

ANEJO NÚM. 9
CÁLCULOS ESTRUCTURALES

1.- INTRODUCCIÓN.

En una Estación Depuradora de Aguas Residuales (E.D.A.R.), se pueden distinguir dos tipos de elementos desde el punto de vista estructural: EDIFICIOS Y RECINTOS (Depósitos).

Para la E.D.A.R. de Alcaucín, se van a construir los siguientes recintos:

- PRETRATAMIENTO (DESBASTE Y DESARENADO).
- REACTOR BIOLÓGICO.
- DECANTADOR SECUNDARIO.
- ERAS DE SECADO.

Además de los anteriores, otros de menor importancia por su tamaño, como ARQUETAS, ALIVIADEROS, etc.

En cuanto a edificio, lo único a proyectar será una pequeña caseta para ubicar el cuadro eléctrico con una zona de almacenamiento y una zona de aseos.

2.- CÁLCULO DE RECINTOS.

2.1.- DISEÑO DE LOS RECINTOS DE PLANTA RECTANGULAR

El primer punto a tener en cuenta para el dimensionado de los recintos, es que se impida una posible **flotación** del mismo. Para ello debe verificarse que:

$$P \geq \gamma \cdot s \cdot h \cdot \delta$$

Siendo:

- P = Peso del elemento.
 γ = Coeficiente de seguridad ($\gamma = 1'2$).
s = Superficie del elemento (axb).
h = h1 – h0 con h1 la profundidad de la cimentación y h0 la profundidad de la capa freática
 δ = Peso específico del agua ($\delta = 1 \text{ tm./m}^3$).

En los casos en que esta condición no se cumpla, se aumentará “P”, realizando un lastado con hormigón ciclópeo, de 1'2 tm/m³ de peso específico.

Puesto que del estudio geotécnico tenemos el dato de que no se ha encontrada la capa freática hasta la profundidad estudiada, tenemos que no tendremos problemas por

flotación ya que P debe ser mayor o igual que 0.

La **organización estructural** del vaso será la siguiente:

Teniendo en cuenta la bibliografía estudiada, "Hormigón armado" de Pedro Jiménez Montoya, 14º edición, tendremos en cuenta la tabla 25.1 sobre distribución de juntas. Por ello, y para un depósito enterrado, como es nuestro caso, las juntas de dilatación han de colocarse a una distancia entre 25 y 30 metros, y para las juntas de concentración han de colocarse cada 7,5 metros. Dadas las dimensiones de nuestros recintos no nos será necesario colocar juntas.

Los **materiales** a utilizar para el depósito son:
Hormigón HA/30/B/20/IV+Qb
Acero B-500S

2.2.- DIMENSIONAMIENTO DE RECINTOS DE PLANTA RECTANGULAR.

Las paredes se dimensionan de modo que no necesiten armadura transversal. El espesor de la solera no debe ser inferior al de la pared.

Las paredes se calculan como placas rectangulares sometidas a cargas triangulares, con la sustentación que corresponda al diseño.

Los esfuerzos en la solera se calculan teniendo en cuenta la naturaleza del terreno de cimentación. Es necesario efectuar dos hipótesis de carga: depósito vacío y lleno.

Al ser la altura del depósito menor de 6 metros, el espesor de la pared se puede tomar como $e=0,1xh = 0,1x3,45 = 0,34$, tomaremos como **espesor de pared 0,40 metros**. Para la solera tomaremos el mismo valor para el espesor para facilitar la ejecución del mismo.

2.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS CILÍNDRICOS.

La mayor parte de las consideraciones generales y de diseño indicadas en los depósitos rectangulares, son aplicables a los cilíndricos.

Si el depósito es monolítico (en depósitos pequeños sin juntas), al existir simetría, tanto de la lámina como de la carga, el problema se simplifica notablemente.

Al resultar menores los esfuerzos en las paredes cilíndricas, se adoptan también espesores menores que en las paredes rectangulares, como orientación se puede tomar el valor: $e = 0,05xh + 0,01 \times r$ y mayor de 0,20 metros.

$h = 4,59$ metros (altura del agua)
 $r = 3,00$ metros (radio del depósito)

$e = 0,05 \times 4,59 + 0,01 \times 3 = 0,26$ metros. Tomaremos el valor 0,30 metros.

2.4.- CONTROL DE LA FISURACIÓN.

Para el control de la fisuración se emplea el "*Método del estado límite de abertura de fisuras*".

Con objeto de evitar una fisuración incompatible con el servicio o durabilidad del elemento en estudio, las armaduras deberán elegirse y disponerse de modo que, bajo la acción de los momentos flectores, la anchura máxima de las fisuras no sobrepase el valor límite admitido en cada caso.

Para los casos estudiados en el presente Proyecto, se adopta una anchura máxima admisible de $w_{\text{máx.}} = 0'1$ mm. Según tabla 25.4 que nos proporciona el "ANCHO LÍMITE DE FISURA QUE PROPORCIONA ESTANQUIEDAD AL AGUA" de la bibliografía mencionada anteriormente.

2.5.- PROGRAMA DE CÁLCULO.

Los dos depósitos, el del tratamiento biológico y el decantador secundario, ha sido calculado con el programa informático DPwinEHE para cálculo de depósitos y piscinas de la empresa de software "Procedimientos Uno".

En la introducción de datos hemos tenido en cuenta los parámetros obtenidos en los apartados anteriores.

REACTOR BIOLÓGICO

MEMORIA DE CÁLCULO

MEMORIA DE CÁLCULO: Cálculo de Depósitos

1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

1.1.- COEFICIENTES DE SEGURIDAD:

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

1.2.- MATERIALES:

Tipo de Hormigón:	HA-30 / B / 20 / IV+Qb
Resistencia característica (N/mm ²):	30
Tipo de consistencia:	
Diámetro máximo del árido (mm):	20
Ambiente:	
Tipo de Ambiente:	IV+Qb
Ancho máximo de fisura (mm):	0,10
Recubrimiento nominal (mm):	50
Tipo de Acero:	B500S
Resistencia característica (N/mm ²):	500

1.3.- TERRENO:

Características del Terreno de Cimentación:

Naturaleza:	Terrenos sin cohesión
Característica:	Arenosos finos
Presión admisible (N/mm ²):	0,20

Características del Terreno Lateral:

Característica:	Arenosos finos
Clase:	Grava y arena compacta
Peso Específico (kN/m ³):	20,00
Ángulo de Rozamiento Interno (°):	30,0
Talud del Terreno (°):	0,0
Coefficiente de Empuje Activo:	0,33

1.4.- CARACTERÍSTICAS DEL CONTENIDO DEL DEPÓSITO O PISCINA:

Clasificación:	Líquidos
Tipo:	Agua

Peso Específico (kN/m ³):	10,00
Ángulo de Rozamiento Interno (°):	0,0
Ángulo en Reposo (°):	0,0
Coeficiente de Empuje Activo:	1,00

2.- MÉTODO DE CÁLCULO:

2.1.- MODELO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

El presente programa está indicado para el cálculo de pequeños o medianos depósitos, los cuales se pueden ejecutar con continuidad entre la solera y las paredes, sin necesidad de disponer juntas que independicen la solera de las paredes (facilidad de ejecución).

El cálculo de esfuerzos en las paredes se hace, considerando estas como placas con un extremo libre y los otros tres empotrados. Mientras el cálculo de la solera se hace asimilando esta a una losa empotrada en sus cuatro extremos.

Al no existir juntas que independicen las paredes y la solera entre sí, el empuje del contenido del depósito sobre una pared determinada induce tracciones en las paredes contiguas y en la solera que son tenidas en cuenta por el programa. Estas tracciones deben ser resistidas por la armadura de la solera y la armadura horizontal de las paredes del depósito; provocando un aumento de la cuantía de dicha armadura, agravada por el cumplimiento del artículo 42.3.4 de la norma EHE "Cuantía mínima de secciones a tracción", que establece una relación de proporcionalidad directa entre la sección de hormigón y el área de armadura, debido a la cuál puede ser desfavorable desde el punto de vista económico la utilización de grandes espesores de pared (cuantía mínima a tracción alta).

Todo esto hace que el presente programa este indicado para el caso de pequeños y medianos depósitos, desaconsejándose la utilización desde el punto de vista económico (gran cantidad de armadura para resistir las tracciones), para el caso de grandes depósitos en los que es más factible independizar las paredes y la solera entre sí mediante juntas; de tal forma que las paredes se calculan como muros ménsula y la solera se calcula para resistir únicamente los esfuerzos diferidos de retracción y cambios de temperatura; además 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 van a utilizar las siguientes hipótesis de cálculo, dependiendo de la posición que tenga el mismo (enterrado o superficial).

Si el depósito está enterrado; las paredes se calcularán utilizando dos hipótesis:

1º Considerando el empuje del material contenido en el depósito, sin considerar las tierras.

2º Considerando el empuje de tierras con el depósito vacío.

Si el depósito está apoyado sobre el terreno (posición superficial), las paredes se calcularán considerando el empuje del material contenido en el depósito.

Además se considerarán las tracciones producidas por el empuje del material contenido en el depósito sobre las paredes contiguas.

Para el cálculo de esfuerzos sobre la solera se considerará la presión del terreno de cimentación con el depósito vacío, considerando la solera como una losa empotrada en sus cuatro extremos; y considerando además los esfuerzos que producen las paredes del depósito sobre la solera (momento en el arranque de la pared y tracción debida al empuje del material contenido en el depósito).

Una vez calculados los esfuerzos que solicitan las paredes y la solera del depósito se determinará la armadura necesaria para resistirlos y se comprobará que cumple la sección resultante, las condiciones impuestas por la 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 Material (kN):	2572,50
Peso de la Solera (kN):	728,33
Peso de las Paredes (kN):	1499,40
Presión media sobre el terreno (N/mm ²):	0,07

3.1.- PAREDES:

ACCIONES Y ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL EMPUJE DEL MATERIAL

SOBRE LAS SECCIONES DE CÁLCULO DE PAREDES

Sección de Cálculo	Empuje (kN/m)	N(KN/M)	T(KN/M)	Mvm (kN·m/m)	Mhm (kN·m/m)	MVE(KN·M/M)	Mhe (kN·m/m)	Vmax (kN/m)	Fmax (mm)
Pared Transversal	120,05	49,00	45,08	-14,36	-26,11	82,07	53,17	97,70	0,73
Pared Longitudinal	120,05	49,00	45,69	-14,85	-24,13	74,18	51,19	93,67	0,59

Ver gráficas 1.a – 1.b

ACCIONES Y ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL EMPUJE DE TIERRAS

SOBRE LAS SECCIONES DE CÁLCULO DE PAREDES

Sección de Cálculo	Empuje (kN/m)	N (kN/m)	T (kN/m)	Mvm (kN·m/m)	Mhm (kN·m/m)	Mve (kN·m/m)	Mhe (kN·m/m)	Vmax (kN/m)	Fmax (mm)
Pared Transversal	80,03	49,00	45,08	-9,57	-17,40	54,71	35,44	65,13	0,49
Pared Longitudinal	80,03	49,00	45,69	-9,90	-16,09	49,45	34,13	62,45	0,39

Ver gráficas 2.a – 2.b

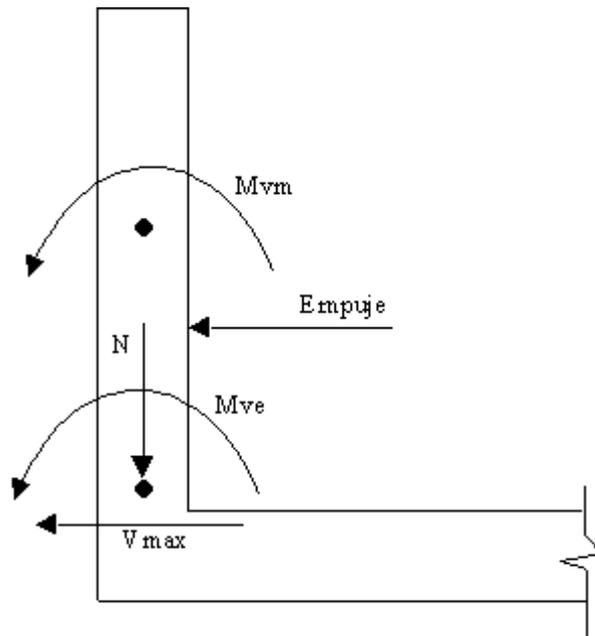
3.2.- SOLERA:

ACCIONES Y ESFUERZOS SOBRE LA SOLERA

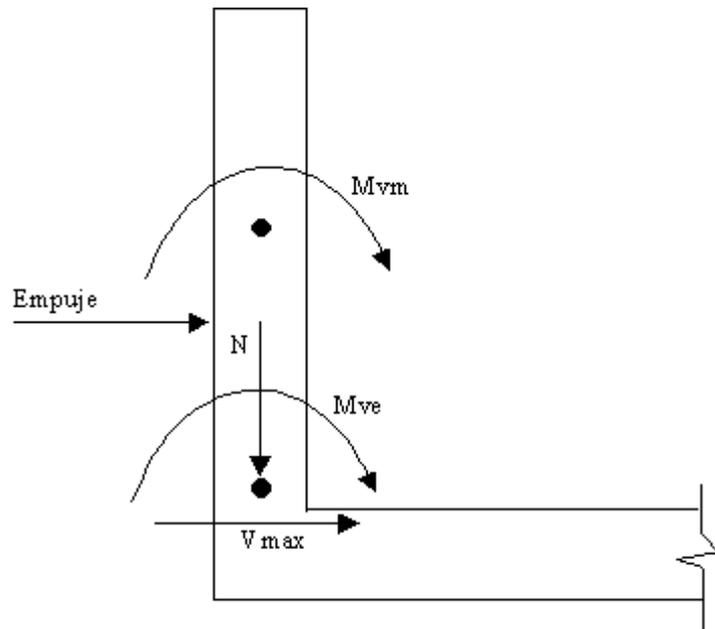
Sección de Cálculo	T (kN/m)	Mi (kN·m/m)	Ms (kN·m/m)
Sección Longitudinal de Solera	60,35	81,46	74,18
Sección Transversal de Solera	63,37	80,37	82,07

Ver gráfica 3.a

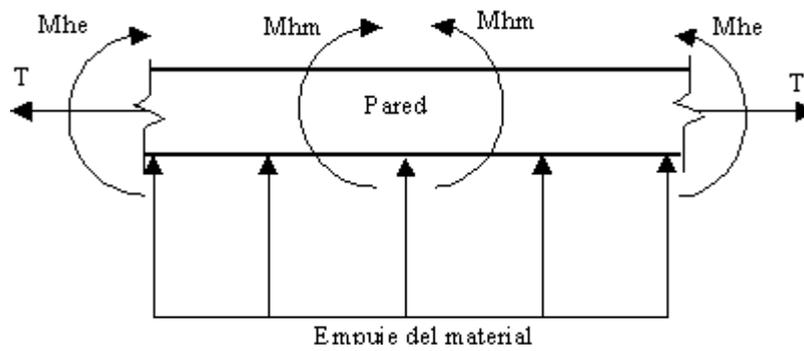
3.3.- GRAFICAS DE ACCIONES Y ESFUERZOS:



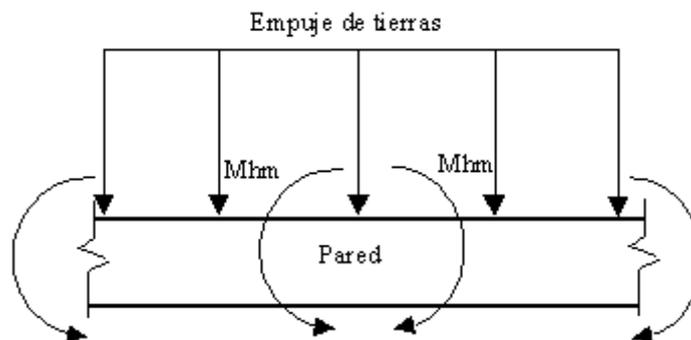
1.A- Sección Transversal de la Pared. Empuje del material contenido en el depósito



2.A- Sección en Planta de la Pared. Empuje del terreno sobre el depósito



1.B- Sección en Planta de la Pared. Empuje del material contenido en el depósito



2.B- Sección en Planta de la Pared. Empuje del terreno sobre el depósito



3.A- Sección Transversal de la Solera del Depósito.

4.- DATOS GEOMÉTRICOS:

Sección en Planta:	Rectangular
Posición:	Enterrado
Tipo:	A

4.1.- DIMENSIONES:

a (m):	7,00
b (m):	7,50
h (m):	4,90

4.2.- ESPESORES:

Ea (m):	0,40
Eb (m):	0,40
Espeor Solera (m):	0,45

5.- COMPROBACIÓN - EHE:

5.1.- Cálculo de armadura:

Tipo	Nd (kN/m)	Md (kN·m/m)	AA nec Flex (cm²)	Td (kN/m)	AA nec Trac (cm²)	AAR (cm²)
1 Vertical exterior de alzado pared longitudinal (x2)	24,50	22,27	1,35	0,00	0,00	8,04
1H Horizontal exterior de alzado pared longitudinal (x2)	0,00	76,79	6,02	68,54	0,79	12,06
2 Vertical interior de alzado pared longitudinal (x2)	24,50	22,27	1,35	0,00	0,00	8,04
2H Horizontal interior de alzado pared longitudinal (x2)	0,00	76,79	6,02	68,54	0,79	12,06
3 Vertical interior de arranque pared longitudinal (x2)	49,00	111,27	8,10	0,00	0,00	10,05
3H Horizontal interior de arranque pared longitudinal (x2)	0,00	76,79	6,02	68,54	0,79	12,06
4 Vertical exterior de arranque pared longitudinal (x2)	49,00	111,27	8,10	0,00	0,00	10,05
4H Horizontal exterior de arranque pared longitudinal (x2)	0,00	76,79	6,02	68,54	0,79	12,06
5 Transversal inferior de solera	0,00	122,19	8,34	90,52	1,04	18,10
6 Transversal superior de solera	0,00	122,19	8,34	90,52	1,04	18,10
7 Vertical exterior de alzado pared transversal (x2)	24,50	21,53	1,29	0,00	0,00	8,04
7H Horizontal exterior de alzado pared transversal (x2)	0,00	79,75	6,26	67,62	0,78	14,07
8 Vertical interior de alzado pared transversal (x2)	24,50	21,53	1,29	0,00	0,00	8,04
8H Horizontal interior de alzado pared transversal (x2)	0,00	79,75	6,26	67,62	0,78	14,07
9 Vertical interior de arranque pared transversal (x2)	49,00	123,11	9,07	0,00	0,00	16,08
9H Horizontal interior de arranque pared transversal (x2)	0,00	79,75	6,26	67,62	0,78	14,07
10 Vertical exterior de arranque pared transversal (x2)	49,00	123,11	9,07	0,00	0,00	16,08
10H Horizontal exterior de arranque pared transversal (x2)	0,00	79,75	6,26	67,62	0,78	14,07
13 Longitudinal superior de solera	0,00	123,11	8,41	95,05	1,09	20,11
14 Longitudinal inferior de solera	0,00	123,11	8,41	95,05	1,09	20,11

5.2.- Cuantías de amadura:

Tipo	AAmec Comp (cm²)	AAmecTrc (cm²)	AAmecFlex (cm²)	AAGeom Trac (cm²)	AAGeom Com (cm²)	AAR (cm2)
1 Vertical exterior de alzado pared longitudinal (x2)	0,00	0,00	1,90	3,60	0,00	8,04
1H Horizontal exterior de alzado pared longitudinal (x2)	0,00	0,00	6,57	3,20	0,00	12,06
2 Vertical interior de alzado pared longitudinal (x2)	0,00	0,00	1,90	3,60	0,00	8,04
2H Horizontal interior de alzado pared longitudinal (x2)	0,00	0,00	6,57	3,20	0,00	12,06
3 Vertical interior de arranque pared longitudinal (x2)	0,00	0,00	7,36	3,60	0,00	10,05
3H Horizontal interior de arranque pared longitudinal (x2)	0,00	0,00	6,57	3,20	0,00	12,06
4 Vertical exterior de arranque pared longitudinal (x2)	0,00	0,00	7,36	3,60	0,00	10,05
4H Horizontal exterior de arranque pared longitudinal (x2)	0,00	0,00	6,57	3,20	0,00	12,06
5 Transversal inferior de solera	0,00	0,00	8,28	4,05	4,05	18,10
6 Transversal superior de solera	0,00	0,00	8,28	4,05	4,05	18,10
7 Vertical exterior de alzado pared transversal (x2)	0,00	0,00	1,82	3,60	0,00	8,04
7H Horizontal exterior de alzado pared transversal (x2)	0,00	0,00	6,73	6,40	0,00	14,07
8 Vertical interior de alzado pared transversal (x2)	0,00	0,00	1,82	3,60	0,00	8,04
8H Horizontal interior de alzado pared transversal (x2)	0,00	0,00	6,73	6,40	0,00	14,07
9 Vertical interior de arranque pared transversal (x2)	0,00	0,00	7,36	3,60	0,00	16,08
9H Horizontal interior de arranque pared transversal (x2)	0,00	0,00	6,73	6,40	0,00	14,07
10 Vertical exterior de arranque pared transversal (x2)	0,00	0,00	7,36	3,60	0,00	16,08
10H Horizontal exterior de arranque pared transversal (x2)	0,00	0,00	6,73	6,40	0,00	14,07
13 Longitudinal superior de solera	0,00	0,00	8,28	4,05	4,05	20,11
14 Longitudinal inferior de solera	0,00	0,00	8,28	4,05	4,05	20,11

5.3.- Comprobación a fisuración:

Tipo	Nd (kN/m)	Md (kN·m/m)	MFis(kN ·m/m)	WkFlex (mm)	Td (kN/m)	6STrac (N/mm²)	WkTrac (mm)	WAdm (mm)
1 Vertical exterior de alzado pared longitudinal (x2)	24,50	14,85	77,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
1H Horizontal exterior de alzado pared longitudinal (x2)	0,00	51,19	79,18	0,00	45,69	37,88	0,09	0,10
2 Vertical interior de alzado pared longitudinal (x2)	24,50	14,85	77,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
2H Horizontal interior de alzado pared longitudinal (x2)	0,00	51,19	79,18	0,00	45,69	37,88	0,09	0,10
3 Vertical interior de arranque pared longitudinal (x2)	49,00	74,18	80,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
3H Horizontal interior de arranque pared longitudinal (x2)	0,00	51,19	79,18	0,00	45,69	37,88	0,09	0,10
4 Vertical exterior de arranque pared longitudinal (x2)	49,00	74,18	80,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
4H Horizontal exterior de arranque pared longitudinal (x2)	0,00	51,19	79,18	0,00	45,69	37,88	0,09	0,10
5 Transversal inferior de solera	0,00	81,46	101,89	0,00	60,35	37,52	0,10	0,10
6 Transversal superior de solera	0,00	81,46	101,89	0,00	60,35	37,52	0,10	0,10
7 Vertical exterior de alzado pared transversal (x2)	24,50	14,36	77,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
7H Horizontal exterior de alzado pared transversal (x2)	0,00	53,17	79,83	0,00	45,08	37,37	0,09	0,10
8 Vertical interior de alzado pared transversal (x2)	24,50	14,36	77,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
8H Horizontal interior de alzado pared transversal (x2)	0,00	53,17	79,83	0,00	45,08	37,37	0,09	0,10
9 Vertical interior de arranque pared transversal (x2)	49,00	82,07	82,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
9H Horizontal interior de arranque pared transversal (x2)	0,00	53,17	79,83	0,00	45,08	37,37	0,09	0,10
10 Vertical exterior de arranque pared transversal (x2)	49,00	82,07	82,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10

5.4.- Comprobación a cortante:

Tipo	N_{Qd1} (kN/m)	Qd1 (kN/m)	Vu1 (kN/m)	N_{Qd2} (kN/m)	Qd2 (kN/m)	Vu2 (kN/m)
1 Vertical exterior de alzado pared longitudinal (x2)	24,50	46,84	1956,00	24,50	46,84	110,90
1H Horizontal exterior de alzado pared longitudinal (x2)	-45,69	93,67	1956,00	-68,54	93,67	147,24
2 Vertical interior de alzado pared longitudinal (x2)	24,50	46,84	1956,00	24,50	46,84	110,90
2H Horizontal interior de alzado pared longitudinal (x2)	-45,69	93,67	1956,00	-68,54	93,67	147,24
3 Vertical interior de arranque pared longitudinal (x2)	49,00	93,67	1956,00	49,00	93,67	152,44
3H Horizontal interior de arranque pared longitudinal (x2)	-45,69	93,67	1956,00	-68,54	93,67	147,24
4 Vertical exterior de arranque pared longitudinal (x2)	49,00	93,67	1956,00	49,00	93,67	152,44
4H Horizontal exterior de arranque pared longitudinal (x2)	-45,69	93,67	1956,00	-68,54	93,67	147,24
5 Transversal inferior de solera	-60,35	31,03	2256,00	-90,52	31,03	178,65
6 Transversal superior de solera	-60,35	31,03	2256,00	-90,52	31,03	178,65
7 Vertical exterior de alzado pared transversal (x2)	24,50	48,85	1956,00	24,50	48,85	110,90
7H Horizontal exterior de alzado pared transversal (x2)	-45,08	97,70	1956,00	-67,62	97,70	155,56
8 Vertical interior de alzado pared transversal (x2)	24,50	48,85	1956,00	24,50	48,85	110,90
8H Horizontal interior de alzado pared transversal (x2)	-45,08	97,70	1956,00	-67,62	97,70	155,56
9 Vertical interior de arranque pared transversal (x2)	49,00	97,70	1956,00	49,00	97,70	177,28
9H Horizontal interior de arranque pared transversal (x2)	-45,08	97,70	1956,00	-67,62	97,70	155,56
10 Vertical exterior de arranque pared transversal (x2)	49,00	97,70	1956,00	49,00	97,70	177,28
10H Horizontal exterior de arranque pared transversal (x2)	-45,08	97,70	1956,00	-67,62	97,70	155,56
13 Longitudinal superior de solera	-63,37	31,03	2256,00	-95,05	31,03	184,88
14 Longitudinal inferior de solera	-63,37	31,03	2256,00	-95,05	31,03	184,88

6.- ARMADURA:

Tipo	Nº Red./m	Ø (mm)	Separación (m)	Area (cm ² /m)	Longitud (m)
1 Vertical exterior de alzado pared longitudinal	4	16	0,25	8,04	5,13
1H Horizontal exterior de alzado pared longitudinal	6	16	0,17	12,06	7,59
2 Vertical interior de alzado pared longitudinal	4	16	0,25	8,04	5,07
2H Horizontal interior de alzado pared longitudinal	6	16	0,17	12,06	8,68
3 Vertical interior de arranque pared longitudinal	5	16	0,20	10,05	1,91
3H Horizontal interior de arranque pared longitudinal	6	16	0,17	12,06	8,68
4 Vertical exterior de arranque pared longitudinal	5	16	0,20	10,05	1,67
4H Horizontal exterior de arranque pared longitudinal	6	16	0,17	12,06	7,59
5 Transversal inferior de solera	9	16	0,11	18,10	8,12
6 Transversal superior de solera	9	16	0,11	18,10	8,12
7 Vertical exterior de alzado pared transversal	4	16	0,25	8,04	5,13
7H Horizontal exterior de alzado pared transversal	7	16	0,14	14,07	8,09
8 Vertical interior de alzado pared transversal	4	16	0,25	8,04	5,07
8H Horizontal interior de alzado pared transversal	7	16	0,14	14,07	9,18
9 Vertical interior de arranque pared transversal	8	16	0,13	16,08	1,81
9H Horizontal interior de arranque pared transversal	7	16	0,14	14,07	9,18
10 Vertical exterior de arranque pared transversal	8	16	0,13	16,08	1,49
10H Horizontal exterior de arranque pared transversal	7	16	0,14	14,07	8,09
11H Refuerzo horizontal en alzado de las esquinas	7	16	0,14	14,07	1,05
12H Refuerzo horizontal en arranque de las esquinas	7	16	0,14	14,07	1,05
13 Longitudinal superior de solera	10	16	0,10	20,11	7,62
14 Longitudinal inferior de solera	10	16	0,10	20,11	7,62

DECANTADOR SECUNDARIO

MEMORIA DE CÁLCULO

1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

1.1.- COEFICIENTES DE SEGURIDAD:

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

1.2.- MATERIALES:

Tipo de Hormigón:	HA-30 / B / 20 / IV+Qb
Resistencia característica (N/mm ²):	30
Tipo de consistencia:	
Diámetro máximo del árido (mm):	20
Ambiente:	
Tipo de Ambiente:	IV+Qb
Ancho máximo de fisura (mm):	0,10
Recubrimiento nominal (mm):	50
Tipo de Acero:	B500S
Resistencia característica (N/mm ²):	500

1.3.- TERRENO:

Características del Terreno de Cimentación:

Naturaleza:	Terrenos no coherentes
Característica:	Arenas muy finas
Presión admisible (N/mm ²):	0,20

Características del Terreno Lateral:

Característica:	Igual al de cimentación
Clase:	Arenas muy finas
Peso Específico (kN/m ³):	21,00
Ángulo de Rozamiento Interno (°):	20,0
Talud del Terreno (°):	0,0
Coefficiente de Empuje Activo:	0,49

1.4.- CARACTERÍSTICAS DEL CONTENIDO DEL DEPÓSITO O PISCINA:

Clasificación:	Líquidos
Tipo:	Agua
Peso Específico (kN/m ³):	10,00
Ángulo de Rozamiento Interno (°):	0,0
Ángulo en Reposo (°):	0,0
Coefficiente de Empuje Activo:	1,00

2.- MÉTODO DE CÁLCULO:

2.1.- MODELO Y CAMPO DE APLICACIÓN:

El presente programa está indicado para el cálculo de pequeños o medianos depósitos, los cuales se pueden ejecutar con continuidad entre la solera y las paredes, sin necesidad de disponer juntas que independicen la solera de las paredes (facilidad de ejecución).

El cálculo de esfuerzos en las paredes se hace, considerando estas como placas con un extremo libre y los otros tres empotrados. Mientras el cálculo de la solera se hace asimilando esta a una losa empotrada en sus cuatro extremos.

Al no existir juntas que independicen las paredes y la solera entre sí, el empuje del contenido del depósito sobre una pared determinada induce tracciones en las paredes contiguas y en la solera que son tenidas en cuenta por el programa. Estas tracciones deben ser resistidas por la armadura de la solera y la armadura horizontal de las paredes del depósito; provocando un aumento de la cuantía de dicha armadura, agravada por el cumplimiento del artículo 42.3.4 de la norma EHE "Cuantía mínima de secciones a tracción", que establece una relación de proporcionalidad directa entre la sección de hormigón y el área de armadura, debido a la cuál puede ser desfavorable desde el punto de vista económico la utilización de grandes espesores de pared (cuantía mínima a tracción alta).

Todo esto hace que el presente programa este indicado para el caso de pequeños y medianos depósitos, desaconsejándose la utilización desde el punto de vista económico (gran cantidad de armadura para resistir las tracciones), para el caso de grandes depósitos en los que es más factible independizar las paredes y la solera entre sí mediante juntas; de tal forma que las paredes se calculan como muros ménsula y la solera se calcula para resistir únicamente los esfuerzos diferidos de retracción y cambios de temperatura; además 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 van a utilizar las siguientes hipótesis de cálculo, dependiendo de la posición que tenga el mismo (enterrado o superficial).

Si el depósito está enterrado; las paredes se calcularán utilizando dos hipótesis:

1º Considerando el empuje del material contenido en el depósito, sin considerar las tierras.

2º Considerando el empuje de tierras con el depósito vacío.

Si el depósito está apoyado sobre el terreno (posición superficial), las paredes se calcularán considerando el empuje del material contenido en el depósito.

Además se considerarán las tracciones producidas por el empuje del material contenido en el depósito sobre las paredes contiguas.

Para el cálculo de esfuerzos sobre la solera se considerará la presión del terreno de cimentación con el depósito vacío, considerando la solera como una losa empotrada en sus cuatro extremos; y considerando además los esfuerzos que producen las paredes del depósito sobre la solera (momento en el arranque de la pared y tracción debida al empuje del material contenido en el depósito).

Una vez calculados los esfuerzos que solicitan las paredes y la solera del depósito se determinará la armadura necesaria para resistirlos y se comprobará que cumple la sección resultante, las condiciones impuestas por la 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 Material (kN):	1526,81
Peso de la Solera (kN):	256,59
Peso de las Paredes (kN):	801,58
Presión media sobre el terreno (N/mm ²):	0,08

3.1.- PAREDES:

ACCIONES Y ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL EMPUJE DEL MATERIAL Y DE TIERRAS

SOBRE LAS SECCIONES DE CÁLCULO DE PAREDES

Sección de Cálculo	Empuje Material (kN/m)	Empuje Tierras (kN/m)	N (kN/m)	T (kN/m)	M _{vm} (kN·m/m)	M _{ve} (kN·m/m)	V _{max} (kN/m)
Pared Lateral	145,80	150,12	40,50	110,37	3,21	13,05	38,47

Ver gráficas 1.a – 2.a

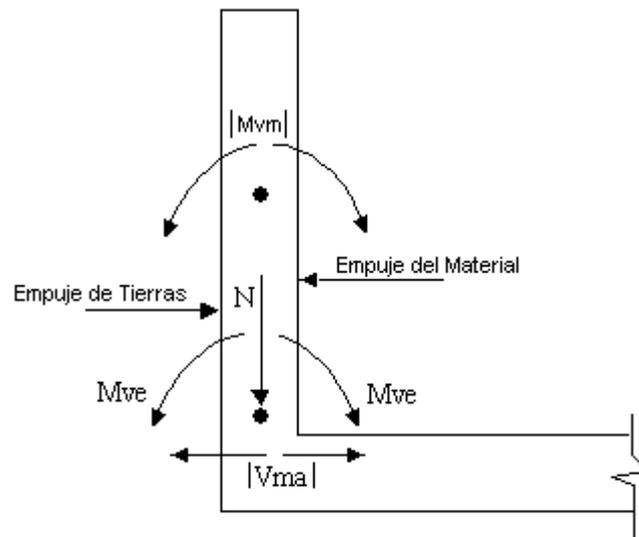
3.2.- SOLERA:

ACCIONES Y ESFUERZOS SOBRE LA SOLERA

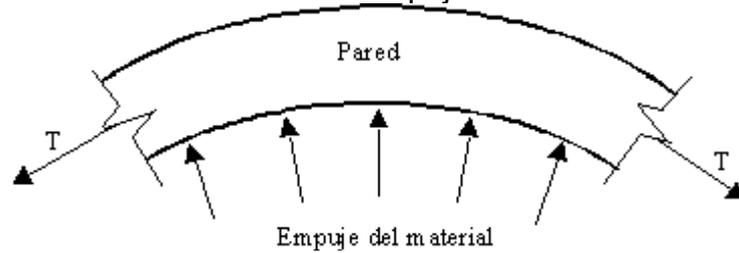
Sección de Cálculo	T(kN/m)	M _i (kN·m/m)	M _s (kN·m/m)
Sección Solera de Solera	51,20	43,38	12,67

Ver gráfica 3.a

3.3.- GRAFICAS DE ACCIONES Y ESFUERZOS:



1.A- Sección Transversal de la Pared. Empuje del material contenido en el depósito



2.A- Sección en Planta de la Pared del Depósito. Empuje del material contenido en el depósito



3.A- Sección Transversal de la Solera del Depósito.

4.- DATOS GEOMÉTRICOS:

Sección en Planta: Circular
Posición: Enterrado
Tipo: D

4.1.- DIMENSIONES:

d (m): 6,00
h (m): 5,40

4.2.- ESPESORES:

Espesor Pared (m): 0,30
Espesor Solera (m): 0,30

5.- COMPROBACIÓN - EHE:

5.1.- Cálculo de armadura:

Tipo	Nd (kN/m)	Md (kN·m/m)	AA _{NecFlex} (cm ²)	Td (kN/m)	AA _{NecTrac} (cm ²)	AAR (cm ²)
1 Vertical exterior de alzado pared	0,00	4,82	0,53	0,00	0,00	4,52
1H Horizontal exterior de alzado pared	0,00	0,00	0,00	165,56	1,90	14,07
2 Vertical interior de alzado pared	0,00	4,82	0,53	0,00	0,00	4,52
2H Horizontal interior de alzado pared	0,00	0,00	0,00	165,56	1,90	14,07
3 Vertical interior de arranque pared	40,50	19,57	1,51	0,00	0,00	4,52
3H Horizontal interior de arranque pared	0,00	0,00	0,00	165,56	1,90	14,07
4 Vertical exterior de arranque pared	40,50	19,57	1,51	0,00	0,00	4,52
4H Horizontal exterior de arranque pared	0,00	0,00	0,00	165,56	1,90	14,07
5 * Inferior de solera (x2)	0,00	65,06	7,38	76,80	0,88	13,85
6 * Superior de solera (x2)	0,00	65,06	7,38	76,80	0,88	13,85

5.2.- Cuantías de amadura:

Tipo	AAMec Comp (cm ²)	AAMecTrac (cm ²)	AMecFlex (cm ²)	AAGeom Trac (cm ²)	AAGeom Com (cm ²)	AAR (cm ²)
1 Vertical exterior de alzado pared	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	4,52
1H Horizontal exterior de alzado pared	0,00	13,80	0,00	4,80	0,00	14,07
2 Vertical interior de alzado pared	0,00	0,00	0,77	2,70	0,00	4,52
2H Horizontal interior de alzado pared	0,00	13,80	0,00	4,80	0,00	14,07
3 Vertical interior de arranque pared	0,00	0,00	2,06	2,70	0,00	4,52
3H Horizontal interior de arranque pared	0,00	13,80	0,00	4,80	0,00	14,07
4 Vertical exterior de arranque pared	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	4,52
4H Horizontal exterior de arranque pared	0,00	13,80	0,00	4,80	0,00	14,07
5 * Inferior de solera (x2)	0,00	0,00	5,52	2,70	2,70	13,85
6 * Superior de solera (x2)	0,00	0,00	5,52	2,70	2,70	13,85

5.3.- Comprobación a fisuración:

Tipo	Nd (kN/m)	Md (kN·m/m)	MFis (kN·m/m)	WkFlex (mm)	Td (kN/m)	6STrac (N/mm ²)	WkTrac (mm)	WAdm (mm)
1 Vertical exterior de alzado pared	0,00	3,21	43,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
1H Horizontal exterior de alzado pared	0,00	0,00	43,79	0,00	110,37	45,74	0,08	0,10
2 Vertical interior de alzado pared	0,00	3,21	43,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
2H Horizontal interior de alzado pared	0,00	0,00	43,79	0,00	110,37	45,74	0,08	0,10
3 Vertical interior de arranque pared	40,50	13,05	43,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
3H Horizontal interior de arranque pared	0,00	0,00	43,79	0,00	110,37	45,74	0,08	0,10
4 Vertical exterior de arranque pared	40,50	13,05	43,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
4H Horizontal exterior de arranque pared	0,00	0,00	43,79	0,00	110,37	45,74	0,08	0,10
5 * Inferior de solera (x2)	0,00	43,38	44,75	0,00	51,20	41,57	0,09	0,10
6 * Superior de solera (x2)	0,00	43,38	44,75	0,00	51,20	41,57	0,09	0,10

5.4.- Comprobación a cortante:

Tipo	N _{Qd1} (kN/m)	Qd1 (kN/m)	Vu1 (kN/m)	N _{Qd2} (kN/m)	Qd2 (kN/m)	Vu2 (kN/m)
1 Vertical exterior de alzado pared	0,00	19,23	1368,00	0,00	0,00	0,00
1H Horizontal exterior de alzado pared	-110,37	0,00	1380,00	0,00	0,00	0,00
2 Vertical interior de alzado pared	0,00	19,23	1368,00	0,00	19,23	87,24
2H Horizontal interior de alzado pared	-110,37	0,00	1380,00	0,00	0,00	0,00
3 Vertical interior de arranque pared	40,50	38,47	1368,00	40,50	38,47	91,86
3H Horizontal interior de arranque pared	-110,37	0,00	1380,00	0,00	0,00	0,00
4 Vertical exterior de arranque pared	40,50	38,47	1368,00	0,00	0,00	0,00
4H Horizontal exterior de arranque pared	-110,37	0,00	1380,00	0,00	0,00	0,00
5 * Inferior de solera (x2)	-51,20	28,11	1374,00	-76,80	28,11	130,91
6 * Superior de solera (x2)	-51,20	28,11	1374,00	-76,80	28,11	130,91

6.- ARMADURA:

Tipo	Nº Red./m	ø (mm)	Separación (m)	Area (cm ² /m)	Longitud (m)
1 Vertical exterior de alzado pared	4	12	0,25	4,52	5,54
1H Horizontal exterior de alzado pared	7	16	0,14	14,07	20,29
2 Vertical interior de alzado pared	4	12	0,25	4,52	5,49
2H Horizontal interior de alzado pared	7	16	0,14	14,07	19,29
3 Vertical interior de arranque pared	4	12	0,25	4,52	1,72
3H Horizontal interior de arranque pared	7	16	0,14	14,07	19,29
4 Vertical exterior de arranque pared	4	12	0,25	4,52	1,00
4H Horizontal exterior de arranque pared	7	16	0,14	14,07	20,29
5 * Inferior de solera	9	14	0,11	13,85	5,12
6 * Superior de solera	9	14	0,11	13,85	5,12

(*) Las longitudes indicadas son valores medios.