

1.- DATOS DEL TERRENO

ESCENARIO RÍO ALTO

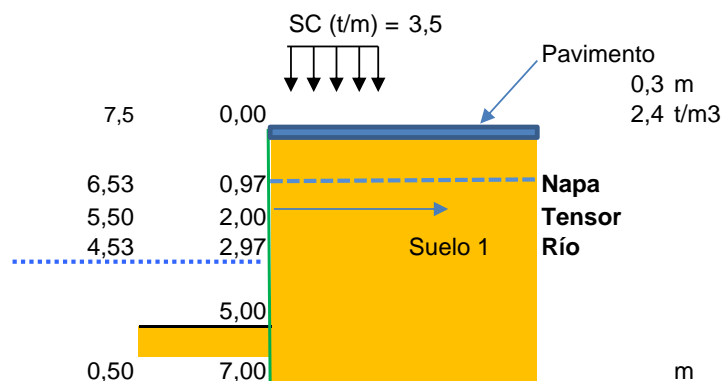
OPERACIÓN

Profundidades (m)

Nivel terreno
existente: +25

SUELO 1
Arena de relleno

$\gamma h =$	1,97	g/cm ³ = t/m ³
$\gamma' =$	0,97	g/cm ³ = t/m ³
$\phi u =$	28	°
$Cu =$	0,00	t/m ²
$Ka =$	0,36	-
$Kp =$	2,77	-
$h \% =$	20	

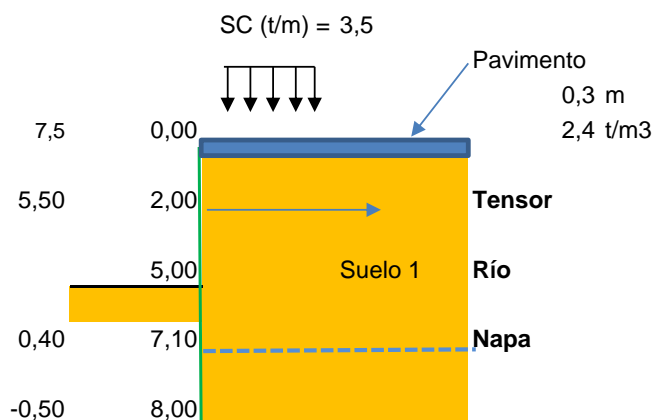


SUELO 2
Arena natural

$\gamma h =$	1,97	g/cm ³ = t/m ³
$\gamma' =$	0,97	g/cm ³ = t/m ³
$\phi u =$	30	°
$Cu =$	0,00	t/m ²
$Ka =$	0,33	-
$Kp =$	3,00	-
$h \% =$	45	

ESCENARIO RÍO BAJO

OPERACIÓN



SC
3 contenedores 2,89
Reachstacker 3
(Distrib en losa)

2. EMPUJES

2.1. Empuje activo, río alto:

Presión vertical: $P_v = \sum (\gamma_i \times h_i) + q$

$E_{ai} = P_v \times K_a - 2c(K_a)^{0,5} = \sum (\gamma_i \times h_i + q) \times K_a - 2c(K_a)^{0,5}$

Nivel [m]	Pvi = sum ($\gamma_i \times h_i + q$) [t/m ²]		coef. de empuje Ka [-]	Presión vertical x Ka Pv x Ka [t/m ²]	Cohesión c (t/m2)	$2c(K_a)^{0,5}$	Empuje activo Ea t/m2
0,00	3,50	3,50					
0,30	2,40	4,22	0,36	1,52	0,00	0,000	1,524
0,97	1,97	5,54	0,36	2,00	0,00	0,000	2,000
2,00	0,97	6,54	0,36	2,36	0,00	0,000	2,361
5,00	0,97	9,45	0,33	3,15	0,00	0,000	3,150
7,00	0,97	11,39	0,33	3,80	0,00	0,000	3,796
9,31	0,97	13,63	0,33	4,54	0,00	0,000	4,543

* Relleno con arena h/4 m

2.2.- Empuje activo, río bajo:

Nivel [m]	presión vertical Pvi = sum ($\gamma_i \times h_i$) [t/m ²]		coef. de empuje Ka [-]	Presión vertical x Ka Pv x Ka [t/m ²]	Cohesión c [t/m2]	$2c(K_a)^{0,5}$	Empuje activo Ea [t/m2]
0,00	3,50	3,50	0,36				
0,30	2,40	4,22	0,36	1,52	0	0,00	1,524
2,00	1,97	7,57	0,36	2,73	0	0,00	2,733
5,00	1,97	13,48	0,33	4,49	0	0,00	4,493
7,10	1,97	17,62	0,33	5,87	0	0,00	5,872
7,18	0,97	17,69	0,33	5,90	0	0,00	5,897

2.3.- Empuje hidrostático

Presión vertical: $P_{vhi} = \gamma_{agua} \times h_i$

$E_h = E_h \text{ derecha} - E_h \text{ izquierda} = \gamma_{agua} \times \Delta H$

ALTO				BAJO		
Nivel [m]	presión horizontal		coef. de empuje Kp [-]	Empuje hidrostático Ehi [t/m2]	Nivel [m]	Empuje hidrostático Ehi [t/m2]
	Pvi = sum (γi x hi)					
	[t/m²]					
	lzq.	Der.				
0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
0,97	0,00	0,00	1,00	0,00	0,97	0,00
2,97	1,00	2,00	1,00	2,00	7,10	0,00
7,00	1,00	2,00	1,00	2,00	7,18	0,08
9,31	1,00	2,00	1,00	2,00		
D niveles	2,00					

2.4 Empuje pasivo: RÍO ALTO

$$E_{pi} = P_v \times K_p + 2c(K_p)^{0,5} = \sum (\gamma_i \times h_i + q) \times K_p + 2c(K_p)^{0,5} \quad (q=0)$$

Nivel [m]	presión vertical		coef. de empuje	Presión vertical x Kp	Cohesión		Empuje pasivo
	Pvi = sum (γi x hi)		Kp	Pv x Kp	c		Ep
	[t/m ²]		[-]	[t/m ²]	[t/m2]	2c(Kp)^0,5	[t/m2]
5,00	0,97	0,00		0,00	0	0,00	0,000
7,00	0,97	1,94	3,00	5,82	0	0,00	5,820
9,31	0,97	4,18	3,00	12,54	0	0,00	12,542

RÍO BAJO

Nivel	presión vertical		coef. de empuje	Presión vertical x Kp	Cohesión		Empuje pasivo
[m]	Pvi = sum (γi x hi)		Kp [-]	Pv x Kp [t/m²]	c [t/m2]	2c(Kp)^0,5	Ep [t/m2]
	[t/m²]						
5,00	1,97	0,00		0,00	0	0,00	0,000
7,10	1,97	4,14	3,00	12,41	0	0,00	12,411
7,18	0,97	4,21	3,00	12,64	0	0,00	12,637

3.- SOLICITACIONES: MÉTODO DEL SOPORTE LIBRE DEL SUELO

AGUAS ALTAS

En base al diagrama de empujes, y para 1 mt. de ancho de tablestaca, aplicando el método del soporte del suelo libre, resulta:

3.1. Tensor a 2 m de profundidad (desde coronación tablestaca)

Z tensor 2,00 m

3.2. Momento del diagrama de empujes totales respecto del tensor

Area	Tipo	Z	Ei	h	distancia a tensor yi	Empuje	Momento
[#]		[m]	[t/m2]	[m]	[m]	[t/m]	[tm/m]
Activo	Top	0,30					
1	Rect	0,97	1,524	0,670	(1,365)	1,02	-1,39
2	Triang	0,97	2,000	0,670	(1,253)	0,16	-0,20
3	Rect	2,00	2,000	1,030	(0,515)	2,06	-1,06
4	Triang	2,00	2,361	1,030	(0,343)	0,19	-0,06
5	Rect	5,00	2,361	3,000	1,500	7,08	10,62
6	Triang	5,00	3,150	3,000	2,000	1,18	2,37
7	Rect	7,00	3,150	2,000	4,000	6,30	25,20
8	Triang	7,00	3,796	2,000	4,333	0,65	2,80
9	Rect	9,31	3,796	2,310	6,155	8,77	53,98
10	Triang	9,31	4,543	2,310	6,540	0,86	5,64
Pasivo	Top	5,00					
9	Rect	7,00	0,000	2,000	4,000	0,00	0,00
10	Triang	7,00	5,820	2,000	4,333	-5,82	-25,22
	Rect	9,31	5,820	2,310	6,155	-13,44	-82,75
	Triang	9,31	12,542	2,310	6,540	-7,76	-50,78
Hidráulico	Top	0,97					
15	Triang	2,00	1,030	1,030	(0,343)	0,53	-0,18
16	Rect	2,97	1,030	0,970	0,647	1,00	0,65
15	Triang	2,97	2,000	0,970	1,617	0,47	0,76
16	Rect	7,00	2,000	4,030	3,657	8,06	29,47
	Rect	9,31	2,000	2,310	6,540	4,62	30,21
Σ totales						15,92	0,06
Profundidad de la resultante							0,00

3.3 Profundidad de empotramiento L

El momento de los empujes pasivos respecto del tensor debe compensar al de los activos y la suma de las fuerzas totales debe ser cero.

La longitud de empotramiento L se determina a partir de un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas y de tercer grado.

Resolviendo:

x 2,31
Ra = 15,92
Σmiz = 116,33
L = 5,00
x calc = 2,31
Delta x = 0,00

Longitud total de la tablestaca adoptada: 11,00 m
Reacción en el tensor 15,92 t/m

PROYECTO:
NUEVO PUERTO DE CORRIENTES

REV A.
1/4/2019



3.4 Distancia a Corte Nulo Q=0 y Momento máximo

$$R_a - \sum E_{ai} - \sum E_{hi} = 0$$

Hasta 2,97 m, según diagra 7,82 t/m A1 = 2,32
 $S = R_a - 7,82 =$ 8,10 t/m q objetivo = 3,017305893
 $q_x =$ 3,017305893 A2 = 2,319922991

Entonces, $x =$ 1,32

Distancia Momento máximo, Dmax => 4,29 m

Momento de los empujes a Dmax

z	Ei	hi	Mi
0,97	1,02	- 3,65	- 3,73
0,97	0,16	- 3,54	- 0,57
2,00	2,06	- 2,80	- 5,77
2,00	0,19	- 2,63	- 0,49
4,29	5,40	- 1,14	- 6,18
4,29	0,75	- 0,76	- 0,57
2,00	0,53	- 2,63	- 1,40
2,97	1,00	- 1,64	- 1,64
2,97	0,47	- 0,67	0,32
4,29	2,64	- 0,66	1,74
			- 18,29

Momento de la Reacción a Dmax 36,42 tm/m

Momento máximo 18,13 tm/m

4. SOLICITACIONES: MÉTODO DEL SOPORTE LIBRE DEL SUELO

AGUAS BAJAS

En base al diagrama de empujes, y para 1 mt. de ancho de tablestaca, aplicando el método del soporte del suelo libre, resulta:

4.1 Tensor a 2 m de profundidad (desde coronación tablestaca)

Z tensor 2,00 m

4.2 Momento del diagrama de empujes totales respecto del tensor

Area	Tipo	Z	Ei	h	distancia a tensor yi	Empuje	Momento
[#]		[m]	[t/m2]	[m]	[m]	[t/m]	[tm/m]
Activo	Top	0,30					
1	Rect	2,00	1,524	1,700	(0,850)	2,59	-2,20
2	Triang	2,00	2,733	1,700	(0,567)	1,03	-0,58
3	Rect	7,10	2,733	5,100	2,550	13,94	35,54
4	Triang	7,10	5,872	5,100	3,400	8,01	27,22
5	Rect	7,18	5,872	0,078	5,139	0,46	2,35
6	Triang	7,18	5,897	0,078	5,152	0,00	0,01
Pasivo	Top	5,00					
9	Rect	7,10	0,000	2,100	4,050	0,00	0,00
10	Triang	7,10	12,411	2,100	4,400	-13,03	-57,34
	Rect	7,18	12,411	0,078	5,139	-0,97	-4,96
	Triang	7,18	12,637	0,078	5,152	-0,01	-0,05
Hidráulico	Top	7,10					
15	Triang	7,18	0,078	0,078	5,152	0,00	0,02
16	Rect	-	0,000	(7,178)	1,589	0,00	0,00
Σ totales						12,01	-0,00
Profundidad de la resultante							-0,00

4.3 Profundidad de empotramiento L

El momento de los empujes pasivos respecto del tensor debe compensar al de los activos y la suma de las fuerzas totales debe ser cero.

La longitud de empotramiento L se determina a partir de un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas y de tercer grado.

Resolviendo:

x 0,08
Ra = 12,01
Σmiz = 61,01
L = 5,00
x calc = 0,08
Delta x = - 0,00

Longitud total de la tablestaca adoptada: 8,00 m
Reacción en el tensor 12,01 t/m

4.4 Distancia a Corte Nulo Q=0 y Momento máximo

$$R_a - \sum E_{ai} - \sum E_{hi} = 0$$

Hasta 2,00 m, según tabla: 3,62 t/m A1 = 8,40
 $S = R_a - 3,62 =$ 8,40 t/m delta S = - 0,00
 $q_x =$ 2,127008668

Entonces, x = 3,46

Distancia Momento máximo, Dmax => 6,43 m

Momento de los empujes a Dmax

z	Ei	hi	Mi
2,00	2,59	- 5,28	- 13,66
2,00	1,03	- 4,99	- 5,13
6,43	4,55	- 2,21	- 10,06
6,43	4,71	- 1,48	- 6,94
			- 35,80

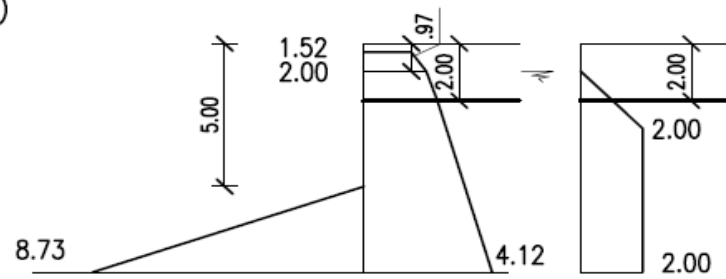
Momento de la Reacción a Dmax 53,17 tm/m

Momento máximo 17,37 tm/m

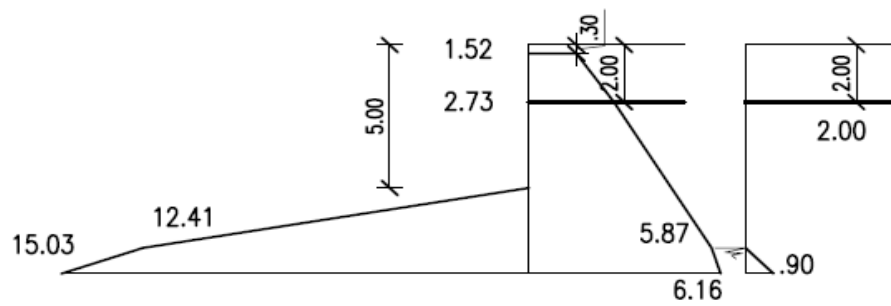
El caso de aguas altas es más exigente

5. DIAGRAMAS DE EMPUJES

RÍO ALTO



RÍO BAJO



6. SOLICITACIONES

6.1 Dimensionado tablestacado metálico:

Tensión de fluencia acero S240GP =
Coeficiente de seguridad mínimo

$$\sigma_{fl} = \frac{2.400}{1,500} \text{ kg/cm}^2$$

Módulo resistente (mínimo):

$W \text{ (mín)} = M / \sigma_{fl} \times \nu$	cm^3/m	1.133,41
--	------------------------	----------

Se adopta PU 28

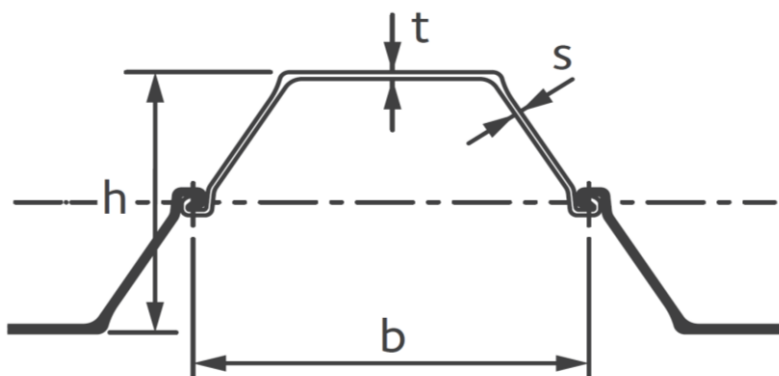
Modelo:

ancho: $b =$ mm
espesor pared: $h =$ mm
espesor ala: $d =$ mm
espesor alma: $t =$ mm
peso propio tablestaca: $pp =$ kg/m

PU18
600
430,0
11,2
9,0
128,2

Resultando las siguientes características mecánicas:

momento de inercia:	$J =$	cm^4/m	38.650,00
módulo resistente:	$W =$	cm^3/m	1.800,00



Solicitación	unidad	PU 28
--------------	--------	-------

Tensión de trabajo = M/W	$[\text{kg/cm}^2]$	1.007,47
ν = coefic. de seguridad real	$[-]$	2,38

9 CALCULO DE LA VIGA SOPORTE DE ANCLAJES

9.1 Solicitaciones:

$$M [\text{ton.m}] = R_a \times L^2 \times \sec(\beta)/10$$

L [m] =	2,40	Separación entre tensores.
β [°] =	0,00	Ángulo de inclinación de los tensores
R_a [ton/m] =	15,92	Reacción en el tensor = f(estado).
T [ton/m] =	0,00	Tiro de amarra

resultan las siguientes solicitaciones:

Solicitud	Unidades	
-----------	----------	--

reacción tensor	R_a	[ton/m]	15,92
momento	M	[ton.m]	9,17

9.2 Dimensionado:

Se adoptan 2 perfiles:	UPN =	-	220
tensión de fluencia acero F-20:	σ_{fl} =	kg/cm ²	2.400,0
coefic. de seguridad mínimo:	ν (mín) =	-	1,50

espesor de corrosión adoptado:	ec =	mm	0,0
altura:	h =	h [cm]	220,00
ancho:	b =	b [cm]	98,00
área:	A =	F [cm ²]	39,50
momento de inercia:	J =	J [cm ⁴]	3.060,00
módulo resistente:	W =	W [cm ³]	278,00
peso propio perfil:	pp =	pp [kg/m]	31,10

solicitud	unidad
-----------	--------

σ = tensión de trabajo	[kg/cm ²]
ν = coefic. de seg. real	[-]
separación máx. (ν mín)	[-]

--

1.649,47
1,46
1,67

10 CÁLCULO DEL TENSOR

10.1 Solicitaciones:

$$T [\text{ton}] = R_a \times L \times \sec(\beta) =$$

Resultan las siguientes solicitudes:

solicitud	unidad
-----------	--------

--

reacción tensor	R _a	[ton/m]
tiro	T	[ton]

15,92
38,21

10.2 Dimensionado:

Se adopta hierro redondo 2 1/4':

área:

tensión de fluencia :

coefic. de seguridad mínimo:

mm
cm²
σ fl = kg/cm²
ν (mín) = -

75
44,18
2.400
1,50

solicitud	unidad
-----------	--------

σ = tensión de trabajo	[kg/cm ²]
Coeficiente de seguridad	

864,96
2,77

En caso de utilizar hierros de construcción φ 25

Diámetro

Área

Tension de fluencia

mm
cm²
kg/cm²

25
4,91
4.200

mm
cm²
kg/cm²

Tensión de trabajo (kg/cm²)

Cantidad de hierros necesaria

Se adopta:

Tensión de trabajo:

Coeficiente de seguridad

7.784,62
2,00
4,00
1.946,16
2,16

11 **CALCULO DE LA PANTALLA DE ANCLAJE**

11.1 **Empujes:**

Empuje activo

Parámetros de diseño:

Coronamiento de pantalla a profundidad 1 m
Sobrecarga sobre lado activo 3 t/m²
Terreno sumergido
Espesor de Pavimento 0,25 m

$$P_v = \sum (\gamma_i \times h_i) + q$$

$$E_{ai} = P_v \times K_a = \sum (\gamma_i \times h_i + q) \times K_a - 2c(K_a)^{1/2}$$

Nivel	Presión vertical		Coef. De empuje	Presión vertical	Cohesion		Empuje activo
[m]	Pvi = sum (γi x hi + q)		Ka	Pv	c		
	[ton/m ²]		[-]	[ton/m ²]	t/m2	2c(ka) ^{1/2}	ton/m2
	γ	h	Pvi				
0,00	0,97	0,00	3,60	0,33	1,20	0	0,00
1,00	0,97	1,00	4,57	0,33	1,52	0	0,00
2,00	0,97	1,00	5,54	0,33	1,85	0	0,00
3,00	0,97	1,00	6,51	0,33	2,17	0	0,00
4,00	0,97	1,00	7,48	0,33	2,49	0	0,00
5,00	0,97	0,00	7,48	0,33	2,49	0	0,00

Empuje pasivo

$$E_{pi} = P_v \times K_p = \sum (\gamma_i \times h_i + q) \times K_p + 2c(K_p)^{1/2} \quad (q=0)$$

Nivel	Presión vertical		Coef. De empuje	Presión vertical	Cohesion		Empuje pasivo
[m]	Pvi = sum (γi x hi + q)		Kp	Epi	c		
	[ton/m ²]		[-]	[ton/m ²]	t/m2	2c(kp) ^{1/2}	ton/m2
	γ	h					
0,00	0,97	0,00	0,60	3,00	1,80	0	0,00
1,00	0,97	1,00	1,57	3,00	4,71	0	0,00
2,00	0,97	1,00	2,54	3,00	7,62	0	0,00
3,00	0,97	1,00	3,51	3,00	10,53	0	0,00
4,00	0,97	1,00	4,48	3,00	13,44	0	0,00
5,00	0,97	0,00	4,48	3,00	13,44	0	0,00

PROYECTO:
NUEVO PUERTO DE CORRIENTES

REV A.
1/4/2019



Determinación de longitud de tablestaca

	H pant	H pant	
i	2,49	3,57	
qai =	2,33	2,68	ordenada de presiones horizontales activas
qpi =	11,96	15,10	ordenada de presiones horizontales pasivas
Qai =	4,80	7,50	resultante de pres. horiz. Activas
Qpi =	20,75	35,36	resultante de pres. horiz. Pasivas
Qr =	15,95	27,86	Resultante total
Ra =	15,92	27,86	Reacción
Delta Q =	(0,03)	0,00	Diferencia

11.2 Largo de pantalla de anclaje

$E_p = F_t \times (E_a + T)$
 E_p = empuje pasivo en la pantalla $f(A)$
 E_a = empuje activo en la pantalla $f(A)$
 T = tiro en el anclaje
 F_p = coeficiente de seguridad ($F_t \geq 1.50$)

Se adoptan dos tablestacas PU 18 (1,20 m de ancho total):

Longitud pantalla A [m]	Empuje activo Eea [ton]	Empuje pasivo Eep [ton]	Tiro tensor T [ton]	Coeficiente de seguridad Fp [-]
3,60	7,50	35,36	15,92	1,510

11.3 Verificación

Igualando momentos se coloca el tensor a: **1,250**
 Máximo momento **19,90 ton.m/m**

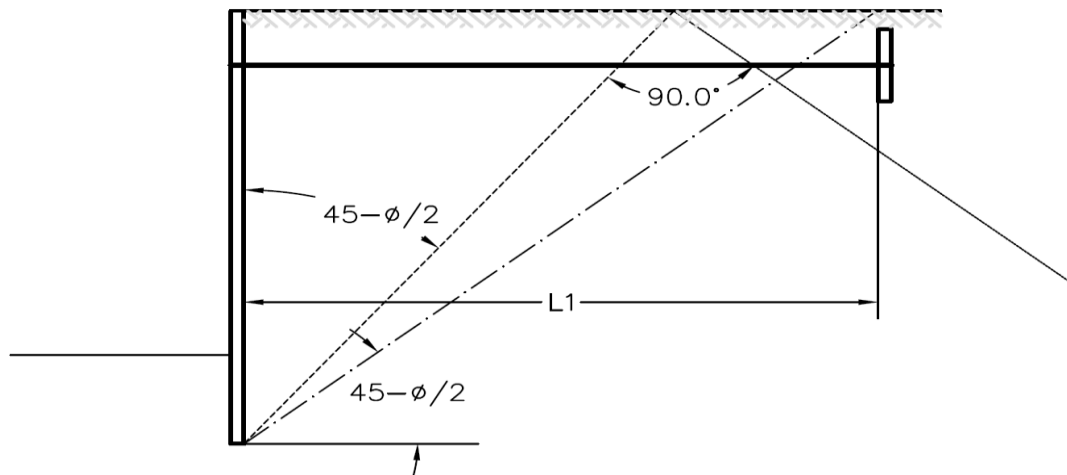
2 Tablestacas PU 18

ancho: $b = 600$ mm
 espesor pared: $h = 430$ mm
 espesor ala: $d = 11,2$ mm
 espesor alma: $t = 9$ mm
 peso propio tablestaca: $pp = 128,2$ mm

 momento de inercia: $J = 38650$ cm⁴/m
 módulo resistente: $W = 1800$ cm³/m
 Tensión de fluencia **2400 kg/cm²**

Tensión de trabajo = M/W		1105,69 kg/cm ²
ν = coefic. de seguridad		2,17

11.4 Distancia tablestaca - pantalla de anclaje



L1 = 19,05 ~ 20 m