

# ANEJO Nº 12.

## CÁLCULOS ESTRUCTURALES.

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

**ANEJO DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES (Edar Losar de la Vera) (Cáceres).**

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

NOMBRE: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA**

## **ÍNDICE DE CÁLCULOS**

1. INTRODUCCIÓN
2. REACTOR BIOLÓGICO Y DECANTADOR SECUNDARIO
3. TANQUE DE TORMENTAS
4. ESPESADOR DE FANGOS
5. CIMENTACION TOLVA DE FANGOS
6. ARQUETAS, POZOS Y DEPÓSITOS RECTANGULARES
7. EDIFICIO de EXPLOTACION Y CONTROL (Cype)

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

## INTRODUCCIÓN

Para el presente proyecto se han empleado diferentes técnicas para la resolución estructural de los distintos elementos atendiendo a las peculiaridades de cada uno de ellos.

- Tratamiento Biológico-Decantador y Tanque de Tormentas, para su resolución se ha modelizado como una lámina cilíndrica.
- Depósitos rectangulares. se han resuelto suponiendo las paredes y las soleras de los mismos como placas.
- Arquetas, se ha seguido el mismo procedimiento que en el pretratamiento para las de mayor tamaño y para las más pequeñas su dimensionamiento se ha efectuado conforme a los criterios de armaduras mínimas.
- Tolva de Fangos, se ha incluido solamente el cálculo de la cimentación modelizada como una placa circular apoyando en el terreno.

## NORMATIVA UTILIZADA

Los cálculos se han realizado siguiendo los principios de la Mecánica Racional y de la Normativa vigente apoyándose especialmente en las siguientes normas:

- Norma DB-SE-AE. Acciones en la edificación.
- Norma DB-SE-A. Estructuras de acero en edificación.
- EHE. Instrucción de Hormigón Estructural.
- NCSR 02. Norma de construcción Sismorresistente.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).

En los elementos singulares tales como zona de maquinaria, bancadas, tuberías, etc, se han considerado sus sobrecargas de uso particulares.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

<b>Hormigones</b>	Limpieza	HL-150
	Tajamares y formación de pendientes	HM-20
	En alzados de estructuras	HA-30
	En cimientos de edificación	HA-30
	En estructuras de edificación	HA-30
<b>Aceros</b>	Armadura pasiva	B 500 S
	Acero laminado	S-275 JR

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Acero pasivo: Las barras corrugadas cumplirán los requisitos técnicos establecidos en la UNE 36068:94. Se empleará acero soldable del tipo B 500 S, cuyas características mecánicas quedan reflejadas en la Tabla 31.2.a.

El módulo de elasticidad del acero se considera 200.000 N/mm<sup>2</sup>

Hormigón estructural: Como hormigón estructural se empleará hormigón HA-30/B/20/Qb. Para los cálculos a realizar, se emplearán los siguientes valores característicos:

Designación	Clase de acero	Límite elástico $f_k$ en N/mm <sup>2</sup> no menor que (1)	Carga unitaria de rotura $f_p$ en N/mm <sup>2</sup> no menor que (1)	Alargamiento de rotura en % sobre base de 5 diámetros no menor que	Relación $f_u/f_y$ en ensayo no menor que (2)
B 400 S	Soldable	400	440	14	1,05
B 500 S	Soldable	500	550	12	1,05

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

### CRITERIOS DE ARMADO MÍNIMO

Losas: 1.8 / 1000 a repartir entre ambas caras tanto de la armadura longitudinal como de la transversal.

Muros: 0.9 / 100 de armadura vertical para la cara traccionada. La otra cara dispondrá un mínimo del 30% de la cuantía anterior. 3.2 / 1000 de armadura horizontal a repartir entre ambas caras. En el caso de que una de las caras sea vista, en esa cara se podrá disponer de hasta los 2/3 de la armadura anterior.

### PESOS PROPIOS CONSIDERADOS DE LOS MATERIALES

<b>Materiales</b>	Hormigón armado	25 kN/m <sup>3</sup>
	Hormigón en masa	23 kN/m <sup>3</sup>
	Agua	9,81 kN/m <sup>3</sup>
	Acero	78,5 kN/m <sup>3</sup>

### VALORES DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

Para los Estados Límites Últimos, se considerarán los coeficientes de la Tabla 12.1.a de la EHE correspondientes a situaciones persistentes o transitorias.

TIPO DE ACCIÓN	Situación persistente o transitoria		Situación accidental	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,50$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

Considerándose un nivel de control normal, los coeficientes a emplear serán de una manera definitiva los señalados en la Tabla 12.1.b.

TIPO DE ACCIÓN	Nivel de control de ejecución		
	Efecto	Efecto	Efecto
Permanente	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,50$	$\gamma_G = 1,60$
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	—
Permanente de valor no constante	$\gamma_G = 1,50$	$\gamma_G = 1,60$	$\gamma_G = 1,80$
Variable	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 1,60$	$\gamma_Q = 1,80$

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)</b>	
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>		<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

Para los Estados Límites de Servicio, los coeficientes de ponderación a emplear serán los señalados en la Tabla 12.2.

TIPO DE ACCIÓN		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente		$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	Armadura pretesa	$\gamma_p = 0,95$	$\gamma_p = 1,05$
	Armadura postesa	$\gamma_p = 0,90$	$\gamma_p = 1,10$
Permanente de valor no constante		$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Variable		$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

### COEFICIENTES DE MINORACIÓN DE LOS MATERIALES

Para las situaciones persistentes o transitorias, se emplearán los coeficientes reflejados en la Tabla 15.3.

Situación de proyecto	Hormigón $\gamma_c$	Acero pasivo y activo $\gamma_s$
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

PROYECTO:	SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)
ANEJO DE CÁLCULO	
Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.	

### COMBINACIÓN DE ACCIONES

Se aplicará lo recogido en el Artículo 13 de la EHE para los diferentes estados límite, tanto últimos como de servicio.

#### 13.2. Estados Límite Últimos

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

- Situaciones permanentes o transitorias:

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

- Situaciones accidentales:

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

- Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_{A_{E,k}} A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

donde:

- $G_{k,j}$  Valor característico de las acciones permanentes.
- $G_{k,j}^*$  Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.
- $P_k$  Valor característico de la acción del pretensado.
- $Q_{k,1}$  Valor característico de la acción variable determinante.
- $\Psi_{0,i} Q_{k,i}$  Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes
- $\Psi_{1,1} Q_{k,1}$  Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.
- $\Psi_{2,i} Q_{k,i}$  Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.
- $A_k$  Valor característico de la acción accidental.
- $A_{E,k}$  Valor característico de la acción sísmica.

En las situaciones permanentes o transitorias, cuando la acción determinante  $Q_{k,1}$  no sea obvia, se valorarán distintas posibilidades considerando diferentes acciones variables como determinantes.

Para estructuras de edificación, simplificadaamente, para las distintas situaciones de proyecto, podrán seguirse los siguientes criterios:

- Situaciones persistentes o transitorias

- Situaciones con una sola acción variable  $Q_{k,1}$ :

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

- Situaciones con dos o más acciones variables:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} 0,9 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

- Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{A_{E,k}} A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} 0,8 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

El Estado Límite Último de Fatiga, en el estado actual del conocimiento, supone comprobaciones especiales que dependen del tipo de material considerado, elementos metálicos o de hormigón, lo que da lugar a los criterios particulares siguientes:

- Para la comprobación a fatiga de armaduras y dispositivos de anclaje se considerará exclusivamente la situación producida por la carga variable de fatiga, tomando un coeficiente de ponderación igual a la unidad.
- Para la comprobación a fatiga del hormigón se tendrán en cuenta las solicitaciones producidas por las cargas permanentes y la carga variable de fatiga, tomando un coeficiente de ponderación igual a la unidad para ambas acciones.



**Comentarios**

La Norma Básica de Acciones en la Edificación, en su versión actual, no definen ningún criterio de combinación directamente compatible con el método de los Estados Límite. Las simplificaciones definidas consti-

tuyen una referencia para este tipo de estructuras. Las acciones variables de fatiga se definen en la citada Norma Básica como un modelo simplificado de la acción variable.

**13.3. Estados Límite de Servicio**

Para estos Estados Límite se consideran únicamente las situaciones de proyecto persistentes y transitorias. En estos casos, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Combinación poco probable:

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j=1}^n \gamma_{G',j} G_{k,j}^* + \gamma_p P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinación frecuente:

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j=1}^n \gamma_{G',j} G_{k,j}^* + \gamma_p P_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinación cuasipermanente:

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j=1}^n \gamma_{G',j} G_{k,j}^* + \gamma_p P_k + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

En estructuras de edificación, simplificadamente, para las distintas situaciones de proyecto, podrán seguirse los siguientes criterios:

- Combinación poco probable o frecuente

- a) Situaciones con una sola acción variable  $Q_{k,1}$ :

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

- b) Situaciones con dos o más acciones variables  $Q_{k,i}$ :

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0,9 \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

- Combinación cuasipermanente:

$$\sum_{j=1}^n \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0,6 \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

**Comentarios**

En el caso de la acción del pretensado, debe considerarse el efecto favorable o desfavorable de esta acción, según el Estado Límite que se estudie. Las Normas Básicas de Acciones en la Edificación, en

su versión actual, no definen ningún criterio de combinación directamente compatible con el método de los Estados Límite. Las simplificaciones definidas constituyen una referencia para este tipo de estructuras.

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

### RECUBRIMIENTOS

Serán determinados atendiendo al artículo 37.2.4 del a EHE. Se considera que por razones de exposición (corrosión de las armaduras), tendremos secciones clase Qb, es decir, la propia de instalaciones en contacto con aguas residuales. Desde el punto de vista del deterioro del hormigón, la clase de exposición será tipo Qb.

Por la Tabla 37.2.4, y para el tipo de sección considerada, y para homigón HA-30, de dicha tabla, obtenemos un recubrimiento mínimo de 40 mm.

Para un nivel de control normal, el margen del recubrimiento será de 10 mm.

Por tanto, se considerarán recubrimientos que en ningún punto de la estructura serán inferiores a 50 mm.

Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Tipo de elemento	RECUBRIMIENTO MÍNIMO [mm] SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICIÓN (**)									
		I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc
$25 \leq f_{ck} < 40$	general	20	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	elementos prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
$f_{ck} \geq 40$	general	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	elementos prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>	
<b>ANEJO DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES</b>	<b>Empresa Redactora:</b>	<b>Inyges Consultores, S.L.</b>

### **3. TANQUE DE TORMENTAS**

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**TANQUE DE TORMENTAS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

NOMBRE: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

CÁLCULO: **TANQUE DE TORMENTAS**

## **ÍNDICE DE CÁLCULOS**

- 3.1 METODOLOGÍA
- 3.2 BASES DE CÁLCULO
- 3.3 PARED DEL DEPÓSITO
- 3.4 CIMENTACIÓN DEL ESPESADOR
- 3.5 PASARELA
- 3.6 CROQUIS ARMADO

PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

TANQUE DE TORMENTAS

Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.

### 3.1 METODOLOGÍA

### **METODOLOGÍA ESPESADOR DE FANGOS**

La simetría que presenta la principal sollicitación existente en este tipo de estructuras, la presión hidr que una de las formas más óptimas para la contención del agua sea la circular.

Para el cálculo de esta pared resistente lo más adecuado es recurrir a la teoría de flexión en lámin que permite obtener, para el caso de paredes de espesor constante, unas expresiones relativament que se trata de geometrías de cilíndricas de revolución sollicitadas por cargas que también p distribución simétrica respecto al eje de revolución, y realizando siempre las simplificaciones qu usualmente en estos casos.

La sección de la base de la pared, que resulta ser la crítica desde todos los puntos de vista, se empleando la teoría de láminas considerando la pared del decantador como una lámina en la superior se encuentra libre y el inferior totalmente coaccionado sometida al empuje hidrostático del a

Para la resolución del problema se ha dividido en tres estados, uno isostático de membrana y o poder obtener así las dos variables hiperestáticas que lo resuelven. El desarrollo teórico de est encuentra detallado en la hoja correspondiente a estos cálculos.

Los esfuerzos característicos que se obtienen son:

- Momento vertical  $M_x$ , para dimensionar la armadura vertical,
- Axil circunferencial  $N_\theta$ , para dimensionar la armadura horizontal, y
- Cortante  $Q_x$ , para dimensionar a cortante la sección.

En el análisis se ha prescindido de las cargas verticales sobre la pared del depósito ya que, al ten revolución, producirán unos esfuerzos  $N_x$  que corresponden a una sollicitación axil pura sobre la par analizarse muy fácilmente.

Con los esfuerzos característicos que se obtienen se deducen los de cálculo teniendo en cuenta lo de mayoración de acciones definidos en las bases de cálculo de este apartado.

Para el dimensionamiento de la cimentación de la pared circular se ha considerado la misma co circular, aplicándosele por lo tanto la teoría de placas circulares. De este modo se obtienen característicos y se dimensionan las secciones.

Por último se realiza una comprobación de fisuración de las secciones estudiadas tanto en hipóte simple como de tracción simple, según los casos.

**sultores, S.L.**

ostática, hace

nas cilíndricas  
e sencillas ya  
resentan una  
e se realizan

ha calculado  
que el borde  
gua interior.

tros dos para  
e proceso se

er simetría de  
ed que puede

s coeficientes

mo una placa  
los esfuerzos

sis de flexión

PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

TANQUE DE TORMENTAS

Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.

## 3.2 BASES DE CÁLCULO



**Calidad de los materiales**

Hormigón: HA-30		Art. 39.2 EHE
Acero: B 500 S		Art. 31.2 EHE
Ambiente: Qb	Química agresiva media	Art. 8.2 EHE
Recubrimiento: 5 cm		Art. 37.2 EHE

**Coefficientes parciales de seguridad para los materiales para E.L.U. Art. 15.3 EHE**

Situación persistente o transitoria

Hormigón:	$\gamma_C =$	1,50
Acero:	$\gamma_S =$	1,15

**Coefficientes de mayoración de acciones  $\gamma_F$  en función del nivel de control de ejecución. Art. 95.5 EHE**

Nivel de control de ejecución: Normal

Cargas permanentes:	$\gamma_G =$	1,50
Cargas variables:	$\gamma_Q =$	1,60

La situación más desfavorable que se nos puede dar es que el agua llegue hasta la coronación del muro. De esta forma la incertidumbre que intenta contemplar el coeficiente de mayoración de acciones para cargas variables podría reducirse ya que se conoce su valor mayorado.

De estas premisas obtenemos el siguiente coeficiente de mayoración.

$$\gamma_C = (Ht)/(Hw)$$

Aplicando las N.B.E.(Normas Básicas de Edificación), tenemos que el cálculo de muros de sostenimiento de tierras (art. 4.17) los componentes horizontal y vertical del empuje se ponderan multiplicándolos respectivamente por los siguientes coeficientes:

$$K_H = 1 + C$$

$$K_V = 1 + C$$

grado de intensidad, G = **V**  
 coeficiente sísmico básico, C = 0,02

grado de intensidad G	coeficiente sísmico básico C
V	0,02
VI	0,04
VII	0,08
VIII	0,15
IX	0,30

Por tanto  $K_H = K_V = 1,02$

De lo expuesto anteriormente se obtiene el siguiente coeficiente de mayoración de cargas:

$$\gamma_F = \gamma_C K_V =$$

Y finalmente adoptamos los siguientes coeficientes:

Cargas permanentes:	$\gamma_G =$	1,50
Cargas variables:	$\gamma_Q =$	1,60

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**TANQUE DE TORMENTAS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

### **3.3 PARED DEL DEPÓSITO**

## METODOLOGÍA

La siguiente metodología se ha desarrollado considerando a las paredes del depósito como láminas.

La solución general para el desplazamiento radial de la lámina válida para coacciones de borde tanto superior como inferior será:

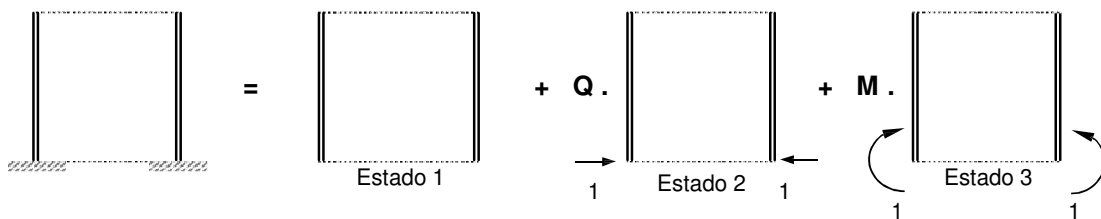
$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) + e^{\lambda x} ( C_1 \cos \lambda x + C_2 \operatorname{sen} \lambda x ) + e^{-\lambda x} ( C_3 \cos \lambda x + C_4 \operatorname{sen} \lambda x )$$

Las constantes  $C_i$ , según sean las condiciones de contorno serán:

$$\begin{cases} \text{En el caso de borde superior libre } C_1 = C_2 = 0. \\ \text{En el caso de borde inferior libre } C_3 = C_4 = 0. \end{cases}$$

En nuestro caso la lámina se encuentra libre en su borde superior, por lo tanto:

$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) + e^{-\lambda x} ( C_3 \cos \lambda x + C_4 \operatorname{sen} \lambda x )$$



El primer estado es el estado membrana y su solución será:

$$w_m = \gamma R^2 (h-x) / (E d)$$

Para el segundo estado las condiciones de contorno son:

$$\begin{cases} M_x (x=0) = 0 & Q (x=0) = Q \end{cases}$$

y operando resulta:

$$\begin{cases} C_3 = - Q / ( 2 \lambda^3 D ) & C_4 = 0 \end{cases}$$

siendo:

$$w_Q = - Q / ( 2 \lambda^3 D ) e^{-\lambda x} \cos \lambda x$$

Para el tercer estado las condiciones de contorno son:

$$\begin{cases} M_x (x=0) = M & Q (x=0) = 0 \end{cases}$$

de donde:

$$\begin{cases} C_3 = M / ( 2 \lambda^2 D ) & C_4 = - M / ( 2 \lambda^2 D ) \end{cases}$$

siendo:

$$w_M = M / ( 2 \lambda^2 D ) e^{-\lambda x} ( \cos \lambda x - \operatorname{sen} \lambda x )$$

La suma de los tres estados da la solución final:

$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E e) - Q / ( 2 \lambda^3 D ) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + M / ( 2 \lambda^2 D ) e^{-\lambda x} ( \cos \lambda x - \operatorname{sen} \lambda x )$$

Para la determinación de  $M$  y  $Q$  se imponen deformación y giro nulo en la base:

$$\begin{cases} w (x=0) = 0 & dw/dx (x=0) = 0 \end{cases}$$

de donde:

$$\begin{cases} Q = 2 \lambda^3 \gamma R^2 ( 2h - 1/\lambda ) D / (E e) \\ M = 2 \lambda^2 \gamma R^2 ( h - 1/\lambda ) D / (E e) \end{cases}$$

**CÁLCULO DE ESFUERZOS**

**Datos iniciales**

espesor pared, e =	0,30 m	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30
altura del depósito, h =	3,80 m	$E_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	32.909
densidad del líquido, $\gamma$ =	9,80 kN/m <sup>3</sup>		
radio medio, R =	5,15 m		
módulo de Poisson, $\nu$ =	0,20		
módulo de elasticidad, E =	32.908.965 kN/m <sup>2</sup>		
rigidez de la placa, D =	77.130 kN m	$D = E e^3 / [12(1-\nu^2)]$	

$\lambda = 1,0481 \text{ m}^{-1}$        $\lambda^4 = 3(1-\nu^2) / (R^2 e^2)$   
 $D / (E e) = 0,0078 \text{ m}^2$        $D / (E e) = e^2 / (12(1-\nu^2))$

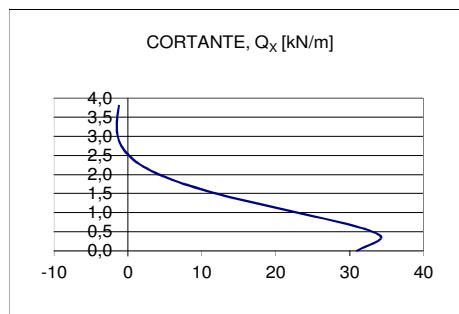
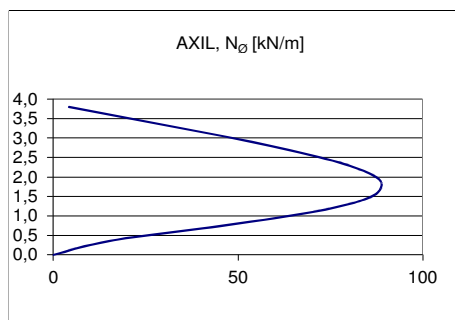
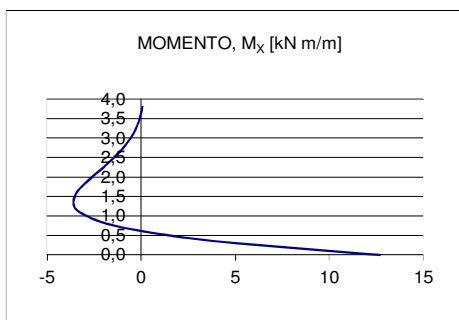
Las variables hiperestáticas son:

M =	12,7 kN m/m
Q =	31,1 kN/m

Los esfuerzos en la lámina serán:

$N_\theta = E e w / R$	$N_\theta = \gamma R (h-x) - E e Q / (2 \lambda^3 D R) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + E e M / (2 \lambda^2 D R) e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x)$
$M_x = D d^2 w / dx^2$	$M_x = - Q / \lambda e^{-\lambda x} \text{sen } \lambda x + M e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \text{sen } \lambda x)$
$Q_x = - dM_x / dx$	$Q_x = Q e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x) + 2 \lambda M e^{-\lambda x} \text{sen } \lambda x$

x/h	x	$N_\theta$ [kN/m]	$M_x$ [kN m/m]	$Q_x$ [kN/m]
1,0	3,8	4,38	0,08	-1,19
0,9	3,4	25,70	-0,12	-1,47
0,8	3,0	46,54	-0,49	-1,39
0,7	2,7	65,55	-1,09	-0,56
0,6	2,3	80,56	-1,91	1,53
0,5	1,9	88,68	-2,82	5,46
0,4	1,5	86,75	-3,50	11,58
0,3	1,1	72,48	-3,36	19,70
0,2	0,8	46,67	-1,46	28,39
0,1	0,4	16,50	3,44	34,25
0,0	0,0	0,00	12,70	31,07
máximo		88,68	12,70	34,25



**DATOS MATERIALES**

Hormigón	Acero
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 30	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 500
$\gamma_c$ = 1,50	$\gamma_s$ = 1,15
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 20,0	$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 434,8
$f_{ct,m}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 2,90	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 200.000
$E_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 32.909	
$n = E_s / E_c = 6,1$	

**GEOMETRÍA DEL MURO**

ancho, A [m] = 1,00  
 recubrimiento, c [m] = 0,05

**ACCIONES**

$\gamma_{AGUA}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 9,8  
 $\gamma_{HORM}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 25,0  
 $\gamma_{TERRENO}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 18,0

mayoración,  $\gamma_F$  = 1,25

$\varphi$  [°] = 30  
 empuje activo,  $k_A$  = 0,33

**CÁLCULO DE ESFUERZOS**

**Hipótesis I: Carga de agua**

sección

espesor muro, e [m] = 0,30

$M_k$  [kN m] = 12,7

$M_d$  [kN m] = 15,9

**FLEXIÓN SIMPLE**

base muro

0,30

12,7

15,9

**Hipótesis I: Carga de agua**

sección

espesor muro, e [m] = 0,30

$N_k$  [kN] = 88,7

$N_d$  [kN] = 110,9

**TRACCIÓN SIMPLE**

máx tracción

0,30

88,7

110,9

**DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN (Anejo nº8 EHE)**

**Hipótesis I: Carga de agua**

sección

geometría: b [m] = 1,00  
 e [m] = 0,30  
 r [m] = 0,05  
 d [m] = 0,25  
 d' [m] = 0,05

materiales:  $f_{cd}$  [N/mm<sup>2</sup>] = 20,0  
 $f_{yd}$  [N/mm<sup>2</sup>] = 434,8

$U_0 = 0,85 f_{cd} b d$  [kN] = 4.250,0  
 $M_{lim} = 0,375 U_0 d$  [kN m] = 398,4

dimensionam:  $M_d$  [kN m] = 15,9  
 $U_{S1}$  [kN] = 64,0  
 $A_{S1}$  [cm<sup>2</sup>] = 1,5

**FLEXIÓN SIMPLE**

base muro

1,00

0,30

0,05

0,25

0,05

20,0

434,8

4.250,0

398,4

15,9

64,0

1,5

**DIMENSIONAMIENTO A TRACCIÓN SIMPLE**

**Hipótesis I: Carga de agua**

sección

geometría: b [m] = 1,00  
 e [m] = 0,30

materiales:  $f_{cd}$  [N/mm<sup>2</sup>] = 20,0  
 $f_{yd}$  [N/mm<sup>2</sup>] = 434,8

dimensionam:  $N_d$  [kN] = 110,9  
 $A_s$  total [cm<sup>2</sup>] = 2,5

**TRACCIÓN SIMPLE**

máx tracción

1,00

0,30

20,0

434,8

110,9

2,5

**ARMADURA VERTICAL**

**Hipótesis I: Carga de agua**

sección

$A_s$  flexión [cm<sup>2</sup>] = 1,5  
 $A_s$  mín geométrica [cm<sup>2</sup>] = 2,7  
 $A_s$  mín mecánica [cm<sup>2</sup>] = 5,5  
 $A_s$  mín vertical [cm<sup>2</sup>] = 5,5

armad normal  $\varnothing$  [mm] = 12  
 Sep [cm] = 20

refuerzo 1  $\varnothing$  [mm] = 0  
 Sep [cm] = 20

$A_s$  real [cm<sup>2</sup>/m] = 5,7

**FLEXIÓN SIMPLE**

base muro

1,5

2,7

5,5

5,5

12

20

0

20

5,7

**ARMADURA HORIZONTAL**

**Hipótesis I: Carga de agua**

sección

$A_s$  tracción [cm<sup>2</sup>] = 2,5  
 $A_s$  mín geométrica [cm<sup>2</sup>] = 9,6  
 $A_s$  mín tracción [cm<sup>2</sup>] = 9,6

armad normal  $\varnothing$  [mm] = 12  
 Sep [cm] = 20

$A_s$  real 2 caras [cm<sup>2</sup>] = 11,3

**TRACCIÓN SIMPLE**

máx tracción

2,5

9,6

9,6

12

20

11,3

As tracc =  $N_d / f_{yd}$   
 Quant. Geom. Mínima: 3,2 por mil a repartir entre las dos cara

**ARMADURA HORIZONTAL**

**Hipótesis I: Carga de agua**

$A_s$  mín geométrica total [cm<sup>2</sup>] = 9,6

armad normal  $\varnothing$  [mm] = 12  
 Sep [cm] = 20

$A_s$  real total [cm<sup>2</sup>/m] = 11,3

**FLEXIÓN SIMPLE**

base muro

9,6

12

20

11,3

**MOMENTO COLABORANTE DE LAS TIERRAS**

**Hipótesis I: Carga de agua**

sección

altura de tierras, h [m] = 0,00

mpuje unitario terreno [kN/m<sup>2</sup>] = 6,0

momento colab.,  $M_k$  [kN m] = 0,0

**FLEXIÓN SIMPLE**

base muro

0,00

6,0

0,0

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN (Art. 49 EHE)**

Los valores máximos de la abertura de la fisura (Art. 49.2.4 EHE) bajo la combinación de acciones cuasipermanentes son:

Clase de exposición	w <sub>máx</sub> [mm]
I	0,4
IIa, IIb, H	0,3
IIIa, IIIb, IV, F	0,2
IIIc, Qa, Qb, Qc	0,1

Parámetros fisuración	Formulación empleada
$\beta = 1,7$	$M_{fis} = f_{ct,m} b h^2 / 6$
$k_2 = 0,5$	$\epsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s) [1 - (k_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)]$
	$\sigma_{sr} = M_{fis} / (0,85 d A_s)$
	$\sigma_s = M_k / M_{fis} \sigma_{sr}$
	$w_k = \beta s_m \epsilon_{sm}$
	$w_k \leq w_{k \max}$

Hipótesis I: Carga de agua		FLEXIÓN SIMPLE	
sección		base muro	
ancho, A [m] =		1,00	
espesor [m] =		0,30	
recubrimiento, c [m] =		0,05	
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		2,90	
E <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		200.000	
$\beta =$		1,7	
$k_2 =$		0,5	
<b>M<sub>k</sub> [kN m] =</b>		<b>12,7</b>	
armad normal	Ø [mm] =	12	
	Sep [cm] =	20	
refuerzo 1	Ø [mm] =	0	
	Sep [cm] =	20	
As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7	

Hipótesis I: Carga de agua		TRACCIÓN SIMPLE	
sección		máx tracción	
ancho, A [m] =		1,00	
espesor [m] =		0,30	
recubrimiento, c [m] =		0,05	
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		2,90	
E <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		200.000	
$\beta =$		1,7	
$k_2 =$		0,5	
<b>N<sub>k</sub> [kN] =</b>		<b>88,7</b>	
cara 1	Ø [mm] =	12	
	Sep [cm] =	20	
2 As real [cm <sup>2</sup> /m] =		11,3	

Hipótesis I: Carga de agua		FLEXIÓN SIMPLE	
sección		base muro	
M <sub>k</sub> [kN m] =		12,70	
espesor [m] =		0,30	
Ø [mm] =		12	
Sep [cm] =		20,0	
15 Ø [cm] =		18	
As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7	
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =		675,0	
S <sub>m</sub> [mm] =		212	
M <sub>fis</sub> [kN m] =		43,4	
σ <sub>sr</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		361,56	
σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		105,65	
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =		0,00021	
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> )] =		(0,00257)	
ε <sub>sm</sub> =		0,00021	
w <sub>k</sub> [mm] =		0,076	
w <sub>máx</sub> [mm] =		0,100	
ELS Fisuración		CUMPLE	

Hipótesis I: Carga de agua		TRACCIÓN SIMPLE	
sección		5 y 6	
N <sub>k</sub> [kN] =		88,68	
espesor [m] =		0,30	
Ø [mm] =		12	
Sep [cm] =		20,0	
15 Ø [cm] =		18	
As [cm <sup>2</sup> /m] =		11,3	
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =		1.350,0	
S <sub>m</sub> [mm] =		212	
N <sub>fis</sub> [kN] =		868,9	
σ <sub>sr</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		768,3	
σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		78,4	
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =		0,00016	
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> )] =		(0,01843)	
ε <sub>sm</sub> =		0,00016	
w <sub>k</sub> [mm] =		0,056	
w <sub>máx</sub> [mm] =		0,100	
ELS Fisuración		CUMPLE	

Formulación empleada:

$$M_{fis} = f_{ct,m} b h^2 / 6$$

$$\epsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s) [1 - (k_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)]$$

$$\sigma_{sr} = M_{fis} / (0,8 d A_s)$$

$$\sigma_s = M_k / M_{fis} \sigma_{sr}$$

$$w_k = \beta s_m \epsilon_{sm}$$

$$w_k \leq w_{k \max}$$

Formulación empleada:

$$N_{fis} = A_c f_{ct,m}$$

$$\sigma_{sr} = n N_{fis} / A_c$$

$$\sigma_s = N_k / N_{fis} \sigma_{sr}$$

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

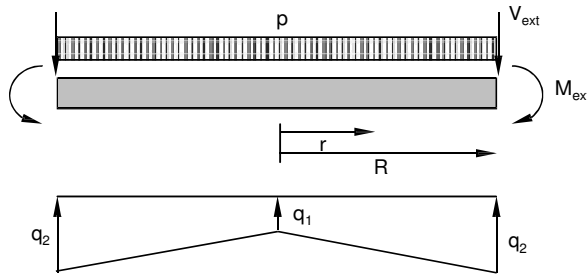
**TANQUE DE TORMENTAS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

### **3.4 CIMENTACIÓN DEL ESPESADOR**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS**

Para solucionar el problema se modeliza como una placa circular empotrada en sus extremos.



**Datos iniciales**

espesor losa, e =	0,35 m	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30
radio medio, R =	5,70 m	$E_c$ [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090
módulo de elasticidad, E =	3.290.897 t/m <sup>2</sup>		
módulo de Poisson, v =	0,20		
rigidez de la placa, D =	12.248 t m	$D = E e^3 / [12(1-v^2)]$	
carga repartida, p =	3,8 t/m <sup>2</sup>		
momento exterior, $M_{ext}$ =	-1,270 m t/m		
carga vertical, $V_{ext}$ =	2,63 t/m		

Ecuación de corrimientos y de cortante:

$$\begin{cases} w = 1/D [ (q_1-p) r^4 / 64 + (q_2-q_1) r^5 / (225 R) ] + C_0 r^2/4 (Lr-1) + C_1 r^2/4 + C_2 Lr + C_3 \\ Q_r = - 1/r \text{ INTEGR } (r p(r) dr) - C_0 D / r \end{cases}$$

Como la placa contiene al origen  $C_2 = 0$ .

Como no existe carga puntual en el centro  $C_0 = 0$ .

Cambio  $C_1$  por  $C_1 / D$

Se toma  $C_3 = 0$  al considerar  $w(0) = 0$ .

La ley de tensiones de respuesta del terreno que se ha supuesto es la siguiente:

$$q(r) = q_1 + (q_2 - q_1) r / R$$

Equilibrio total de la placa:

$$\begin{cases} q_1 + 2 q_2 = 3p + 6 V/R \\ q_1 = 1,63 \text{ t/m}^2 \\ q_2 = 6,19 \text{ t/m}^2 \end{cases}$$

Condición de contorno: giro nulo en el borde.

$$\begin{cases} dw/dr = 1/D [ (q_1-p) r^3 / 16 + (q_2-q_1) r^4 / (45 R) + C_1 r / 2 ] \\ dw/dr (R) = 0 \Rightarrow C_1 = 2,0242 \text{ m}^{-1} \end{cases}$$

Condición de contorno: momento en el borde igual al momento exterior ( $r = R$ ).

$$M_r = - D [ d^2w/dr^2 + v/r dw/dr ] \quad M_r (R) = -1,270 \text{ m t/m}$$

donde:

$$\begin{cases} dw/dr = 1/D [ (q_1-p) r^3 / 16 + (q_2-q_1) r^4 / (45 R) + C_1 r / 2 ] & D dw/dr (R) = 0,000000 \text{ m}^{-1} \\ d^2w/dr^2 = 1/D [ 3(q_1-p) r^2 / 16 + 4 (q_2-q_1) r^3 / (45 R) + C_1 / 2 ] & D d^2w/dr^2 (R) = 1,270000 \text{ m}^{-1} \end{cases}$$

Los momentos en la placa circular vienen dados por las expresiones:

$$\begin{cases} M_r = - D [ d^2w/dr^2 + v/r dw/dr ] \\ M_\theta = - D [ 1/r dw/dr + v d^2w/dr^2 ] \end{cases}$$



Para el cálculo del cortante se tienen en cuenta la carga repartida p y la reacción del terreno:

$$p(r) = q(r) - p = q_1 (q_2 - q_1) r / R - p$$

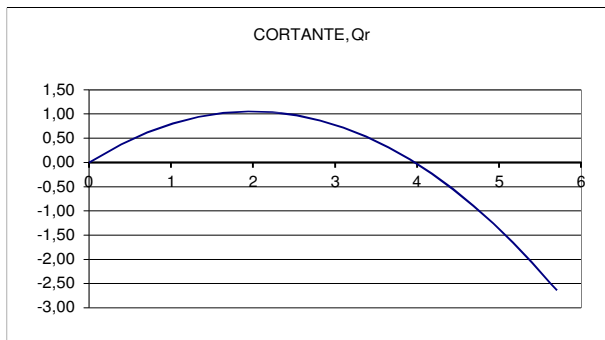
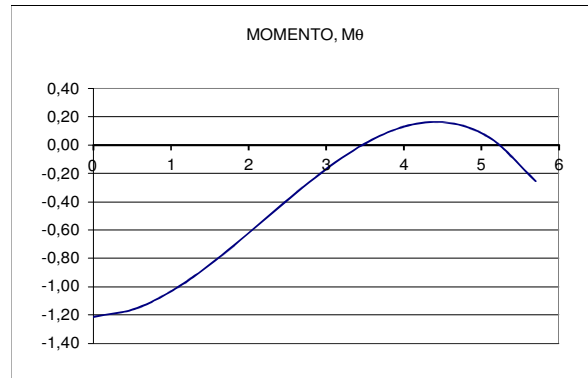
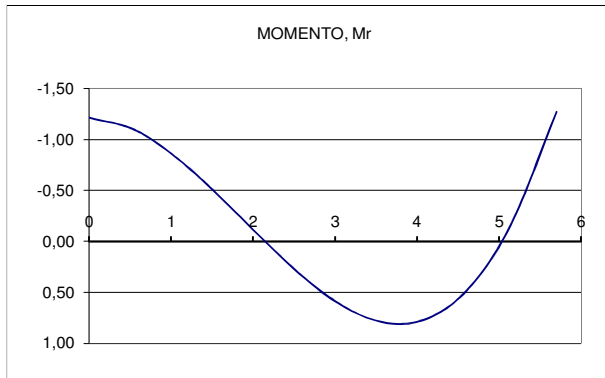
$$Q_r = - 1/r \text{ INTEGR } (r p(r) dr)$$

Resultando de este modo la siguiente expresión:

$$Q_r = - [ (q_1 - p) r/2 + (q_2 - q_1) r^2 / (3 R) ]$$

A continuación se muestra la siguiente tabla de resultados donde los esfuerzos se encuentran sin mayorar.

r/R	r	M <sub>r</sub>	M <sub>θ</sub>	Q <sub>r</sub>	w [mm]	D 1/r dw/dr	D d <sup>2</sup> w/dr <sup>2</sup>
0,0	0,0	-1,21	-1,21	0,00	0,00	1,0121	1,0121
0,1	0,6	-1,09	-1,15	0,52	0,01	0,9723	0,8961
0,2	1,1	-0,77	-0,99	0,86	0,05	0,8662	0,6007
0,3	1,7	-0,35	-0,75	1,03	0,10	0,7135	0,2052
0,4	2,3	0,10	-0,49	1,03	0,16	0,5339	-0,2116
0,5	2,9	0,50	-0,23	0,85	0,21	0,3473	-0,5705
0,6	3,4	0,76	-0,01	0,51	0,25	0,1734	-0,7925
0,7	4,0	0,79	0,13	-0,02	0,27	0,0319	-0,7985
0,8	4,6	0,52	0,16	-0,71	0,26	-0,0573	-0,5095
0,9	5,1	-0,14	0,04	-1,58	0,25	-0,0745	0,1537
1,0	5,7	-1,27	-0,25	-2,63	0,23	0,0000	1,2700



### DIMENSIONAMIENTO DE LA PLACA A FLEXIÓN SIMPLE

Para el dimensionamiento de la losa inferior del depósito se toman los siguientes esfuerzos:

$$\gamma_F = 1,60$$

		sin mayorar	mayorados	
momento radial, $M_r =$	positivo	0,79	<b>1,27</b>	m t/m
	negativo	-1,27	<b>-2,03</b>	m t/m
momento circunf, $M_\theta =$	positivo	0,16	<b>0,25</b>	m t/m
	negativo	-1,21	<b>-1,94</b>	m t/m
cortante, $Q_r =$	positivo	1,03	<b>1,65</b>	t/m
	negativo	-2,63	<b>-4,20</b>	t/m

Geometría de la sección		Caract. materiales		Cálculos intermedios	
b [m] =	1,00	fck [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	$A_C =$	0,35 m <sup>2</sup>
e [m] =	0,35	fyk [N/mm <sup>2</sup> ] =	500	$U_0 = 0,85 f_{cd} \cdot b \cdot d =$	5.100 kN
r [m] =	0,05	$\gamma_C =$	1,50	$U_V = 2 U_0 \cdot d / d =$	1.700 kN
d [m] =	0,30	$\gamma_S =$	1,15	$U_A = 2 U_0 \cdot h / d =$	11.900 kN
d' [m] =	0,05	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	$0,375 U_0 \cdot d =$	573,8 kN m
		fyd [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8		

#### Cuantías mínimas:

Geométrica. Losa 1,8 por mil en total.  $A_{S1} + A_{S2} \geq 6,3 \text{ cm}^2$

Mecánica.  $A_{S1} \geq 0,04 A_C f_{cd} / f_{yd} = 6,44 \text{ cm}^2$

#### Dimensionamiento (según Anejo nº8 de la EHE)

		Md [kN m]	$U_{S1}$ [kN]	$U_{S2}$ [kN]	$A_{S1}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{S2}$ [cm <sup>2</sup> ]
momento radial, $M_r =$	positivo	12,7	42,4	0,0	1,0	0,0
	negativo	20,3	68,2	0,0	1,6	0,0
momento circunferencial, $M_\theta =$	positivo	2,5	8,5	0,0	0,2	0,0
	negativo	19,4	65,2	0,0	1,5	0,0

Nota: para los momentos negativos la  $A_{S1}$  se corresponde con la cara traccionada.

#### Armadura adoptada

armadura radial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
armadura circunferencial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm

#### Cortante

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$$V_{U1} = f_{1CD} b d = 2.100 \text{ kN/m} \quad \text{donde } f_{1CD} = 0,30 f_{CD}$$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$$V_{U2} = [0,12 \xi (100 \rho_L f_{CK})^{1/3} - 0,15 \sigma'_{CD}] b_0 d = 117 \text{ kN/m}$$

$$\xi = 1 + (200/d)^{1/2} = 1,82$$

$$\rho_L = 0,0019$$

$$\sigma'_{CD} = 0,0000$$

Como  $V_d < V_{U1}$  y  $V_d < V_{U2}$  no hace falta disponer de armadura de cortante.

PROYECTO: <b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>TANQUE DE TORMENTAS</b>
<b>COMPROBACIÓN DE CUANTÍAS MÍNIMAS</b> <span style="float: right;"><b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b></span>

### CARACTERÍSTICAS MATERIALES

Nota: A continuación se realiza una comprobación del cumplimiento del armado tanto de la placa en cuanto a cuantías mínimas geométricas y mecánicas.

Hormigón		Acero	
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	500
$\gamma_c$ =	1,50	$\gamma_s$ =	1,15
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8

### PLACA DE CIMENTACIÓN

espesor [m] = 0,35 Cuantías por metro de longitud.

#### Cuantías mínimas:

Geométrica.

Horizontal 1,8 por mil en total  $A_{S1} + A_{S2} \geq$  6,30 cm<sup>2</sup>

Mecánica (flex. simple)  $A_{S1} \geq 0,04 A_c f_{cd}/f_{yd} =$  6,44 cm<sup>2</sup>

#### Armadura adoptada:

dirección radial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup>	=>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup>	=>	Ø12 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} =$	11,31 cm <sup>2</sup>		
dirección circunferencial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup>	=>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup>	=>	Ø12 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} =$	11,31 cm <sup>2</sup>		

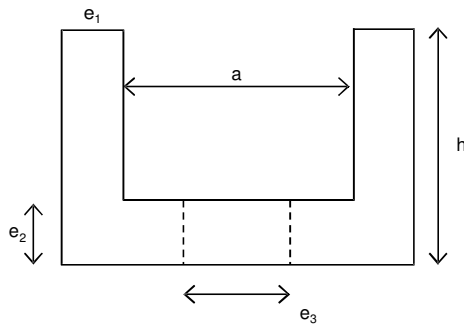
PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**TANQUE DE TORMENTAS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

## **3.5 PASARELA**

**OBTENCIÓN DE ESFUERZOS**



luz pasarela [m] = 10,60

espesor muro,  $e_1$  [m] = 0,20  
 espesor losa,  $e_2$  [m] = 0,30  
 diámetro anclaje,  $e_3$  [m] = 0,45  
 canto total,  $h$  [m] = 0,70  
 ancho pasarela,  $a$  [m] = 1,40

$\gamma_{HORM}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 25

sobrecarga uso [kN/m<sup>2</sup>] = 3  
 peso rasquetas [kN] = 10

**Cargas actuantes y momentos**

esfuerzo sustentación	momento flector			
	Apoyo simple	Empotramiento perfecto		
	$M = pL^2/8$	$M = pL^2/24$	$M = pL^2/12$	
carga [kN/m]	c.d.v.	c.d.v.	apoyo	
muros later. =	7,0	98,3	32,8	65,5
losa =	10,5	147,5	49,2	98,3
sc de uso =	4,2	59,0	19,7	39,3
carga [kN]	$M = PL/4$	$M = PL/8$	$M = -PL/8$	
rasqueta =	10,0	26,5	13,3	-13,3

esfuerzo sustentación	cortante	
	ambas	
	$Q = pL/2$	
$\gamma_f$	apoyo	
1,50	37,1	
1,50	55,7	
1,60	22,3	
1,60	5,0	

**Cálculos de esfuerzos:**

sustentación	Apoyo simple	Empotramiento perfecto	
sección	c.d.v.	c.d.v.	apoyo
$M_k$ [kNm] =	331,3	114,8	189,9
$M_d$ [kNm] =	505,5	175,6	287,5

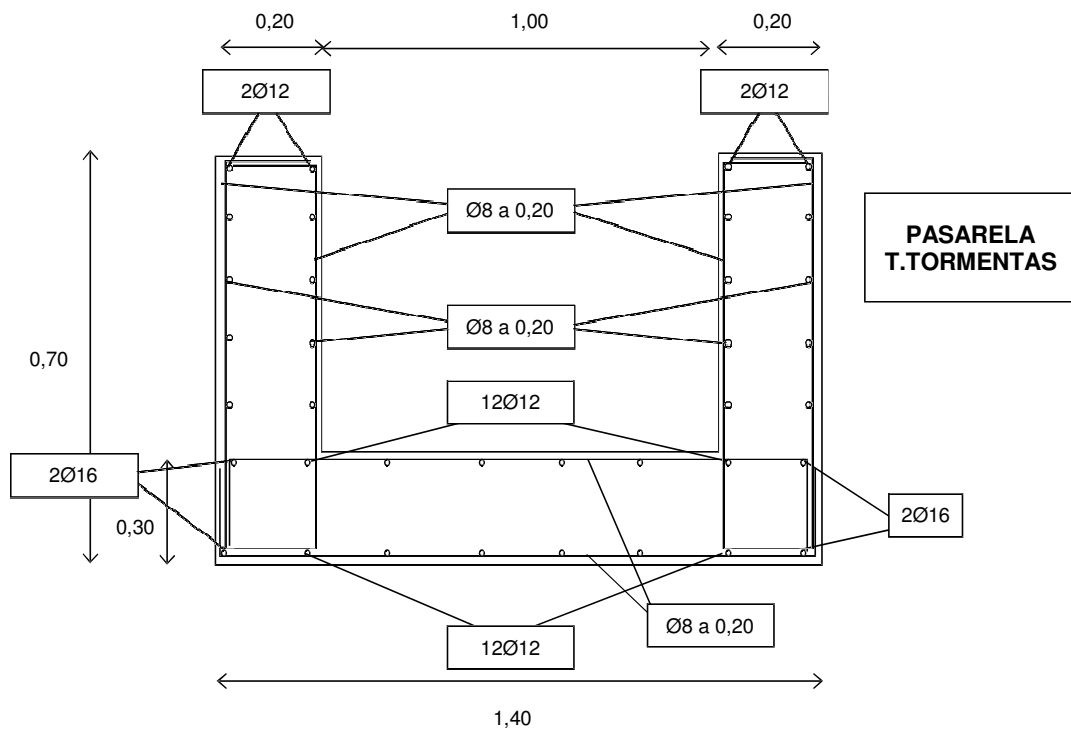
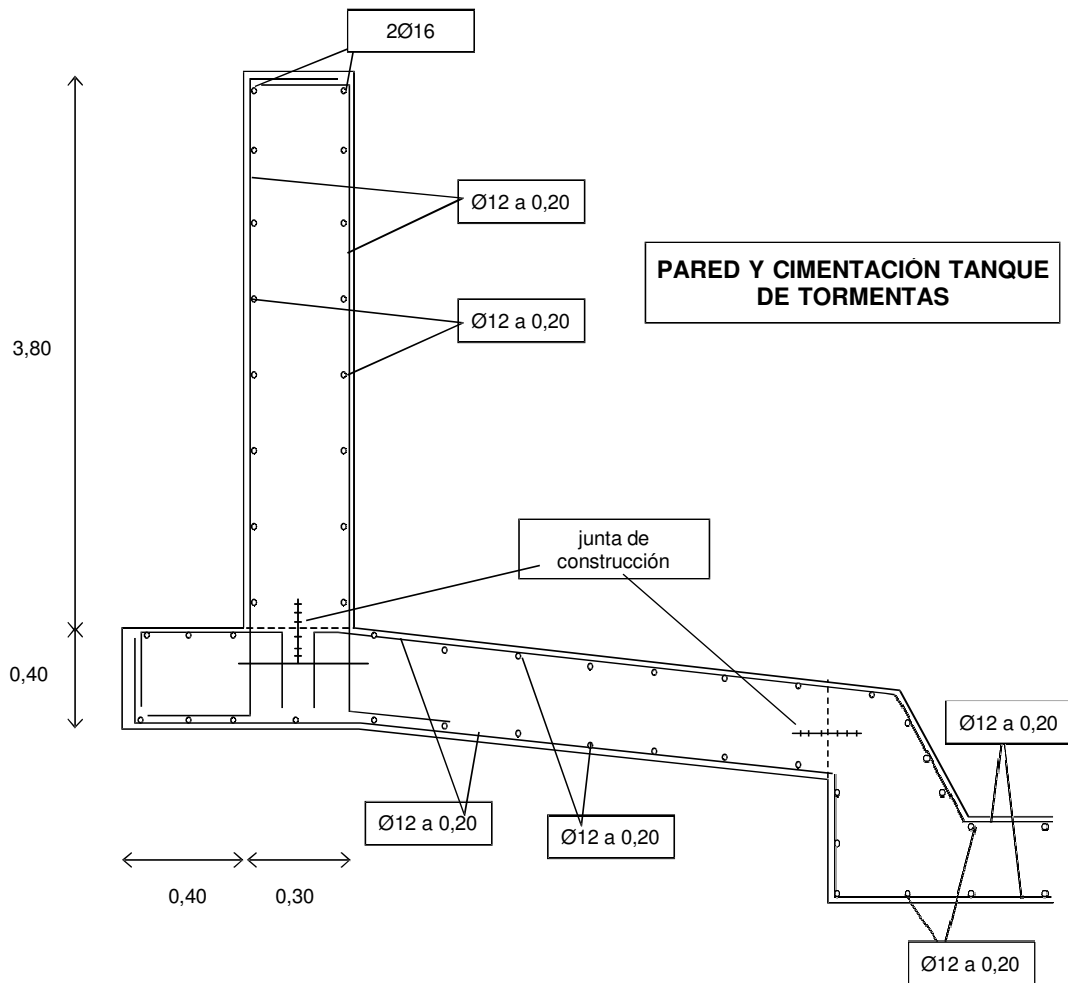
sustentación	ambas	
sección	apoyo	
$Q_k$ [kN] =	120,0	
$Q_d$ [kN] =	182,7	

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**TANQUE DE TORMENTAS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

## **3.6 CROQUIS ARMADO**



PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

## **2. REACTOR BIOLÓGICO Y DECANTADOR SECUNDARIO**



PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

NOMBRE: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres)**

CÁLCULO: REACTOR BIOLÓGICO Y DECANTADOR SECUNDARIO

## **ÍNDICE DE CÁLCULOS**

- 1.- METODOLOGÍA
- 2.- BASES DE CÁLCULO
- 3.- CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LA PARED DEL DEPÓSITO
- 4.- DIMENSIONAMIENTO PARED Y COMPROB. A FISURACIÓN
- 5.- CIMENTACIÓN DE LA PARED DEL DEPÓSITO
- 6.- COMPROBACIÓN DE FLOTABILIDAD
- 7.- CIMENTACION DE LA PARED DEL DEPOSITO
- 8.- ARQUEDAS ADOSADAS
- 9.- CROQUIS ARMADO

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: <a href="#">Inyges Consultores, S.L.</a></b>

## 1.- METODOLOGÍA

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

## **METODOLOGÍA**

### **METODOLOGÍA DECANTADOR SECUNDARIO**

La simetría que presenta la principal sollicitación existente en este tipo de estructuras, la presión hidrostática, hace que una de las formas más óptimas para la contención del agua sea la circular.

Para el cálculo de esta pared resistente lo más adecuado es recurrir a la teoría de flexión en láminas cilíndricas que permite obtener, para el caso de paredes de espesor constante, unas expresiones relativamente sencillas ya que se trata de geometrías de cilíndricas de revolución solicitadas por cargas que también presentan una distribución simétrica respecto al eje de revolución, y realizando siempre las simplificaciones que se realizan usualmente en estos casos.

Para la resolución del problema se ha dividido en tres estados, uno isostático de membrana y otros dos para poder obtener así las dos variables hiperestáticas que lo resuelven. El desarrollo teórico de este proceso se encuentra detallado en la hoja correspondiente a estos cálculos.

Los esfuerzos característicos que se obtienen son:

- Momento vertical  $M_x$ , para dimensionar la armadura vertical,
- Momento circunferencial  $M_\theta$ , para dimensionar la armadura horizontal,
- Axil circunferencial  $N_\theta$ , para dimensionar la armadura horizontal, y
- Cortante  $Q_x$ , para dimensionar a cortante la sección.

En el análisis se ha prescindido de las cargas verticales sobre la pared del depósito ya que, al tener simetría de revolución, producirán unos esfuerzos  $N_x$  que corresponden a una sollicitación axil pura sobre la pared que puede analizarse muy fácilmente.

Con los esfuerzos característicos que se obtienen se deducen los de cálculo teniendo en cuenta los coeficientes de mayoración de acciones definidos en las bases de cálculo de este apartado.

Para el dimensionamiento de la cimentación, al haberse elegido la tipología de losa, aplicándosele por lo tanto la teoría de placas circulares. De este modo se obtienen los esfuerzos característicos y se dimensionan las secciones.

Por último se realiza una comprobación de fisuración de las secciones estudiadas tanto en hipótesis de flexión simple como de tracción simple, según los casos.

Además se incluye una comprobación del nivel de seguridad ante la situación de flotación del elemento.

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	Empresa Redactora: <b>Inyges Consultores, S.L.</b>

## 2.- BASES DE CÁLCULO

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	
<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>	

**Calidad de los materiales**

Hormigón: HA-30 / b / 20 / Qb	Art. 39.2 EHE
Acero: B 500 S	Art. 31.2 EHE
Ambiente: Qb                      Química agresiva media	Art. 8.2 EHE
Recubrimiento: 5 cm	Art. 37.2 EHE

**Coefficientes parciales de seguridad para los materiales para E.L.U. Art. 15.3 EHE**

Situación persistente o transitoria			
Hormigón:	$\gamma_c =$		1,50
Acero:	$\gamma_s =$		1,15

**Coefficientes de mayoración de acciones  $\gamma_f$  en función del nivel de control de ejecución. Art. 95.5 EHE**

Nivel de control de ejecución: Normal			
Cargas permanentes:	$\gamma_G =$		1,50
Cargas variables:	$\gamma_Q =$		1,60

La situación más desfavorable que se nos puede dar es que el agua llegue hasta la coronación del muro. De esta forma la incertidumbre que intenta contemplar el coeficiente de mayoración de acciones para cargas variables podría reducirse ya que se conoce su valor mayorado.

De estas premisas obtenemos el siguiente coeficiente de mayoración.

$$\gamma_c = (H_t)/(H_w)$$

Aplicando las Normas de Edificación, tenemos que el cálculo de muros de sostenimiento de tierras (art. 4.17) los componentes horizontal y vertical del empuje se ponderan multiplicándolos respectivamente por los siguientes coeficientes:

$$K_H = 1 + C$$

$$K_V = 1 + C$$

grado de intensidad, G = V

coeficiente sísmico básico, C = 0,02

grado de intensidad G	coeficiente sísmico básico C
V	0,02
VI	0,04
VII	0,08
VIII	0,15
IX	0,30

Por tanto  $K_H = K_V = 1,02$

De lo expuesto anteriormente se obtiene el siguiente coeficiente de mayoración de cargas:

$$\gamma_f = \gamma_c K_v$$

Y finalmente adoptamos los siguientes coeficientes:

Cargas permanentes:	$\gamma_G =$	1,50
Cargas variables:	$\gamma_Q =$	1,60

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	Empresa Redactora: <b>Inyges Consultores, S.L.</b>

### **3.- CÁLCULO DE ESFUERZOS EN LA PARED DEL DEPÓSITO**

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	
<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>	

### METODOLOGÍA

La siguiente metodología se ha desarrollado considerando a las paredes del depósito como láminas.

La solución general para el desplazamiento radial de la lámina válida para coacciones de borde tanto superior como inferior será:

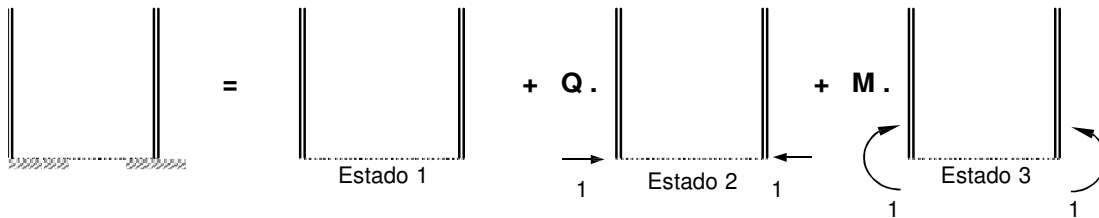
$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) + e^{\lambda x} ( C_1 \cos \lambda x + C_2 \sen \lambda x ) + e^{-\lambda x} ( C_3 \cos \lambda x + C_4 \sen \lambda x )$$

Las constantes  $C_i$  según sean las condiciones de contorno serán:

$$\begin{cases} \text{En el caso de borde superior libre } C_1 = C_2 = 0. \\ \text{En el caso de borde inferior libre } C_3 = C_4 = 0. \end{cases}$$

En nuestro caso la lámina se encuentra libre en su borde superior, por lo tanto:

$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) + e^{-\lambda x} ( C_3 \cos \lambda x + C_4 \sen \lambda x )$$



El primer estado es el estado membrana y su solución será:

$$w_m = \gamma R^2 (h-x) / (E d)$$

Para el segundo estado las condiciones de contorno son:

$$\begin{cases} M_x (x=0) = 0 & Q (x=0) = Q \end{cases}$$

y operando resulta:

$$\begin{cases} C_3 = - Q / ( 2 \lambda^3 D ) & C_4 = 0 \end{cases}$$

siendo:

$$w_Q = - Q / ( 2 \lambda^3 D ) e^{-\lambda x} \cos \lambda x$$

Para el tercer estado las condiciones de contorno son:

$$\begin{cases} M_x (x=0) = M & Q (x=0) = 0 \end{cases}$$

de donde:

$$\begin{cases} C_3 = M / ( 2 \lambda^2 D ) & C_4 = - M / ( 2 \lambda^2 D ) \end{cases}$$

siendo:

$$w_M = M / ( 2 \lambda^2 D ) e^{-\lambda x} ( \cos \lambda x - \sen \lambda x )$$

La suma de los tres estados da la solución final:

$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) - Q / ( 2 \lambda^3 D ) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + M / ( 2 \lambda^2 D ) e^{-\lambda x} ( \cos \lambda x - \sen \lambda x )$$

Para la determinación de M y Q se imponen deformación y giro nulo en la base:

$$\begin{cases} w (x=0) = 0 & dw/dx (x=0) = 0 \end{cases}$$

de donde:

$$\begin{cases} Q = 2 \lambda^3 \gamma R^2 ( 2h - 1/\lambda ) D / (E d) \\ M = 2 \lambda^2 \gamma R^2 ( h - 1/\lambda ) D / (E d) \end{cases}$$

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	
<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>	

### CÁLCULO DE ESFUERZOS

#### Datos iniciales

espesor pared, e =	0,30 m	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30
altura del depósito, h =	4,10 m	$E_c$ [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090
densidad del líquido, $\gamma$ =	1,00 t/m <sup>3</sup>		
radio medio, R =	10,300 m		
módulo de Poisson, $\nu$ =	0,20		
módulo de elasticidad, E =	3.290.897 t/m <sup>2</sup>		
rigidez de la placa, D =	7.713 t m	$D = E e^3 / [12(1-\nu^2)]$	

landa, $\lambda$ =	0,7411	$\lambda^4 = 3(1-\nu^2) / (R^2 e^2)$
$D / (E e)$ =	0,0078 m <sup>2</sup>	$D / (E e) = e^2 / (12(1-\nu^2))$

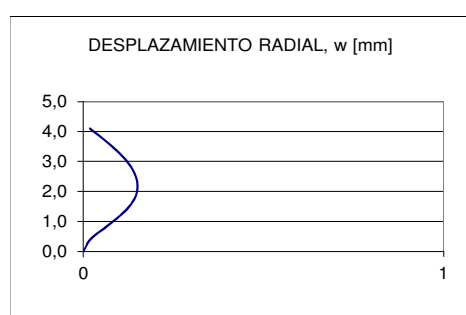
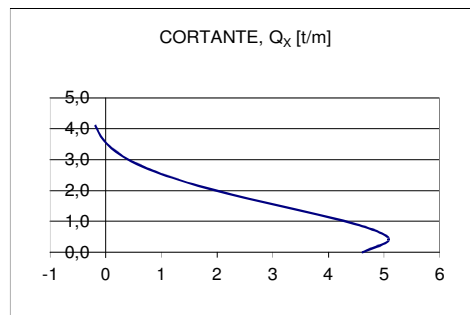
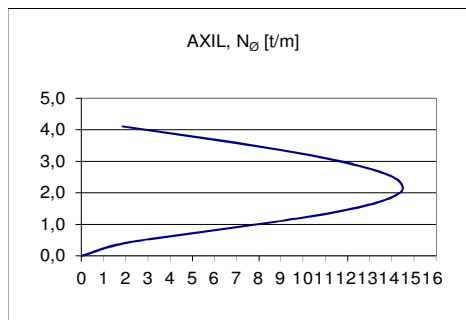
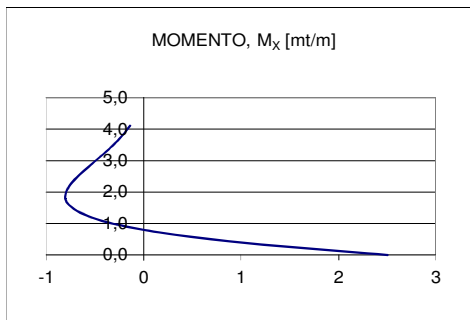
Las variables hiperestáticas son:

M =	2,50 m t/m
Q =	4,62 t/m

Los esfuerzos en la lámina serán:

$N_\theta = E e w / R$	$N_\theta = \gamma R (h-x) - E e Q / (2 \lambda^3 D R) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + E e M / (2 \lambda^2 D R) e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x)$
$M_x = D d^2w/dx^2$	$M_x = - Q/\lambda e^{-\lambda x} \text{sen } \lambda x + M e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \text{sen } \lambda x)$
$Q_x = - dM_x/dx$	$Q_x = Q e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x) + 2 \lambda M e^{-\lambda x} \text{sen } \lambda x$

x/h	x	$N_\theta$ [t/m]	$M_x$ [mt/m]	$Q_x$ [t/m]
1,0	4,1	1,873	-0,1377	-0,179
0,9	3,7	6,013	-0,2452	-0,061
0,8	3,3	9,635	-0,3812	0,170
0,7	2,9	12,458	-0,5355	0,553
0,6	2,5	14,163	-0,6848	1,117
0,5	2,1	14,446	-0,7877	1,874
0,4	1,6	13,102	-0,7794	2,794
0,3	1,2	10,164	-0,5693	3,785
0,2	0,8	6,093	-0,0411	4,658
0,1	0,4	2,014	0,9392	5,095
0,0	0,0	0,000	2,5042	4,622
máximo		14,446	2,504	5,095





PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	
<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>	

### METODOLOGÍA

La siguiente metodología se ha desarrollado considerando a las paredes del depósito como láminas.

La solución general para el desplazamiento radial de la lámina válida para coacciones de borde tanto superior como inferior será:

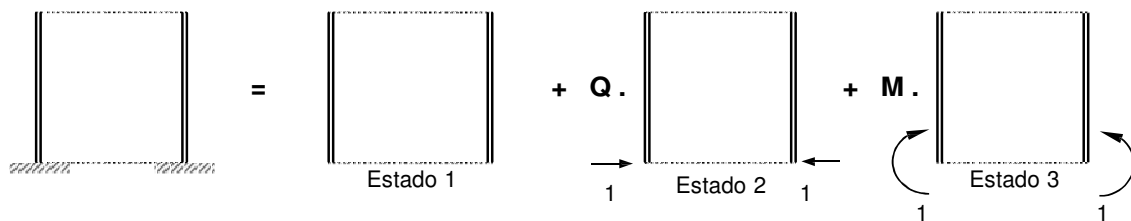
$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) + e^{\lambda x} ( C_1 \cos \lambda x + C_2 \sen \lambda x ) + e^{-\lambda x} ( C_3 \cos \lambda x + C_4 \sen \lambda x )$$

Las constantes  $C_i$  según sean las condiciones de contorno serán:

$$\begin{cases} \text{En el caso de borde superior libre } C_1 = C_2 = 0. \\ \text{En el caso de borde inferior libre } C_3 = C_4 = 0. \end{cases}$$

En nuestro caso la lámina se encuentra libre en su borde superior, por lo tanto:

$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) + e^{-\lambda x} ( C_3 \cos \lambda x + C_4 \sen \lambda x )$$



El primer estado es el estado membrana y su solución será:

$$w_m = \gamma R^2 (h-x) / (E d)$$

Para el segundo estado las condiciones de contorno son:

$$\begin{cases} M_x (x=0) = 0 & Q (x=0) = Q \end{cases}$$

y operando resulta:

$$\begin{cases} C_3 = - Q / ( 2 \lambda^3 D ) & C_4 = 0 \end{cases}$$

siendo:

$$w_Q = - Q / ( 2 \lambda^3 D ) e^{-\lambda x} \cos \lambda x$$

Para el tercer estado las condiciones de contorno son:

$$\begin{cases} M_x (x=0) = M & Q (x=0) = 0 \end{cases}$$

de donde:

$$\begin{cases} C_3 = M / ( 2 \lambda^2 D ) & C_4 = - M / ( 2 \lambda^2 D ) \end{cases}$$

siendo:

$$w_M = M / ( 2 \lambda^2 D ) e^{-\lambda x} ( \cos \lambda x - \sen \lambda x )$$

La suma de los tres estados da la solución final:

$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E e) - Q / ( 2 \lambda^3 D ) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + M / ( 2 \lambda^2 D ) e^{-\lambda x} ( \cos \lambda x - \sen \lambda x )$$

Para la determinación de M y Q se imponen deformación y giro nulo en la base:

$$\begin{cases} w (x=0) = 0 & dw/dx (x=0) = 0 \end{cases}$$

de donde:

$$\begin{cases} Q = 2 \lambda^3 \gamma R^2 ( 2h - 1/\lambda ) D / (E e) \\ M = 2 \lambda^2 \gamma R^2 ( h - 1/\lambda ) D / (E e) \end{cases}$$

**Datos iniciales**

espesor pared, e =	0,30 m	f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	30
altura del depósito, h =	4,10 m	E <sub>c</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090
densidad del líquido, γ =	1,00 t/m <sup>3</sup>		
radio medio, R =	5,150 m		
módulo de Poisson, ν =	0,20		
módulo de elasticidad, E =	3.290.897 t/m <sup>2</sup>		
rigidez de la placa, D =	7.713 t m	D = E e <sup>3</sup> / [12(1-ν <sup>2</sup> )]	

landa, λ =	1,0481	λ <sup>4</sup> = 3(1-ν <sup>2</sup> ) / (R <sup>2</sup> e <sup>2</sup> )	
D / (E e) =	0,0078 m <sup>2</sup>	D / (E e) = e <sup>2</sup> / (12(1-ν <sup>2</sup> ))	

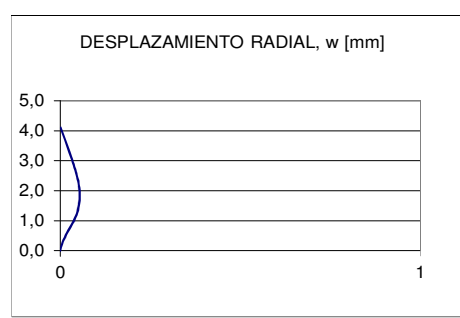
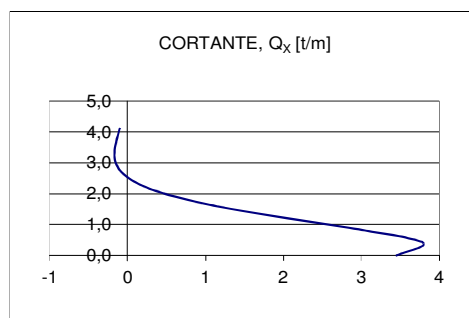
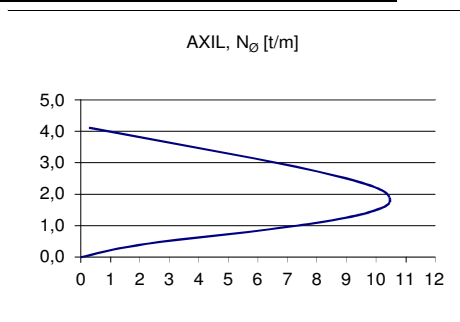
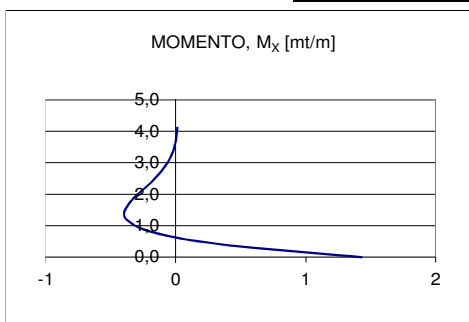
Las variables hiperestáticas son:

M =	1,43 m t/m
Q =	3,46 t/m

Los esfuerzos en la lámina serán:

$N_{\theta} = E e w / R$	$N_{\theta} = \gamma R (h-x) - E e Q / (2 \lambda^3 D R) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + E e M / (2 \lambda^2 D R) e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x)$
$M_x = D d^2w/dx^2$	$M_x = -Q/\lambda e^{-\lambda x} \text{sen } \lambda x + M e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \text{sen } \lambda x)$
$Q_x = -dM_x/dx$	$Q_x = Q e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x) + 2 \lambda M e^{-\lambda x} \text{sen } \lambda x$

x/h	x	N <sub>θ</sub> [t/m]	M <sub>x</sub> [mt/m]	Q <sub>x</sub> [t/m]
1,0	4,1	0,318	0,0154	-0,099
0,9	3,7	2,667	0,0035	-0,144
0,8	3,3	5,024	-0,0265	-0,167
0,7	2,9	7,262	-0,0824	-0,127
0,6	2,5	9,144	-0,1676	0,040
0,5	2,1	10,319	-0,2736	0,411
0,4	1,6	10,354	-0,3688	1,054
0,3	1,2	8,876	-0,3843	1,974
0,2	0,8	5,859	-0,2027	3,027
0,1	0,4	2,121	0,3412	3,796
0,0	0,0	0,000	1,4320	3,457
<b>máximo</b>		<b>10,354</b>	<b>1,432</b>	<b>3,796</b>



PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULO</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

#### **4.- DIMENSIONAMIENTO PARED Y COMPROB. A FISURACIÓN**

PROYECTO:

SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

**RESUMEN DE ESFUERZOS**

FLEXIÓN SIMPLE		
sección	1	2
M <sub>k</sub> [t m] =	0,94	2,50
M <sub>d</sub> [t m] =	1,50	4,01

TRACCIÓN SIMPLE	
sección	3
N <sub>k</sub> [t m] =	14,45
N <sub>d</sub> [t m] =	23,11

**DIMENSIONAMIENTO DE LAS PAREDES DEL DEPÓSITO**

ancho sección, b [m] = 1,00  
recubrimiento, c [m] = 0,05

γ<sub>F</sub> = 1,60  
altura pared [m] = 4,10

FLEXIÓN SIMPLE		
sección	1	2
x/H =	0,10	0,00
altura cambio armadura [m] =	0,41	
momento de cálculo, Md [t m] =	1,50	4,01
espesor [m] =	0,30	0,30
As mín geom [cm <sup>2</sup> /m] =	2,7	2,7
As mín mec [cm <sup>2</sup> /m] =	5,5	5,5
As flex [cm <sup>2</sup> /m] =	1,6	4,2
As nec [cm <sup>2</sup> /m] =	5,5	5,5
armad normal	Ø [mm] = 12	12
	Sep [cm] = 20	20
refuerzo	Ø [mm] = 0	10
	Sep [cm] = 20	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	9,6

TRACCIÓN SIMPLE	
sección	3
x/H =	0,50
H =	2,05
axil de cálculo, Nd [t] =	23,11
espesor [m] =	0,30
As mín [cm <sup>2</sup> /m] =	9,6
As tracc [cm <sup>2</sup> /m] =	5,3
As disp [cm <sup>2</sup> /m] =	9,6
Ø [mm] =	12
Sep [cm] =	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,8
2 As real [cm <sup>2</sup> /m] =	11,7

Cuant. Geom. Mínima: 0,9 por mil en cara traccionada.

$$\text{As flex} = M_d / (0,9 d f_{yd})$$

Cuant. Geom. Mínima: 3,2 por mil a repartir.

$$\text{As tracc} = N_d / f_{yd}$$

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN (Art. 49 EHE)**

Hormigón		Acero		w <sub>máx</sub> [mm] =	0,1
f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	500	β =	1,7
γ <sub>c</sub> =	1,50	γ <sub>s</sub> =	1,15	k <sub>2</sub> =	0,5
f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,00	f <sub>yd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8		
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	2,90				
E <sub>c</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090	E <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	2.100.000		
n = E <sub>s</sub> / E <sub>c</sub> =	6,4				

FLEXIÓN SIMPLE		
sección	1	2
M <sub>k</sub> [t m] =	0,94	2,50
espesor [m] =	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12
Sep [cm] =	20	10
15 Ø [cm] =	18	18
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	9,6
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	675,0	750,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212	167
M <sub>fis</sub> [m t] =	4,3	4,3
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	3.615,6	2.133,8
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	781,6	1.229,9
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00015	0,00023
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> ] =	(0,00361)	(0,00030)
ε <sub>sm</sub> =	0,00015	0,00023
w <sub>k</sub> [mm] =	0,054	0,066
ELS Fisuración	CUMPLE	CUMPLE

TRACCIÓN SIMPLE	
sección	3
N <sub>k</sub> [t] =	14,45
espesor [m] =	0,30
Ø [mm] =	12,2
Sep [cm] =	20
15 Ø [cm] =	18,3
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	11,7
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	1.372,5
S <sub>m</sub> [mm] =	212
N <sub>fis</sub> [t] =	86,9
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	7.433,3
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	1.235,7
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00024
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> ] =	(0,01006)
ε <sub>sm</sub> =	0,00024
w <sub>k</sub> [mm] =	0,085
ELS Fisuración	CUMPLE

Formulación empleada:

$$M_{fis} = f_{ct,m} b h^2 / 6$$

$$\epsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s) [1 - (k_2 \sigma_{sr} / \sigma_s)^2]$$

$$\sigma_{sr} = M_{fis} / (0,8 d A_s)$$

$$\sigma_s = M_k / M_{fis} \sigma_{sr}$$

$$w_k = \beta S_m \epsilon_{sm}$$

$$w_k \leq w_{k \max}$$

Formulación empleada:

$$N_{fis} = A_c f_{ct,m}$$

$$\sigma_s = N_k / N_{fis} \sigma_{sr}$$

$$\sigma_{sr} = n N_{fis} / A_c$$

PROYECTO:

SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

**RESUMEN DE ESFUERZOS**

FLEXIÓN SIMPLE		
sección	1	2
M <sub>k</sub> [t m] =	0,34	1,43
M <sub>d</sub> [t m] =	0,55	2,29

TRACCIÓN SIMPLE	
sección	3
N <sub>k</sub> [t m] =	10,35
N <sub>d</sub> [t m] =	16,57

**DIMENSIONAMIENTO DE LAS PAREDES DEL DEPÓSITO**

ancho sección, b [m] = 1,00  
recubrimiento, c [m] = 0,05

γ<sub>F</sub> = 1,60  
altura pared [m] = 4,10

FLEXIÓN SIMPLE		
sección	1	2
x/H =	0,10	0,00
altura cambio armadura [m] =	0,41	
momento de cálculo, Md [t m] =	0,55	2,29
espesor [m] =	0,30	0,30
As mín geom [cm <sup>2</sup> /m] =	2,7	2,7
As mín mec [cm <sup>2</sup> /m] =	5,5	5,5
As flex [cm <sup>2</sup> /m] =	0,6	2,4
As nec [cm <sup>2</sup> /m] =	5,5	5,5
armad normal	Ø [mm] = 12	12
	Sep [cm] = 20	20
refuerzo	Ø [mm] = 0	0
	Sep [cm] = 20	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7

TRACCIÓN SIMPLE	
sección	3
x/H =	0,50
H =	2,05
axil de cálculo, Nd [t] =	16,57
espesor [m] =	0,30
As mín [cm <sup>2</sup> /m] =	9,6
As tracc [cm <sup>2</sup> /m] =	3,8
As disp [cm <sup>2</sup> /m] =	9,6
Ø [mm] =	12
Sep [cm] =	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7
2 As real [cm <sup>2</sup> /m] =	11,3

Cuant. Geom. Mínima: 0,9 por mil en cara traccionada.

As flex = M<sub>d</sub> / (0,9 d f<sub>yd</sub>)

Cuant. Geom. Mínima: 3,2 por mil a repartir.

As tracc = N<sub>d</sub> / f<sub>yd</sub>

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN (Art. 49 EHE)**

Hormigón		Acero		w <sub>máx</sub> [mm] =	0,1
f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	500	β =	1,7
γ <sub>c</sub> =	1,50	γ <sub>s</sub> =	1,15	k <sub>2</sub> =	0,5
f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,00	f <sub>yd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8		
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	2,90				
E <sub>c</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090	E <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	2.100.000		
n = E <sub>s</sub> / E <sub>c</sub> =	6,4				

FLEXIÓN SIMPLE		
sección	1	2
M <sub>k</sub> [t m] =	0,34	1,43
espesor [m] =	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12
Sep [cm] =	20	20
15 Ø [cm] =	18	18
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	675,0	675,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212	212
M <sub>fis</sub> [m t] =	4,3	4,3
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	3.615,6	3.615,6
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	283,9	1.191,7
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00005	0,00023
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> )] =	(0,01083)	(0,00204)
ε <sub>sm</sub> =	0,00005	0,00023
w <sub>k</sub> [mm] =	0,019	0,082
ELS Fisuración	CUMPLE	CUMPLE

TRACCIÓN SIMPLE	
sección	3
N <sub>k</sub> [t] =	10,35
espesor [m] =	0,30
Ø [mm] =	12
Sep [cm] =	20
15 Ø [cm] =	18
As [cm <sup>2</sup> /m] =	11,3
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	1.350,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212
N <sub>fis</sub> [t] =	86,9
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	7.683,1
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	915,5
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00017
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> )] =	(0,01492)
ε <sub>sm</sub> =	0,00017
w <sub>k</sub> [mm] =	0,063
ELS Fisuración	CUMPLE

Formulación empleada:

M<sub>fis</sub> = f<sub>ct,m</sub> b h<sup>2</sup> / 6

ε<sub>sm</sub> = (σ<sub>s</sub>/E<sub>s</sub>) [1-(k<sub>2</sub>(σ<sub>sr</sub>/σ<sub>s</sub>)<sup>2</sup>)]

σ<sub>sr</sub> = M<sub>fis</sub> / (0,8 d A<sub>s</sub>)

σ<sub>s</sub> = M<sub>k</sub> / M<sub>fis</sub> σ<sub>sr</sub>

w<sub>k</sub> = β S<sub>m</sub> ε<sub>sm</sub>

w<sub>k</sub> <= w<sub>k</sub> max

Formulación empleada:

N<sub>fis</sub> = A<sub>c</sub> f<sub>ct,m</sub>

σ<sub>s</sub> = N<sub>k</sub> / N<sub>fis</sub> σ<sub>sr</sub>

σ<sub>sr</sub> = n N<sub>fis</sub> / Ac

σ<sub>s</sub> = N<sub>k</sub> / N<sub>fis</sub> σ<sub>sr</sub>

PROYECTO:

SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

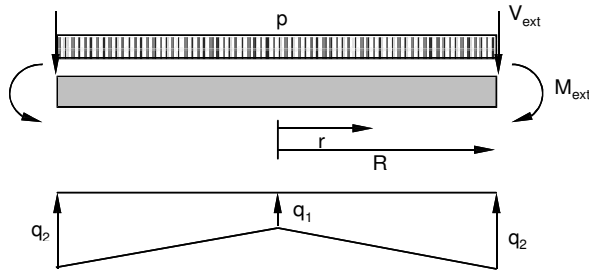
## **5.- CIMENTACIÓN DE LA PARED DEL DEPÓSITO**

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS**

Para solucionar el problema se modeliza como una placa circular empotrada en sus extremos.



**Datos iniciales**

espesor losa, e =	0,40 m	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30
radio medio, R =	10,30 m	$E_c$ [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090
módulo de elasticidad, E =	3.290.897 t/m <sup>2</sup>		
módulo de Poisson, v =	0,20		
rigidez de la placa, D =	18.283 t m	$D = E e^3 / [12(1-v^2)]$	
carga repartida, p =	3,8 t/m <sup>2</sup>		
momento exterior, $M_{ext}$ =	-2,504 m t/m		
carga vertical, $V_{ext}$ =	2,63 t/m		

Ecuación de corrimientos y de cortante:

$$\left\{ \begin{aligned} w &= 1/D [ (q_1-p) r^4 / 64 + (q_2-q_1) r^5 / (225 R) ] + C_0 r^2/4 (Lr-1) + C_1 r^2/4 + C_2 Lr + C_3 \\ Q_r &= - 1/r \text{ INTEGR } (r p(r) dr) - C_0 D / r \end{aligned} \right.$$

Como la placa contiene al origen  $C_2 = 0$ .

Como no existe carga puntual en el centro  $C_0 = 0$ .

Cambio  $C_1$  por  $C_1 / D$

Se toma  $C_3 = 0$  al considerar  $w(0) = 0$ .

La ley de tensiones de respuesta del terreno que se ha supuesto es la siguiente:

$$q(r) = q_1 + (q_2 - q_1) r / R$$

Equilibrio total de la placa:

$$\left\{ \begin{aligned} q_1 + 2 q_2 &= 3p + 6 V/R & q_1 &= 2,66 \text{ t/m}^2 \\ & & q_2 &= 5,06 \text{ t/m}^2 \end{aligned} \right.$$

Condición de contorno: giro nulo en el borde.

$$\left\{ \begin{aligned} dw/dr &= 1/D [ (q_1-p) r^3 / 16 + (q_2-q_1) r^4 / (45 R) + C_1 r / 2 ] \\ dw/dr (R) &= 0 \Rightarrow C_1 &= 3,1698 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \right.$$

Condición de contorno: momento en el borde igual al momento exterior ( $r = R$ ).

$$\left\{ \begin{aligned} M_r &= - D [ d^2w/dr^2 + v/r dw/dr ] & M_r (R) &= -2,504 \text{ m t/m} \end{aligned} \right.$$

donde:

$$\left\{ \begin{aligned} dw/dr &= 1/D [ (q_1-p) r^3 / 16 + (q_2-q_1) r^4 / (45 R) + C_1 r / 2 ] & D dw/dr (R) &= 0,000000 \text{ m}^{-1} \\ d^2w/dr^2 &= 1/D [ 3(q_1-p) r^2 / 16 + 4 (q_2-q_1) r^3 / (45 R) + C_1 / 2 ] & D d^2w/dr^2 (R) &= 2,504000 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \right.$$

Los momentos en la placa circular vienen dados por las expresiones:

$$\left\{ \begin{aligned} M_r &= - D [ d^2w/dr^2 + v/r dw/dr ] \\ M_\theta &= - D [ 1/r dw/dr + v d^2w/dr^2 ] \end{aligned} \right.$$

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

Para el cálculo del cortante se tienen en cuenta la carga repartida p y la reacción del terreno:

$$p(r) = q(r) - p = q_1 (q_2 - q_1) r / R - p$$

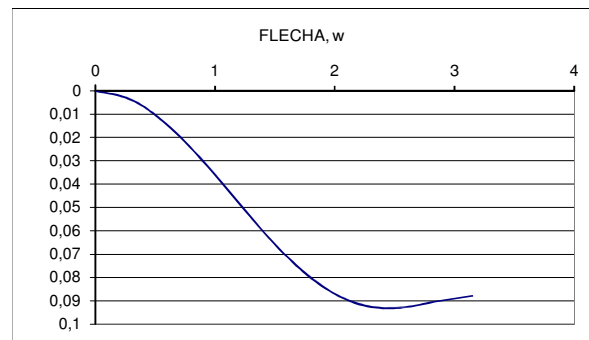
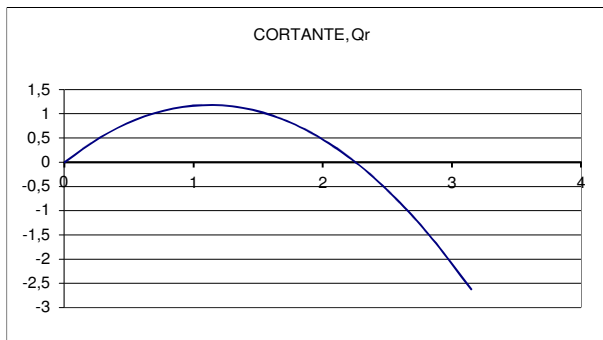
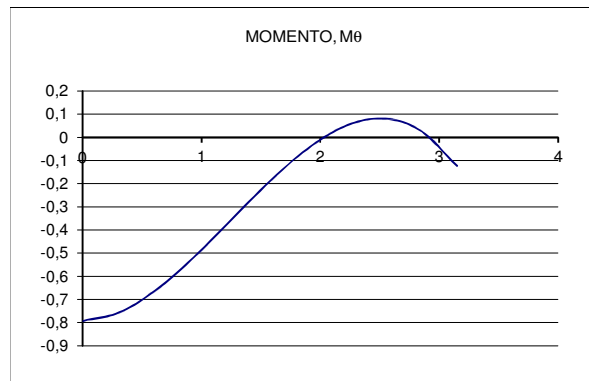
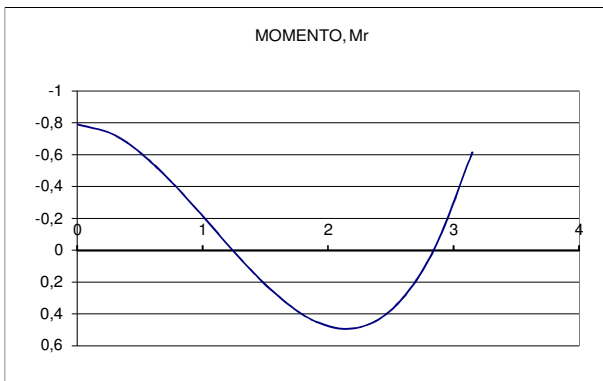
$$Q_r = - 1/r \text{ INTEGR } (r p(r) dr)$$

Resultando de este modo la siguiente expresión:

$$Q_r = - [ (q_1 - p) r/2 + (q_2 - q_1) r^2 / (3 R) ]$$

A continuación se muestra la siguiente tabla de resultados donde los esfuerzos se encuentran sin mayorar.

r/R	r	M <sub>r</sub>	M <sub>θ</sub>	Q <sub>r</sub>	w [mm]	D 1/r dw/dr	D d <sup>2</sup> w/dr <sup>2</sup>
0,0	0,0	-1,90	-1,90	0,00	0,00	1,5849	1,5849
0,1	1,0	-1,69	-1,80	0,48	0,04	1,5180	1,3898
0,2	2,1	-1,16	-1,52	0,80	0,17	1,3400	0,8954
0,3	3,1	-0,45	-1,13	0,95	0,34	1,0848	0,2378
0,4	4,1	0,29	-0,70	0,93	0,53	0,7866	-0,4468
0,5	5,2	0,93	-0,28	0,75	0,70	0,4795	-1,0222
0,6	6,2	1,31	0,07	0,41	0,80	0,1973	-1,3523
0,7	7,2	1,31	0,29	-0,10	0,83	-0,0257	-1,3009
0,8	8,2	0,76	0,30	-0,78	0,79	-0,1557	-0,7319
0,9	9,3	-0,46	0,06	-1,62	0,70	-0,1584	0,4911
1,0	10,3	-2,50	-0,50	-2,63	0,65	0,0000	2,5040





PROYECTO:

SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

**DIMENSIONAMIENTO DE LA PLACA A FLEXIÓN SIMPLE**

Para el dimensionamiento de la losa inferior del depósito se toman los siguientes esfuerzos:

$\gamma_F = 1,60$

		sin mayorar	mayorados	
momento radial, $M_r =$	positivo	1,31	<b>2,10</b>	m t/m
	negativo	-2,50	<b>-4,01</b>	m t/m
momento circunf, $M_\theta =$	positivo	0,30	<b>0,48</b>	m t/m
	negativo	-1,90	<b>-3,04</b>	m t/m
cortante, $Q_r =$	positivo	0,95	<b>1,52</b>	t/m
	negativo	-2,63	<b>-4,20</b>	t/m

Geometría de la sección		Caract. materiales		Cálculos intermedios	
b [m] =	1,00	fck [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	$A_C =$	0,4 m <sup>2</sup>
e [m] =	0,40	fyk [N/mm <sup>2</sup> ] =	500	$U_0 = 0,85 f_{cd} \cdot b \cdot d =$	5.950 kN
r [m] =	0,05	$\gamma_C =$	1,50	$U_V = 2 U_0 \cdot d'/d =$	1.700 kN
d [m] =	0,35	$\gamma_S =$	1,15	$U_A = 2 U_0 \cdot h/d =$	13.600 kN
d' [m] =	0,05	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	$0,375 U_0 \cdot d =$	780,9 kN m
		fyd [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8		

**Cuantías mínimas:**

Geométrica. Losa 1,8 por mil en total.  $A_{S1} + A_{S2} \geq 7,2 \text{ cm}^2$

Mecánica.  $A_{S1} \geq 0,04 A_C f_{cd}/f_{yd} = 7,36 \text{ cm}^2$

**Dimensionamiento (según Anejo nº8 de la EHE)**

		Md [kN m]	$U_{S1}$ [kN]	$U_{S2}$ [kN]	$A_{S1}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{S2}$ [cm <sup>2</sup> ]
momento radial, $M_r =$	positivo	21,0	60,3	0,0	1,4	0,0
	negativo	40,1	115,6	0,0	2,7	0,0
momento circunferencial, $M_\theta =$	positivo	4,8	13,8	0,0	0,3	0,0
	negativo	30,4	87,6	0,0	2,0	0,0

Nota: para los momentos negativos la  $A_{S1}$  se corresponde con la cara traccionada.

**Armadura adoptada**

armadura radial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
armadura circunferencial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm

**Cortante**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$V_{U1} = f_{1CD} b d = 2.400 \text{ kN/m}$  donde  $f_{1CD} = 0,30 f_{CD}$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$V_{U2} = [0,12 \zeta (100 \rho_L f_{CK})^{1/3} - 0,15 \sigma'_{CD}] b_0 d = 125 \text{ kN/m}$

$\zeta = 1 + (200/d)^{1/2} = 1,76$

$\rho_L = 0,0016$

$\sigma'_{CD} = 0,0000$

Como  $V_d < V_{U1}$  y  $V_d < V_{U2}$  no hace falta disponer de armadura de cortante.

PROYECTO:

SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

**CARACTERÍSTICAS MATERIALES**

Nota: A continuación se realiza una comprobación del cumplimiento del armado tanto de la placa en cuanto a cuantías mínimas geométricas y mecánicas.

Hormigón		Acero	
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	500
$\gamma_c$ =	1,50	$\gamma_s$ =	1,15
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8

**PLACA DE CIMENTACIÓN**

espesor [m] =	0,4
ancho [m] =	1,0

**Cuantías mínimas:**

Geométrica.

Horizontal 1,8 por mil en total  $A_{S1} + A_{S2} \geq 7,20 \text{ cm}^2$

Mecánica (flex. simple)  $A_{S1} \geq 0,04 A_C f_{cd}/f_{yd} = 7,36 \text{ cm}^2$

**Armadura adoptada:**

dirección radial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} =$	11,31 cm <sup>2</sup>	

dirección circunferencial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} =$	11,31 cm <sup>2</sup>	

PROYECTO:

SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## 6.- COMPROBACIÓN DE FLOTABILIDAD

PROYECTO:

**SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

**COMPROBACIÓN DE FLOTABILIDAD**

dimensiones	pesos [kN]
<b>muro exterior</b>	3.204,4
altura [m] =	5,00
espesor [m] =	0,40
diámetro medio [m] =	20,40
<b>muro interior</b>	1.759,3
altura [m] =	5,00
espesor [m] =	0,40
diámetro medio [m] =	11,20
<b>losa</b>	3.074,1
espesor [m] =	0,35
diámetro [m] =	21,15
sup. de empuje [m <sup>2</sup> ] =	351,3
<b>total [kN]</b>	<b>8.037,8</b>

pesos materiales	
$\gamma_{HORM}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	25,0
peso del agua, w [kN/m <sup>3</sup> ] =	9,8
densidad terreno [kN/m <sup>3</sup> ] =	18,0

Nota: A la hora de determinar las cargas favorables no se ha considerado:

- El peso de las tierras del trasdós.
- El peso de los equipos.

condiciones necesarias para flotación	seguridad del elemento a flotación
espesor equivalente de los muros [m] =	0,57
espesor losa + equivalente muros [m] =	0,92
altura equivalente de agua [m] =	<b>2,33</b>
altura N.F. sobre ciment [m] =	0,50
factor de seguridad =	<b>4,67</b>

PROYECTO:	SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).
REACTOR BIOLÓGICO Y DECANTADOR SECUNDARIO	Empresa Redactora: <b>Inyges Consultores, S.L.</b>

## **7.- CIMENTACION DE LA PARED DEL DEPOSITO**

**MATERIALES**

Hormigón	
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	30
$\gamma_c$	1,50
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	20,0
$f_{ct,m}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	2,90
$E_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	32.909
$n = E_s / E_c$	6,1

Acero	
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	500
$\gamma_s$	1,15
$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	434,8
$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	200.000

mayorac, $\gamma_f$	1,25
$\gamma_{HORM}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	25
recub, c [m]	0,05

**Hipótesis I: Carga de agua**

Líquido en depósito (derecha)

altura, h1 [m]	4,10
$\gamma_{LÍQ}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	9,80

Carga de tierras (izquierda)

altura, h2 [m]	0,00
$\gamma_{TERR}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18,50
q [kN/m <sup>2</sup> ]	0,00
$\phi$ [°]	30
emp act, $k_A$	0,33

**Hipótesis I: Carga de agua**

Líquido en depósito (derecha)

N [kN]	Q [kN]	M [kN m]
82,4	-37,8	-14,7

Carga de tierras (izquierda)

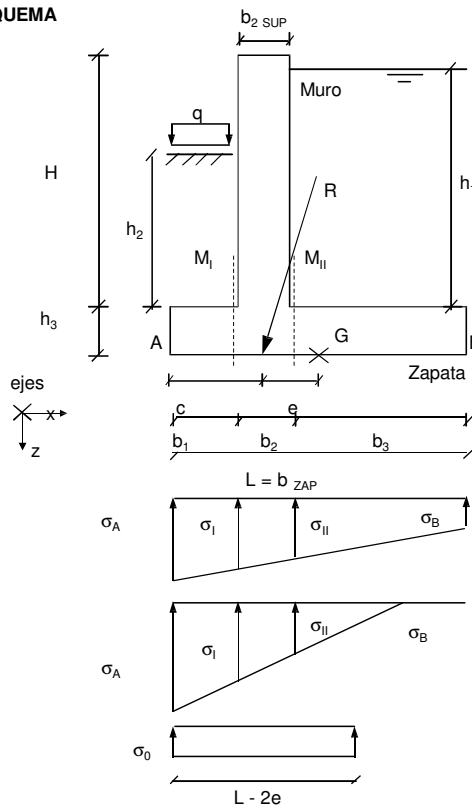
N [kN]	Q [kN]	M [kN m]
0,0	0,0	0,0

Peso propio [kN]

alzado =	30,8
zapata =	27,5

$M_A$ [kN m] =	
$\Sigma F_z$ [kN] =	
$\Sigma F_x$ [kN] =	

**ESQUEMA**

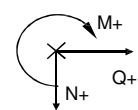


**GEOMETRÍA**

Zapata	
ancho, A [m]	1,00
canto, h3 [m]	0,40
b1 [m]	0,40
b2 [m]	0,30
b3 [m]	2,05
longit, L [m]	2,75

Muro	
altura, H [m]	4,10
b2 sup [m]	0,30

criterio de signos



**Hipótesis II: Carga tierras**

Líquido en depósito (derecha)

altura, h1 [m]	0,00
$\gamma_{LÍQ}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	9,80

Carga de tierras (izquierda)

altura, h2 [m]	2,80
$\gamma_{TERR}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18,50
q [kN/m <sup>2</sup> ]	1,00
$\phi$ [°]	30
emp act, $k_A$	0,33

**Hipótesis II: Carga tierras**

Líquido en depósito (derecha)

d [m]	$M_B$ [kN m]
-1,03	0,0
0,40	0,0
0,40	0,0

Carga de tierras (izquierda)

N [kN]	Q [kN]	M [kN m]
21,1	25,1	23,9

Peso propio [kN]

alzado =	30,8
zapata =	27,5

$M_B$ [kN m] =	
$\Sigma F_z$ [kN] =	
$\Sigma F_x$ [kN] =	

**COMPROBACIONES**

**Hipótesis I: Carga de agua**

deslizamiento: $\mu =$	0,58
$\Sigma F_z$ [kN]	140,6
$\Sigma F_x$ [kN]	-37,8
c.d.s. = $\mu \Sigma F_z / \Sigma F_x$	2,15

vuelco: $\Sigma M_E$ [kN m]	196,8
$\Sigma M_V$ [kN m]	-29,8
c.d.s. =	6,60

**Hipótesis I: Carga de agua**

d [m]	$M_A$ [kN m]
1,73	142,1
0,40	-15,1
0,40	-14,7

0,20	0,0
0,40	0,0
0,40	0,0
0,55	16,9
1,38	37,8
	167,0
140,6	M+: estabiliz
-37,8	M-: volcador

**Hipótesis II: Carga tierras**

deslizamiento: $\mu =$	0,58
$\Sigma F_z$ [kN]	79,4
$\Sigma F_x$ [kN]	25,1
c.d.s. = $\mu \Sigma F_z / \Sigma F_x$	1,83

vuelco: $\Sigma M_E$ [kN m]	-159,3
$\Sigma M_V$ [kN m]	33,9
c.d.s. =	4,70

**Hipótesis II: Carga tierras**

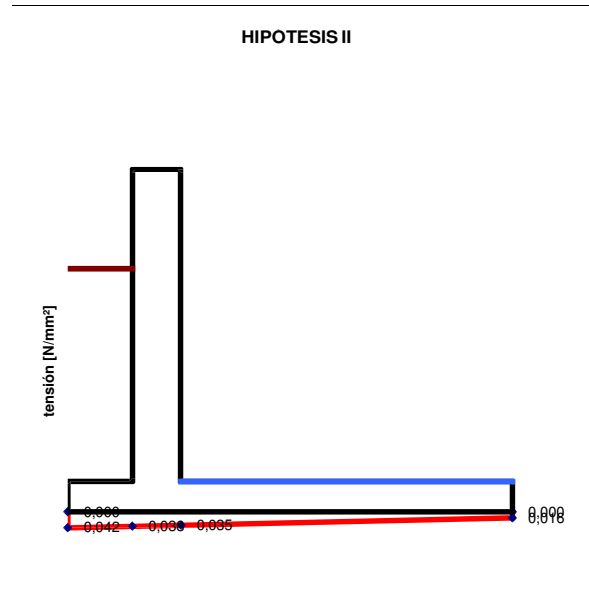
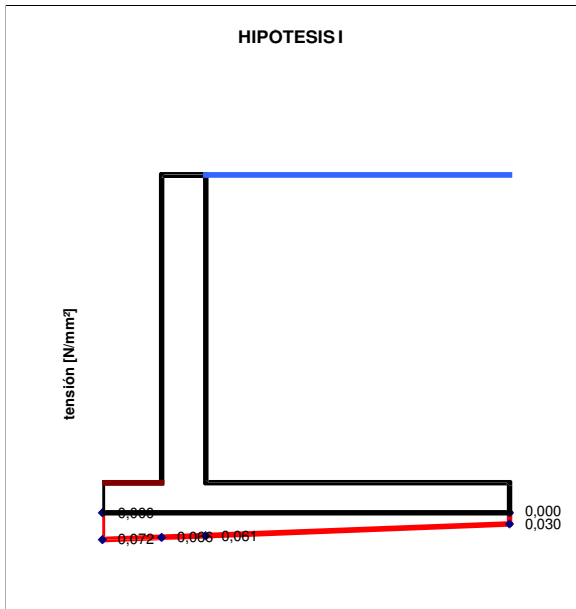
deslizamiento: $\mu =$	0,58
$\Sigma F_z$ [kN]	79,4
$\Sigma F_x$ [kN]	25,1
c.d.s. = $\mu \Sigma F_z / \Sigma F_x$	1,83

vuelco: $\Sigma M_E$ [kN m]	-159,3
$\Sigma M_V$ [kN m]	33,9
c.d.s. =	4,70

**TENSIONES BAJO ZAPATA**

$\sigma_{\text{maxadm}} [\text{N/mm}^2] = 0,20$

Hipótesis I: Carga de agua	Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis II: Carga tierras	Hipótesis II: Carga tierras	
g [m] =	1,38	c.d.g. Zapata	g [m] =	-1,38	c.d.g. Zapata
L / 6 [m] =	0,46	Núcleo central	L / 6 [m] =	0,46	Núcleo central
M <sub>G</sub> [m t/m] =	-26,3	M <sub>G</sub> = M <sub>O</sub> - F <sub>Z</sub> x	M <sub>G</sub> [m t/m] =	-16,3	M <sub>G</sub> = M <sub>O</sub> - F <sub>Z</sub> x
e [m] =	0,19	e = M <sub>G</sub> / F <sub>Z</sub>	e [m] =	0,21	e = M <sub>G</sub> / F <sub>Z</sub>
c [m] =	1,19	c = L/2 - e	c [m] =	1,17	c = L/2 - e
tensión media $\sigma_0$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,059	$\sigma_0 = F_Z / (L - 2e)$	tensión media $\sigma_0$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,034	$\sigma_0 = F_Z / (L - 2e)$
$\sigma_A$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,072		$\sigma_A$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,042	
$\sigma_I$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,066		$\sigma_I$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,038	
$\sigma_{II}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,061		$\sigma_{II}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,035	
$\sigma_B$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,030		$\sigma_B$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,016	
M <sub>I</sub> [kN m] =	5,6	lado inferior	M <sub>I</sub> [kN m] =	3,2	lado inferior
M <sub>II</sub> [kN m] =	0,9	lado inferior	M <sub>II</sub> [kN m] =	-37,4	lado superior
V <sub>I</sub> [kN] =	27,6		V <sub>I</sub> [kN] =	-5,2	
V <sub>II</sub> [kN] =	11,6		V <sub>II</sub> [kN] =	52,4	
esfuerzos de cálculo:	tacón	puntera	esfuerzos de cálculo:	tacón	puntera
lado condicionante =	lado inferior	lado inferior	lado condicionante =	lado inferior	lado superior
Md [kN m] =	7,0	1,2	Md [kN m] =	4,1	46,8
Vd [kN] =	34,5	14,4	Vd [kN] =	6,5	65,5


**DIMENSIONAMIENTO SECCIONES RECTANGULARES A FLEXIÓN (Anejo nº8 EHE)**

Hipótesis I: Carga de agua	Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis II: Carga tierras	Hipótesis II: Carga tierras	
sección	tacón	puntera	sección	tacón	puntera
geometría:			geometría:		
b [m] =	1,00	1,00	b [m] =	1,00	1,00
e [m] =	0,40	0,40	e [m] =	0,40	0,40
r [m] =	0,05	0,05	r [m] =	0,05	0,05
d [m] =	0,35	0,35	d [m] =	0,35	0,35
d' [m] =	0,05	0,05	d' [m] =	0,05	0,05
materiales:			materiales:		
fcd [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	20,00	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	20,00
fyd [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8	434,78	fyd [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8	434,78
U <sub>0</sub> = 0,85 fcd b d [kN] =	5.950,0	5.950,0	U <sub>0</sub> = 0,85 fcd b d [kN] =	5.950,0	5.950,0
M lim = 0,375 U <sub>0</sub> d [kN m] =	780,9	780,9	M lim = 0,375 U <sub>0</sub> d [kN m] =	780,9	780,9
dimensionam:			dimensionam:		
M <sub>d</sub> [kN m] =	7,0	1,2	M <sub>d</sub> [kN m] =	4,1	46,8
U <sub>S1</sub> [kN] =	20,0	3,3	U <sub>S1</sub> [kN] =	11,6	135,2
A <sub>S1</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	0,5	0,1	A <sub>S1</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	0,3	3,1

PROYECTO:	SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA ( Cáceres).
REACTOR BIOLÓGICO Y DECANTADOR SECUNDARIO	
CIMENTACIÓN DE LA PARED DEL DEPÓSITO	
Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.	

### ARMADURA PRINCIPAL

Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis II: Carga tierras		Hipótesis II: Carga tierras	
sección		tacón	puntera	sección		tacón	puntera
As flexión [cm <sup>2</sup> ] =		0,5	0,1	As flexión [cm <sup>2</sup> ] =		0,3	3,1
As mín geométrica [cm <sup>2</sup> ] =		3,6	3,6	As mín geométrica [cm <sup>2</sup> ] =		3,6	3,6
As mín vertical [cm <sup>2</sup> /m] =		3,6	3,6	As mín vertical [cm <sup>2</sup> /m] =		3,6	3,6
armad normal	Ø [mm] =	12	12	armad normal	Ø [mm] =	12	12
	Sep [cm] =	20	20		Sep [cm] =	20	20
refuerzo 1	Ø [mm] =	0	0	refuerzo	Ø [mm] =	0	0
	Sep [cm] =	20	20		Sep [cm] =	20	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7	5,7	As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7	5,7

NOTA: Los esfuerzos son mínimos y se dimensiona por cuantías mínimas geométricas.

### ARMADURA EN SENTIDO DEL MURO

Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis II: Carga tierras		Hipótesis II: Carga tierras	
As mín geométrica [cm <sup>2</sup> /m] =		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> >=	7,2	As mín geométrica [cm <sup>2</sup> /m] =		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> >=	7,2
As real =		Ø12 a 20 cm		As real =		Ø12 a 20 cm	
As real total [cm <sup>2</sup> /m] =		11,3		As real total [cm <sup>2</sup> /m] =		11,3	
Geométrica (1,8 por mil total)							

### COMPROBACIÓN A FISURACIÓN (Art. 49 EHE)

Los valores máximos de la abertura de la fisura (Art. 49.2.4 EHE) bajo la combinación de acciones cuasipermanentes son:

Clase de exposición	w <sub>máx</sub> [mm]
I	0,4
IIa, IIb, H	0,3
IIIa, IIIb, IV, F	0,2
IIIc, Qa, Qb, Qc	0,1

Parámetros fisuración	Formulación empleada
β = 1,7	M <sub>fis</sub> = f <sub>ct,m</sub> b h <sup>2</sup> / 6
k <sub>2</sub> = 0,5	ε <sub>sm</sub> = (σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1 - (k <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> )]
	σ <sub>sr</sub> = M <sub>fis</sub> / (0,85 d A <sub>s</sub> )
	σ <sub>s</sub> = M <sub>k</sub> / M <sub>fis</sub> σ <sub>sr</sub>
	w <sub>k</sub> = β s <sub>m</sub> ε <sub>sm</sub>
	w <sub>k</sub> <= w <sub>k max</sub>

Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis II: Carga tierras		Hipótesis II: Carga tierras	
sección		tacón	puntera	sección		tacón	puntera
ancho, A [m] =		1,00	1,00	ancho, A [m] =		1,00	1,00
espesor [m] =		0,40	0,40	espesor [m] =		0,40	0,40
recubrimiento, c [m] =		0,05	0,05	recubrimiento, c [m] =		0,05	0,05
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		2,90	2,90	f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		2,90	2,90
E <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		200.000	200.000	E <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		200.000	200.000
β =		1,7	1,7	β =		1,7	1,7
k <sub>2</sub> =		0,5	0,5	k <sub>2</sub> =		0,5	0,5
M <sub>k</sub> [kN m] =		5,60	0,93	M <sub>k</sub> [kN m] =		3,24	37,43
armad normal	Ø [mm] =	12	12	armad normal	Ø [mm] =	12	16
	Sep [cm] =	20	20		Sep [cm] =	20	20
refuerzo 1	Ø [mm] =	0	0	refuerzo 1	Ø [mm] =	0	0
	Sep [cm] =	20	20		Sep [cm] =	20	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7	5,7	As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7	10,1

Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis I: Carga de agua		Hipótesis II: Carga tierras		Hipótesis II: Carga tierras	
sección		tacón	puntera	sección		tacón	puntera
M <sub>k</sub> [kN m] =		5,60	0,93	M <sub>k</sub> [kN m] =		3,24	37,43
espesor [m] =		0,40	0,40	espesor [m] =		0,40	0,40
Ø [mm] =		12	12	Ø [mm] =		12	16
Sep [cm] =		20,0	20,0	Sep [cm] =		20,0	20,0
15 Ø [cm] =		18	18	15 Ø [cm] =		18	24
As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7	5,7	As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7	10,1
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =		900,0	900,0	A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =		900,0	1.000,0
S <sub>m</sub> [mm] =		235	235	S <sub>m</sub> [mm] =		235	220
M <sub>fis</sub> [kN m] =		77,2	77,2	M <sub>fis</sub> [kN m] =		77,2	77,2
σ <sub>sr</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		459,12	459,12	σ <sub>sr</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		459,12	258,26
σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		33,29	5,53	σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		19,27	125,15
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =		0,00007	0,00001	0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =		0,00004	0,00025
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1 - (k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> )] =		(0,01566)	(0,09532)	(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1 - (k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> )] =		(0,02725)	(0,00071)
ε <sub>sm</sub> =		0,00007	0,00001	ε <sub>sm</sub> =		0,00004	0,00025
w <sub>k</sub> [mm] =		0,027	0,004	w <sub>k</sub> [mm] =		0,015	0,093
w <sub>máx</sub> [mm] =		0,100	0,100	w <sub>máx</sub> [mm] =		0,100	0,100
ELS Fisuración		CUMPLE	CUMPLE	ELS Fisuración		CUMPLE	CUMPLE



PROYECTO:	SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA ( Cáceres).	
REACTOR BIOLÓGICO Y DECANTADOR SECUNDARIO		
CIMENTACIÓN DE LA PARED DEL DEPÓSITO		Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.

COMPROBACIÓN A CORTANTE (Art. 44.2 EHE)

Hipótesis I: Carga de agua	
sección	
$V_{U1}$	$b_0$ [m] =
	$d$ [m] =
	$f_{CD}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =
	$V_{U1}$ [kN] =
$V_{U2}$	$\xi$ =
	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ] =
	$\rho_L$ =
	$\sigma'_{CD}$ =
	$f_{CK}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =
	$V_{U2}$ [kN] =
	Vrd [kN] =
	Vrd =< $V_{U1}$ ?
Vrd =< $V_{U2}$ ?	

Hipótesis I: Carga de agua	
tacón	puntera
1,0	1,0
0,35	0,35
20,00	20,00
2.100,0	2.100,0
1,8	1,8
5,7	5,7
0,0016	0,0016
0,0	0,0
30,0	30,0
124,8	124,8
34,5	14,4
VALE	VALE
VALE	VALE

Por lo tanto no hace falta armadura de cortante.

Hipótesis II: Carga tierras	
sección	
$V_{U1}$	$b_0$ [m] =
	$d$ [m] =
	$f_{CD}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =
	$V_{U1}$ [kN] =
$V_{U2}$	$\xi$ =
	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ] =
	$\rho_L$ =
	$\sigma'_{CD}$ =
	$f_{CK}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =
	$V_{U2}$ [kN] =
	Vrd [kN] =
	Vrd =< $V_{U1}$ ?
Vrd =< $V_{U2}$ ?	

Hipótesis II: Carga tierras	
tacón	puntera
1,0	1,0
0,35	0,35
20,00	20,00
2.100,0	2.100,0
1,8	1,8
5,7	5,7
0,0016	0,0016
0,0	0,0
30,0	30,0
124,8	124,8
6,5	65,5
VALE	VALE
VALE	VALE

Por lo tanto no hace falta armadura de cortante.

PROYECTO:	SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).
REACTOR BIOLÓGICO Y DECANTADOR SECUNDARIO	Empresa Redactora: <b>Inyges Consultores, S.L.</b>

## **8.- ARQUEDAS ADOSADAS**

**CARACTERÍSTICAS MATERIALES**

Nota: Los elementos que se pueden dimensionar con este criterio son aquellos que no están expuestas a acciones directas, salvo las propias debidas a retracción y temperatura.

Hormigón		Acero	
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	500	
$\gamma_c$ =	1,50	1,15	
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8

**DIMENSIONAMIENTO DE LOS MUROS**

espesor [m] = 0,4                      Cuantías por metro de longitud.

**Cuantías mínimas:**

Geométrica.

Horizontal 3,2 por mil en total                       $A_{S1} + A_{S2} \geq 12,80 \text{ cm}^2$

Vertical 0,9 por mil (cara tracción)                       $A_{S1} \geq 3,60 \text{ cm}^2$

Mecánica (flex. simple)                       $A_{S1} \geq 0,04 A_c f_{cd}/f_{yd} = 7,36 \text{ cm}^2$

**Armadura adoptada:**

armadura vertical	interior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm

armadura horizontal	interior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm

$$A_{S1} + A_{S2} = 11,31 \text{ cm}^2$$

**DIMENSIONAMIENTO DE LA SOLERA**

espesor [m] = 0,4                      Cuantías por metro de longitud.

**Cuantías mínimas:**

Geométrica.

Horizontal 1,8 por mil en total                       $A_{S1} + A_{S2} \geq 7,20 \text{ cm}^2$

Mecánica (flex. simple)                       $A_{S1} \geq 0,04 A_c f_{cd}/f_{yd} = 7,36 \text{ cm}^2$

**Armadura adoptada:**

dirección radial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm

$$A_{S1} + A_{S2} = 11,31 \text{ cm}^2$$

dirección circunferencial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm

$$A_{S1} + A_{S2} = 11,31 \text{ cm}^2$$

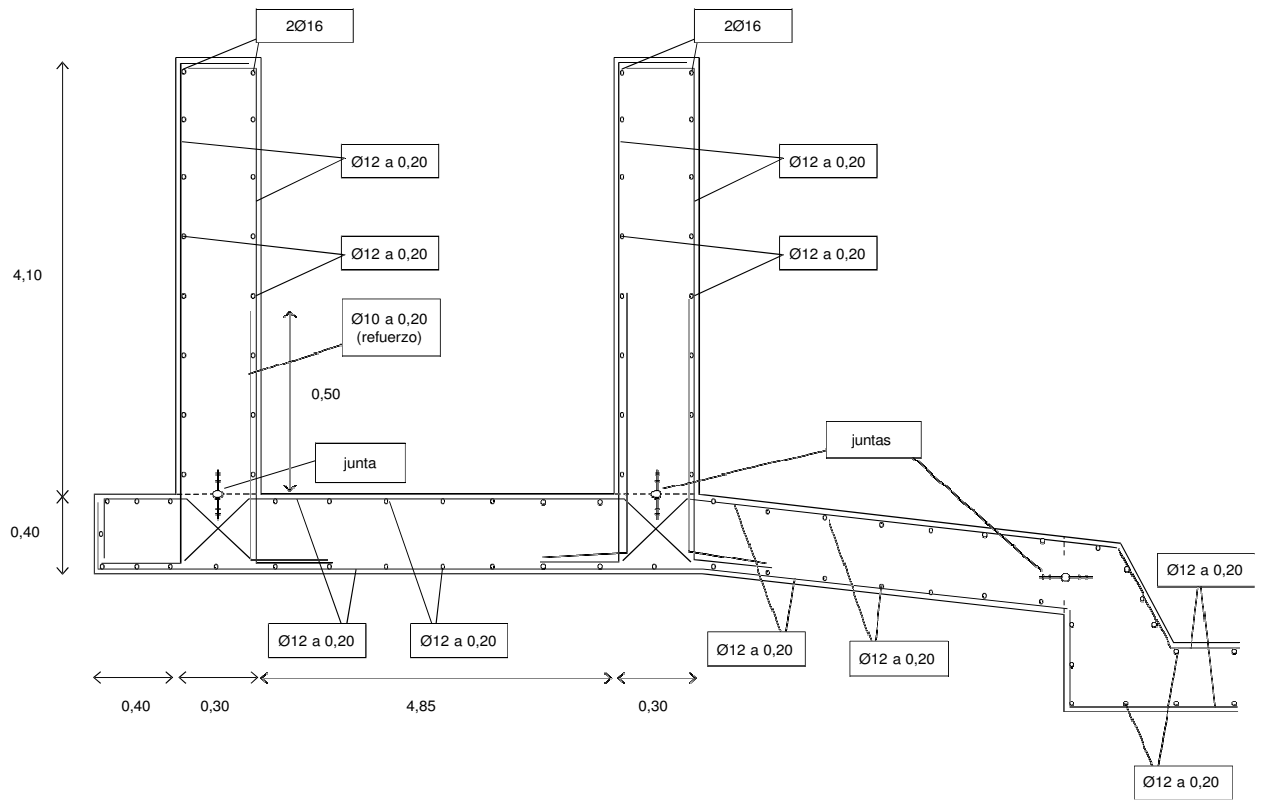
PROYECTO:

SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

**9.- CROQUIS ARMADO**



PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>	
<b>ANEJO DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES</b>	<b>Empresa Redactora:</b>	<b>Inyges Consultores, S.L.</b>

## **4. ESPESADOR DE FANGOS**

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**ESPEADOR DE FANGOS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

NOMBRE: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

CÁLCULO: **ESPEADOR DE FANGOS**

## **ÍNDICE DE CÁLCULOS**

- 4.1 METODOLOGÍA
- 4.2 BASES DE CÁLCULO
- 4.3 PARED DEL DEPÓSITO
- 4.4 CIMENTACIÓN DEL ESPEADOR
- 4.5 PASARELA
- 4.6 CROQUIS ARMADO

PROYECTO:	SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).
<b>ESPEADOR DE FANGOS</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

## 4.1 METODOLOGÍA



## **METODOLOGÍA ESPEADOR DE FANGOS**

La simetría que presenta la principal sollicitación existente en este tipo de estructuras, la presión hidrostática, hace que una de las formas más óptimas para la contención del agua sea la circular.

Para el cálculo de esta pared resistente lo más adecuado es recurrir a la teoría de flexión en láminas cilíndricas que permite obtener, para el caso de paredes de espesor constante, unas expresiones relativamente sencillas ya que se trata de geometrías de cilíndricas de revolución sollicitadas por cargas que también presentan una distribución simétrica respecto al eje de revolución, y realizando siempre las simplificaciones que se realizan usualmente en estos casos.

La sección de la base de la pared, que resulta ser la crítica desde todos los puntos de vista, se ha calculado empleando la teoría de láminas considerando la pared del decantador como una lámina en la que el borde superior se encuentra libre y el inferior totalmente coaccionado sometida al empuje hidrostático del agua interior.

Para la resolución del problema se ha dividido en tres estados, uno isostático de membrana y otros dos para poder obtener así las dos variables hiperestáticas que lo resuelven. El desarrollo teórico de este proceso se encuentra detallado en la hoja correspondiente a estos cálculos.

Los esfuerzos característicos que se obtienen son:

- Momento vertical  $M_x$ , para dimensionar la armadura vertical,
- Axil circunferencial  $N_\theta$ , para dimensionar la armadura horizontal, y
- Cortante  $Q_x$ , para dimensionar a cortante la sección.

En el análisis se ha prescindido de las cargas verticales sobre la pared del depósito ya que, al tener simetría de revolución, producirán unos esfuerzos  $N_x$  que corresponden a una sollicitación axil pura sobre la pared que puede analizarse muy fácilmente.

Con los esfuerzos característicos que se obtienen se deducen los de cálculo teniendo en cuenta los coeficientes de mayoración de acciones definidos en las bases de cálculo de este apartado.

Para el dimensionamiento de la cimentación de la pared circular se ha considerado la misma como una placa circular, aplicándosele por lo tanto la teoría de placas circulares. De este modo se obtienen los esfuerzos característicos y se dimensionan las secciones.

Por último se realiza una comprobación de fisuración de las secciones estudiadas tanto en hipótesis de flexión simple como de tracción simple, según los casos.

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**ESPEADOR DE FANGOS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

## **4.2 BASES DE CÁLCULO**

**Calidad de los materiales**

Hormigón: HA-30		Art. 39.2 EHE
Acero: B 500 S		Art. 31.2 EHE
Ambiente: Qb	Química agresiva media	Art. 8.2 EHE
Recubrimiento: 5 cm		Art. 37.2 EHE

**Coefficientes parciales de seguridad para los materiales para E.L.U. Art. 15.3 EHE**

Situación persistente o transitoria

Hormigón:	$\gamma_C =$	1,50
Acero:	$\gamma_S =$	1,15

**Coefficientes de mayoración de acciones  $\gamma_F$  en función del nivel de control de ejecución. Art. 95.5 EHE**

Nivel de control de ejecución: Normal

Cargas permanentes:	$\gamma_G =$	1,50
Cargas variables:	$\gamma_Q =$	1,60

La situación más desfavorable que se nos puede dar es que el agua llegue hasta la coronación del muro. De esta forma la incertidumbre que intenta contemplar el coeficiente de mayoración de acciones para cargas variables podría reducirse ya que se conoce su valor mayorado.

De estas premisas obtenemos el siguiente coeficiente de mayoración.

$$\gamma_C = (Ht)/(Hw)$$

Aplicando las N.B.E.(Normas Básicas de Edificación), tenemos que el cálculo de muros de sostenimiento de tierras (art. 4.17) los componentes horizontal y vertical del empuje se ponderan multiplicándolos respectivamente por los siguientes coeficientes:

$$K_H = 1 + C$$

$$K_V = 1 + C$$

grado de intensidad, G = **V**

coeficiente sísmico básico, C = 0,02

grado de intensidad G	coeficiente sísmico básico C
V	0,02
VI	0,04
VII	0,08
VIII	0,15
IX	0,30

Por tanto  $K_H = K_V = 1,02$

De lo expuesto anteriormente se obtiene el siguiente coeficiente de mayoración de cargas:

$$\gamma_F = \gamma_C K_V =$$

Y finalmente adoptamos los siguientes coeficientes:

Cargas permanentes:	$\gamma_G =$	1,50
Cargas variables:	$\gamma_Q =$	1,60

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**ESPEADOR DE FANGOS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

## **4.3 PARED DEL DEPÓSITO**

## METODOLOGÍA

La siguiente metodología se ha desarrollado considerando a las paredes del depósito como láminas.

La solución general para el desplazamiento radial de la lámina válida para coacciones de borde tanto superior como inferior será:

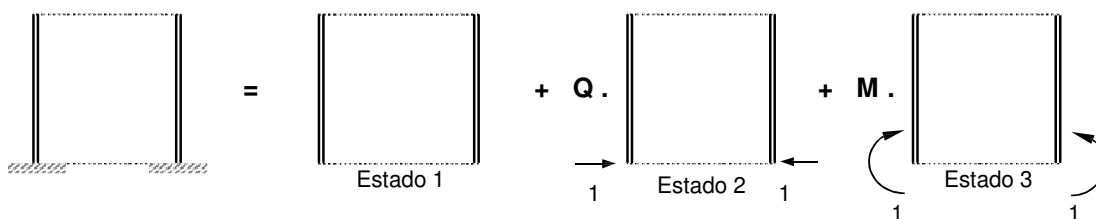
$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) + e^{\lambda x} ( C_1 \cos \lambda x + C_2 \operatorname{sen} \lambda x ) + e^{-\lambda x} ( C_3 \cos \lambda x + C_4 \operatorname{sen} \lambda x )$$

Las constantes  $C_i$ , según sean las condiciones de contorno serán:

$$\begin{cases} \text{En el caso de borde superior libre } C_1 = C_2 = 0. \\ \text{En el caso de borde inferior libre } C_3 = C_4 = 0. \end{cases}$$

En nuestro caso la lámina se encuentra libre en su borde superior, por lo tanto:

$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E d) + e^{-\lambda x} ( C_3 \cos \lambda x + C_4 \operatorname{sen} \lambda x )$$



El primer estado es el estado membrana y su solución será:

$$w_m = \gamma R^2 (h-x) / (E d)$$

Para el segundo estado las condiciones de contorno son:

$$\begin{cases} M_x (x=0) = 0 & Q (x=0) = Q \end{cases}$$

y operando resulta:

$$\begin{cases} C_3 = - Q / ( 2 \lambda^3 D ) & C_4 = 0 \end{cases}$$

siendo:

$$w_Q = - Q / ( 2 \lambda^3 D ) e^{-\lambda x} \cos \lambda x$$

Para el tercer estado las condiciones de contorno son:

$$\begin{cases} M_x (x=0) = M & Q (x=0) = 0 \end{cases}$$

de donde:

$$\begin{cases} C_3 = M / ( 2 \lambda^2 D ) & C_4 = - M / ( 2 \lambda^2 D ) \end{cases}$$

siendo:

$$w_M = M / ( 2 \lambda^2 D ) e^{-\lambda x} ( \cos \lambda x - \operatorname{sen} \lambda x )$$

La suma de los tres estados da la solución final:

$$w = \gamma R^2 (h-x) / (E e) - Q / ( 2 \lambda^3 D ) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + M / ( 2 \lambda^2 D ) e^{-\lambda x} ( \cos \lambda x - \operatorname{sen} \lambda x )$$

Para la determinación de  $M$  y  $Q$  se imponen deformación y giro nulo en la base:

$$\begin{cases} w (x=0) = 0 & dw/dx (x=0) = 0 \end{cases}$$

de donde:

$$\begin{cases} Q = 2 \lambda^3 \gamma R^2 ( 2h - 1/\lambda ) D / (E e) \\ M = 2 \lambda^2 \gamma R^2 ( h - 1/\lambda ) D / (E e) \end{cases}$$

### CÁLCULO DE ESFUERZOS

#### Datos iniciales

espesor pared, e =	0,30 m	f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	30
altura del depósito, h =	3,80 m	E <sub>c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	32.909
densidad del líquido, γ =	9,80 kN/m <sup>3</sup>		
radio medio, R =	2,65 m		
módulo de Poisson, ν =	0,20		
módulo de elasticidad, E =	32.908.965 kN/m <sup>2</sup>		
rigidez de la placa, D =	77.130 kN m	D = E e <sup>3</sup> / [12(1-ν <sup>2</sup> )]	

landa, λ =	1,4610 m <sup>-1</sup>	λ <sup>4</sup> = 3(1-ν <sup>2</sup> ) / (R <sup>2</sup> e <sup>2</sup> )	
D / (E e) =	0,0078 m <sup>2</sup>	D / (E e) = e <sup>2</sup> / (12(1-ν <sup>2</sup> ))	

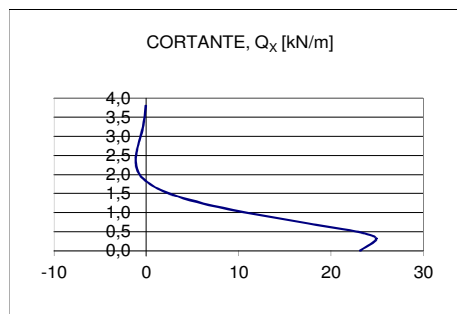
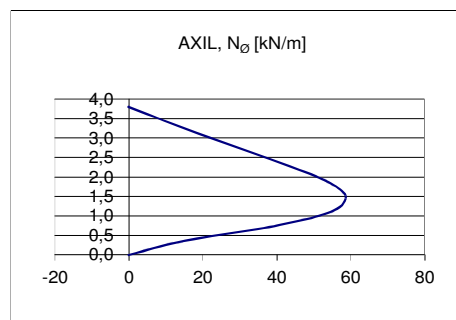
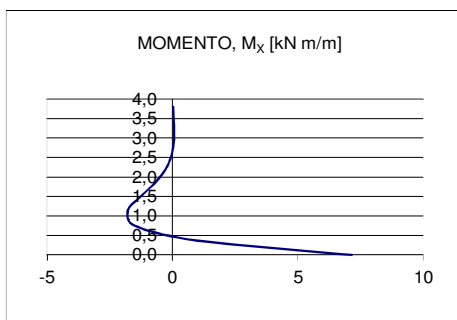
Las variables hiperestáticas son:

M =	7,2 kN m/m
Q =	23,2 kN/m

Los esfuerzos en la lámina serán:

$N_{\emptyset} = E e w / R$ $M_x = D d^2 w / dx^2$ $Q_x = -dM_x / dx$	$N_{\emptyset} = \gamma R (h-x) - E e Q / (2 \lambda^3 D R) e^{-\lambda x} \cos \lambda x + E e M / (2 \lambda^2 D R) e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x)$ $M_x = -Q/\lambda e^{-\lambda x} \text{sen } \lambda x + M e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \text{sen } \lambda x)$ $Q_x = Q e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x) + 2 \lambda M e^{-\lambda x} \text{sen } \lambda x$
---	---

x/h	x	N <sub>∅</sub> [kN/m]	M <sub>x</sub> [kN m/m]	Q <sub>x</sub> [kN/m]
1,0	3,8	-0,08	0,04	-0,05
0,9	3,4	10,21	0,07	-0,24
0,8	3,0	20,97	0,08	-0,57
0,7	2,7	32,22	0,01	-0,96
0,6	2,3	43,48	-0,19	-1,11
0,5	1,9	53,28	-0,61	-0,37
0,4	1,5	58,70	-1,22	2,29
0,3	1,1	55,62	-1,77	7,88
0,2	0,8	40,63	-1,53	16,41
0,1	0,4	16,20	0,85	24,65
0,0	0,0	0,00	7,15	23,19
<b>máximo</b>		<b>58,70</b>	<b>7,15</b>	<b>24,65</b>



**DATOS MATERIALES**

Hormigón	Acero
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 30	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 500
$\gamma_c$ = 1,50	$\gamma_s$ = 1,15
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 20,0	$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 434,8
$f_{ct,m}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 2,90	$E_s$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 200.000
$E_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 32.909	
$n = E_s / E_c = 6,1$	

**GEOMETRÍA DEL MURO**

ancho, A [m] = 1,00  
 recubrimiento, c [m] = 0,05

**ACCIONES**

$\gamma_{AGUA}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 9,8  
 $\gamma_{HORM}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 25,0  
 $\gamma_{TERRENO}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 18,0

mayoración,  $\gamma_F$  = 1,25

$\varphi$  [°] = 30  
 empuje activo,  $k_A$  = 0,33

**CÁLCULO DE ESFUERZOS**

**Hipótesis I: Carga de agua**  
 sección  
 espesor muro, e [m] =  
 $M_k$  [kN m] =  
 $M_d$  [kN m] =

**FLEXIÓN SIMPLE**  
 base muro  
 0,30  
 7,2  
 8,9

**Hipótesis I: Carga de agua**  
 sección  
 espesor muro, e [m] =  
 $N_k$  [kN] =  
 $N_d$  [kN] =

**TRACCIÓN SIMPLE**  
 máx tracción  
 0,30  
 58,7  
 73,4

**DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN (Anejo nº8 EHE)**

**Hipótesis I: Carga de agua**  
 sección  
 geometría: b [m] =  
 e [m] =  
 r [m] =  
 d [m] =  
 d' [m] =  
 materiales:  $f_{cd}$  [N/mm<sup>2</sup>] =  
 $f_{yd}$  [N/mm<sup>2</sup>] =  
 $U_0 = 0,85 f_{cd} b d$  [kN] =  
 $M_{lim} = 0,375 U_0 d$  [kN m] =  
 dimensionam:  $M_d$  [kN m] =  
 $U_{S1}$  [kN] =  
 $A_{S1}$  [cm<sup>2</sup>] =

**FLEXIÓN SIMPLE**  
 base muro  
 1,00  
 0,30  
 0,05  
 0,25  
 0,05  
 20,0  
 434,8  
 4.250,0  
 398,4  
 8,9  
 35,9  
 0,8

**DIMENSIONAMIENTO A TRACCIÓN SIMPLE**

**Hipótesis I: Carga de agua**  
 sección  
 geometría: b [m] =  
 e [m] =  
 materiales:  $f_{cd}$  [N/mm<sup>2</sup>] =  
 $f_{yd}$  [N/mm<sup>2</sup>] =  
 dimensionam:  $N_d$  [kN] =  
 $A_s$  total [cm<sup>2</sup>] =

**TRACCIÓN SIMPLE**  
 máx tracción  
 1,00  
 0,30  
 20,0  
 434,8  
 73,4  
 1,7

**ARMADURA VERTICAL**

**Hipótesis I: Carga de agua**  
 sección  
 $A_s$  flexión [cm<sup>2</sup>] =  
 $A_s$  mín geométrica [cm<sup>2</sup>] =  
 $A_s$  mín mecánica [cm<sup>2</sup>] =  
 $A_s$  mín vertical [cm<sup>2</sup>] =  
 armad normal  $\varnothing$  [mm] =  
 Sep [cm] =  
 refuerzo 1  $\varnothing$  [mm] =  
 Sep [cm] =  
 $A_s$  real [cm<sup>2</sup>/m] =

**FLEXIÓN SIMPLE**  
 base muro  
 0,8  
 2,7  
 5,5  
 5,5  
 12  
 20  
 0  
 20  
 5,7

**ARMADURA HORIZONTAL**

**Hipótesis I: Carga de agua**  
 sección  
 $A_s$  tracción [cm<sup>2</sup>] =  
 $A_s$  mín geométrica [cm<sup>2</sup>] =  
 $A_s$  mín tracción [cm<sup>2</sup>] =  
 armad normal  $\varnothing$  [mm] =  
 Sep [cm] =  
 $A_s$  real 2 caras [cm<sup>2</sup>] =

**TRACCIÓN SIMPLE**  
 máx tracción  
 1,7  
 9,6  
 9,6  
 12  
 20  
 11,3

As tracc =  $N_d / f_{yd}$

Cuant. Geom. Mínima: 3,2 por mil a repartir entre las dos cara

**ARMADURA HORIZONTAL**

**Hipótesis I: Carga de agua**  
 $A_s$  mín geométrica total [cm<sup>2</sup>] =  
 armad normal  $\varnothing$  [mm] =  
 Sep [cm] =  
 $A_s$  real total [cm<sup>2</sup>/m] =

**FLEXIÓN SIMPLE**  
 base muro  
 9,6  
 12  
 20  
 11,3

**MOMENTO COLABORANTE DE LAS TIERRAS**

**Hipótesis I: Carga de agua**  
 sección  
 altura de tierras, h [m] =  
 empuje unitario terreno [kN/m<sup>2</sup>] =  
 momento colab.,  $M_k$  [kN m] =

**FLEXIÓN SIMPLE**  
 base muro  
 0,00  
 6,0  
 0,0

### COMPROBACIÓN A FISURACIÓN (Art. 49 EHE)

Los valores máximos de la abertura de la fisura (Art. 49.2.4 EHE) bajo la combinación de acciones cuasipermanentes son:

Clase de exposición	w <sub>máx</sub> [mm]
I	0,4
IIa, IIb, H	0,3
IIIa, IIIb, IV, F	0,2
IIIc, Qa, Qb, Qc	0,1

Parámetros fisuración	Formulación empleada
$\beta = 1,7$	$M_{fis} = f_{ct,m} b h^2 / 6$
$k_2 = 0,5$	$\epsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s) [1 - (k_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)]$
	$\sigma_{sr} = M_{fis} / (0,85 d A_s)$
	$\sigma_s = M_k / M_{fis} \sigma_{sr}$
	$w_k = \beta s_m \epsilon_{sm}$
	$w_k \leq w_{k \max}$

Hipótesis I: Carga de agua		FLEXIÓN SIMPLE
sección		base muro
ancho, A [m] =		1,00
espesor [m] =		0,30
recubrimiento, c [m] =		0,05
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		2,90
E <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		200.000
$\beta =$		1,7
$k_2 =$		0,5
<b>M<sub>k</sub> [kN m] =</b>		<b>7,2</b>
armad normal	Ø [mm] =	12
	Sep [cm] =	20
refuerzo 1	Ø [mm] =	0
	Sep [cm] =	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7

Hipótesis I: Carga de agua		TRACCIÓN SIMPLE
sección		máx tracción
ancho, A [m] =		1,00
espesor [m] =		0,30
recubrimiento, c [m] =		0,05
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		2,90
E <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		200.000
$\beta =$		1,7
$k_2 =$		0,5
<b>N<sub>k</sub> [kN] =</b>		<b>58,7</b>
cara 1	Ø [mm] =	12
	Sep [cm] =	20
2 As real [cm <sup>2</sup> /m] =		11,3

Hipótesis I: Carga de agua		FLEXIÓN SIMPLE
sección		base muro
M <sub>k</sub> [kN m] =		7,15
espesor [m] =		0,30
Ø [mm] =		12
Sep [cm] =		20,0
15 Ø [cm] =		18
As real [cm <sup>2</sup> /m] =		5,7
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =		675,0
S <sub>m</sub> [mm] =		212
M <sub>fis</sub> [kN m] =		43,4
σ <sub>sr</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		361,56
σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		59,51
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =		0,00012
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1 - (k <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> )] =		(0,00519)
ε <sub>sm</sub> =		0,00012
w <sub>k</sub> [mm] =		0,043
w <sub>máx</sub> [mm] =		0,100
ELS Fisuración		CUMPLE

Hipótesis I: Carga de agua		TRACCIÓN SIMPLE
sección		5 y 6
N <sub>k</sub> [kN] =		58,70
espesor [m] =		0,30
Ø [mm] =		12
Sep [cm] =		20,0
15 Ø [cm] =		18
As [cm <sup>2</sup> /m] =		11,3
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =		1.350,0
S <sub>m</sub> [mm] =		212
N <sub>fis</sub> [kN] =		868,9
σ <sub>sr</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		768,3
σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =		51,9
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =		0,00010
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1 - (k <sub>2</sub> (σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> )] =		(0,02817)
ε <sub>sm</sub> =		0,00010
w <sub>k</sub> [mm] =		0,037
w <sub>máx</sub> [mm] =		0,100
ELS Fisuración		CUMPLE

Formulación empleada:

$$M_{fis} = f_{ct,m} b h^2 / 6$$

$$\epsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s) [1 - (k_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2)]$$

$$\sigma_{sr} = M_{fis} / (0,8 d A_s)$$

$$\sigma_s = M_k / M_{fis} \sigma_{sr}$$

$$w_k = \beta s_m \epsilon_{sm}$$

$$w_k \leq w_{k \max}$$

Formulación empleada:

$$N_{fis} = A_c f_{ct,m} \quad \sigma_{sr} = n N_{fis} / A_c$$

$$\sigma_s = N_k / N_{fis} \sigma_{sr}$$

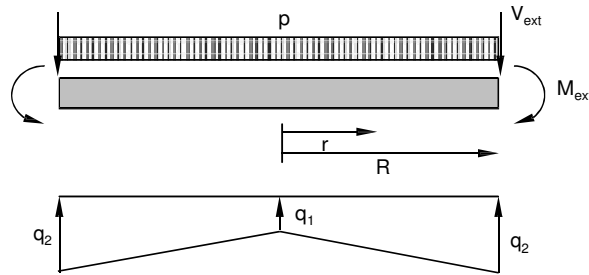


PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ESPEADOR DE FANGOS</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

## **4.4 CIMENTACIÓN DEL ESPEADOR**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS**

Para solucionar el problema se modeliza como una placa circular empotrada en sus extremos.



**Datos iniciales**

espesor losa, e =	0,30 m	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30
radio medio, R =	3,10 m	$E_c$ [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090
módulo de elasticidad, E =	3.290.897 t/m <sup>2</sup>		
módulo de Poisson, v =	0,20		
rigidez de la placa, D =	7.713 t m	$D = E e^3 / [12(1-v^2)]$	
carga repartida, p =	3,8 t/m <sup>2</sup>		
momento exterior, $M_{ext}$ =	-0,715 m t/m		
carga vertical, $V_{ext}$ =	2,63 t/m		

Ecuación de corrimientos y de cortante:

$$\begin{cases} w = 1/D [ (q_1-p) r^4 / 64 + (q_2-q_1) r^5 / (225 R) ] + C_0 r^2/4 (Lr-1) + C_1 r^2/4 + C_2 Lr + C_3 \\ Q_r = - 1/r \text{ INTEGR } (r p(r) dr) - C_0 D / r \end{cases}$$

Como la placa contiene al origen  $C_2 = 0$ .

Como no existe carga puntual en el centro  $C_0 = 0$ .

Cambio  $C_1$  por  $C_1 / D$

Se toma  $C_3 = 0$  al considerar  $w(0) = 0$ .

La ley de tensiones de respuesta del terreno que se ha supuesto es la siguiente:

$$q(r) = q_1 + (q_2 - q_1) r / R$$

Equilibrio total de la placa:

$$\begin{cases} q_1 + 2 q_2 = 3p + 6 V/R \\ q_1 = -0,04 \text{ t/m}^2 \\ q_2 = 8,19 \text{ t/m}^2 \end{cases}$$

Condición de contorno: giro nulo en el borde.

$$\begin{cases} dw/dr = 1/D [ (q_1-p) r^3 / 16 + (q_2-q_1) r^4 / (45 R) + C_1 r / 2 ] \\ dw/dr (R) = 0 \Rightarrow C_1 = 1,0424 \text{ m}^{-1} \end{cases}$$

Condición de contorno: momento en el borde igual al momento exterior ( $r = R$ ).

$$M_r = - D [ d^2w/dr^2 + v/r dw/dr ] \quad M_r (R) = -0,716 \text{ m t/m}$$

donde:

$$\begin{cases} dw/dr = 1/D [ (q_1-p) r^3 / 16 + (q_2-q_1) r^4 / (45 R) + C_1 r / 2 ] & D dw/dr (R) = 0,000000 \text{ m}^{-1} \\ d^2w/dr^2 = 1/D [ 3(q_1-p) r^2 / 16 + 4 (q_2-q_1) r^3 / (45 R) + C_1 / 2 ] & D d^2w/dr^2 (R) = 0,715758 \text{ m}^{-1} \end{cases}$$

Los momentos en la placa circular vienen dados por las expresiones:

$$\begin{cases} M_r = - D [ d^2w/dr^2 + v/r dw/dr ] \\ M_\theta = - D [ 1/r dw/dr + v d^2w/dr^2 ] \end{cases}$$

Para el cálculo del cortante se tienen en cuenta la carga repartida p y la reacción del terreno:

$$p(r) = q(r) - p = q_1 (q_2 - q_1) r / R - p$$

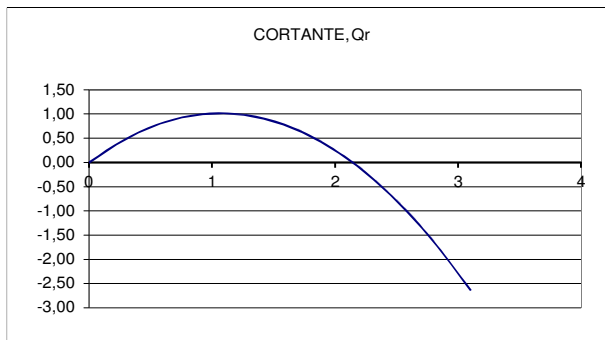
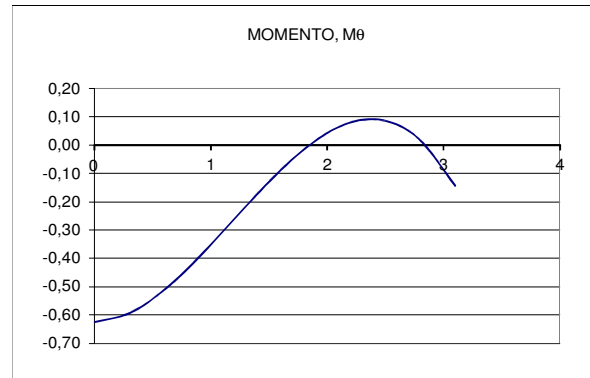
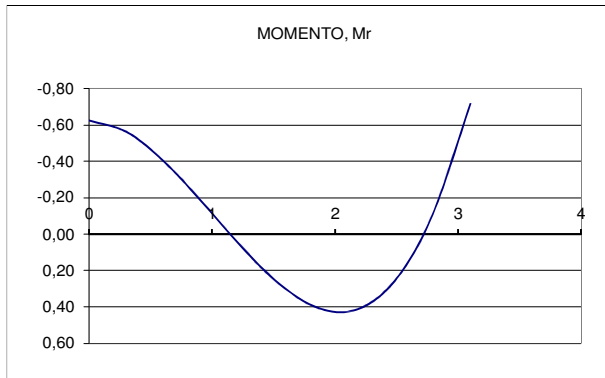
$$Q_r = - 1/r \text{ INTEGR } (r p(r) dr)$$

Resultando de este modo la siguiente expresión:

$$Q_r = - [ (q_1 - p) r/2 + (q_2 - q_1) r^2 / (3 R) ]$$

A continuación se muestra la siguiente tabla de resultados donde los esfuerzos se encuentran sin mayorar.

r/R	r	M <sub>r</sub>	M <sub>θ</sub>	Q <sub>r</sub>	w [mm]	D 1/r dw/dr	D d <sup>2</sup> w/dr <sup>2</sup>
0,0	0,0	-0,63	-0,63	0,00	0,00	0,5212	0,5212
0,1	0,3	-0,56	-0,59	0,50	0,00	0,5002	0,4599
0,2	0,6	-0,39	-0,50	0,84	0,01	0,4441	0,3039
0,3	0,9	-0,17	-0,38	1,00	0,02	0,3635	0,0957
0,4	1,2	0,07	-0,24	0,99	0,04	0,2690	-0,1228
0,5	1,6	0,28	-0,11	0,81	0,05	0,1711	-0,3092
0,6	1,9	0,41	0,00	0,47	0,06	0,0804	-0,4215
0,7	2,2	0,42	0,08	-0,05	0,06	0,0074	-0,4173
0,8	2,5	0,26	0,09	-0,74	0,06	-0,0374	-0,2545
0,9	2,8	-0,10	0,02	-1,60	0,06	-0,0434	0,1091
1,0	3,1	-0,72	-0,14	-2,63	0,05	0,0000	0,7158



### DIMENSIONAMIENTO DE LA PLACA A FLEXIÓN SIMPLE

Para el dimensionamiento de la losa inferior del depósito se toman los siguientes esfuerzos:

$$\gamma_F = 1,60$$

		sin mayorar	mayorados	
momento radial, $M_r =$	positivo	0,42	<b>0,67</b>	m t/m
	negativo	-0,72	<b>-1,15</b>	m t/m
momento circunf, $M_\theta =$	positivo	0,09	<b>0,14</b>	m t/m
	negativo	-0,63	<b>-1,00</b>	m t/m
cortante, $Q_r =$	positivo	1,00	<b>1,60</b>	t/m
	negativo	-2,63	<b>-4,20</b>	t/m

Geometría de la sección		Caract. materiales		Cálculos intermedios	
b [m] =	1,00	fck [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	$A_C =$	0,3 m <sup>2</sup>
e [m] =	0,30	fyk [N/mm <sup>2</sup> ] =	500	$U_0 = 0,85 f_{cd} \cdot b \cdot d =$	4.250 kN
r [m] =	0,05	$\gamma_C =$	1,50	$U_V = 2 U_0 \cdot d / d =$	1.700 kN
d [m] =	0,25	$\gamma_S =$	1,15	$U_A = 2 U_0 \cdot h / d =$	10.200 kN
d' [m] =	0,05	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	$0,375 U_0 \cdot d =$	398,4 kN m
		fyd [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8		

#### Cuantías mínimas:

Geométrica. Losa 1,8 por mil en total.  $A_{S1} + A_{S2} \geq 5,4 \text{ cm}^2$

Mecánica.  $A_{S1} \geq 0,04 A_C f_{cd} / f_{yd} = 5,52 \text{ cm}^2$

#### Dimensionamiento (según Anejo nº8 de la EHE)

		Md [kN m]	$U_{S1}$ [kN]	$U_{S2}$ [kN]	$A_{S1}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{S2}$ [cm <sup>2</sup> ]
momento radial, $M_r =$	positivo	6,7	26,7	0,0	0,6	0,0
	negativo	11,5	46,1	0,0	1,1	0,0
momento circunferencial, $M_\theta =$	positivo	1,4	5,7	0,0	0,1	0,0
	negativo	10,0	40,2	0,0	0,9	0,0

Nota: para los momentos negativos la  $A_{S1}$  se corresponde con la cara traccionada.

#### Armadura adoptada

armadura radial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup>	=>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup>	=>	Ø12 a 20 cm
armadura circunferencial	superior	$A_{S2} =$	5,65 cm <sup>2</sup>	=>	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	5,65 cm <sup>2</sup>	=>	Ø12 a 20 cm

#### Cortante

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$$V_{U1} = f_{1CD} b d = 1.800 \text{ kN/m} \quad \text{donde } f_{1CD} = 0,30 f_{CD}$$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$$V_{U2} = [0,12 \xi (100 \rho_L f_{CK})^{1/3} - 0,15 \sigma'_{CD}] b_0 d = 108 \text{ kN/m}$$

$$\xi = 1 + (200/d)^{1/2} = 1,89$$

$$\rho_L = 0,0023$$

$$\sigma'_{CD} = 0,0000$$

Como  $V_d < V_{U1}$  y  $V_d < V_{U2}$  no hace falta disponer de armadura de cortante.

PROYECTO: <b>SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).</b>
<b>ESPEADOR DE FANGOS</b>
<b>COMPROBACIÓN DE CUANTÍAS MÍNIMAS</b> <span style="float: right;"><b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b></span>

### CARACTERÍSTICAS MATERIALES

Nota: A continuación se realiza una comprobación del cumplimiento del armado tanto de la placa en cuanto a cuantías mínimas geométricas y mecánicas.

Hormigón		Acero	
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	500
$\gamma_c$ =	1,50	$\gamma_s$ =	1,15
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8

### PLACA DE CIMENTACIÓN

espesor [m] =	0,3	Cuantías por metro de longitud.
---------------	-----	---------------------------------

#### Cuantías mínimas:

Geométrica.

Horizontal 1,8 por mil en total  $A_{S1} + A_{S2} \geq 5,40 \text{ cm}^2$

Mecánica (flex. simple)  $A_{S1} \geq 0,04 A_c f_{cd}/f_{yd} = 5,52 \text{ cm}^2$

#### Armadura adoptada:

dirección radial	superior	$A_{S2} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	Ø12 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} = 11,31 \text{ cm}^2$	
dirección circunferencial	superior	$A_{S2} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	Ø12 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	Ø12 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} = 11,31 \text{ cm}^2$	

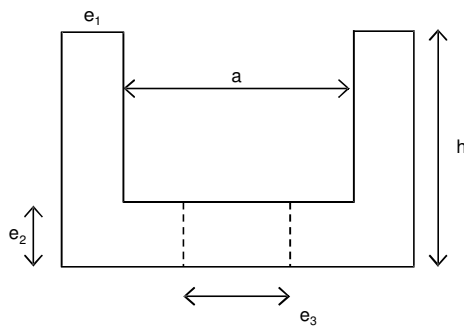
PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**ESPEADOR DE FANGOS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

## **4.5 PASARELA**

**OBTENCIÓN DE ESFUERZOS**



luz pasarela [m] = 5,60

espesor muro,  $e_1$  [m] = 0,20

espesor losa,  $e_2$  [m] = 0,30

diámetro anclaje,  $e_3$  [m] = 0,45

canto total,  $h$  [m] = 1,30

ancho pasarela,  $a$  [m] = 1,40

$\gamma_{HORM}$  [kN/m<sup>3</sup>] = 25

sobrecarga uso [kN/m<sup>2</sup>] = 3

peso rasquetas [kN] = 10

**Cargas actuantes y momentos**

esfuerzo sustentación	momento flector			
	Apoyo simple	Empotramiento perfecto		
	$M = pL^2/8$	$M = pL^2/24$	$M = pL^2/12$	
carga [kN/m]	c.d.v.	c.d.v.	apoyo	
muros later. =	13,0	51,0	17,0	34,0
losa =	10,5	41,2	13,7	27,4
sc de uso =	4,2	16,5	5,5	11,0
carga [kN]	$M = PL/4$	$M = PL/8$	$M = -PL/8$	
rasqueta =	10,0	14,0	7,0	-7,0

esfuerzo sustentación	cortante	
	ambas	
	$Q = pL/2$	
$\gamma_f$	apoyo	
1,50	36,4	
1,50	29,4	
1,60	11,8	
1,60	5,0	

**Cálculos de esfuerzos:**

sustentación	Apoyo simple	Empotramiento perfecto	
sección	c.d.v.	c.d.v.	apoyo
$M_k$ [kNm] =	122,6	43,2	65,4
$M_d$ [kNm] =	186,9	66,0	98,5

sustentación	ambas	
sección	apoyo	
$Q_k$ [kN] =	82,6	
$Q_d$ [kN] =	125,5	

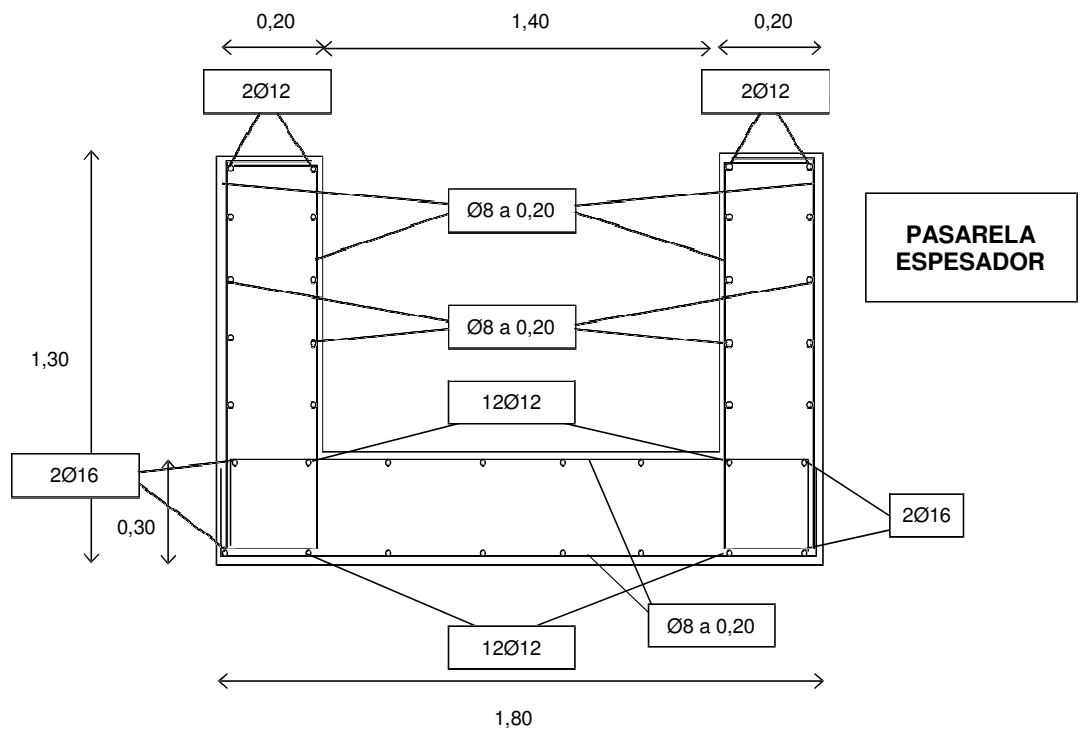
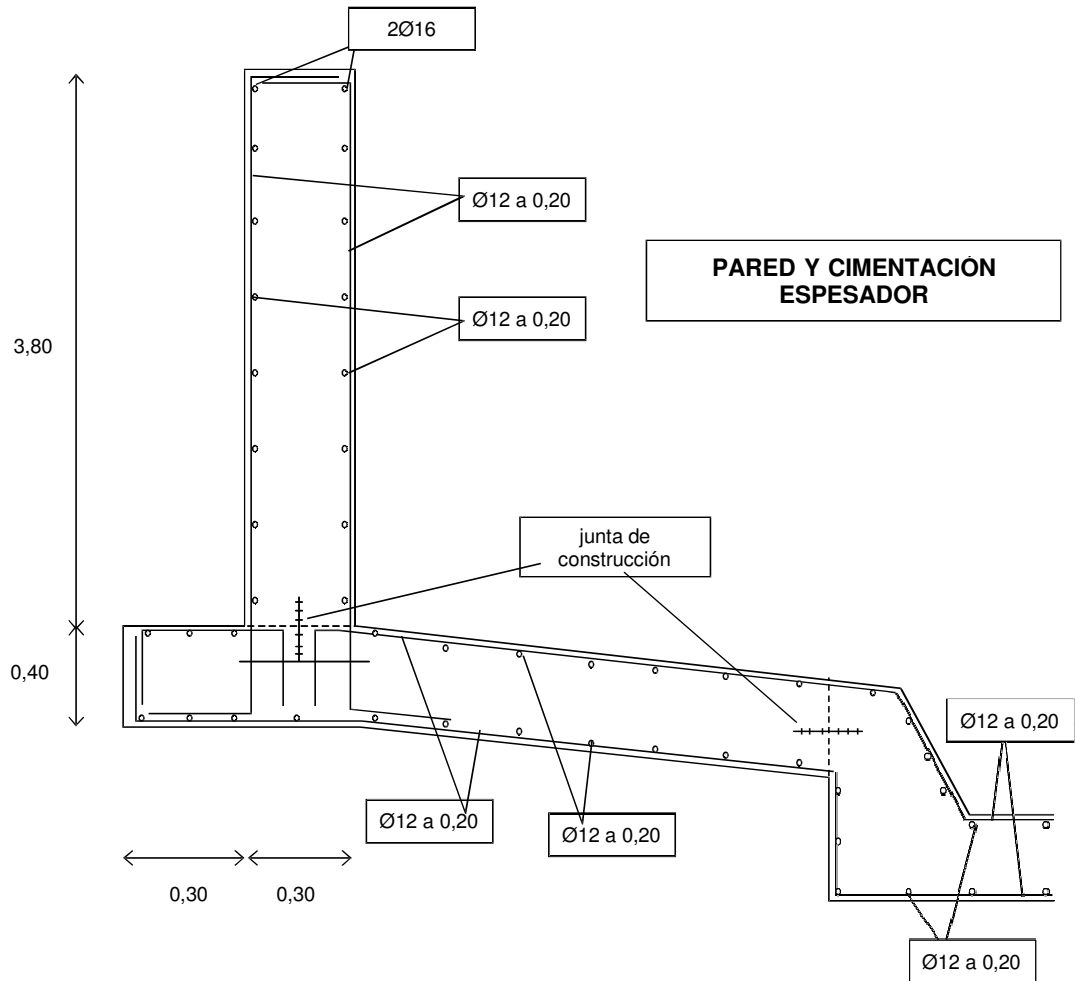
PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACION DE LOSAR DE LA VERA (Cáceres).**

**ESPEADOR DE FANGOS**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

## **4.6 CROQUIS ARMADO**





PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).</b>
<b>ANEJO DE CÁLCULOS ESTRUCTURALES</b>	<b>Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.</b>

## **5. CIMENTACION TOLVA DE FANGOS**

**OBTENCIÓN DE ESFUERZOS**

**Peso propio y carga muerta**

capacidad Tolva [m3] =	25
peso total [kN] =	269,8
carga vertical [kN] =	67,4

**Carga de viento**

presión dinámica [kN/m <sup>2</sup> ] =	0,50
coeficiente eólico, c1 =	+0,8
coeficiente eólico, c2 =	-0,4
c = c1-c2 =	1,2
s.c. viento, p <sub>w</sub> [kN/m <sup>2</sup> ] =	0,60
superficie expuesta al viento [m <sup>2</sup> ] =	27,55
altura [m] =	7,25
anchura [m] =	3,80
altura c.d.g. [m] =	5,70
carga de viento [kN] =	16,53
momento viento [kN m] =	94,22
separación entre zapatas [m] =	2,50
carga vertical [kN] =	18,8

**Carga sobre zapata**

peso propio [kN] =	67,4
γ <sub>G</sub> =	1,50
viento [kN] =	18,8
γ <sub>Q</sub> =	1,50
carga mayorada [kN] =	129,4

**DIMENSIONAMIENTO**

**Geometría de la zapata**

lado zapata [m] =	1,20
tensión sobre el terreno [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,09
[kN/m <sup>2</sup> ] =	89,9
tensión admisible [N/mm <sup>2</sup> ] =	0,20
perfil apoyo =	HEB-160
W [cm <sup>3</sup> ] =	311,5
tensión perfil [N/mm <sup>2</sup> ] =	4,16

**Armadura de la zapata (zapata rígida)**

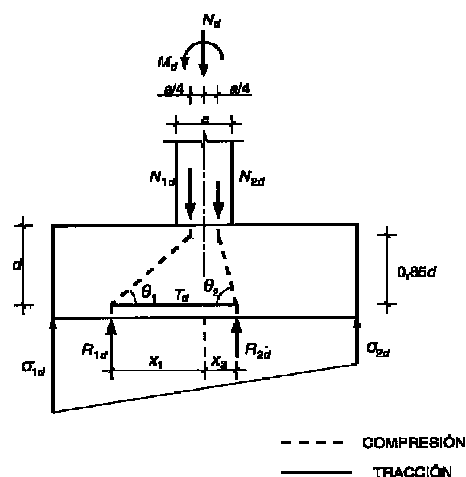
canto zapata [m] =	0,50
canto útil [m] =	0,45
R1d [kN] =	53,9
x1 [m] =	0,30
Td [kN] =	42,30
As [cm <sup>2</sup> ] =	1,06
As adoptado [cm <sup>2</sup> ] =	Ø12 a 0,20 = 5,70 cm <sup>2</sup>

**MATERIALES**

Hormigón	
f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	30
γ <sub>C</sub> =	1,50
f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	2,90
E <sub>c</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	32.909
n = E <sub>s</sub> / E <sub>c</sub> =	6,1
Acero	
f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	500
γ <sub>S</sub> =	1,15
f <sub>yd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8
E <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	200.000
σ <sub>sd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] <	400,0
mayorac, γ <sub>G</sub> =	1,50
mayorac, γ <sub>Q</sub> =	1,50
recub, c [m] =	0,05

Tabla 5.1  
Presión dinámica del viento

Altura de coronación del edificio sobre el terreno en m, cuando la situación topográfica es	Velocidad del viento v	Presión dinámica w		
		Normal	Expuesta	kg/m <sup>2</sup>
De 0 a 10	28	—	102	50
De 11 a 30	34	—	125	75
De 31 a 100	40	De 0 a 30	144	100
Mayor de 100	45	De 31 a 100	161	125
—	48	Mayor de 100	178	150



PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).

ANEJO DE CÁLCULO

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## 6. POZOS, ARQUETAS Y DEPÓSITOS RECTANGULARES

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).</b>
-----------	---

## **ANEJO DE CÁLCULO**

**Empresa Redactora: Inyges Consultores, S.L.**

**NOMBRE: SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres)**

**CÁLCULO: POZOS, ARQUETAS Y DEPÓSITOS RECTANGULARES**

### **ÍNDICE DE CÁLCULOS**

- 6.1 METODOLOGÍA
- 6.2 BASES DE CÁLCULO
- 6.3 PRETRATAMIENTO (Pozo de Gruesos).
- 6.4 ARQUETA SALIDA
- 6.5 ARQUETA REPARTO Y BOMBEO
- 6.6 ARQUETA MÍNIMA
- 6.7 CROQUIS ARMADO

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## **6.1 METODOLOGÍA**

## **METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE POZOS Y ARQUETAS**

Este tipo de estructuras tienen la tipología de depósitos rectangulares en las que la mayor dimensión suele ser la vertical, aunque no siempre ocurre como en el caso de algunos desarenadores.

El cálculo de estos elementos estructurales revierte una cierta complejidad por lo que a menudo se recurre a tablas en las que se recogen los esfuerzos de cálculo para varias relaciones entre sus dimensiones.

### **CÁLCULO DE ESFUERZOS EN PAREDES DE DEPÓSITO RECTANGULAR**

Para los cálculos que a continuación se presentan se han tomado las tablas procedentes de la publicación:

"The design of water-retaining structures", de  
Ian Batty y Roger Westbrook.

De este modo se consigue de forma fácil y rápida obtener los momentos verticales y horizontales así como cortantes a los que están sometidos estos elementos estructurales.

Las hipótesis planteadas para resolver el problema han sido:

- Continuidad en las paredes del vaso,
- Borde inferior empotrado en la cimentación, y
- Borde superior libre (tabla 9.20 PCA) o apoyado (tabla 9.21 PCA).

Con los esfuerzos característicos que se obtienen se deducen los de cálculo teniendo en cuenta los coeficientes de mayoración de acciones definidos en las bases de cálculo de este apartado.

La comprobación de las secciones dimensionadas se realiza con las tablas que se adjuntan donde se han obtenido para los distintos armados y espesores los esfuerzos últimos que soportan dichas secciones.

### **CÁLCULO DE ESFUERZOS EN SOLERA DE DEPÓSITO RECTANGULAR**

Para este cálculo se considera que la presión del terreno bajo la losa es uniforme y se genera por las cargas verticales transmitidas por los muros.

Asimismo a esta carga se le añade la subpresión en caso de existencia de nivel freático (N.F.).

La losa se ha supuesto empotrada por sus cuatro bordes. Para la obtención de los esfuerzos característicos se han empleado las tablas que figuran en el libro:

"Hormigón armado", de  
P. Jiménez Montoya, A. García Meseguer y F. Morán Cabré

### **DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES**

Para el dimensionamiento se sigue las indicaciones dadas por el Anejo nº8 de la EHE y teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas en la misma norma en cuanto a cuantías mínimas geométricas y mecánicas.

Además se efectúa una comprobación a esfuerzo cortante de piezas sin armadura de cortante (Art. 44.2 EHE).

#### FLOTABILIDAD DEL ELEMENTO

Dentro de cada cálculo de los elementos se incluye una comprobación del mismo frente a la flotabilidad.

#### ARQUETAS DE PEQUEÑO TAMAÑO

En el caso de arquetas de reducidas dimensiones se realiza un dimensionamiento por cuantías mínimas. Los elementos que se pueden dimensionar con este criterio son aquellos que no están expuestas a acciones directas, salvo las propias debidas a retracción y temperatura.

#### COMPROBACIÓN A FISURACIÓN

Con los esfuerzos que se obtienen del cálculo anterior se realiza una comprobación de las secciones pésimas tanto a flexión simple como a tracción de forma de que el ancho de fisuras quede limitado a lo prescrito según el tipo de ambiente. Esta comprobación sólo se realiza en aquellos elementos más solicitados.



PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## **6.2 BASES DE CÁLCULO**

**Calidad de los materiales**

Hormigón: HA-30 / P / 20 / Qb	Art. 39.2 EHE
Acero: B 500 S	Art. 31.2 EHE
Ambiente: Qb	Química agresiva media
Recubrimiento: 5 cm	Art. 8.2 EHE
	Art. 37.2 EHE

**Coefficientes parciales de seguridad para los materiales para E.L.U. Art. 15.3 EHE**

Situación persistente o transitoria

Hormigón:	$\gamma_C =$	1,50
Acero:	$\gamma_S =$	1,15

**Coefficientes de mayoración de acciones  $\gamma_F$  en función del nivel de control de ejecución. Art. 95.5 EHE**

Nivel de control de ejecución: Normal

Cargas permanentes:	$\gamma_G =$	1,50
Cargas variables:	$\gamma_Q =$	1,60

La situación más desfavorable que se nos puede dar es que el agua llegue hasta la coronación del muro. De esta forma la incertidumbre que intenta contemplar el coeficiente de mayoración de acciones para cargas variables podría reducirse ya que se conoce su valor mayorado.

De estas premisas obtenemos el siguiente coeficiente de mayoración.

$$\gamma_C = (H_t)/(H_w)$$

Aplicando las N.B.E.(Normas Básicas de Edificación), tenemos que el cálculo de muros de sostenimiento de tierras (art. 4.17) los componentes horizontal y vertical del empuje se ponderan multiplicándolos respectivamente por los siguientes coeficientes:

$$K_H = 1 + C$$

$$K_V = 1 + C$$

grado de intensidad, G = V

coeficiente sísmico básico, C = 0

grado de intensidad G	coeficiente sísmico básico C
V	0,02
VI	0,04
VII	0,08
VIII	0,15
IX	0,30

Por tanto  $K_H = K_V = 1$

De lo expuesto anteriormente se obtiene el siguiente coeficiente de mayoración de cargas:

$$\gamma_F = \gamma_C K_V =$$

Y finalmente adoptamos los siguientes coeficientes:

Cargas permanentes:	$\gamma_G =$	1,50
Cargas variables:	$\gamma_Q =$	1,60

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

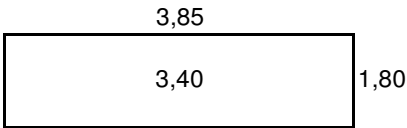
**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

### **6.3 PRETRATAMIENTO (Pozo de Gruesos).**

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).</b>
PRETRATAMIENTO. (Pozo de Gruesos).	
<b>CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR</b>	

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN PAREDES DE DEPÓSITO RECTANGULAR**



dimensiones interiores [m]	esp. [m]	P [kN]
longitud, b [m] =	3,850 0,30	113
anchura, c [m] =	1,800 0,30	46
profundidad, a [m] =	3,400 0,30	80

pesos materiales	
$\gamma_{HORM}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	25,0
peso del agua, w [kN/m <sup>3</sup> ] =	9,8
densidad terreno [kN/m <sup>3</sup> ] =	18,0

Hipótesis I: Carga de agua	
altura agua [m] =	2,5
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	24,0

condiciones apoyo borde superior	
<b>0</b>	0: borde superior libre 1: borde superior apoyado

Hipótesis II: Carga de tierras	
altura tierras [m] =	0,0
K empuje =	0,5
altura N.F. [m] =	0,0
sobrecarga [kN/m <sup>2</sup> ] =	0,0
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	0,0

relaciones dimensionales reales		
b / a	c / a	rel. adopt.
1,17	0,59	6

carga adoptada	
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	24,0
dens equiv [kN/m <sup>3</sup> ] =	7,1

relaciones tabla 9.20 y 9.21 PCA			
b / a	c / a	relación	c / b
2,0	2,0	1	1,00
2,0	1,0	3	0,50
2,0	0,5	4	0,25
1,5	1,5	5	1,00
1,5	1,0	6	0,67
1,5	0,5	7	0,33
1,0	1,0	8	1,00
1,0	0,5	9	0,50
0,5	0,5	10	1,00

esfuerzos característicos		
esfuerzo	coef	M [kNm]
Lx1	-60	-16,7
Lx2	25	6,9
Ly1	-38	-10,5
Ly2	35	9,7
Ly3	-49	-13,6
Ly4	32	8,9
Sx1	-35	-9,7
Sx2	10	2,8
Sy1	-38	-10,5
Sy2	-6	-1,7
Sy3	-49	-13,6
Sy4	10	2,8
esfuerzo	coef	V [kN]
Lv1	32	26,1
Lv2	5	4,1
Lv3	34	27,8
Sv1	24	19,6
Sv2	2	1,6
Sv3	26	21,2

Coeficiente de mayoración de cargas	
$\gamma_F =$	1,60

Nivel de control de la ejecución normal.

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

PRETRATAMIENTO. (Pozo de Gruesos).

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR**

**ESQUEMAS DE ESFUERZOS EN PANELES VERTICALES**

**PANEL LARGO b x a**

**momentos horizontales [kNm]**

-10,5	9,7	-10,5	-10,5
Ly1	Ly2	Ly1	Sy1
-13,6	8,9	-13,6	-13,6
Ly3	Ly4	Ly3	Sy3

**momentos verticales [kNm]**

	6,9
	Lx2
	-16,7
	Lx1

**cortantes [kN]**

4,1	4,1
Lv2	Lv2
27,8	27,8
Lv3	Sv3
	26,1
	Lv1

**PANEL CORTO c x a**

**momentos horizontales [kNm]**

-1,7	-10,5
Sy2	Sy1
2,8	-13,6
Sy4	Sy3

**momentos verticales [kNm]**

	2,8
	Sx2
	-9,7
	Sx1

**cortantes [kN]**

1,6	1,6
Sv2	Sv2
21,2	21,2
Sv3	
	19,6
	Sv1

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN SOLERA DE DEPÓSITO RECTANGULAR**

reacción muros [kN/m<sup>2</sup>] = 29,8  
 subpresión N.F. [kN/m<sup>2</sup>] = 0,0  
 carga repartida, q [kN/m<sup>2</sup>] = **29,8**  
 c / b = 0,50  
 relación c / b adoptada = **0,50**

esfuerzo	coef	M [kNm]
my cdv	41,0	-5,4
mx cdv	10,0	-1,3
my borde	84,0	11,1
mx borde	58,0	7,6

**PANEL LARGO b x a**

**momentos verticales [kNm]**

7,6	-1,3	7,6
mx borde	mx cdv	mx borde

**cortantes [kN]**

8,6	-8,6
qx borde	qx borde

**PANEL CORTO c x a**

**momentos verticales [kNm]**

11,1	-5,4	11,1
my borde	my cdv	my borde

**cortantes [kN]**

31,3	-31,3
qy borde	qy borde

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

PRETRATAMIENTO. (Pozo de Gruesos).

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR**

**DIMENSIONAMIENTO PAREDES EN DEPÓSITO RECTANGULAR (Anejo nº8 EHE)**

Geometría de la sección	Caract. materiales	Cálculos intermedios
b [m] = 1,00	fck [N/mm <sup>2</sup> ] = 30	$A_C = 0,3 \text{ m}^2$
e [m] = 0,30	fyk [N/mm <sup>2</sup> ] = 500	$U_0 = 0,85 \text{ fcd} \cdot b \cdot d = 4.250 \text{ kN}$
r [m] = 0,050	$\gamma_C = 1,50$	$U_V = 2 U_0 \cdot d'/d = 1.700 \text{ kN}$
d [m] = 0,250	$\gamma_S = 1,15$	$U_A = 2 U_0 \cdot h/d = 10.200 \text{ kN}$
d' [m] = 0,050	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] = 20,0	$M \text{ lim} = 0,375 U_0 \cdot d = 398,4 \text{ kN m}$
	fyd [N/mm <sup>2</sup> ] = 434,8	

**Cuantías mínimas**

Geométrica.

Horizontal 3,2 por mil en total

$$A_{S1} + A_{S2} \geq 9,60 \text{ cm}^2$$

Vertical 0,9 por mil (cara tracción)

$$A_{S1} \geq 2,70 \text{ cm}^2$$

Mecánica (flex. simple)

$$A_{S1} \geq 0,04 A_C \text{ fcd}/\text{fyd} = 5,52 \text{ cm}^2$$

**Cálculo de armaduras**

		momentos [kNm]		cálculo armadura	
		M <sub>k</sub>	M <sub>d</sub>	U <sub>S1</sub> [kN]	A <sub>S1</sub> [cm <sup>2</sup> ]
momento vertical =	lado largo	16,7	<b>26,6</b>	108,0	<b>2,5</b>
	lado corto	9,7	<b>15,5</b>	62,6	<b>1,4</b>
momento horizontal =	lado largo	13,6	<b>21,8</b>	88,0	<b>2,0</b>
	lado corto	13,6	<b>21,8</b>	88,0	<b>2,0</b>

**Panel largo. Armadura adoptada**

armadura vertical	interior	A <sub>S1</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	A <sub>S2</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
armadura horizontal	interior	A <sub>S1</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	A <sub>S2</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> =	11,31 cm <sup>2</sup>

**Panel corto. Armadura adoptada**

armadura vertical	interior	A <sub>S1</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	A <sub>S2</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
armadura horizontal	interior	A <sub>S1</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	A <sub>S2</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> =	11,31 cm <sup>2</sup>

PROYECTO: <b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).</b>
<b>PRETRATAMIENTO. (Pozo de Gruesos).</b>
<b>CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR</b>

**COMPROBACIÓN A CORTANTE (Art. 44.2 EHE)**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$$V_{U1} = f_{1CD} b d = 3.000 \text{ kN/m} \quad \text{donde } f_{1CD} = 0,60 f_{CD}$$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$$V_{U2} = [ 0,12 \zeta (100 \rho_L f_{CK})^{1/3} - 0,15 \sigma'_{CD} ] b_0 d \quad \xi = 1 + (200/d)^{1/2} \quad \xi = 1,89$$

$$\rho_L = A_s / (b d) < 0,02 \quad \sigma'_{CD} = 0,00$$

		cortantes [kN]		resist cortante [kN]		
		V <sub>k</sub>	V <sub>d</sub>	ρ <sub>L</sub>	V <sub>U1</sub>	V <sub>U2</sub>
cortante vertical =	lado largo	26,1	<b>41,8</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
	lado corto	19,6	<b>31,3</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
cortante horizontal =	lado largo	27,8	<b>44,4</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
	lado corto	21,2	<b>34,0</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>

Como  $V_d < V_{U1}$  y  $V_d < V_{U2}$  no hace falta disponer de armadura de cortante.

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).</b>
PRETRATAMIENTO. (Pozo de Gruesos).	
<b>CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR</b>	

**DIMENSIONAMIENTO SOLERA EN DEPÓSITOS RECTANGULARES (Anejo nº8 EHE)**

Geometría de la sección		Caract. materiales		Cálculos intermedios	
b [m] =	1,00	fck [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	A <sub>C</sub> =	0,30 m <sup>2</sup>
e [m] =	0,30	fyk [N/mm <sup>2</sup> ] =	500	U <sub>0</sub> = 0,85 fcd · b · d =	4.250 kN
r [m] =	0,050	γ <sub>C</sub> =	1,50	U <sub>V</sub> = 2 U <sub>0</sub> · d'/d =	1.700 kN
d [m] =	0,250	γ <sub>S</sub> =	1,15	U <sub>A</sub> = 2 U <sub>0</sub> · h/d =	10.200 kN
d' [m] =	0,050	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	0,375 U <sub>0</sub> · d =	398,4 kN m
		fyd [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8		

Cuantías mínimas	Geométrica.		
	Horizontal 1,8 por mil en total	A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> >=	5,40 cm <sup>2</sup>
	Mecánica (flex. simple)	A <sub>S1</sub> >= 0,04 A <sub>C</sub> fcd/fyd =	5,52 cm <sup>2</sup>

**Cálculo de armaduras**

		momentos [kNm]		cálculo armadura	
		M <sub>k</sub>	M <sub>d</sub>	U <sub>S1</sub> [kN]	A <sub>S1</sub> [cm <sup>2</sup> ]
momento lado largo =	positivo	1,32	2,1	8,4	0,2
	negativo	7,63	12,2	49,1	1,1
momento lado corto =	positivo	5,40	8,6	34,7	0,8
	negativo	11,06	17,7	71,4	1,6

**Armadura adoptada**

armadura lado largo	superior	A <sub>S1</sub> =	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	A <sub>S2</sub> =	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> =	11,31 cm <sup>2</sup>	
armadura lado corto	superior	A <sub>S1</sub> =	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	A <sub>S2</sub> =	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> =	11,31 cm <sup>2</sup>	
		cuantía por superficie =	17,8 kg/m <sup>2</sup>	
		cuantía por volumen =	59,2 kg/m <sup>3</sup>	

**COMPROBACIÓN A CORTANTE (Art. 44.2 EHE)**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$$V_{U1} = f_{1CD} \cdot b \cdot d = 3.000 \text{ kN/m} \quad \text{donde } f_{1CD} = 0,60 f_{CD}$$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$$V_{U2} = \left[ 0,12 \zeta \left( 100 \rho_L f_{CK} \right)^{1/3} - 0,15 \sigma'_{CD} \right] b_0 \cdot d \quad \xi = 1 + (200/d)^{1/2} \quad \xi = 1,89$$

$$\rho_L = A_s / (b \cdot d) < 0,02 \quad \sigma'_{CD} = 0,00$$

		cortantes [kN]		resist cortante [kN]		
		V <sub>k</sub>	V <sub>d</sub>	ρ <sub>L</sub>	V <sub>U1</sub>	V <sub>U2</sub>
cortante vertical =	lado largo	8,6	13,8	0,0023	3.000	107,6
	lado corto	31,3	50,1	0,0023	3.000	107,6

Como V<sub>d</sub> < V<sub>U1</sub> y V<sub>d</sub> < V<sub>U2</sub> no hace falta disponer de armadura de cortante.



**CARACTERÍSTICAS DE LAS SECCIONES**

ancho sección, b [m] = 1,00  
recubrimiento, c [m] = 0,05

FLEXIÓN SIMPLE				
sección	vertical		horizontal	
	p. largo	p. corto	p. largo	p. corto
M <sub>k</sub> [kNm] =	16,65	9,71	13,60	13,60
espesor [m] =	0,30	0,30	0,30	0,30
Ø [mm] =	12,00	12,00	12,00	12,00
Sep [cm] =	20,00	20,00	20,00	20,00
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7	5,7	5,7

TRACCIÓN SIMPLE		
sección	horizontal	
	p. largo	p. corto
N <sub>k</sub> [kN] =	21,22	27,76
espesor [m] =	0,30	0,30
Ø [mm] =	12,00	12,00
Sep [cm] =	20,00	20,00
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7
2 As real [cm <sup>2</sup> /m] =	11,3	11,3

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN**

La comprobación a fisuración se realiza según el Art. 49 EHE.

Los valores máximos de la abertura de la fisura (Art. 49.2.4 EHE) bajo la combinación de acciones cuasipermanentes son:

Clase de exposición	w <sub>máx</sub> [mm]
I	0,4
IIa, IIb, H	0,3
IIIa, IIIb, IV, F	0,2
IIIc, Qa, Qb, Qc	0,1

w<sub>máx</sub> [mm] = 0,1

β = 1,7      acciones directas  
k<sub>2</sub> = 0,5

**Características materiales:**

Hormigón		Acero	
f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	500
γ <sub>c</sub> =	1,50	γ <sub>s</sub> =	1,15
f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,00	f <sub>yd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	2,90		
E <sub>c</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090	E <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	2.100.000
n = E <sub>s</sub> / E <sub>c</sub> =	6,4		

FLEXIÓN SIMPLE				
sección	vertical		horizontal	
	p. largo	p. corto	p. largo	p. corto
M <sub>k</sub> [t m] =	1,67	0,97	1,36	1,36
espesor [m] =	0,30	0,30	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12	12	12
Sep [cm] =	20	20	20	20
15 Ø [cm] =	18	18	18	18
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7	5,7	5,7
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	675,0	675,0	675,0	675,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212	212	212	212
M <sub>fis</sub> [m t] =	4,3	4,3	4,3	4,3
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	3.615,6	3.615,6	3.615,6	3.615,6
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	1.385,9	808,4	1.131,8	1.131,8
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00026	0,00015	0,00022	0,00022
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> ] =	(0,00159)	(0,00347)	(0,00221)	(0,00221)
ε <sub>sm</sub> =	0,00026	0,00015	0,00022	0,00022
w <sub>k</sub> [mm] =	0,095	0,055	0,078	0,078
ELS Fisuración	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

TRACCIÓN SIMPLE		
sección	horizontal	
	p. largo	p. corto
N <sub>k</sub> [t] =	2,12	2,78
espesor [m] =	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12
Sep [cm] =	20	20
15 Ø [cm] =	18	18
As [cm <sup>2</sup> /m] =	11,3	11,3
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	1.350,0	1.350,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212	212
N <sub>fis</sub> [t] =	86,9	86,9
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	7.683,1	7.683,1
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	187,7	245,4
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00004	0,00005
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> ] =	(0,07480)	(0,05715)
ε <sub>sm</sub> =	0,0000357	0,0000467
w <sub>k</sub> [mm] =	0,013	0,017
ELS Fisuración	CUMPLE	CUMPLE

Formulación empleada:

$$M_{fis} = f_{ct,m} b h^2 / 6 \quad \sigma_{sr} = M_{fis} / (0,8 d A_s) \quad w_k = \beta s_m \epsilon_{sm}$$

$$\epsilon_{sm} = (\sigma_s/E_s) [1-(k_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)] \quad \sigma_s = M_k / M_{fis} \sigma_{sr} \quad w_k \leq w_{k,max}$$

Formulación empleada:

$$N_{fis} = A_c f_{ct,m} \quad \sigma_{sr} = n N_{fis} / A_c$$

$$\sigma_s = N_k / N_{fis} \sigma_{sr}$$

PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).

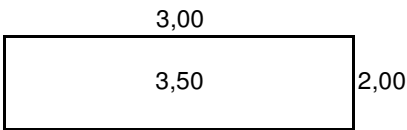
**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## **6.4 ARQUETA SALIDA**

PROYECTO:	SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).
ARQUETA SALIDA	
<b>CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR</b>	

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN PAREDES DE DEPÓSITO RECTANGULAR**



dimensiones interiores [m]	esp. [m]	P [kN]
longitud, b [m] =	3,000 0,30	95
anchura, c [m] =	2,000 0,30	53
profundidad, a [m] =	3,500 0,30	70

pesos materiales	
$\gamma_{HORM}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	25,0
peso del agua, w [kN/m <sup>3</sup> ] =	9,8
densidad terreno [kN/m <sup>3</sup> ] =	18,0

Hipótesis I: Carga de agua	
altura agua [m] =	2,8
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	27,0

condiciones apoyo borde superior	
<b>0</b>	0: borde superior libre 1: borde superior apoyado

Hipótesis II: Carga de tierras	
altura tierras [m] =	3,4
K empuje =	0,5
altura N.F. [m] =	0,0
sobrecarga [kN/m <sup>2</sup> ] =	10,0
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	35,2

relaciones dimensionales reales		
b / a	c / a	rel. adopt.
0,90	0,63	6

carga adoptada	
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	35,2
dens equiv [kN/m <sup>3</sup> ] =	10,0

relaciones tabla 9.20 y 9.21 PCA			
b / a	c / a	relación	c / b
2,0	2,0	1	1,00
2,0	1,0	3	0,50
2,0	0,5	4	0,25
1,5	1,5	5	1,00
1,5	1,0	6	0,67
1,5	0,5	7	0,33
1,0	1,0	8	1,00
1,0	0,5	9	0,50
0,5	0,5	10	1,00

esfuerzos característicos		
esfuerzo	coef	M [kNm]
Lx1	-60	-25,8
Lx2	25	10,8
Ly1	-38	-16,4
Ly2	35	15,1
Ly3	-49	-21,1
Ly4	32	13,8
Sx1	-35	-15,1
Sx2	10	4,3
Sy1	-38	-16,4
Sy2	-6	-2,6
Sy3	-49	-21,1
Sy4	10	4,3
esfuerzo	coef	V [kN]
Lv1	32	39,4
Lv2	5	6,2
Lv3	34	41,8
Sv1	24	29,5
Sv2	2	2,5
Sv3	26	32,0

Coeficiente de mayoración de cargas	
$\gamma_F =$	1,60

Nivel de control de la ejecución normal.

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

**ARQUETA SALIDA**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR**

**ESQUEMAS DE ESFUERZOS EN PANELES VERTICALES**

**PANEL LARGO b x a**

**momentos horizontales [kNm]**

-16,4	15,1	-16,4
Ly1	Ly2	Ly1
-21,1	13,8	-21,1
Ly3	Ly4	Ly3

**momentos verticales [kNm]**

	10,8	
	Lx2	
	-25,8	
	Lx1	

**cortantes [kN]**

6,2		6,2
Lv2		Lv2
41,8		41,8
Lv3		Lv3
	39,4	
	Lv1	

**PANEL CORTO c x a**

**momentos horizontales [kNm]**

-16,4	-2,6	-16,4
Sy1	Sy2	Sy1
-21,1	4,3	-21,1
Sy3	Sy4	Sy3

**momentos verticales [kNm]**

	4,3	
	Sx2	
	-15,1	
	Sx1	

**cortantes [kN]**

2,5		2,5
Sv2		Sv2
32,0		32,0
Sv3		Sv3
	29,5	
	Sv1	

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN SOLERA DE DEPÓSITO RECTANGULAR**

reacción muros [kN/m<sup>2</sup>] = 31,4  
 subpresión N.F. [kN/m<sup>2</sup>] = 0,0  
 carga repartida, q [kN/m<sup>2</sup>] = **31,4**  
 c / b = 0,69  
 relación c / b adoptada = **0,69**

esfuerzo	coef	M [kNm]
my cdv	34,4	-5,7
mx cdv	16,6	-2,8
my borde	74,6	12,4
mx borde	58,0	9,6

**PANEL LARGO b x a**

**momentos verticales [kNm]**

9,6	-2,8	9,6
mx borde	mx cdv	mx borde

**cortantes [kN]**

15,0		-15,0
qx borde		qx borde

**PANEL CORTO c x a**

**momentos verticales [kNm]**

12,4	-5,7	12,4
my borde	my cdv	my borde

**cortantes [kN]**

31,5		-31,5
qy borde		qy borde

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

ARQUETA SALIDA

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR**

**DIMENSIONAMIENTO PAREDES EN DEPÓSITO RECTANGULAR (Anejo nº8 EHE)**

Geometría de la sección	Caract. materiales	Cálculos intermedios
b [m] = 1,00	fck [N/mm <sup>2</sup> ] = 30	$A_C = 0,3 \text{ m}^2$
e [m] = 0,30	fyk [N/mm <sup>2</sup> ] = 500	$U_0 = 0,85 \text{ fcd} \cdot b \cdot d = 4.250 \text{ kN}$
r [m] = 0,050	$\gamma_C = 1,50$	$U_V = 2 U_0 \cdot d'/d = 1.700 \text{ kN}$
d [m] = 0,250	$\gamma_S = 1,15$	$U_A = 2 U_0 \cdot h/d = 10.200 \text{ kN}$
d' [m] = 0,050	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] = 20,0	$M \text{ lim} = 0,375 U_0 \cdot d = 398,4 \text{ kN m}$
	fyd [N/mm <sup>2</sup> ] = 434,8	

**Cuantías mínimas**

Geométrica.

Horizontal 3,2 por mil en total

$$A_{S1} + A_{S2} \geq 9,60 \text{ cm}^2$$

Vertical 0,9 por mil (cara tracción)

$$A_{S1} \geq 2,70 \text{ cm}^2$$

Mecánica (flex. simple)

$$A_{S1} \geq 0,04 A_C \text{ fcd}/\text{fyd} = 5,52 \text{ cm}^2$$

**Cálculo de armaduras**

		momentos [kNm]		cálculo armadura	
		M <sub>k</sub>	M <sub>d</sub>	U <sub>S1</sub> [kN]	A <sub>S1</sub> [cm <sup>2</sup> ]
momento vertical =	lado largo	25,8	<b>41,3</b>	168,7	<b>3,9</b>
	lado corto	15,1	<b>24,1</b>	97,6	<b>2,2</b>
momento horizontal =	lado largo	21,1	<b>33,8</b>	137,2	<b>3,2</b>
	lado corto	21,1	<b>33,8</b>	137,2	<b>3,2</b>

**Panel largo. Armadura adoptada**

armadura vertical	interior	A <sub>S1</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	A <sub>S2</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
armadura horizontal	interior	A <sub>S1</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	A <sub>S2</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> = 11,31 cm <sup>2</sup>	

**Panel corto. Armadura adoptada**

armadura vertical	interior	A <sub>S1</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	A <sub>S2</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
armadura horizontal	interior	A <sub>S1</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	exterior	A <sub>S2</sub> = 5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> = 11,31 cm <sup>2</sup>	

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).</b>
<b>ARQUETA SALIDA</b>	
<b>CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR</b>	

**COMPROBACIÓN A CORTANTE (Art. 44.2 EHE)**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$$V_{U1} = f_{1CD} b d = 3.000 \text{ kN/m} \quad \text{donde } f_{1CD} = 0,60 f_{CD}$$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$$V_{U2} = [ 0,12 \zeta (100 \rho_L f_{CK})^{1/3} - 0,15 \sigma'_{CD} ] b_0 d$$

$$\xi = 1 + (200/d)^{1/2} \quad \xi = 1,89$$

$$\rho_L = A_s / (b d) < 0,02 \quad \sigma'_{CD} = 0,00$$

		cortantes [kN]		resist cortante [kN]		
		V <sub>k</sub>	V <sub>d</sub>	ρ <sub>L</sub>	V <sub>U1</sub>	V <sub>U2</sub>
cortante vertical =	lado largo	39,4	<b>63,0</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
	lado corto	29,5	<b>47,2</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
cortante horizontal =	lado largo	41,8	<b>66,9</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
	lado corto	32,0	<b>51,2</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>

Como  $V_d < V_{U1}$  y  $V_d < V_{U2}$  no hace falta disponer de armadura de cortante.

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).</b>
<b>ARQUETA SALIDA</b>	
<b>CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR</b>	

**DIMENSIONAMIENTO SOLERA EN DEPÓSITOS RECTANGULARES (Anejo nº8 EHE)**

Geometría de la sección		Caract. materiales		Cálculos intermedios	
b [m] =	1,00	fck [N/mm²] =	30	A <sub>C</sub> =	0,30 m²
e [m] =	0,30	fyk [N/mm²] =	500	U <sub>0</sub> = 0,85 fcd · b · d =	4.250 kN
r [m] =	0,050	γ <sub>C</sub> =	1,50	U <sub>V</sub> = 2 U <sub>0</sub> · d'/d =	1.700 kN
d [m] =	0,250	γ <sub>S</sub> =	1,15	U <sub>A</sub> = 2 U <sub>0</sub> · h/d =	10.200 kN
d' [m] =	0,050	fcd [N/mm²] =	20,0	0,375 U <sub>0</sub> · d =	398,4 kN m
		fyd [N/mm²] =	434,8		

Cuantías mínimas	Geométrica.		
	Horizontal 1,8 por mil en total	A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> >=	5,40 cm²
	Mecánica (flex. simple)	A <sub>S1</sub> >= 0,04 A <sub>C</sub> fcd/fyd =	5,52 cm²

**Cálculo de armaduras**

		momentos [kNm]		cálculo armadura	
		M <sub>k</sub>	M <sub>d</sub>	U <sub>S1</sub> [kN]	A <sub>S1</sub> [cm²]
momento lado largo =	positivo	2,76	4,4	17,7	0,4
	negativo	9,64	15,4	62,1	1,4
momento lado corto =	positivo	5,72	9,1	36,7	0,8
	negativo	12,40	19,8	80,1	1,8

**Armadura adoptada**

armadura lado largo	superior	A <sub>S1</sub> =	5,65 cm² =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	A <sub>S2</sub> =	5,65 cm² =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> =	11,31 cm²	
armadura lado corto	superior	A <sub>S1</sub> =	5,65 cm² =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	A <sub>S2</sub> =	5,65 cm² =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> =	11,31 cm²	
		cuantía por superficie =	17,8 kg/m²	
		cuantía por volumen =	59,2 kg/m³	

**COMPROBACIÓN A CORTANTE (Art. 44.2 EHE)**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$$V_{U1} = f_{1CD} \cdot b \cdot d = 3.000 \text{ kN/m} \quad \text{donde } f_{1CD} = 0,60 f_{CD}$$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$$V_{U2} = [0,12 \zeta (100 \rho_L f_{CK}) - 0,15 \sigma'_{CD}] b_0 d \quad \xi = 1 + (200/d)^{1/3} \quad \xi = 1,89$$

$$\rho_L = A_s / (b \cdot d) < 0,02 \quad \sigma'_{CD} = 0,00$$

		cortantes [kN]		resist cortante [kN]		
		V <sub>k</sub>	V <sub>d</sub>	ρ <sub>L</sub>	V <sub>U1</sub>	V <sub>U2</sub>
cortante vertical =	lado largo	15,0	24,0	0,0023	3.000	107,6
	lado corto	31,5	50,4	0,0023	3.000	107,6

Como V<sub>d</sub> < V<sub>U1</sub> y V<sub>d</sub> < V<sub>U2</sub> no hace falta disponer de armadura de cortante.

**CARACTERÍSTICAS DE LAS SECCIONES**

ancho sección, b [m] = 1,00  
recubrimiento, c [m] = 0,05

FLEXIÓN SIMPLE				
sección	vertical		horizontal	
	p. largo	p. corto	p. largo	p. corto
M <sub>k</sub> [kNm] =	25,84	15,07	21,10	21,10
espesor [m] =	0,30	0,30	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12	12	12
Sep [cm] =	20	20	20	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7	5,7	5,7

TRACCIÓN SIMPLE		
sección	horizontal	
	p. largo	p. corto
N <sub>k</sub> [kN] =	31,99	41,83
espesor [m] =	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12
Sep [cm] =	20	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7
2 As real [cm <sup>2</sup> /m] =	11,3	11,3

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN**

La comprobación a fisuración se realiza según el Art. 49 EHE.

Los valores máximos de la abertura de la fisura (Art. 49.2.4 EHE) bajo la combinación de acciones cuasipermanentes son:

Clase de exposición	w <sub>máx</sub> [mm]
I	0,4
IIa, IIb, H	0,3
IIIa, IIIb, IV, F	0,2
IIIc, Qa, Qb, Qc	0,1

w<sub>máx</sub> [mm] = 0,1

β = 1,7      acciones directas  
k<sub>2</sub> = 0,5

**Características materiales:**

Hormigón		Acero	
f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	500
γ <sub>c</sub> =	1,50	γ <sub>s</sub> =	1,15
f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,00	f <sub>yd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] =	2,90	E <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	2.100.000
E <sub>c</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	329.090		
n = E <sub>s</sub> / E <sub>c</sub> =	6,4		

FLEXIÓN SIMPLE				
sección	vertical		horizontal	
	p. largo	p. corto	p. largo	p. corto
M <sub>k</sub> [t m] =	2,58	1,51	2,11	2,11
espesor [m] =	0,30	0,30	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12	12	12
Sep [cm] =	20	20	20	20
15 Ø [cm] =	18	18	18	18
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7	5,7	5,7
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	675,0	675,0	675,0	675,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212	212	212	212
M <sub>fis</sub> [m t] =	4,3	4,3	4,3	4,3
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	3.615,6	3.615,6	3.615,6	3.615,6
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	2.150,0	1.254,1	1.755,8	1.755,8
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00041	0,00024	0,00033	0,00033
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> ] =	(0,00042)	(0,00188)	(0,00094)	(0,00094)
ε <sub>sm</sub> =	0,00041	0,00024	0,00033	0,00033
w <sub>k</sub> [mm] =	0,147	0,086	0,120	0,120
ELS Fisuración	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

TRACCIÓN SIMPLE		
sección	horizontal	
	p. largo	p. corto
N <sub>k</sub> [t] =	3,20	4,18
espesor [m] =	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12
Sep [cm] =	20	20
15 Ø [cm] =	18	18
As [cm <sup>2</sup> /m] =	11,3	11,3
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	1.350,0	1.350,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212	212
N <sub>fis</sub> [t] =	86,9	86,9
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	7.683,1	7.683,1
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	282,8	369,8
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00005	0,00007
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> ] =	(0,04956)	(0,03783)
ε <sub>sm</sub> =	0,0000539	0,0000704
w <sub>k</sub> [mm] =	0,019	0,025
ELS Fisuración	CUMPLE	CUMPLE

Formulación empleada:

$$M_{fis} = f_{ct,m} b h^2 / 6 \quad \sigma_{sr} = M_{fis} / (0,8 d A_s) \quad w_k = \beta s_m \epsilon_{sm}$$

$$\epsilon_{sm} = (\sigma_s/E_s) [1-(k_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)] \quad \sigma_s = M_k / M_{fis} \sigma_{sr} \quad w_k \leq w_{k,max}$$

Formulación empleada:

$$N_{fis} = A_c f_{ct,m} \quad \sigma_{sr} = n N_{fis} / A_c$$

$$\sigma_s = N_k / N_{fis} \sigma_{sr}$$



PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

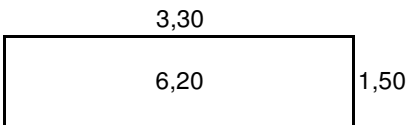
## **6.5 ARQUETA REPARTO Y BOMBEO**

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

**ARQUETA REPARTO Y BOMBEO**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN PAREDES DE DEPÓSITO RECTANGULAR**



dimensiones interiores [m]	esp. [m]	P [kN]
longitud, b [m] = 3,300	0,30	181
anchura, c [m] = 1,500	0,30	70
profundidad, a [m] = 6,200	0,30	61

pesos materiales	
$\gamma_{HORM}$ [kN/m <sup>3</sup> ] =	25,0
peso del agua, w [kN/m <sup>3</sup> ] =	9,8
densidad terreno [kN/m <sup>3</sup> ] =	18,0

Hipótesis I: Carga de agua	
altura agua [m] =	2,8
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	27,0

condiciones apoyo borde superior	
<b>0</b>	0: borde superior libre 1: borde superior apoyado

Hipótesis II: Carga de tierras	
altura tierras [m] =	3,4
K empuje =	0,5
altura N.F. [m] =	0,0
sobrecarga [kN/m <sup>2</sup> ] =	0,0
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	30,2

relaciones dimensionales reales		
b / a	c / a	rel. adopt.
0,57	0,28	10

carga adoptada	
carga [kN/m <sup>2</sup> ] =	30,2
dens equiv [kN/m <sup>3</sup> ] =	4,9

relaciones tabla 9.20 y 9.21 PCA			
b / a	c / a	relación	c / b
2,0	2,0	1	1,00
2,0	1,0	3	0,50
2,0	0,5	4	0,25
1,5	1,5	5	1,00
1,5	1,0	6	0,67
1,5	0,5	7	0,33
1,0	1,0	8	1,00
1,0	0,5	9	0,50
0,5	0,5	10	1,00

esfuerzos característicos		
esfuerzo	coef	M [kNm]
Lx1	-15	-17,4
Lx2	2	2,3
Ly1	-3	-3,5
Ly2	2	2,3
Ly3	-10	-11,6
Ly4	6	7,0
Sx1	-15	-17,4
Sx2	2	2,3
Sy1	-3	-3,5
Sy2	2	2,3
Sy3	-10	-11,6
Sy4	6	7,0
esfuerzo	coef	V [kN]
Lv1	14	26,2
Lv2	0	0,0
Lv3	13	24,3
Sv1	14	26,2
Sv2	0	0,0
Sv3	13	24,3

Coeficiente de mayoración de cargas	
$\gamma_F =$	1,60

Nivel de control de la ejecución normal.

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

**ARQUETA REPARTO Y BOMBEO**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR**

**ESQUEMAS DE ESFUERZOS EN PANELES VERTICALES**

**PANEL LARGO b x a**

**momentos horizontales [kNm]**

-3,5	2,3	-3,5
Ly1	Ly2	Ly1
-11,6	7,0	-11,6
Ly3	Ly4	Ly3

**momentos verticales [kNm]**

2,3
Lx2
-17,4
Lx1

**cortantes [kN]**

0,0	0,0
Lv2	Lv2
24,3	24,3
Lv3	Lv3
26,2	
Lv1	

**PANEL CORTO c x a**

**momentos horizontales [kNm]**

-3,5	2,3	-3,5
Sy1	Sy2	Sy1
-11,6	7,0	-11,6
Sy3	Sy4	Sy3

**momentos verticales [kNm]**

2,3
Sx2
-17,4
Sx1

**cortantes [kN]**

0,0	0,0
Sv2	Sv2
24,3	24,3
Sv3	Sv3
26,2	
Sv1	

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN SOLERA DE DEPÓSITO RECTANGULAR**

reacción muros [kN/m<sup>2</sup>] = 61,3  
 subpresión N.F. [kN/m<sup>2</sup>] = 0,0  
 carga repartida, q [kN/m<sup>2</sup>] = **61,3**  
 c / b = 0,50  
 relación c / b adoptada = **0,50**

esfuerzo	coef	M [kNm]
my cdv	41,0	-8,1
mx cdv	10,0	-2,0
my borde	84,0	16,7
mx borde	58,0	11,5

**PANEL LARGO b x a**

**momentos verticales [kNm]**

11,5	-2,0	11,5
mx borde	mx cdv	mx borde

**cortantes [kN]**

15,0	-15,0
qx borde	qx borde

**PANEL CORTO c x a**

**momentos verticales [kNm]**

16,7	-8,1	16,7
my borde	my cdv	my borde

**cortantes [kN]**

55,2	-55,2
qy borde	qy borde

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

**ARQUETA REPARTO Y BOMBEO**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR**

**DIMENSIONAMIENTO PAREDES EN DEPÓSITO RECTANGULAR (Anejo nº8 EHE)**

Geometría de la sección	Caract. materiales	Cálculos intermedios
b [m] = 1,00	fck [N/mm <sup>2</sup> ] = 30	$A_C = 0,3 \text{ m}^2$
e [m] = 0,30	fyk [N/mm <sup>2</sup> ] = 500	$U_0 = 0,85 \text{ fcd} \cdot b \cdot d = 4.250 \text{ kN}$
r [m] = 0,050	$\gamma_C = 1,50$	$U_V = 2 U_0 \cdot d'/d = 1.700 \text{ kN}$
d [m] = 0,250	$\gamma_S = 1,15$	$U_A = 2 U_0 \cdot h/d = 10.200 \text{ kN}$
d' [m] = 0,050	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] = 20,0	$M \text{ lim} = 0,375 U_0 \cdot d = 398,4 \text{ kN m}$
	fyd [N/mm <sup>2</sup> ] = 434,8	

**Cuantías mínimas**

Geométrica.

Horizontal 3,2 por mil en total

$A_{S1} + A_{S2} \geq 9,60 \text{ cm}^2$

Vertical 0,9 por mil (cara tracción)

$A_{S1} \geq 2,70 \text{ cm}^2$

Mecánica (flex. simple)

$A_{S1} \geq 0,04 A_C \text{ fcd}/\text{fyd} = 5,52 \text{ cm}^2$

**Cálculo de armaduras**

		momentos [kNm]		cálculo armadura	
		M <sub>k</sub>	M <sub>d</sub>	U <sub>S1</sub> [kN]	A <sub>S1</sub> [cm <sup>2</sup> ]
momento vertical =	lado largo	17,4	<b>27,8</b>	112,8	<b>2,6</b>
	lado corto	17,4	<b>27,8</b>	112,8	<b>2,6</b>
momento horizontal =	lado largo	11,6	<b>18,5</b>	74,8	<b>1,7</b>
	lado corto	11,6	<b>18,5</b>	74,8	<b>1,7</b>

**Panel largo. Armadura adoptada**

armadura vertical	interior	$A_{S1} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	<b>Ø12 a 20 cm</b>
	exterior	$A_{S2} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	<b>Ø12 a 20 cm</b>
armadura horizontal	interior	$A_{S1} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	<b>Ø12 a 20 cm</b>
	exterior	$A_{S2} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	<b>Ø12 a 20 cm</b>
		$A_{S1} + A_{S2} = 11,31 \text{ cm}^2$	

**Panel corto. Armadura adoptada**

armadura vertical	interior	$A_{S1} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	<b>Ø12 a 20 cm</b>
	exterior	$A_{S2} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	<b>Ø12 a 20 cm</b>
armadura horizontal	interior	$A_{S1} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	<b>Ø12 a 20 cm</b>
	exterior	$A_{S2} = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow$	<b>Ø12 a 20 cm</b>
		$A_{S1} + A_{S2} = 11,31 \text{ cm}^2$	

PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

**ARQUETA REPARTO Y BOMBEO**

**CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR**

**COMPROBACIÓN A CORTANTE (Art. 44.2 EHE)**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$$V_{U1} = f_{1CD} b d = 3.000 \text{ kN/m} \quad \text{donde } f_{1CD} = 0,60 f_{CD}$$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$$V_{U2} = [ 0,12 \zeta (100 \rho_L f_{CK})^{1/3} - 0,15 \sigma'_{CD} ] b_0 d$$

$$\xi = 1 + (200/d)^{1/2} \quad \xi = 1,89$$

$$\rho_L = A_s / (b d) < 0,02 \quad \sigma'_{CD} = 0,00$$

		cortantes [kN]		resist cortante [kN]		
		$V_k$	$V_d$	$\rho_L$	$V_{U1}$	$V_{U2}$
cortante vertical =	lado largo	26,2	<b>41,9</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
	lado corto	26,2	<b>41,9</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
cortante horizontal =	lado largo	24,3	<b>38,9</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>
	lado corto	24,3	<b>38,9</b>	0,0023	3.000	<b>107,6</b>

Como  $V_d < V_{U1}$  y  $V_d < V_{U2}$  no hace falta disponer de armadura de cortante.

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).</b>
<b>ARQUETA REPARTO Y BOMBEO</b>	
<b>CÁLCULO DE ESFUERZOS EN DEPÓSITO RECTANGULAR</b>	

**DIMENSIONAMIENTO SOLERA EN DEPÓSITOS RECTANGULARES (Anejo nº8 EHE)**

Geometría de la sección		Caract. materiales		Cálculos intermedios	
b [m] =	1,00	fck [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	A <sub>C</sub> =	0,30 m <sup>2</sup>
e [m] =	0,30	fyk [N/mm <sup>2</sup> ] =	500	U <sub>0</sub> = 0,85 fcd · b · d =	4.250 kN
r [m] =	0,050	γ <sub>C</sub> =	1,50	U <sub>V</sub> = 2 U <sub>0</sub> · d'/d =	1.700 kN
d [m] =	0,250	γ <sub>S</sub> =	1,15	U <sub>A</sub> = 2 U <sub>0</sub> · h/d =	10.200 kN
d' [m] =	0,050	fcd [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	0,375 U <sub>0</sub> · d =	398,4 kN m
		fyd [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8		

Cuantías mínimas	Geométrica.		
	Horizontal 1,8 por mil en total	A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> >=	5,40 cm <sup>2</sup>
	Mecánica (flex. simple)	A <sub>S1</sub> >= 0,04 A <sub>C</sub> fcd/fyd =	5,52 cm <sup>2</sup>

**Cálculo de armaduras**

		momentos [kNm]		cálculo armadura	
		M <sub>k</sub>	M <sub>d</sub>	U <sub>S1</sub> [kN]	A <sub>S1</sub> [cm <sup>2</sup> ]
momento lado largo =	positivo	1,99	3,2	12,7	0,3
	negativo	11,52	18,4	74,4	1,7
momento lado corto =	positivo	8,15	13,0	52,5	1,2
	negativo	16,69	26,7	108,2	2,5

**Armadura adoptada**

armadura lado largo	superior	A <sub>S1</sub> =	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	A <sub>S2</sub> =	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> =	11,31 cm <sup>2</sup>	
armadura lado corto	superior	A <sub>S1</sub> =	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
	inferior	A <sub>S2</sub> =	5,65 cm <sup>2</sup> =>	Ø12 a 20 cm
		A <sub>S1</sub> + A <sub>S2</sub> =	11,31 cm <sup>2</sup>	
		cuantía por superficie =	17,8 kg/m <sup>2</sup>	
		cuantía por volumen =	59,2 kg/m <sup>3</sup>	

**COMPROBACIÓN A CORTANTE (Art. 44.2 EHE)**

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma es el siguiente:

$$V_{U1} = f_{1CD} \cdot b \cdot d = 3.000 \text{ kN/m} \quad \text{donde } f_{1CD} = 0,60 f_{CD}$$

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma es el siguiente:

$$V_{U2} = [0,12 \zeta (100 \rho_L f_{CK}) - 0,15 \sigma'_{CD}] b_0 d \quad \xi = 1 + (200/d)^{1/3} \quad \xi = 1,89$$

$$\rho_L = A_s / (b \cdot d) < 0,02 \quad \sigma'_{CD} = 0,00$$

		cortantes [kN]		resist cortante [kN]		
		V <sub>k</sub>	V <sub>d</sub>	ρ <sub>L</sub>	V <sub>U1</sub>	V <sub>U2</sub>
cortante vertical =	lado largo	15,0	24,0	0,0023	3.000	107,6
	lado corto	55,2	88,3	0,0023	3.000	107,6

Como V<sub>d</sub> < V<sub>U1</sub> y V<sub>d</sub> < V<sub>U2</sub> no hace falta disponer de armadura de cortante.

**CARACTERÍSTICAS DE LAS SECCIONES**

ancho sección, b [m] = 1,00  
recubrimiento, c [m] = 0,05

sección	FLEXIÓN SIMPLE			
	vertical		horizontal	
	p. largo	p. corto	p. largo	p. corto
M <sub>k</sub> [kNm] =	17,38	17,38	11,59	11,59
espesor [m] =	0,30	0,30	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12	12	12
Sep [cm] =	20	20	20	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7	5,7	5,7

sección	TRACCIÓN SIMPLE	
	horizontal	
	p. largo	p. corto
N <sub>k</sub> [kN] =	24,30	24,30
espesor [m] =	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12
Sep [cm] =	20	20
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7
2 As real [cm <sup>2</sup> /m] =	11,3	11,3

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN**

La comprobación a fisuración se realiza según el Art. 49 EHE.

Los valores máximos de la abertura de la fisura (Art. 49.2.4 EHE) bajo la combinación de acciones cuasipermanentes son:

Clase de exposición	w <sub>máx</sub> [mm]
I	0,4
IIa, IIb, H	0,3
IIIa, IIIb, IV, F	0,2
IIIc, Qa, Qb, Qc	0,1

w<sub>máx</sub> [mm] = 0,1

β = 1,7      acciones directas  
k<sub>2</sub> = 0,5

**Características materiales:**

Hormigón	Acero
f <sub>ck</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] = 30	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] = 500
γ <sub>c</sub> = 1,50	γ <sub>s</sub> = 1,15
f <sub>cd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] = 20,00	f <sub>yd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] = 434,8
f <sub>ct,m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] = 2,90	E <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] = 2.100.000
E <sub>c</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] = 329.090	
n = E <sub>s</sub> / E <sub>c</sub> = 6,4	

sección	FLEXIÓN SIMPLE			
	vertical		horizontal	
	p. largo	p. corto	p. largo	p. corto
M <sub>k</sub> [t m] =	1,74	1,74	1,16	1,16
espesor [m] =	0,30	0,30	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12	12	12
Sep [cm] =	20	20	20	20
15 Ø [cm] =	18	18	18	18
As real [cm <sup>2</sup> /m] =	5,7	5,7	5,7	5,7
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	675,0	675,0	675,0	675,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212	212	212	212
M <sub>fis</sub> [m t] =	4,3	4,3	4,3	4,3
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	3.615,6	3.615,6	3.615,6	3.615,6
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	1.446,7	1.446,7	964,5	964,5
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00028	0,00028	0,00018	0,00018
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> ] =	(0,00146)	(0,00146)	(0,00277)	(0,00277)
ε <sub>sm</sub> =	0,00028	0,00028	0,00018	0,00018
w <sub>k</sub> [mm] =	0,099	0,099	0,066	0,066
ELS Fisuración	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

sección	TRACCIÓN SIMPLE	
	horizontal	
	p. largo	p. corto
N <sub>k</sub> [t] =	2,43	2,43
espesor [m] =	0,30	0,30
Ø [mm] =	12	12
Sep [cm] =	20	20
15 Ø [cm] =	18	18
As [cm <sup>2</sup> /m] =	11,3	11,3
A <sub>c,eficaz</sub> [cm <sup>2</sup> ] =	1.350,0	1.350,0
S <sub>m</sub> [mm] =	212	212
N <sub>fis</sub> [t] =	86,9	86,9
σ <sub>sr</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	7.683,1	7.683,1
σ <sub>s</sub> [kp/cm <sup>2</sup> ] =	214,9	214,9
0,4 σ <sub>s</sub> / E <sub>s</sub> =	0,00004	0,00004
(σ <sub>s</sub> /E <sub>s</sub> ) [1-(k <sub>2</sub> σ <sub>sr</sub> /σ <sub>s</sub> ) <sup>2</sup> ] =	(0,06531)	(0,06531)
ε <sub>sm</sub> =	0,0000409	0,0000409
w <sub>k</sub> [mm] =	0,015	0,015
ELS Fisuración	CUMPLE	CUMPLE

Formulación empleada:

$$M_{fis} = f_{ct,m} b h^2 / 6 \quad \sigma_{sr} = M_{fis} / (0,8 d A_s) \quad w_k = \beta s_m \epsilon_{sm}$$

$$\epsilon_{sm} = (\sigma_s/E_s) [1-(k_2(\sigma_{sr}/\sigma_s)^2)] \quad \sigma_s = M_k / M_{fis} \sigma_{sr} \quad w_k \leq w_{k,max}$$

Formulación empleada:

$$N_{fis} = A_c f_{ct,m} \quad \sigma_{sr} = n N_{fis} / A_c$$

$$\sigma_s = N_k / N_{fis} \sigma_{sr}$$

PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## **6.6 ARQUETA MÍNIMA**



PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).**

**ARQUETA MÍNIMA**

**DIMENSIONAMIENTO POR CUANTÍAS MÍNIMAS**

**CARACTERÍSTICAS MATERIALES**

Nota: Los elementos que se pueden dimensionar con este criterio son aquellos que no están expuestas a acciones directas, salvo las propias debidas a retracción y temperatura.

Hormigón		Acero	
$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	30	500	
$\gamma_c$ =	1,50	1,15	
$f_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	20,0	$f_{yd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] =	434,8

**DIMENSIONAMIENTO DE LOS MUROS**

espesor [m] =	0,2
ancho [m] =	1,0

**Cuantías mínimas:**

Geométrica.

Horizontal 3,2 por mil en total  $A_{S1} + A_{S2} \geq 6,40 \text{ cm}^2$

Vertical 0,9 por mil (cara tracción)  $A_{S1} \geq 1,80 \text{ cm}^2$

Mecánica (flex. simple)  $A_{S1} \geq 0,04 A_c f_{cd}/f_{yd} = 3,68 \text{ cm}^2$

**Armadura adoptada:**

armadura vertical	interior	$A_{S1} =$	3,93 cm <sup>2</sup>	=>	Ø10 a 20 cm
	exterior	$A_{S2} =$	3,93 cm <sup>2</sup>	=>	Ø10 a 20 cm
armadura horizontal	interior	$A_{S1} =$	3,93 cm <sup>2</sup>	=>	Ø10 a 20 cm
	exterior	$A_{S2} =$	3,93 cm <sup>2</sup>	=>	Ø10 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} =$	7,85 cm <sup>2</sup>		

**DIMENSIONAMIENTO DE LA SOLERA**

espesor [m] =	0,3
ancho [m] =	1,0

**Cuantías mínimas:**

Geométrica.

Horizontal 1,8 por mil en total  $A_{S1} + A_{S2} \geq 5,40 \text{ cm}^2$

Mecánica (flex. simple)  $A_{S1} \geq 0,04 A_c f_{cd}/f_{yd} = 5,52 \text{ cm}^2$

**Armadura adoptada:**

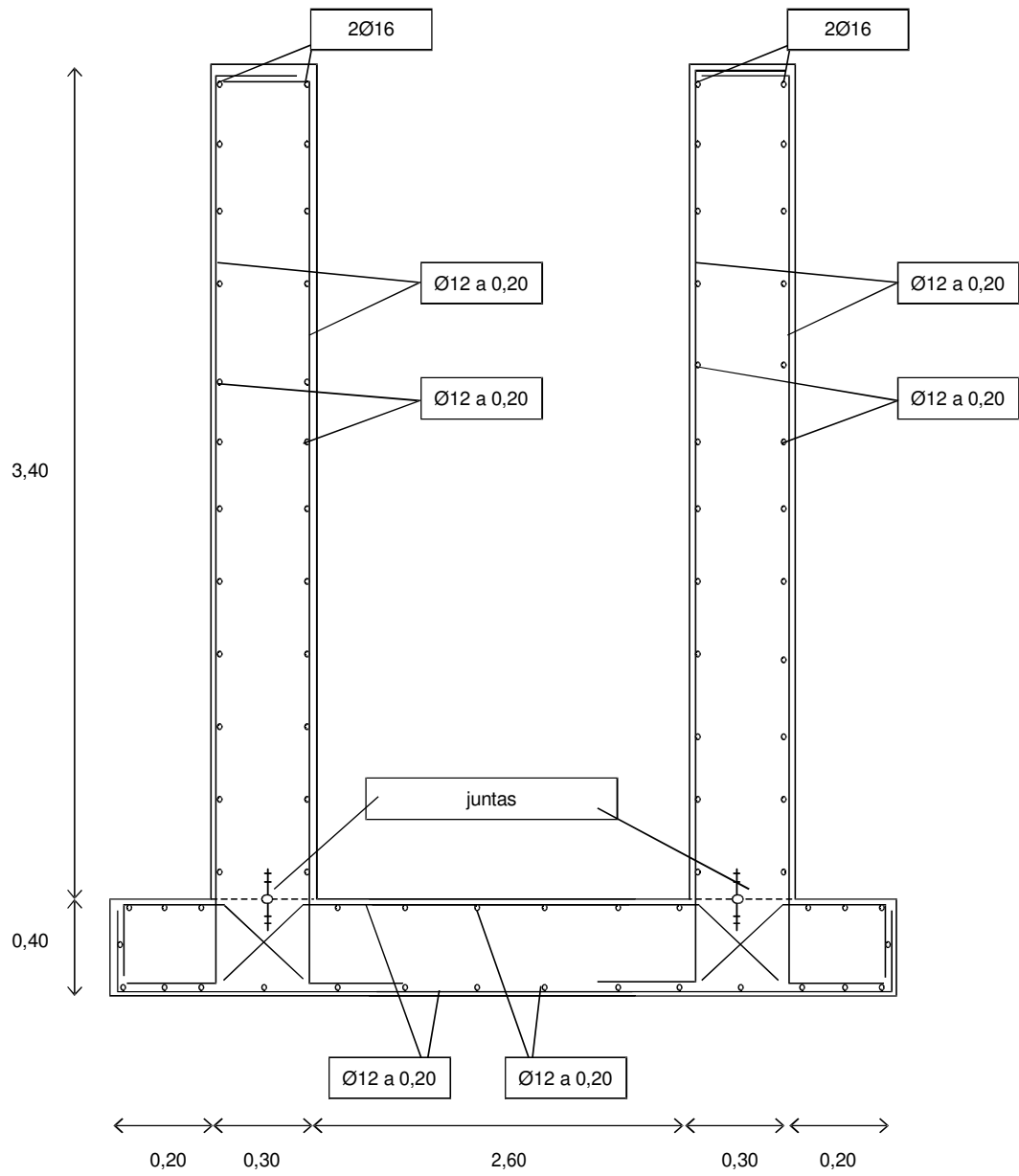
armadura lado largo	superior	$A_{S2} =$	3,93 cm <sup>2</sup>	=>	Ø10 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	3,93 cm <sup>2</sup>	=>	Ø10 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} =$	7,85 cm <sup>2</sup>		
armadura lado corto	superior	$A_{S2} =$	3,93 cm <sup>2</sup>	=>	Ø10 a 20 cm
	inferior	$A_{S1} =$	3,93 cm <sup>2</sup>	=>	Ø10 a 20 cm
		$A_{S1} + A_{S2} =$	7,85 cm <sup>2</sup>		

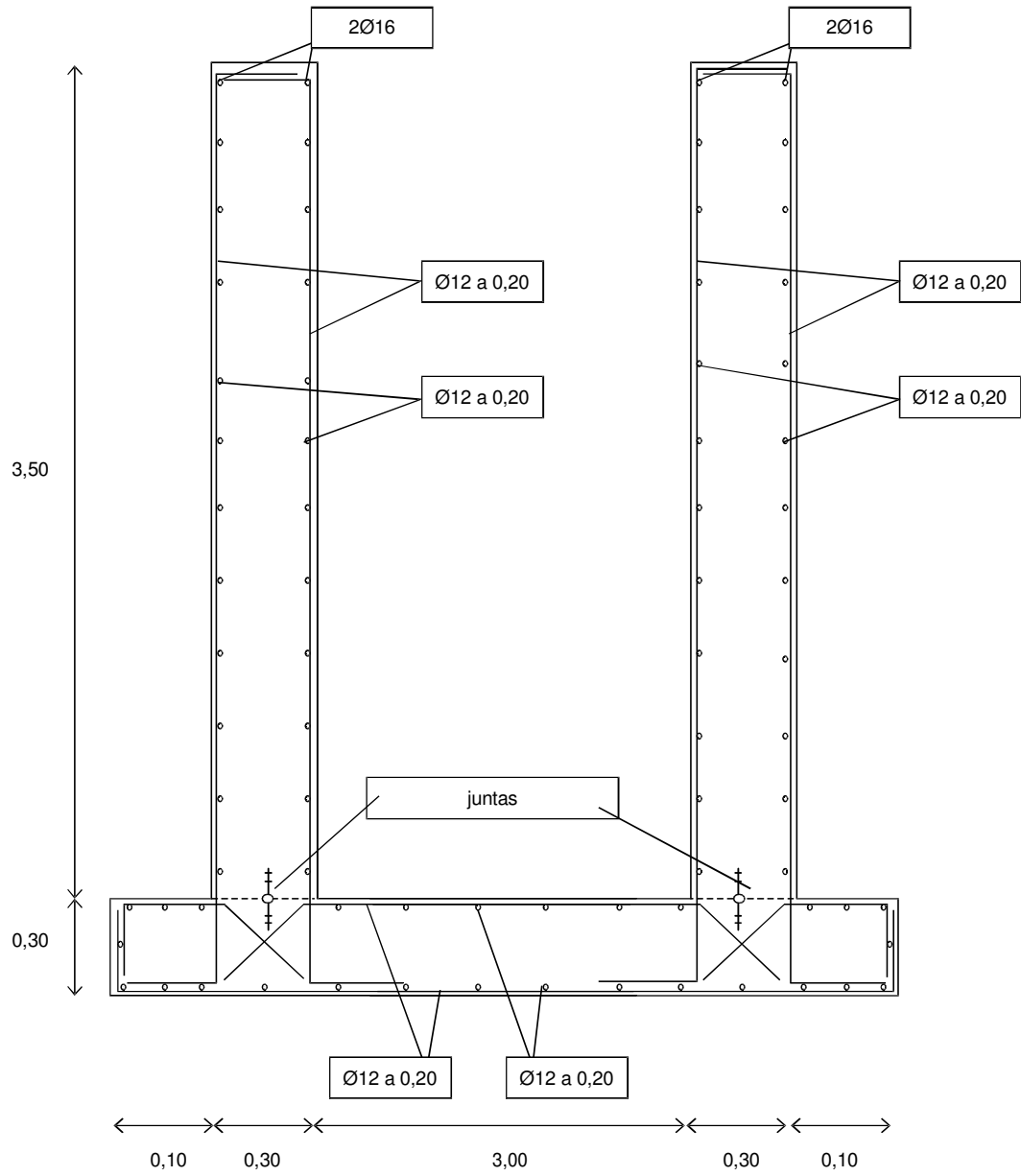
PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres).

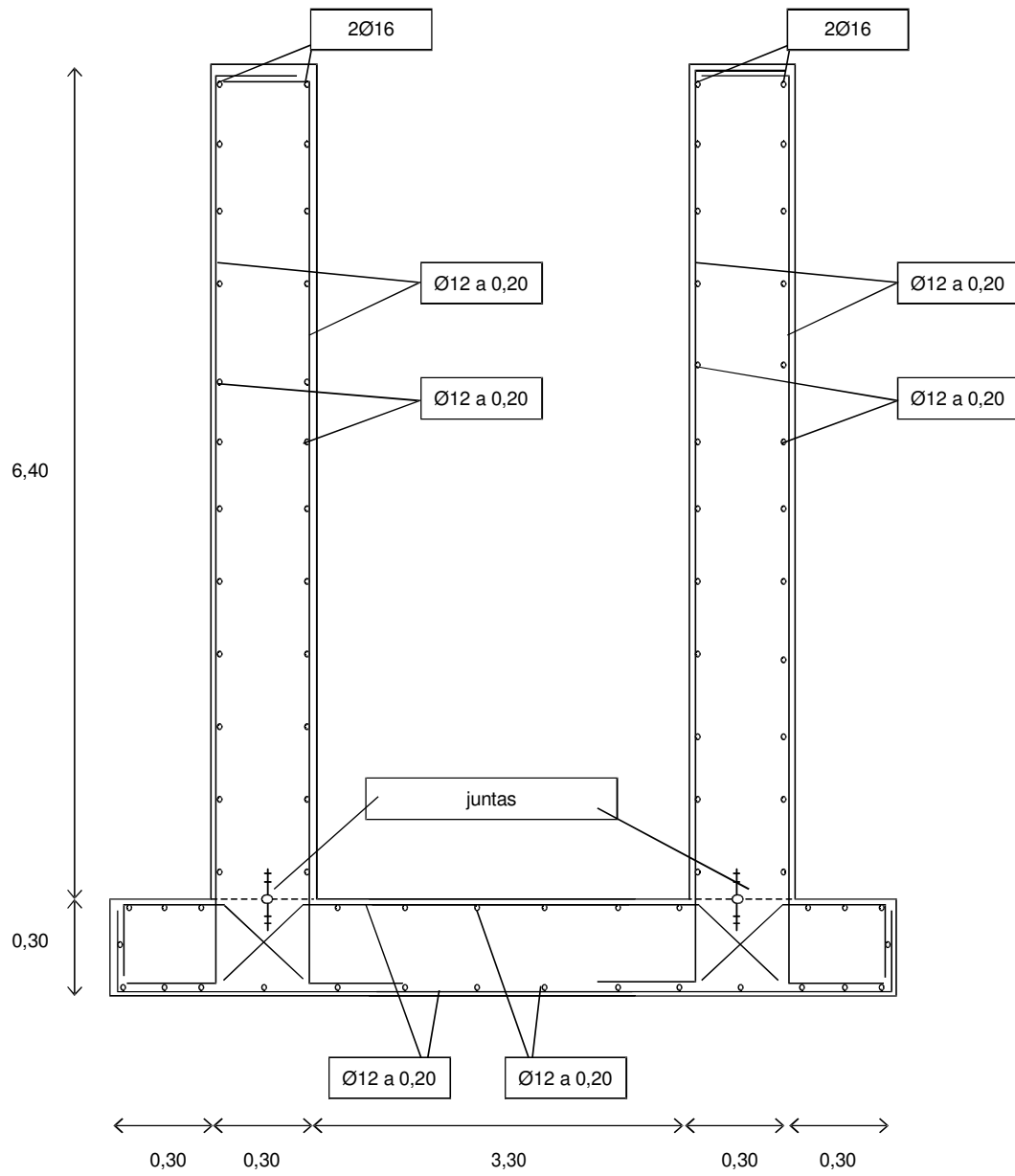
**ANEJO DE CÁLCULO**

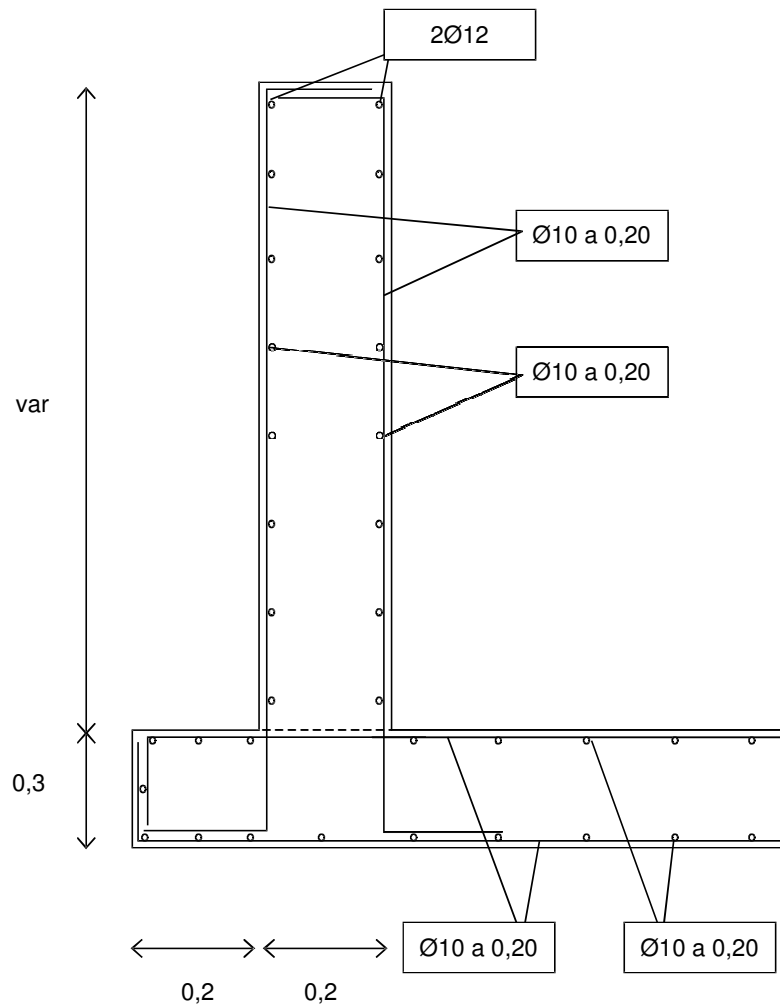
Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## **6.7 CROQUIS ARMADO**









PROYECTO: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres)**

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## **7. EDIFICIO DE CONTROL Y EXPLOTACIÓN**

PROYECTO:	<b>SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres)</b>
-----------	--

## **ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

NOMBRE: **SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres)**

CÁLCULO: EDIFICIO DE CONTROL Y EXPLOTACIÓN

## **ÍNDICE DE CÁLCULOS**

7.1 CÁLCULOS (Cype)



PROYECTO: SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN DE LOSAR DE LA VERA. (Cáceres)

**ANEJO DE CÁLCULO**

Empresa Redactora: **Inyges Consultores, S.L.**

## **7.1 CÁLCULOS (Cype)**

<b>1.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA</b> .....	2
<b>2.- NORMAS CONSIDERADAS</b> .....	2
<b>3.- ACCIONES CONSIDERADAS</b> .....	2
<b>3.1.- Gravitatorias</b> .....	2
<b>3.2.- Viento</b> .....	2
<b>3.3.- Sismo</b> .....	3
<b>3.4.- Hipótesis de carga</b> .....	3
<b>3.5.- Listado de cargas</b> .....	3
<b>4.- ESTADOS LÍMITE</b> .....	4
<b>5.- SITUACIONES DE PROYECTO</b> .....	4
<b>5.1.- Coeficientes parciales de seguridad (<math>\psi</math>) y coeficientes de combinación (<math>\gamma</math>)</b> ....	4
<b>5.2.- Combinaciones</b> .....	5
<b>6.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS</b> .....	8
<b>7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS</b> .....	8
<b>7.1.- Pilares</b> .....	8
<b>8.- DIMENSIONES, COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO Y COEFICIENTES DE PANDEO PARA CADA PLANTA</b> .....	9
<b>9.- LISTADO DE PAÑOS</b> .....	9
<b>9.1.- Autorización de uso</b> .....	9
<b>10.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN</b> .....	10
<b>11.- MATERIALES UTILIZADOS</b> .....	10
<b>11.1.- Hormigones</b> .....	10
<b>11.2.- Aceros por elemento y posición</b> .....	10
11.2.1.- Aceros en barras.....	10
11.2.2.- Aceros en perfiles .....	10



# Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

## 1.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Clave: Edificio Losar-2

## 2.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: EHE-98-CTE

Aceros conformados: CTE DB SE-A

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** A. Zonas residenciales

## 3.- ACCIONES CONSIDERADAS

### 3.1.- Gravitatorias

Planta	S.C.U (t/m <sup>2</sup> )	Cargas muertas (t/m <sup>2</sup> )
Forjado 2	0.10	0.30
Forjado 1	0.10	0.30
Cimentación	0.10	0.30

### 3.2.- Viento

CTE DB SE-AE

Código Técnico de la Edificación.

Documento Básico Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación

Zona eólica: A

Grado de aspereza: III. Zona rural accidentada o llana con obstáculos

La acción del viento se calcula a partir de la presión estática  $q_e$  que actúa en la dirección perpendicular a la superficie expuesta. El programa obtiene de forma automática dicha presión, conforme a los criterios del Código Técnico de la Edificación DB-SE AE, en función de la geometría del edificio, la zona eólica y grado de aspereza seleccionados, y la altura sobre el terreno del punto considerado:

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

Donde:

$q_b$  Es la presión dinámica del viento conforme al mapa eólico del Anejo D.

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

$c_p$  Es el coeficiente eólico o de presión, calculado según la tabla 3.5 del apartado 3.3.4, en función de la esbeltez del edificio en el plano paralelo al viento.

$q_b$ (t/m <sup>2</sup> )	Viento X			Viento Y		
	esbeltez	$c_p$ (presión)	$c_p$ (succión)	esbeltez	$c_p$ (presión)	$c_p$ (succión)
0.04	0.22	0.70	-0.30	0.64	0.76	-0.40

Anchos de banda		
Plantas	Ancho de banda Y (m)	Ancho de banda X (m)
En todas las plantas	10.90	32.30



# Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

Coefficientes de Cargas

+X: 1.00      -X:1.00

+Y: 1.00      -Y:1.00

Cargas de viento		
Planta	Viento X (t)	Viento Y (t)
Forjado 2	1.988	6.816
Forjado 1	2.831	9.707

Conforme al artículo 3.3.2., apartado 2 del Documento Básico AE, se ha considerado que las fuerzas de viento por planta, en cada dirección del análisis, actúan con una excentricidad de  $\pm 5\%$  de la dimensión máxima del edificio.

## 3.3.- Sismo

Sin acción de sismo

## 3.4.- Hipótesis de carga

Automáticas	Carga permanente Sobrecarga de uso Viento +X exc.+ Viento +X exc.- Viento -X exc.+ Viento -X exc.- Viento +Y exc.+ Viento +Y exc.- Viento -Y exc.+ Viento -Y exc.-
-------------	---

## 3.5.- Listado de cargas

Cargas especiales introducidas (en Tm, Tm/m y Tm/m<sup>2</sup>)

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
0	Carga permanente	Lineal	0.50	( 0.00, 10.05) ( 32.60, 10.10)
	Carga permanente	Lineal	0.50	( -0.05, 10.10) ( -0.05, 0.00)
	Carga permanente	Lineal	0.50	( -0.05, 0.00) ( 32.45, -0.05)
	Carga permanente	Lineal	0.50	( 32.40, 10.10) ( 32.45, 0.00)
	Carga permanente	Lineal	0.50	( 25.50, 10.10) ( 25.50, 0.05)
1	Carga permanente	Superficial	0.30	( 32.50, 0.00) ( 32.50, 10.10)
				( 25.70, 10.10) ( 25.70, 9.90)
				( 25.50, 9.90) ( 25.50, 0.20)
				( 25.70, 0.20) ( 25.70, 0.00)
2	Carga permanente	Lineal	1.00	( 15.30, 7.80) ( 20.40, 7.80)
	Carga permanente	Lineal	1.00	( 23.30, 0.10) ( 23.25, 10.10)
	Carga permanente	Lineal	1.00	( 2.55, 10.10) ( 2.55, 0.15)



# Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
	Carga permanente	Superficial	0.30	( 5.10, 0.00) ( 10.20, 0.00) ( 15.30, 0.00) ( 20.40, 0.00) ( 25.50, 0.00) ( 25.50, 10.10) ( 20.40, 10.10) ( 15.30, 10.10) ( 10.20, 10.10) ( 5.10, 10.10) ( 0.00, 10.10) ( 0.00, 0.00)

## 4.- ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón	CTE
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	Control de la ejecución: Normal Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

## 5.- SITUACIONES DE PROYECTO

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

### - Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

### - Sin coeficientes de combinación

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

- Donde:

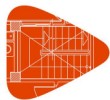
- $G_k$  Acción permanente
- $Q_k$  Acción variable
- $\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

### 5.1.- Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) y coeficientes de combinación ( $\psi$ )

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

#### E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-98-CTE

	Persistente o transitoria			
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.500	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.700
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600



# Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

## E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-98-CTE

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_s$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.700
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600

## Tensiones sobre el terreno

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000

## Desplazamientos

Acciones variables sin sismo		
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000

## 5.2.- Combinaciones

### • Nombres de las hipótesis

- G Carga permanente
- Qa Sobrecarga de uso
- V(+X exc.+) Viento +X exc.+
- V(+X exc.-) Viento +X exc.-
- V(-X exc.+) Viento -X exc.+
- V(-X exc.-) Viento -X exc.-
- V(+Y exc.+) Viento +Y exc.+
- V(+Y exc.-) Viento +Y exc.-
- V(-Y exc.+) Viento -Y exc.+
- V(-Y exc.-) Viento -Y exc.-

### • E.L.U. de rotura. Hormigón



## Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

Comb.	G	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)
1	1.000									
2	1.500									
3	1.000	1.600								
4	1.500	1.600								
5	1.000		1.600							
6	1.500		1.600							
7	1.000	1.120	1.600							
8	1.500	1.120	1.600							
9	1.000	1.600	0.960							
10	1.500	1.600	0.960							
11	1.000			1.600						
12	1.500			1.600						
13	1.000	1.120		1.600						
14	1.500	1.120		1.600						
15	1.000	1.600		0.960						
16	1.500	1.600		0.960						
17	1.000				1.600					
18	1.500				1.600					
19	1.000	1.120			1.600					
20	1.500	1.120			1.600					
21	1.000	1.600			0.960					
22	1.500	1.600			0.960					
23	1.000					1.600				
24	1.500					1.600				
25	1.000	1.120				1.600				
26	1.500	1.120				1.600				
27	1.000	1.600				0.960				
28	1.500	1.600				0.960				
29	1.000						1.600			
30	1.500						1.600			
31	1.000	1.120					1.600			
32	1.500	1.120					1.600			
33	1.000	1.600					0.960			
34	1.500	1.600					0.960			
35	1.000							1.600		
36	1.500							1.600		
37	1.000	1.120						1.600		
38	1.500	1.120						1.600		
39	1.000	1.600						0.960		
40	1.500	1.600						0.960		
41	1.000								1.600	
42	1.500								1.600	
43	1.000	1.120							1.600	
44	1.500	1.120							1.600	
45	1.000	1.600							0.960	
46	1.500	1.600							0.960	
47	1.000									1.600
48	1.500									1.600
49	1.000	1.120								1.600
50	1.500	1.120								1.600
51	1.000	1.600								0.960
52	1.500	1.600								0.960



# Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

## • E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

Comb.	G	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)
1	1.000									
2	1.600									
3	1.000	1.600								
4	1.600	1.600								
5	1.000		1.600							
6	1.600		1.600							
7	1.000	1.120	1.600							
8	1.600	1.120	1.600							
9	1.000	1.600	0.960							
10	1.600	1.600	0.960							
11	1.000			1.600						
12	1.600			1.600						
13	1.000	1.120		1.600						
14	1.600	1.120		1.600						
15	1.000	1.600		0.960						
16	1.600	1.600		0.960						
17	1.000				1.600					
18	1.600				1.600					
19	1.000	1.120			1.600					
20	1.600	1.120			1.600					
21	1.000	1.600			0.960					
22	1.600	1.600			0.960					
23	1.000					1.600				
24	1.600					1.600				
25	1.000	1.120				1.600				
26	1.600	1.120				1.600				
27	1.000	1.600				0.960				
28	1.600	1.600				0.960				
29	1.000						1.600			
30	1.600						1.600			
31	1.000	1.120					1.600			
32	1.600	1.120					1.600			
33	1.000	1.600					0.960			
34	1.600	1.600					0.960			
35	1.000							1.600		
36	1.600							1.600		
37	1.000	1.120						1.600		
38	1.600	1.120						1.600		
39	1.000	1.600						0.960		
40	1.600	1.600						0.960		
41	1.000								1.600	
42	1.600								1.600	
43	1.000	1.120							1.600	
44	1.600	1.120							1.600	
45	1.000	1.600							0.960	
46	1.600	1.600							0.960	
47	1.000									1.600
48	1.600									1.600
49	1.000	1.120								1.600
50	1.600	1.120								1.600
51	1.000	1.600								0.960
52	1.600	1.600								0.960





# Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

- Tensiones sobre el terreno
- Desplazamientos

Comb.	G	Qa	V(+X exc.+)	V(+X exc.-)	V(-X exc.+)	V(-X exc.-)	V(+Y exc.+)	V(+Y exc.-)	V(-Y exc.+)	V(-Y exc.-)
1	1.000									
2	1.000	1.000								
3	1.000		1.000							
4	1.000	1.000	1.000							
5	1.000			1.000						
6	1.000	1.000		1.000						
7	1.000				1.000					
8	1.000	1.000			1.000					
9	1.000					1.000				
10	1.000	1.000				1.000				
11	1.000						1.000			
12	1.000	1.000					1.000			
13	1.000							1.000		
14	1.000	1.000						1.000		
15	1.000								1.000	
16	1.000	1.000							1.000	
17	1.000									1.000
18	1.000	1.000								1.000

## 6.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS

Grupo	Nombre del grupo	Planta	Nombre planta	Altura	Cota
2	Forjado 2	2	Forjado 2	4.00	7.00
1	Forjado 1	1	Forjado 1	3.40	3.00
0	Cimentación				-0.40

## 7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS

### 7.1.- Pilares

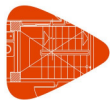
GI: grupo inicial

GF: grupo final

Ang: ángulo del pilar en grados sexagesimales

Datos de los pilares

Referencia	Coord(P.Fijo)	GI- GF	Vinculación exterior	Ang.	Punto fijo
P1	( -0.20, -0.20)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Esq. inf. izq.
P2	( -0.20, 10.30)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Esq. sup. izq.
P3	( 5.10, -0.20)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad inferior
P4	( 5.10, 10.30)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad superior
P5	( 10.20, -0.20)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad inferior
P6	( 10.20, 10.30)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad superior
P7	( 15.30, -0.20)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad inferior
P8	( 15.30, 10.30)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad superior
P9	( 20.40, -0.20)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad inferior
P10	( 20.40, 10.30)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad superior
P11	( 25.50, -0.20)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad inferior
P12	( 25.50, 10.30)	0-2	Sin vinculación exterior	0.0	Mitad superior
P13	( 32.70, -0.20)	0-1	Sin vinculación exterior	0.0	Esq. inf. der.



## Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

Referencia	Coord(P.Fijo)	GI- GF	Vinculación exterior	Ang.	Punto fijo
P14	( 32.70, 10.30)	0-1	Sin vinculación exterior	0.0	Esq. sup. der.

### 8.- DIMENSIONES, COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO Y COEFICIENTES DE PANDEO PARA CADA PLANTA

Referencia pilar	Planta	Dimensiones	Coefs. empotramiento		Coefs. pandeo Pandeo x Pandeo	
P1,P2,P3,P4,P5,P6, P7,P8,P9,P10,P11, P12	2	0.40x0.40	0.30	1.00	1.00	1.00
	1	0.40x0.40	1.00	1.00	1.00	1.00
P13,P14	1	0.40x0.40	0.30	1.00	1.00	1.00

### 9.- LISTADO DE PAÑOS

Placas aligeradas consideradas

Nombre	Descripción
PRENOR: P-30+ 5/120	PRENOR (PREF. INDUSTRIALES DEL NORTE) Canto total del forjado: 35 cm Espesor de la capa de compresión: 5 cm Ancho de la placa: 1200 mm Ancho mínimo de la placa: 300 mm Entrega mínima: 8 cm Entrega máxima: 20 cm Entrega lateral: 5 cm Hormigón de la placa: HA-40, Control Estadístico Hormigón de la capa y juntas: HA-25, Control Estadístico Acero de negativos: B 500 S, Control Normal Peso propio: 0.449541 t/m <sup>2</sup> Volumen de hormigón: 0.05 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

#### 9.1.- Autorización de uso

Ficha de características técnicas del forjado de placas aligeradas:

PRENOR: P-30+ 5/120

PRENOR (PREF. INDUSTRIALES DEL NORTE) Canto total del forjado: 35 cm Espesor de la capa de compresión: 5 cm Ancho de la placa: 1200 mm Ancho mínimo de la placa: 300 mm Entrega mínima: 8 cm Entrega máxima: 20 cm Entrega lateral: 5 cm Hormigón de la placa: HA-40, Control Estadístico Hormigón de la capa y juntas: HA-25, Control Estadístico Acero de negativos: B 500 S, Control Normal Peso propio: 0.449541 t/m <sup>2</sup> Volumen de hormigón: 0.05 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
--

Esfuerzos por bandas de 1 m



# Listado de datos de la obra

Edificio de Explotación EDAR Losar de la Vera (Cáceres)

Fecha: 15/05/15

Referencia	Flexión positiva							Cortante e Último kp/m
	Momento Último		Rigidez Total		Momento de servicio Según la clase de exposición (1)			
	Fisur		Fisur		I	II	III	
P30-1	19306.8	7431.2	9853.2	9853.2	8623.9	12935.8	15137.6	
	27859.3	7431.2	9963.3	9963.3	13292.6	17665.6	19898.1	
P30-2	29286.4	7431.2	10032.6	10032.6	15158.0	20071.4	22324.2	
	31202.9	7431.2	10190.6	10190.6	14719.7	23720.7	26004.1	
P30-	32110.1	7431.2	10221.2	10221.2	15015.3	25932.7	28226.3	

Refuerzo o Superior	Flexión negativa				B 500 S, Control Normal	
	Momento Tipo	Momento Macizado	Momento o Fisura kp·m/m	Rigidez Total	Cortante Último kp/m	
	Fisur		Fisur		Fisur	
Ø8 c/130	5474.0	5474.0	5361.9	9957.2	689.1	15535.2
Ø8 c/120	7156.0	7156.0	5361.9	10082.6	898.1	15198.8
Ø10 c/130	8491.3	8491.3	5361.9	10181.4	1063.2	14964.3
Ø10 c/120	10540.3	10530.1	5361.9	10330.3	1314.0	15290.5
Ø12 c/130	12161.1	12150.9	5361.9	10449.5	1511.7	15107.0
Ø16 c/200	14342.5	14332.3	5361.9	10607.5	1774.7	15107.0
Ø16 c/170	16656.5	16646.3	5361.9	10774.7	2052.0	15107.0
Ø16 c/150	18939.9	18929.7	5361.9	10938.8	2323.1	15107.0

(1) Según la clase de exposición:

- Clase I: Ambiente agresivo (Ambiente III)
- Clase II: Ambiente exterior (Ambiente II)
- Clase III: Ambiente interior (Ambiente I)

## 10.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

Losas cimentación	Canto (cm)	Módulo balasto (t/m <sup>3</sup> )	Tensión admisible en situaciones persistentes	Tensión admisible en situaciones accidentales
Todas	40	10000.00	3.00	4.50

## 11.- MATERIALES UTILIZADOS

### 11.1.- Hormigones

Para todos los elementos estructurales de la obra: HA-25, Control Estadístico;  $f_{ck} = 255 \text{ kp/cm}^2$ ;  $\gamma_c = 1.50$

### 11.2.- Aceros por elemento y posición

#### 11.2.1.- Aceros en barras

Para todos los elementos estructurales de la obra: B 500 S, Control Normal;  $f_{yk} = 5097 \text{ kp/cm}^2$ ;  $\gamma_s = 1.15$

#### 11.2.2.- Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (kp/cm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad (kp/cm <sup>2</sup> )
Aceros conformados	S235	2396	2140673
Aceros laminados	S275	2803	2140673