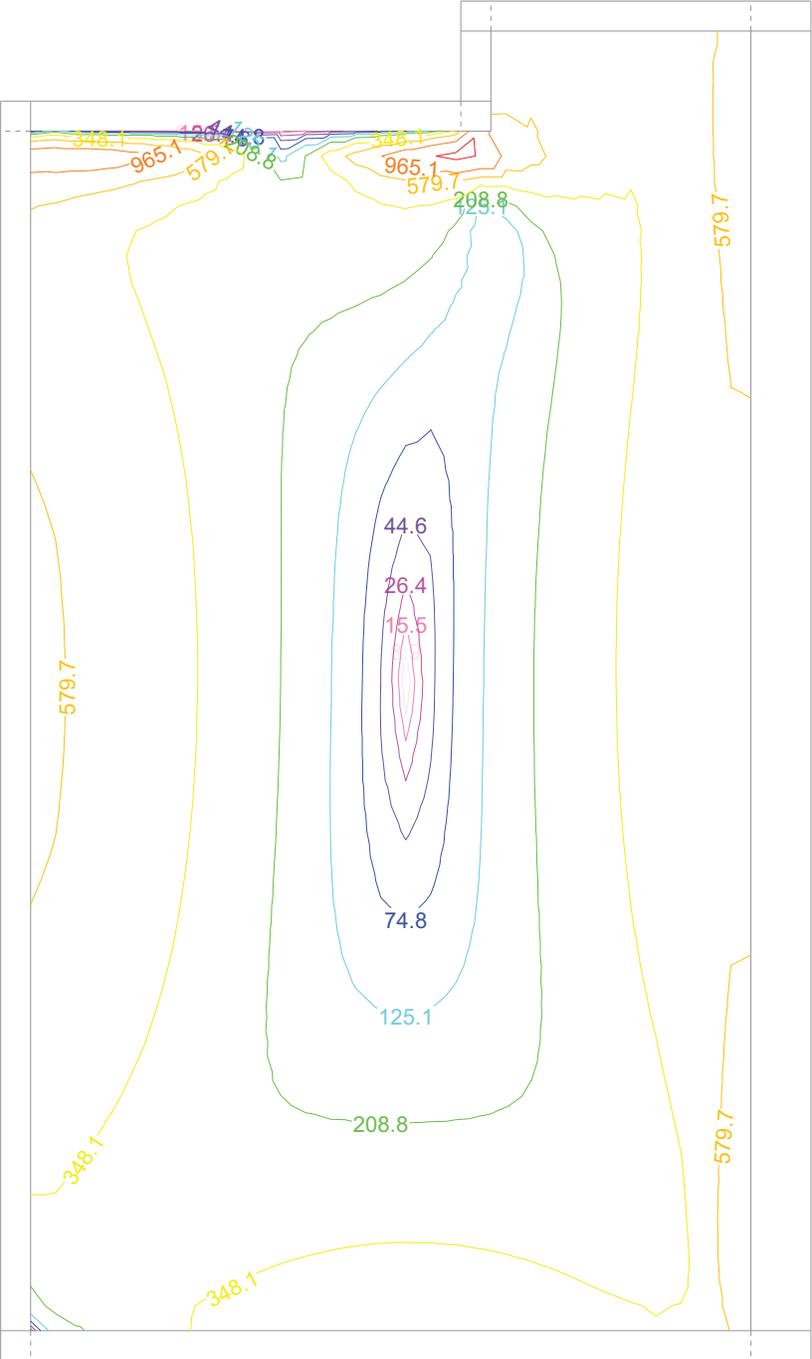
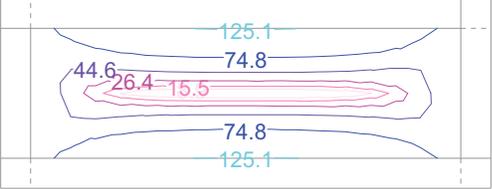
Para todos los elementos estructurales de la obra: Grade 60; $f_{yk} = 412$ MPa; $\gamma_s = 1.00$

Cimentación, Desplazamiento Z (mm), PP+CM+Qa



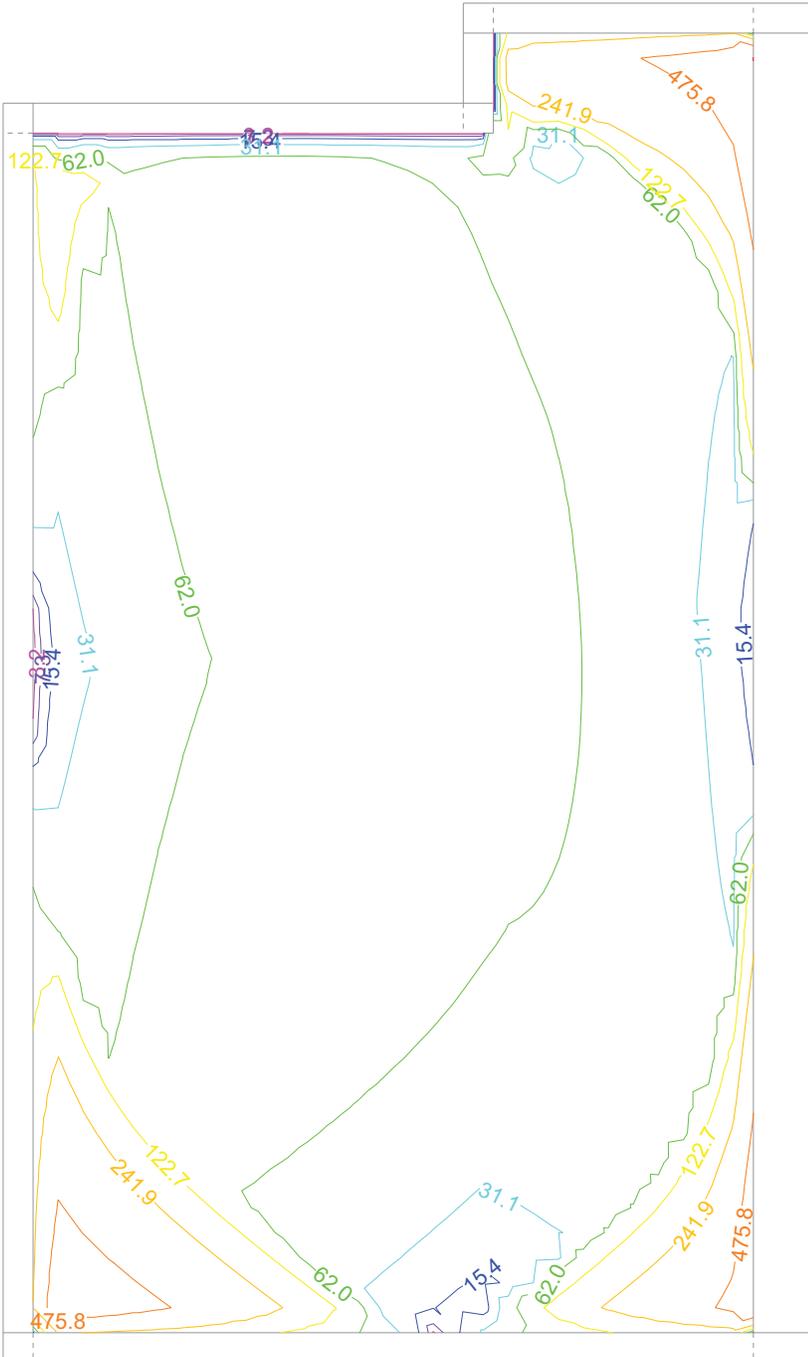
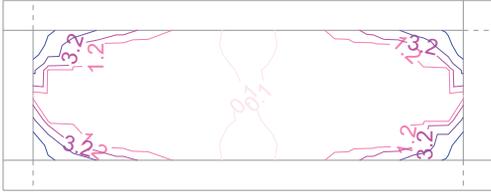
LOSA DE FONDO POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Cimentación, Esfuerzos de dimensionamiento: Cortante total (kN/m)



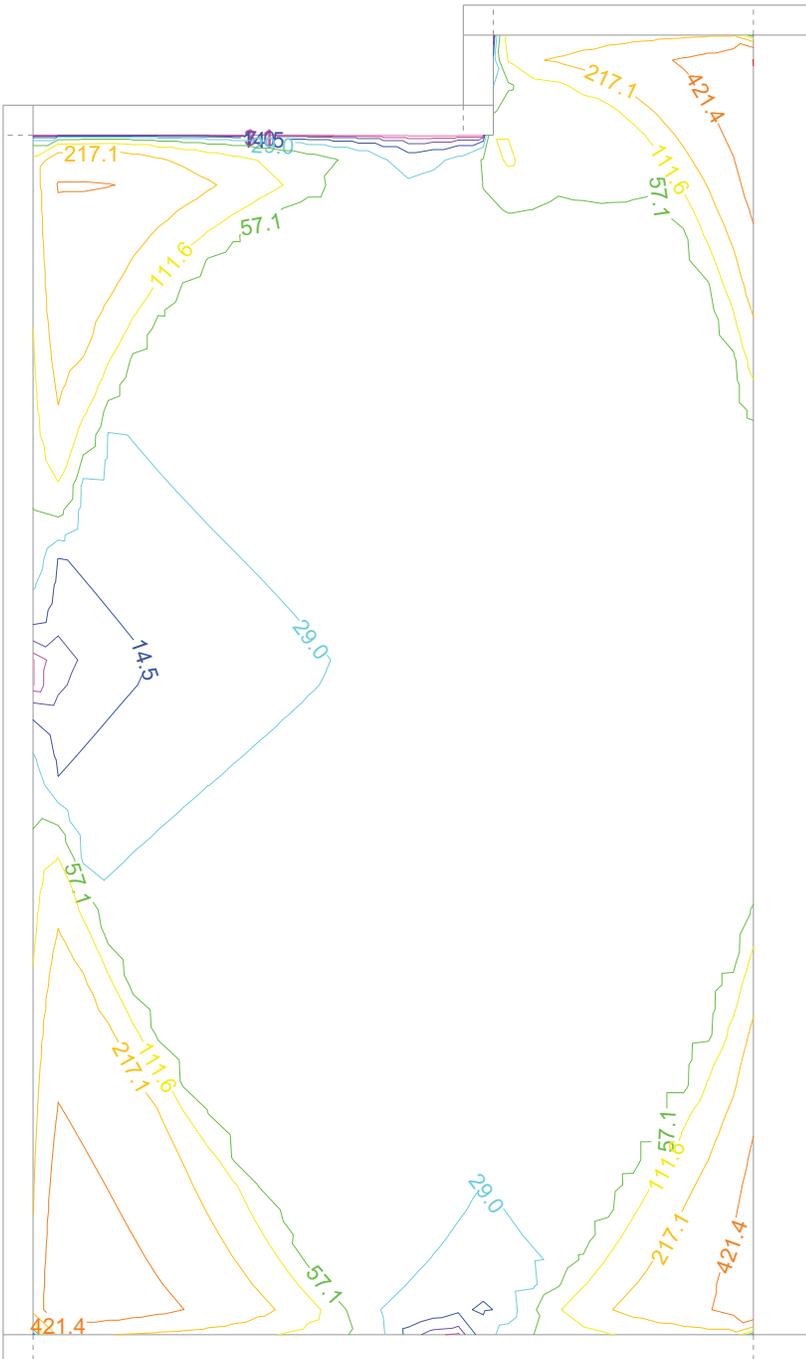
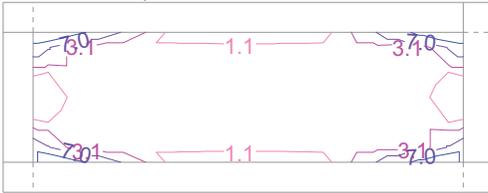
LOSA DE FONDO POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Cimentación, Esfuerzos de dimensionamiento: Momento X, cuantía inferior (kN-m/m)



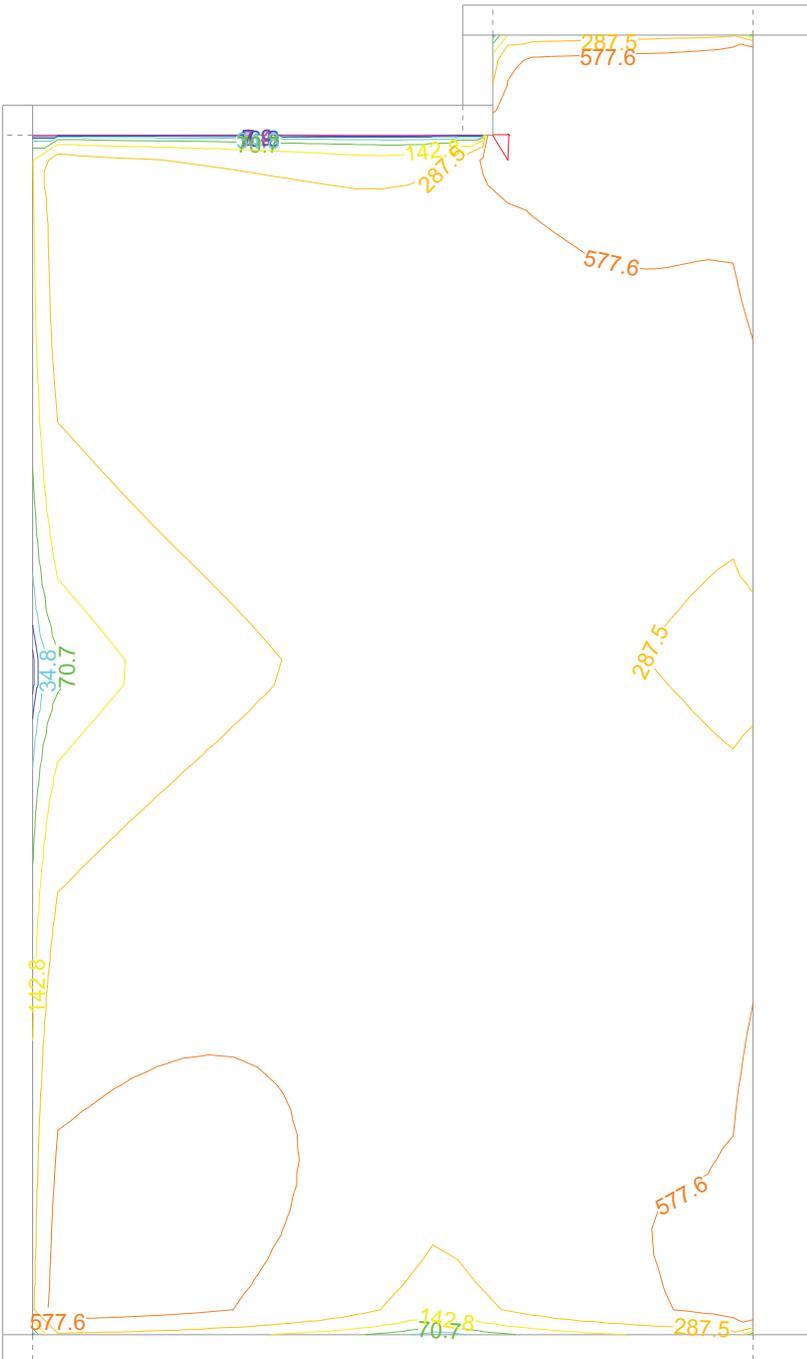
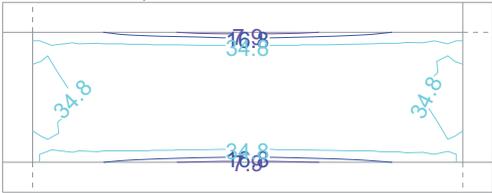
LOSA DE FONDO POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Cimentación, Esfuerzos de dimensionamiento: Momento Y, cuantía inferior (kN-m/m)



LOSA DE FONDO POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50

Cimentación, Esfuerzos de dimensionamiento: Momento Y, cuantía superior (kN-m/m)



LOSA DE FONDO POZO BOMBEO-02
Escala: 1:50