

## Anejo. Cálculos estructurales de un depósito de aguas residuales.

### 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

#### 1.1. COEFICIENTES DE SEGURIDAD:

Nivel control de ejecución:	Normal
Situación del proyecto:	Persistente o transitoria
Sobre las acciones:	1,50
Sobre el acero:	1,15
Sobre el hormigón:	1,50

#### 1.2. MATERIALES

Tipo de acero :	Inoxidable	Carbono
Resistencia característica acero : (tanto inox como carbono)	500 N/mm <sup>2</sup>	
Ambiente		
Clase de exposición real :		IV
Clase de exposición a considerar :	I	IV
Ancho máxima de fisura :	0,20 mm	0,20 mm
Recubrimiento nominal :	30 mm	50 mm
Tipo de hormigón:		
Contenido mínimo de cemento :	250 Kg/m <sup>3</sup>	325 Kg/m <sup>3</sup>
Resistencia característica :	25 N/mm <sup>2</sup>	30 N/mm <sup>2</sup>
Tipo de consistencia :		Plástica
Diámetro máximo de árido :		25 mm

#### 1.3. DIMENSIONES DEL DEPÓSITO

Altura de la lámina de agua :	5 m	
Se considera un largo y un ancho grandes y se calcula por unidad de longitud para las paredes y por unidad de superficie para la solera.		
Espesor pared :	45 cm	50 cm
Espesor solera :	25cm	30 cm

#### 1.4. TERRENO

Características del Terreno de Cimentación :	
Naturaleza :	Terrenos coherentes
Característica :	Arcillosos semiduros
Presión admisible :	0,2 N/mm <sup>2</sup>
Características del Terreno Lateral :	Inexistente, depósito en superficie

#### 1.5. CARACTERÍSTICAS DEL CONTENIDO DEL DEPÓSITO

Clasificación :	Líquidos
Tipo :	Aguas residuales
Peso específico :	1000,00 Kp/m <sup>3</sup>
Ángulo de Rozamiento Interno (°):	0,00 °
Ángulo en reposo (°):	0,00 °
Coefficiente de Empuje Activo:	0,33

## 2. MÉTODO DE CÁLCULO

### 2.1. MODELO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Para el cálculo de grandes depósitos es aconsejable independizar las paredes y la solera entre sí mediante juntas. De esta forma, las paredes se calculan como muros ménsula y la solera se calcula para resistir únicamente esfuerzos diferidos de retracción y cambios de temperatura. Estos grandes depósitos requieren la utilización de juntas de dilatación y contracción.

### 2.2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Para el cálculo de esfuerzos sobre las paredes del depósito se utilizan las siguientes hipótesis de cálculo.

Se considera el depósito apoyado sobre el terreno (posición superficial), las paredes se calcularan como muros ménsula considerando el empuje del material contenido en el depósito. No se valoran los efectos esquina, debido a la gran longitud de las paredes.

No se consideran las tracciones producidas por el empuje del material contenido en el depósito sobre las paredes contiguas.

El cálculo de la solera se realiza considerándola una losa apoyada en todo su contorno.

Una vez calculados los esfuerzos que solicitan las paredes y la solera del depósito se determina la armadura necesaria para resistirlos y se comprueba que la sección resultante cumple las condiciones impuestas por la instrucción EHE en cuanto a cuantías mínimas de armadura, separaciones, estados límites últimos y de servicio; en especial el estado límite de fisuración y el de cortante.

## 3. ACCIONES Y ESFUERZOS:

Peso del contenido del depósito:  $5\text{m} \cdot 1000\text{Kp/m}^3 = 5000\text{Kp/m}^2$

Se desprecia el peso de la estructura.

## 4. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

A continuación se presentan las hojas de cálculo empleadas para el dimensionamiento del depósito armado con acero inoxidable y del depósito armado con acero al carbono.

**5. ARMADURAS:**

Tabla A.1: Cuantías de armado

	Tipo	n (por metro)	Ø (mm)	Separación (m)	Área (cm <sup>2</sup> /m)	Longitud barras (m)	cm <sup>3</sup> /m	Peso Total Kg/m
<b>Acero inox</b>	Vertical interior de <b>arranque</b> pared	9	20	0,11	28,27	1,85	5229,95	41,32
	Vertical exterior de <b>arranque</b> pared	4	16	0,25	8,04	1,7	1366,80	10,80
	Vertical interior de <b>alzado</b> pared (tracc.)	9	16	0,11	18,10	5,05	9140,50	72,21
	Vertical exterior de <b>alzado</b> pared (compr.)	4	16	0,25	8,04	5,1	4100,40	32,39
	Horizontal exterior		8	0,3	10,47	4	5235,99	41,36
	Horizontal interior		8	0,3	10,47	4	5235,99	41,36
	<b>TOTAL MURO</b>						30309,63	<b>239,45</b>
							cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>
	Solera longitudinal (superior+inferior)	5	8	0,16	5,00		500,00	3,95
	Solera transversal (superior+inferior)	5	8	0,16	5,00		500,00	3,95
	<b>TOTAL SOLERA</b>						1000,00	<b>7,90</b>
<b>Acero carbono</b>	Vertical interior de <b>arranque</b> pared	9	20	0,11	<b>28,27</b>	1,85	5229,95	41,32
	Vertical exterior de <b>arranque</b> pared	3	20	0,33	<b>9,42</b>	1,7	1601,40	12,65
	Vertical interior de <b>alzado</b> pared (tracc.)	9	16	0,11	<b>18,1</b>	5,05	9140,50	72,21
	Vertical exterior de <b>alzado</b> pared (compr.)	5	16	0,2	<b>10,05</b>	5,1	5125,50	40,49
	Horizontal exterior		8	0,3	10,47		5235,99	41,36
	Horizontal interior		8	0,3	10,47		5235,99	41,36
	<b>TOTAL MURO</b>						31569,33	<b>249,40</b>
							cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Kg/m <sup>2</sup>
	Solera longitudinal (superior+inferior)	6	8	0,16	6,00		600	4,74
	Solera transversal (superior+inferior)	6	8	0,16	6,00		600	4,74
<b>TOTAL SOLERA</b>						1200,00	<b>9,48</b>	

## 5. MATERIAL NECESARIO

### HORMIGÓN

Cálculo de cantidad de hormigón necesaria para un depósito armado con acero al carbono:

$$\text{Muro de depósito: } 5 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} / \text{m}_{\text{lineal}} = 2,5 \text{ m}^3 / \text{m}_{\text{lineal}}$$

$$\text{Solera: } 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,3 \text{ m} = 0,3 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

Como se ha visto en apartados anteriores, el recubrimiento necesario para las armaduras es diferente según si éstas son de acero al carbono o de acero inoxidable.

La clase de exposición a la que se encuentra sometido el hormigón armado del depósito se define como IV. El uso de armadura de acero inoxidable permite rebajar las exigencias de durabilidad que imprime el hecho de trabajar en un ambiente agresivo. Así pues, se considera que las condiciones de durabilidad a aplicar a un depósito armado con acero inoxidable son asimilables a trabajar con un ambiente de exposición I.

Bajo estas hipótesis, y entendiendo el recubrimiento como lo define la normativa EHE, el recubrimiento mínimo necesario utilizando armaduras de acero al carbono sería el correspondiente a una clase de exposición IV bajo control normal, esto son  $35+10=45\text{mm}$ . Considerando una precisión máxima de un centímetro el recubrimiento exigido sería de 5cm. En el caso de utilizar acero inoxidable seguiríamos las exigencias para la durabilidad propias de una clase de exposición I bajo control normal para lo que serían necesarios 3cm (2+1) de recubrimiento. Así pues, manteniendo el canto útil en el segundo caso es posible ahorrar 2cm de hormigón por cada lado,

En el caso de la solera, al estar hormigonada contra el terreno, el recubrimiento mínimo según el apartado 37.2.4.e de la EHE sería de 7cm, pero se establece como hipótesis que el terreno ha sido preparado y se ha dispuesto un hormigón de limpieza. En este caso no es necesario disponer una malla de reparto y se pueden aplicar los mismos recubrimientos mínimos que los vistos en el caso del muro.

$$\text{Muro depósito INOX: } 5 \text{ m} \cdot 0,45 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} / \text{m}_{\text{lineal}} = 2,25 \text{ m}^3 / \text{m}$$

$$\text{Solera INOX: } 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} = 0,25 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

### ACERO

El cálculo del acero necesario viene incluido en la tabla A.1 mostrada en la página anterior.

<b>Medidas depósito</b>	
<b>H (m) =</b>	<b>5</b>
<b>a (m) =</b>	<b>1</b>
<b>b (m) =</b>	<b>1</b>

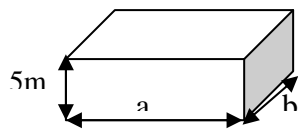
Densidad hormigón (Kg/m3)

Densidad acero (Kg/dm3)

7,9

	Tipo	n(per metre)	Ø (mm)	Separación (m)	Area (cm2/m)	Longitud barras (m)	cm3/m	Peso Total Kg/m
<b>Acero inox</b>	Vertical interior de <b>arranque</b> pared	9	20	0,11	28,27	1,85	5229,95	41,32
	Vertical exterior de <b>arranque</b> pared	4	16	0,25	8,04	1,7	1366,80	10,80
	Vertical interior de <b>alzado</b> pared (tracc.)	9	16	0,11	18,10	5,05	9140,50	72,21
	Vertical exterior de <b>alzado</b> pared (compr.)	4	16	0,25	8,04	5,1	4100,40	32,39
	Horizontal exterior		8	0,3	10,47	4	5235,99	41,36
	Horizontal interior		8	0,3	10,47	4	5235,99	41,36
	<b>TOTAL MURO</b>						30309,63	<b>239,45</b>
							cm3/m2	Kg/m2
	Solera longitudinal (superior+inferior)	5	8	0,16	5,00		500,00	3,95
	Solera transversal (superior+inferior)	5	8	0,16	5,00		500,00	3,95
<b>TOTAL SOLERA</b>							1000,00	<b>7,90</b>
	Vertical interior de <b>arranque</b> pared	9	20	0,11	<b>28,27</b>	1,85	5229,95	41,32
	Vertical exterior de <b>arranque</b> pared	3	20	0,33	<b>9,42</b>	1,7	1601,40	12,65

Acero carbono	Vertical interior de alzado pared (tracc.)	9	16	0,11	<b>18,1</b>	5,05	9140,50	72,21
	Vertical exterior de alzado pared (compr.)	5	16	0,2	<b>10,05</b>	5,1	5125,50	40,49
	Horizontal exterior		8	0,3	10,47		5235,99	41,36
	Horizontal interior		8	0,3	10,47		5235,99	41,36
	<b>TOTAL MURO</b>						31569,33	<b>249,40</b>
							cm3/m2	Kg/m2
	Solera longitudinal (superior+inferior)	6	8	0,16	6,00		600	4,74
Solera transversal (superior+inferior)	6	8	0,16	6,00		600	4,74	
	<b>TOTAL SOLERA</b>						1200,00	<b>9,48</b>



Habría que contar con solapes entre armaduras de 15cm

	VOLUMEN	
	m3	PESO ton
HORMIGÓN DEPÓSITO INOX	9,3	21,855
HORMIGON DEPÓSITO CARBONO	10,3	24,205