

ANEJO N° 7.- CÁLCULOS ESTRUCTURALES

Índice

1.	OBJETO Y CONTENIDO	1
2.	BASES DE CÁLCULO	1
3.	METODOLOGÍA DE CÁLCULO	2
4.	FOSA SÉPTICA	7
5.	ARQUETA DE SALIDA	8

ANEJO N° 7.- CÁLCULOS ESTRUCTURALES

1. OBJETO Y CONTENIDO

El objeto del presente trabajo es el cálculo y justificación estructural de los diferentes elementos que componen el sistema de depuración y saneamiento de Pedroso, que constará de una fosa séptica complementada por un humedal.

A lo largo del presente trabajo se irán justificando las bases de partida, la metodología aplicada a los cálculos así como el dimensionamiento de las secciones más desfavorables de la fosa séptica, que se intentarán hacer extensivas a sus arquetas anexas, y por otro lado a la arqueta de salida que forma un elemento exento separado por los filtros. Dichos filtros, al no contemplar elementos de hormigón armado, no precisan de cálculos estructurales.

2. BASES DE CÁLCULO

Las bases de cálculo utilizadas tanto para cargas, como normativa y materiales se detallan a continuación. Los valores de las cargas empleados en los cálculos se resumen en la siguiente tabla:

ZONA	CARGA	CARÁCTER
Peso específico hormigón (Tn/m³)	2.50	PERMANENTE
Peso específico líquido (Tn/m³)	1.10	VARIABLE
Peso específico tierras (Tn/m³)	2.00	PERM. NO CONSTANTE
Angulo de rozamiento interno (°)	30.00	PERM. NO CONSTANTE
Coefficiente empuje terreno (reposo)	0.50	PERM. NO CONSTANTE
Sobrecarga uniforme en losa superior cámara (Tn/m²)	0.80	VARIABLE
Sobrecarga uniforme en Tierras(Tn/m²)	1.00	VARIABLE

Para el dimensionamiento de los distintos elementos se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- a) Normativa

Para el cálculo de los elementos, nos basamos en la siguiente normativa y recomendaciones:

- o Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)
- b) Materiales

Los materiales utilizados son los siguientes:

CUADRO DE MATERIALES								
ELEMENTOS	LOCALIZACION	NORMA	CALIDAD	NIVEL	COEF	RECUB.	a/c	C
				DE CONTROL	g _m / g _l	mm		kg/m³
HORMIGON	ZAPATAS Y MUROS	EHE	HA-30/B/20/IV+Qb	ESTADISTICO	1.5	50	0.5	350
	LOSAS MACIZAS	EHE	HA-30/B/20/IV+Qb	ESTADISTICO	1.5	45	0.5	350
	RESTO DE CASOS	EHE	HA-30/B/20/IV+Qb	ESTADISTICO	1.5	45	0.5	350
	LIMPIEZA	EHE	HM-20	NO ESTRUCTURAL		RECUB = Recubrimiento Nominal		
ARMADURAS	PASIVAS	EHE	B 500 S	NORMAL	1.15			
EJECUCION	TODOS	EHE		NORMAL	g _g = 1.50	a / c = Máx. Relación Agua / Cemento		
					g _s = 1.60			
					g _a = 1.60	C = Contenido Mínimo de Cemento		

3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La metodología de cálculo consiste fundamentalmente en el cálculo de esfuerzos en una serie de losas rectas (horizontales o verticales) que componen las distintas arquetas. Los esfuerzos máximos se ven afectados por unos coeficientes de cálculo extraídos del libro "Cálculo de Placas y Vigas pared" de R. Bares (1.981) Dada la geometría de las estructuras que tratamos, obtenemos unos coeficientes que minoran los cortantes y los fletores respecto de teóricos muros en ménsula sin ningún tipo de empotramiento o vinculación con los muros laterales de los depósitos.

El cálculo de los esfuerzos se ha realizado suponiendo las paredes verticales como módulos empotrados tanto en cimentación como en las paredes laterales. Así mismo dicho módulo se considera libre en cabeza. En cuanto a las losas inferiores se refiere éstas se calculan admitiendo que están apoyadas en un terreno elástico con un módulo de balasto K=1000 Tn/m³, valor éste que se considera del lado de la seguridad.

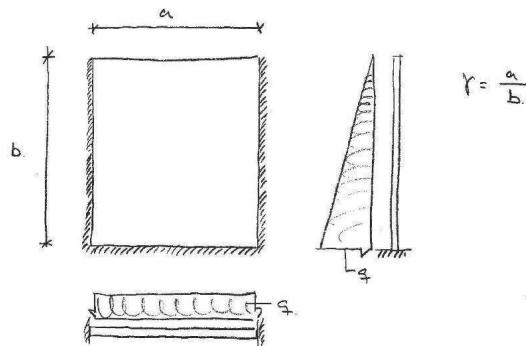
Para la losa superior, los esfuerzos correspondientes se obtienen suponiendo la losa como una viga biapoyada y una luz correspondiente al menor de los lados que definen la anterior.

CÁLCULO ESFUERZOS EN PAREDES Y LOSAS SUPERIORES

PARA DEPÓSITOS

ESFUERZOS EN PAREDES. (Obtenidos de R. Borás "Tablas para el cálculo de placas y vigas pared").

Esquema básico de esfuerzos.



Esfuerzos positivos. (Valores en mts/m^2 y Tu/m^2).

	VALORES DE α PARA $r = a/b$							
ESFUERZO	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	F.M.
mve	-0.003	-0.0107	-0.02	-0.0325	-0.0584	-0.0845	-0.1262	ab^2
Pto 0	$a/5$	$a/5$	$a/5$	$a/5$	$a/5$	$2a/5$	$4a/5$	—
mva	0.0005	0.0031	0.0061	0.0104	0.0183	0.0304	0.0585	ab^2
mhe	-0.0608	-0.0456	-0.0468	-0.0277	-0.0192	-0.0161	-0.00752	ga^2
mhv	0.0304	0.0228	0.0223	0.0132	0.0071	0.0069	0.00264	ga^2
lvh	0.3768	0.3078	0.316	0.2421	0.1695	0.1282	0.1041	ga
lvv	0.1056	0.1856	0.2645	0.3236	0.4055	0.4584	0.500	ga

Para $r = a/b > 3 \rightarrow$ Comprobar como muro en voladizo.

Los valores anteriores tienen el siguiente significado:

$m \rightarrow$ Momento por unidad de longitud (mts/m^2).

$v \rightarrow$ Cortante por unidad de longitud (Tu/m^2).

Pto 0 $\rightarrow$ Punto en el cual el momento vertical pasa de negativo a positivo.

Subíndices:

$v \rightarrow$ Sentido vertical.

$h \rightarrow$ Sentido horizontal.

$e \rightarrow$ Empotramiento.

$m \rightarrow$ Mbr máximo en vano.

F.M. $\rightarrow$ Factor de Multiplicación.

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{4E_c I_c}{k_c b}} \quad ; \quad \lambda = \frac{L}{\alpha}$$

ESFUERZOS EN LOSAS.

Los esfuerzos en las losas nos van a dar datos de dos maneras distintas.

Por un lado tendremos los esfuerzos derivados de las cargas verticales que gravitan sobre las losas.

Por otro lado tendremos los esfuerzos derivados de los propios momentos transmitidos por los albedos a la propia losa de cimentación.

En ambas cosas consideramos los siguientes coeficientes:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{4E_c I_c}{k_c b}}$$

Donde $E_c =$ Módulo Elasticidad Hormigón.

$$\approx 3 \cdot 10^4 \text{ Tu/m}^2$$

$$\lambda = \frac{L}{\alpha}$$

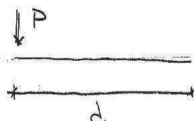
$$I_c = \text{Inercia losa} = \frac{1}{12} b^3$$

$$k_c = \text{Módulo balasto terreno} \approx 1000 \text{ Tu/m}^3$$

$$b = \text{Ancho losa} \approx 1.0 \text{ m.}$$

$$L = \text{Longitud de losa (cm).}$$

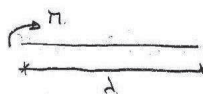
CARGA PUNTUAL (EXTREMA)



	Valores de α para $d = L/\alpha$						
EFUERZO	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	∞	F.N.
$M_{\max}$	-0.075	-0.125	-0.15	-0.225	-0.30	-0.33	P · d
$M_{\min}(d=)$	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.93d	—
V_m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	P

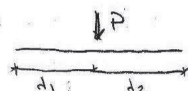
MOMENTO (EXTREMO)

En el caso de un momento extremo, éste tracciona a la parte superior o a la inferior en función del propio signo del momento. El valor máximo será el propio valor del momento extendiéndose por regla general hasta una distancia de $d = 2.00$.



El momento máximo vale: $V = 0.65 \frac{M}{d}$

CARGA PUNTUAL (INTERIOR)

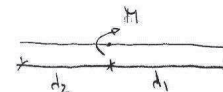


En el caso de una carga puntual interior, y con independencia de la longitud de la losa tendremos:

$M_{\min} = 0.25 P d$ (Tensiones inferiores).

$V_{\max} = 0.5 P$

MOMENTO (INTERIOR)



En el caso de un momento interior, y con independencia del valor de la longitud de la losa el momento máximo vale:

$M_{\min} = -0.5 M$ (Tensiones superiores).

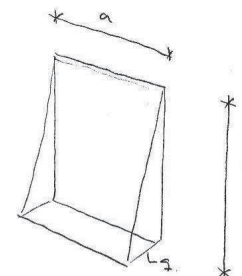
$M_{\max} = 0.5 M$ (Tensiones inferiores).

El momento máximo vale:

$V_{\max} = 0.6 \frac{M}{d}$

ESFUERZOS DE TRACCIÓN EN LOSAS

En las losas tendremos los siguientes esfuerzos de tracción:



$$F_{\text{TOTAL}} = \frac{1}{2} q b \cdot a$$

$$F_{\text{PARALELOS}} = 2 \cdot \frac{1}{2} f \cdot b$$

$$F_{\text{PERPENDICULARES}} = f \cdot a$$

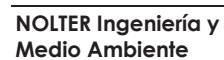
Igualando:

$$\frac{1}{2} q b a = f b + f a \Rightarrow f = \frac{q a b}{2(a+b)}$$

Estos esfuerzos son máximos en la parte inferior. Teniendo en cuenta los ritmos de cálculo de las losas, éstas no necesitan ser comprobadas a tracción. En el caso de las losas no pasa lo mismo, por lo que se deberán aprobar con una tracción unitaria:

$$\sigma_t = \frac{q a b}{2(a+b)} \text{ únicamente para los casos de carga interior.}$$

4. FOSA SÉPTICA



CARGAS CONSIDERADAS

Peso específico hormigón	2,5	Tn/m ²
Peso específico líquido	1,1	Tn/m ²
Peso específico de las tierras	2	Tn/m ²
Angulo de rozamiento	30	°
Coeficiente empuje tierras (en reposo)	0,50	
Sobrecarga uniforme tierras	1	Tn/m ²

ESFUERZOS EN ALZADOS

Panel tipo

Ancho (a)	6,7	m
Alto (b)	2,95	m
Altura		
Altura de tierras	2,95	m
Altura equivalente combinación acciones	3,45	m
Longitud (b)		
Exterior (Tierras)	2,95	m
Interior (Aguas)	2,5	m
Valor de gamma ($\gamma = a/b$)		
Exterior (Tierras)	1,94	
Interior (Aguas)	2,68	
Empuje de tierras	3,45	Tn/m ²
Empuje de tierras	2,95	Tn/m ²
Sobrecarga	0,50	Tn/m ²
Empuje de agua	2,75	Tn/m ²
Espesores		
Muros	0,3	m
Solera	0,3	m
Solera		
Longitud (l)	4	m
Ancho	1	m

ESFUERZOS EN ALZADOS POR EMPUJE DE TIERRAS

Momento flectores verticales

En empotramiento (unión a solera)		
Coeficiente	-0,0845	
m_{ve}	-2,5370	mTn/ml
En Alzado		
Coeficiente	0,0107	
m_{vm}	0,3213	
Momento cero en (Pto)	5,36	

Momento flectores horizontales

En empotramiento (Unión a muros)		
Coeficiente	-0,0161	
m_{he}	-2,4934	mTn/ml
Interior		
Coeficiente	0,0069	
m_{hn}	1,0686	mTn/ml

Cortante vertical

Coeficiente	0,4584	
V_{vm}	4,6654	Tn/ml

Cortante horizontal

Coeficiente	0,1282	
V_{hm}	2,9633	Tn/ml

ESFUERZOS EN ALZADOS POR EMPUJE DE AGUAS

Momento flectores verticales

En empotramiento (unión a solera)		
Coeficiente	-0,1262	
m_{ve}	-2,1691	mTn/ml
En Alzado		
Coeficiente	0,0085	
m_{vm}	0,1461	mTn/ml

Momento flectores horizontales

En empotramiento (Unión a muros)		
Coeficiente	-0,0095	
m_{he}	-1,1752	mTn/ml
Interior		
Coeficiente	0,00264	
m_{hn}	0,326	

Cortante vertical

Coefficiente	0,5000	
V_{vm}	3,4375	Tn/ml

Cortante horizontal

Coefficiente	0,1041	
V_{hm}	1,9180	Tn/ml

ESFUERZOS EN EXTREMOS DE LOSA

Tracciones superiores (Peso de alzado + Empuje del Agua)

Peso de los muros	2,213	Tn/ml
m_{veagua}	2,169	mTn/ml
nt	0,000	
Valor alfa (α)	2,280	
Valor landa (λ)	1,755	
M_{fmax}	3,531	mTn/ml
V_{max}	2,831	Tn/ml

Tracciones inferiores (Tierras)

$M_{vetierras}$	2,537	mTn/ml
M_{fmax}	2,537	mTn/ml
V_{max}	0,723	Tn/ml

DIMENSIONADO DE LAS SECCIONES EN ALZADOS

A la vista de los esfuerzos obtenidos se comprueba los esfuerzos resistidos por una seccion con armado mínimo.

Sección considerada

- Longitud	100	cm
- Espesor	30	cm

Cuantías mínimas

Hormigón a compresión (f_{cd})	20,00	N/mm ²
Acero en tracción (f_{yd})	434,78	N/mm ²
- Cuantía geométrica Horizontal	0,32	%
(A repartir entre ambas caras)	9,6	cm ² /ml
- Cuantía geométrica	0,09	%
(A repartir entre ambas caras)	2,7	cm ² /ml
- Cuantía mecánica	5,52	cm ² /ml
(En cara no traccionada, consignar un 30 % de este valor)		

Se adopta Ø12 cada 20 que da una cuantía de 5,65 cm²/ml en ambas caras, tanto en vertical como en horizontal. Se comprueba para este armado el estado límite de servicio (fisuración), estado límite de flexión y el de cortante.

Estados límites de servicio (Fisuración)

Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	N/mm ²
Resistencia del hormigón en fisuración máxima permitida f_{ctm}	2,896	N/mm ²
	289,65	Tn/m ²
Inercia de la sección	2,25E-03	m ⁴
Momento máximo de fisuración (M_{fs})	4,34	mTn/ml

Estado límite último flexión

Armadura dispuesta (A_s)	5,650	cm ² /ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	5,325	mTn/ml

Estado límite último cortante

Cortante último (V_{cu})	9.705,96	N/ml
	9,706	Tn/ml
Coefficiente (X)	1,816	
Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	
Cuantía geometría de la Armadura traccionada (P)	0,002	
Anchura neta mínima del elemento (b_o)	1000,000	mm

Conclusiones

Como conclusión de los cálculos anteriores, **con un armado de Ø12 cada 20 cm** se obtiene:

Momento máximo de fisuración (M_{fs})	4,34	mTn/ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	5,32	mTn/ml
Cortante último (V_{cu})	9,71	Tn/ml

Comparando estos valores con los esfuerzos obtenidos se puede concluir:

En alzados

Momentos verticales		
- Agua	-2,54	mTn/ml
- Tierra	-2,17	mTn/ml
M_{dmax}	-3,47	mTn/ml
V_{dmax}	5,50	Tn/ml

Se aprecia que los valores de los esfuerzos obtenidos son inferiores a los máximos resistidos por la sección con la cuantía adoptada. Se dispone por tanto en todas las caras y direcciones el armado Ø12 cada 20 cm.

DIMENSIONADO DE LAS SECCIONES EN SOLERA

A la vista de los esfuerzos obtenidos, se comprueba los esfuerzos resistidos por una sección con armado mínimo.

Sección considerada

- Longitud	100	cm
- Espesor	30	cm

Cuantías mínimas

Hormigón a compresión (f_{cd})	20,00	N/mm ²
Acero en tracción (f_{yd})	434,78	N/mm ²
- Cuantía geométrica	0,09	%
(A repartir en las dos caras)	2,7	cm ² /ml
- Cuantía mecánica	5,52	cm ² /ml
(De la cara traccionada)		

Se adopta Ø10 cada 10 que da una cuantía de 7,86 cm²/ml en ambas caras, tanto en vertical como en horizontal. Se comprueba para este armado el estado límite de servicio (fisuración), estado límite de flexión y el de cortante.

Estados límites de servicio (Fisuración)

Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	N/mm ²
Resistencia del hormigón en fisuración máxima permitida f_{ctm}	2,896	N/mm ²
	289,65	Tn/m ²
Inercia de la sección	2,25E-03	m ⁴
Momento máximo de fisuración (M_{fs})	4,34	mTn/ml

Estado límite último flexión

Armadura dispuesta (A_s)	7,860	cm ² /ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	7,407	mtn/ml

Estado límite último cortante

Cortante último (V_{cu})	10.835,03	N/ml
	10,835	Tn/ml
Coefficiente (X)	1,816	
Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	N/mm ²
Cuantía geometría de la Armadura traccionada (P)	0,003	
Anchura neta mínima del elemento (b_o)	1000,000	mm

Conclusiones

Como conclusión de los cálculos anteriores, **con un armado de Ø10 cada 10** se obtiene:

Momento máximo de fisuración (M_{fs})	4,34	mTn/ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	7,41	mTn/ml
Cortante último (V_{cu})	10,84	Tn/ml

Comparando estos valores con los esfuerzos obtenidos se puede concluir:

Losas

M_{kmax}	3,53	mTn/ml
M_{dmax}	5,65	mTn/ml
V_{dmax}	4,53	Tn/ml

Se aprecia que los valores de los esfuerzos obtenidos son inferiores a los máximos resistidos por la sección con cuantía mínima. **Se dispone por tanto en todas las caras y direcciones el armado Ø10 cada 10 cm.**

COMPROBACION DE LA LOSA SUPERIOR

Para la losa superior se toma como dirección de trabajo la dirección más corta

Dimensiones

Largo	10,000
Longitud	4,000
Espesor	0,300

Peso específico del hormigón	2,500	Tn/m ³
------------------------------	-------	-------------------

Cargas consideradas

Peso propio	0,750	Tn/m ²
Sobrecarga de uso	1,000	Tn/m ²

Esfuerzos obtenidos

<u>Peso propio</u>		
Momento	1,500	mTn/ml
Cortante	1,500	Tn/ml
<u>Sobrecarga de uso</u>		
Momento	2,000	mTn/ml
Cortante	2,000	Tn/ml

DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES

A la vista de los esfuerzos obtenidos y teniendo en cuenta un espesor constante en el forjado, se comprueban los esfuerzos resistidos por una sección con armado mínimo.

Sección considerada

- Longitud	100	cm
- Espesor	30	cm

Cuantías mínimas

Hormigón a compresión (fcd)	20,00	N/mm ²
Acero en tracción (fyd)	434,78	N/mm ²
- Cuantía geométrica	0,09	%
	2,7	cm ² /ml
- Cuantía mecánica	5,52	cm ² /ml

Se adopta Ø10 cada 10 cm que da una cuantía de 7,86 cm²/ml en ambas caras, tanto en longitudinal como en transversal en la parrilla superior e inferior. Se comprueba para este armado el estado límite de servicio (fisuración), estado límite de flexión y el de cortante.

Estados límites de servicio (Fisuración)

Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	N/mm ²
Resistencia del hormigón en fisuración máxima permitida f_{ctm}	2,896	N/mm ²
	289,65	Tn/m ²
Inercia de la sección	2,25E-03	m ⁴
Momento máximo de fisuración (M_{fis})	4,34	mTn/ml

Estado límite último flexión

Armadura dispuesta (A_s)	7,860	cm ² /ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	7,407	mTn/ml

Estado límite último cortante

Cortante último (V_{cu})	10,835,03	N/ml
	10,835	Tn/ml
Coefficiente (X)	1,816	
Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	N/mm ²
Cuantía geometría de la Armadura traccionada (P)	0,003	
Anchura neta mínima del elemento (b_o)	1000,000	mm

Conclusiones

Como conclusión de los cálculos anteriores, **con un armado de Ø10 cada 10 cm** se obtiene:

Momento máximo de fisuración (M_{fis})	4,34	mTn/ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	7,41	mTn/ml
Cortante último (V_{cu})	10,84	Tn/ml

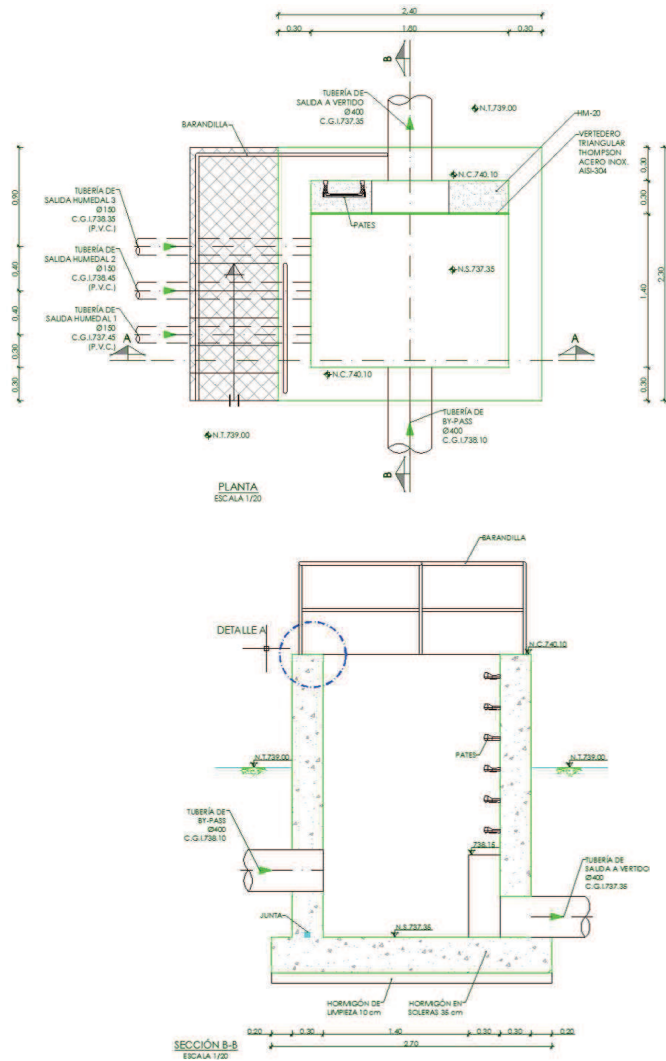
Comparando estos valores con los esfuerzos se puede concluir:

En alzados

M_{kmax}	3,50	mTn/ml
M_{dmax}	5,45	mTn/ml
V_{dmax}	5,45	Tn/ml

Se aprecia que los valores de los esfuerzos obtenidos son inferiores a los máximos resistidos por la sección con la cuantía adoptada. **Se dispone por tanto en todas las caras y direcciones el armado Ø10 cada 10 cm.**

5. ARQUETA DE SALIDA



CARGAS CONSIDERADAS

Peso específico hormigón	2,5	Tn/m ²
Peso específico líquido	1,1	Tn/m ²
Peso específico de las tierras	2	Tn/m ²
Angulo de rozamiento	30	°
Coefficiente empuje tierras (en reposo)	0,50	
Sobrecarga uniforme tierras	1	Tn/m ²

ESFUERZOS EN ALZADOS

Panel tipo

Ancho (a)	1,8	m
Alto (b)	2,3	m
Altura		
Altura de tierras	2,1	m
Altura equivalente combinación acciones	2,60	m
Longitud (b)		
Exterior (Tierras)	2,1	m
Interior (Aguas)	1,8	m
Valor de gamma ($\gamma = a/b$)		
Exterior (Tierras)	0,69	
Interior (Aguas)	1,00	
Empuje de tierras	2,60	Tn/m ²
Empuje de tierras	2,10	Tn/m ²
Sobrecarga	0,50	Tn/m ²
Empuje de agua	1,98	Tn/m ²
Espesores		
Muros	0,2	m
Solera	0,2	m
Solera		
Longitud (l)	1,8	m
Ancho	1	m

ESFUERZOS EN ALZADOS POR EMPUJE DE TIERRAS

Momento flectores verticales

En empotramiento (unión a solera)		
Coeficiente	-0,0200	
m_{ve}	-0,2293	mTn/ml
En Alzado		
Coeficiente	0,0061	
m_{vm}	0,0699	
Momento cero en (Pto)	0,36	

Momento flectores horizontales

En empotramiento (Unión a muros)		
Coeficiente	-0,0468	
m_{he}	-0,3942	mTn/ml
Interior		
Coeficiente	0,0223	
m_{hn}	0,1879	mTn/ml

Cortante vertical

Coeficiente	0,2645	
V_{vm}	1,4442	Tn/ml

Cortante horizontal

Coeficiente	0,3160	
V_{hm}	1,4789	Tn/ml

ESFUERZOS EN ALZADOS POR EMPUJE DE AGUAS

Momento flectores verticales

En empotramiento (unión a solera)		
Coeficiente	-0,0325	
m_{ve}	-0,2085	mTn/ml
En Alzado		
Coeficiente	0,0104	
m_{vm}	0,0667	mTn/ml

Momento flectores horizontales

En empotramiento (Unión a muros)		
Coeficiente	-0,0277	
m_{he}	-0,1777	mTn/ml
Interior		
Coeficiente	0,0132	
m_{hn}	0,085	

Cortante vertical

Coeficiente	0,3236	
V_{vm}	1,1533	Tn/ml

Cortante horizontal

Coeficiente	0,2421	
V_{hm}	0,8628	Tn/ml

ESFUERZOS EN EXTREMOS DE LOSA

Tracciones superiores (Peso de alzado + Empuje del Agua)

Peso de los muros	1,150	Tn/ml
m_{veagua}	0,208	mTn/ml
nI	0,000	
Valor alfa (α)	1,682	
Valor lambda (λ)	1,070	
M_{fmax}	0,499	mTn/ml
V_{max}	1,231	Tn/ml

Tracciones inferiores (Tierras)

$M_{vetierras}$	0,229	mTn/ml
M_{fmax}	0,229	mTn/ml
V_{max}	0,089	Tn/ml

DIMENSIONADO DE LAS SECCIONES EN ALZADOS

A la vista de los esfuerzos obtenidos se comprueba los esfuerzos resitados por una seccion con armado mínimo.

Sección considerada

- Longitud	100	cm
- Espesor	20	cm

Cuantías mínimas

Hormigón a compresión (f_{cd})	20,00	N/mm ²
Acero en tracción (f_{yd})	434,78	N/mm ²
- Cuantía geométrica Horizontal	0,32	%
(A repartir entre ambas caras)	6,4	cm ² /ml
- Cuantía geométrica	0,09	%
(A repartir entre ambas caras)	1,8	cm ² /ml
- Cuantía mecánica	3,68	cm ² /ml
(En cara no traccionada, consignar un 30 % de este valor)		

Se adopta Ø10 cada 20 cm que da una cuantía de 3,93 cm²/ml en ambas caras, tanto en vertical como en horizontal. Se comprueba para este armado el estado límite de servicio (fisuración), estado límite de flexión y el de cortante.

Estados límites de servicio (Fisuración)

Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	N/mm ²
Resistencia del hormigón en fisuración máxima permitida f_{ctm}	2,896	N/mm ²
	289,65	Tn/m ²
Inercia de la sección	6,67E-04	m ⁴
Momento máximo de fisuración (M_{fs})	1,93	mTn/ml

Estado límite último flexión

Armadura dispuesta (A_s)	3,930	cm ² /ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	2,222	mTn/ml

Estado límite último cortante

Cortante último (V_{cu})	5,159,86	N/ml
	5,160	Tn/ml
Coefficiente (X)	1,816	
Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	
Cuantía geometría de la Armadura traccionada (P)	0,001	
Anchura neta mínima del elemento (b_o)	1000,000	mm

Conclusiones

Como conclusión de los cálculos anteriores, **con un armado de Ø10 cada 20 cm** se obtiene:

Momento máximo de fisuración (M_{fs})	1,93	mTn/ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	2,22	mTn/ml
Cortante último (V_{cu})	5,16	Tn/ml

Comparando estos valores con los esfuerzos obtenidos se puede concluir:

En alzados

Momentos verticales		
- Agua	-0,23	mTn/ml
- Tierra	-0,21	mTn/ml
M_{dmax}	-0,33	mTn/ml
V_{dmax}	1,85	Tn/ml

Se aprecia que los valores de los esfuerzos obtenidos son inferiores a los máximos resitados por la sección con la cuantía adoptada. Se dispone por tanto en todas las caras y direcciones el armado Ø10 cada 20 cm.

DIMENSIONADO DE LAS SECCIONES EN SOLERA

A la vista de los esfuerzos obtenidos, se comprueba los esfuerzos resistidos por una sección con armado mínimo.

Sección considerada

- Longitud	100	cm
- Espesor	20	cm

Cuantías mínimas

Hormigón a compresión (f_{cd})	20,00	N/mm ²
Acero en tracción (f_{yd})	434,78	N/mm ²
- Cuantía geométrica	0,09	%
(A repartir en las dos caras)	1,8	cm ² /ml
- Cuantía mecánica	3,68	cm ² /ml
(De la cara traccionada)		

Se adopta Ø10 cada 20 cm que da una cuantía de 3,93 cm²/ml en ambas caras, tanto en vertical como en horizontal. Se comprueba para este armado el estado límite de servicio (fisuración), estado límite de flexión y el de cortante.

Estados límites de servicio (Fisuración)

Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	N/mm ²
Resistencia del hormigón en fisuración máxima permitida f_{ctm}	2,896	N/mm ²
	289,65	Tn/m ²
Inercia de la sección	6,67E-04	m ⁴
Momento máximo de fisuración (M_{fsg})	1,93	mTn/ml

Estado límite último flexión

Armatura dispuesta (A_s)	3,930	cm ² /ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	2,222	mTn/ml

Estado límite último cortante

Cortante último (V_{cu})	5.159,86	N/ml
	5,160	Tn/ml
Coefficiente (X)	1,816	
Resistencia característica hormigón f_{ck}	30	N/mm ²
Cuantía geometría de la Armadura traccionada (P)	0,001	
Anchura neta mínima del elemento (b_o)	1000,000	mm

Conclusiones

Como conclusión de los cálculos anteriores, **con un armado de Ø10 cada 20** se obtiene:

Momento máximo de fisuración (M_{fsg})	1,93	mTn/ml
Momento último (ELU Flexión) (M_u)	2,22	mTn/ml
Cortante último (V_{cu})	5,16	Tn/ml

Comparando estos valores con los esfuerzos obtenidos se puede concluir:

Losas

M_{lmax}	0,50	mTn/ml
M_{dmax}	0,80	mTn/ml
V_{dmax}	1,97	Tn/ml

Se aprecia que los valores de los esfuerzos obtenidos son inferiores a los máximos resistidos por la sección con cuantía mínima. **Se dispone por tanto en todas las caras y direcciones el armado Ø10 cada 20 cm.**