

PROYECTO: NUEVO PUERTO Y PARQUE INDUSTRIAL DE ITUZAINGÓ

1.- DATOS DEL TERRENO

ESCENARIO RÍO ALTO

OPERACIÓN

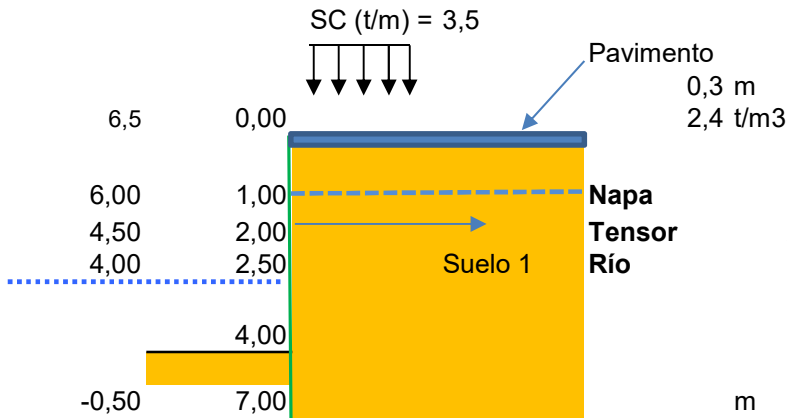
Profundidades (m)

Nivel terreno
existente: +16

SUELO 1

Arena de relleno

$\gamma h =$	1,80	$\text{g/cm}^3 = \text{t/m}^3$
$\gamma' =$	0,80	$\text{g/cm}^3 = \text{t/m}^3$
$\phi u =$	29	$^\circ$
$Cu =$	0,00	t/m^2
$Ka =$	0,35	-
$Kp =$	2,88	-
$h \% =$	20	



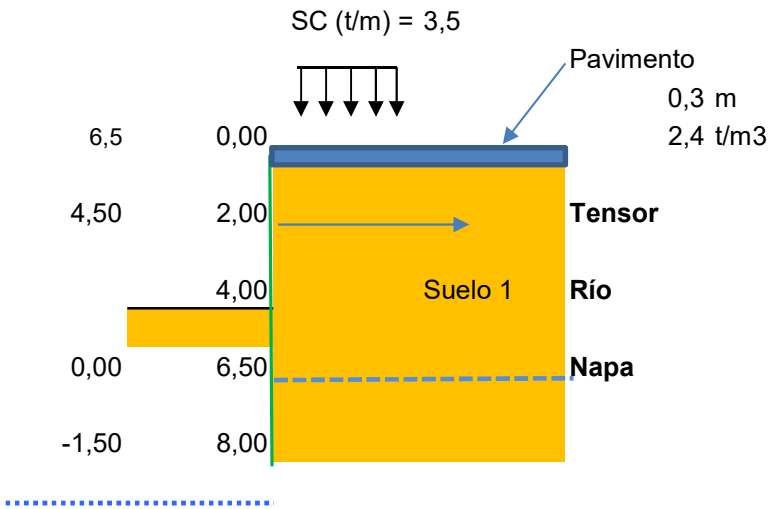
SUELO 2

Arena natural

$\gamma h =$	1,97	$\text{g/cm}^3 = \text{t/m}^3$
$\gamma' =$	0,97	$\text{g/cm}^3 = \text{t/m}^3$
$\phi u =$	30	$^\circ$
$Cu =$	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)

PROYECTO:
NUEVO PUERTO Y PARQUE INDUSTRIAL DE ITUZAINGÓ

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]			coef. de empuje	Presión vertical x Ka	Cohesión		Empuje activo
	Pvi = sum (γi x hi + q)		Ka	Pv x Ka	c		Ea
	[t/m ²]		[-]	[t/m ²]	(t/m2)	2c(Ka)^0,5	t/m2
0,00	3,50	3,50					
0,30	2,40	4,22	0,35	1,46	0,00	0,000	1,464
1,00	1,80	5,48	0,35	1,90	0,00	0,000	1,901
2,00	0,80	6,28	0,35	2,18	0,00	0,000	2,179
4,00	0,80	7,88	0,35	2,73	0,00	0,000	2,734
7,00	0,80	10,28	0,35	3,57	0,00	0,000	3,567
8,12	0,80	11,17	0,35	3,88	0,00	0,000	3,876

* Relleno con arena h/4 m

2.2.- Empuje activo, río bajo:

Nivel [m]	presión vertical		coef. de empuje	Presión vertical x Ka	Cohesión		Empuje activo
	Pvi = sum (γi x hi)		Ka	Pv x Ka	c		Ea
	[t/m ²]		[-]	[t/m ²]	[t/m2]	2c(Ka)^0,5	[t/m2]
0,00	3,50	3,50	0,35				
0,30	2,40	4,22	0,35	1,46	0	0,00	1,464
2,00	1,80	7,28	0,35	2,53	0	0,00	2,526
4,00	1,80	10,88	0,35	3,78	0	0,00	3,775
4,50	1,80	11,78	0,35	4,09	0	0,00	4,087
4,80	1,80	12,31	0,35	4,27	0	0,00	4,273

2.3.- Empuje hidrostático

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

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

			ALTO		BAJO	
Nivel [m]	presión horizontal		coef. de empuje	Empuje hidrostático	Nivel [m]	Empuje hidrostático
	Pvi = sum (γi x hi)			Ehi		Ehi
	[t/m²]			[t/m2]		[t/m2]
	Izq.	Der.				
0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00
2,50	1,00	1,50	1,00	1,50	5,00	0,00
7,00	1,00	1,50	1,00	1,50	5,30	0,00
8,12	1,00	1,50	1,00	1,50		
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 Kp [-]	Presión vertical x Kp Pv x Kp [t/m ²]	Cohesión c [t/m2]	2c(Kp)^0,5	Empuje pasivo Ep [t/m2]
	Pvi = sum (γi x hi)						
	[t/m ²]						
4,00	0,80	0,00		0,00	0	0,00	0,000
7,00	0,80	2,40	2,88	6,92	0	0,00	6,917
8,12	0,80	3,29	2,88	9,49	0	0,00	9,488

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/m ²]	c [t/m2]	2c(Kp)^0,5	Ep [t/m2]
	[t/m ²]						
4,00	1,80	0,00		0,00	0	0,00	0,000
4,50	1,80	0,90	2,88	2,59	0	0,00	2,594
4,80	1,80	1,43	2,88	4,13	0	0,00	4,132

AGUAS ALTAS

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

3.3 Profundidad de empotramiento L

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

Resolviendo:

x	1,12
Ra =	11,78
Σmiz =	71,98
L =	5,00
x calc =	1,11
Delta x =	0,01

Longitud total de la tablestaca adoptada: 10,50 m
Reacción en el tensor 11.78 t/m

PROYECTO:
NUEVO PUERTO Y PARQUE INDUSTRIAL DE ITUZAINGÓ

3.4 Distancia a Corte Nulo Q=0 y Momento máximo

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

Hasta 2 m, según diagrama 3,22 t/m m = 0,277579225
 $S = R_a - 4,67 =$ 8,56 t/m $y_2 =$ 2,178996917
 $x = (-y_2 + \text{raiz}(y_2^2 + 2mS))/m$ x = 3,26
 $Y_2 =$ presión en tensor
m = pendiente del diagrama de empujes

Entonces, x = 3,26 Distancia entre el tensor y el momento máximo

Distancia Momento máximo, $D_{\max} \Rightarrow$ 5,26 m

Momento de los empujes a D_{\max}

z	Ei	hi	Mi
1,00	1,02	- 4,61	- 4,72
1,00	0,15	- 4,49	- 0,69
2,00	1,90	- 3,76	- 7,14
2,00	0,14	- 3,59	- 0,50
5,26	7,09	- 1,63	- 11,54
5,26	0,90	- 1,09	- 0,98
			- 25,57

Momento de la Reacción a D_{\max} 38,35 tm/m

Momento máximo 12,78 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	1,464	1,700	(0,850)	2,49	-2,12
2	Triang	2,00	2,526	1,700	(0,567)	0,90	-0,51
3	Rect	4,00	2,526	2,000	1,000	5,05	5,05
4	Triang	4,00	3,775	2,000	1,333	1,25	1,67
5	Rect	6,50	3,775	2,500	3,250	9,44	30,67
6	Triang	6,50	4,087	2,500	3,667	0,39	1,43
7	Rect	4,80	4,087	(1,703)	3,648	-6,96	-25,40
8	Triang	4,80	4,273	(1,703)	3,364	-0,16	-0,53
Pasivo	Top	4,00					
9	Rect	6,50	0,000	2,500	3,250	0,00	0,00
10	Triang	6,50	2,594	2,500	3,667	-3,24	-11,89
	Rect	4,80	2,594	(1,703)	3,648	4,42	16,12
	Triang	4,80	4,132	(1,703)	3,364	1,31	4,41
Hidráulico	Top	5,00					
15	Triang	5,30	0,000	0,297	3,198	0,00	0,00
16	Rect	-	0,000	(5,297)	0,648	0,00	0,00
Σ totales						14,89	18,90
Profundidad de la resultante							1,27

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 0,30
Ra = 14,89
Σmiz = 93,74
L = 6,00
x calc = 0,30
Delta x = - 0,00

Longitud total de la tablestaca adoptada: 6,00 m
Reacción en el tensor 14,89 t/m

PROYECTO:
NUEVO PUERTO Y PARQUE INDUSTRIAL DE ITUZAINGÓ

4.4 **Distancia a Corte Nulo Q=0 y Momento máximo**

$Ra - \sum Eai - \sum Ehi = 0$

Hasta 2 m, según diagrama 3,39 t/m m = 0,624553256
 $S = Ra - 5,26 =$ 11,50 t/m y2 = 2,525970948
 $x = (-y2 + \text{raiz}(y2^2 + 2mS))/m$ x = 3,25
Y2 = presión en tensor
m = pendiente del diagrama de empujes
Entonces, x = 3,25

Distancia Momento máximo, Dmax => 6,22 m

Momento de los empujes a Dmax

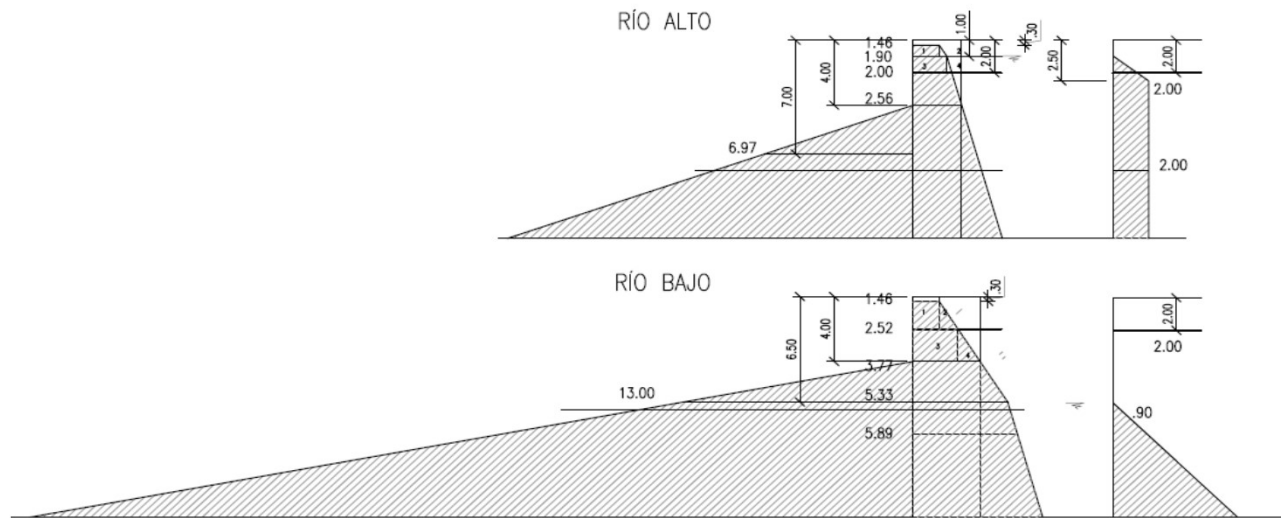
Z	Ei	hi	Mi
2,00	2,49	- 5,07	- 12,61
2,00	0,90	- 4,78	- 4,32
6,22	3,81	- 2,11	- 8,03
6,22	5,33	- 1,41	- 7,49
			- 32,44

Momento de la Reacción a Dmax 62,78 tm/m

Momento máximo 30,34 tm/m

El caso de aguas bajas es más exigente

5. **DIAGRAMAS DE EMPUJES**



6. SOLICITACIONES

6.1 Dimensionado tablestacado metálico:

Tensión de fluencia acero S240GP =

$\sigma_{fl} = 2.400$ kg/cm²

Coefficiente de seguridad mínimo

$\nu_{min} = 1,500$

Módulo resistente (mínimo):

$W \text{ (mín)} = M / \sigma_{fl} \times \nu$	cm ³ /m	1.896,08
--	--------------------	----------

Se adopta AZ20 700

Modelo:

ancho: $b =$ mm

espesor pared: $h =$ mm

espesor ala: $d =$ mm

espesor alma: $t =$ mm

peso propio tablestaca: $pp =$ kg/m

PU18+1
600
430,0
12,2
9,5
81,1

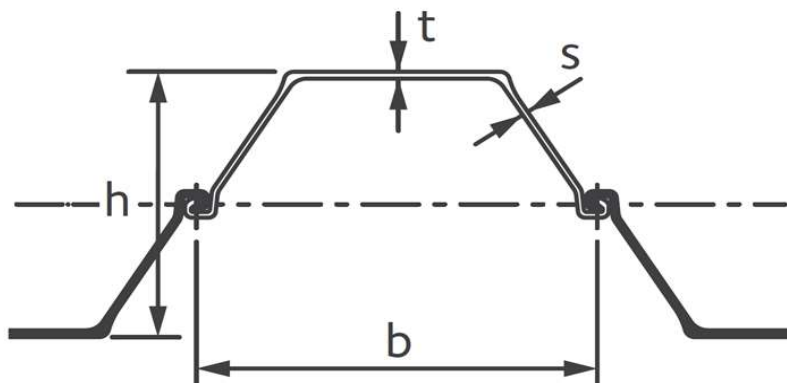
Resultando las siguientes características mecánicas:

momento de inercia: $J =$ cm⁴/m

41.320,00

módulo resistente: $W =$ cm³/m

1.920,00



Solicitación	unidad	PU18+1
--------------	--------	--------

Tensión de trabajo = M/W	[kg/cm ²]	1.580,07
ν = coefic. de seguridad real	[-]	1,52

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] =	2,50	Separación entre tensores.
β [°] =	0,00	Ángulo de inclinación de los tensores
R_a [ton/m] =	14,89	Reacción en el tensor = f(estado).
T [ton/m] =	0,00	Tiro de amarra

resultan las siguientes solicitudes:

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

reacción tensor	R_a	[ton/m]	14,89
momento	M	[ton.m]	9,30

9.2 Dimensionado:

Se adoptan 2 perfiles:	UPN =	-	260
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]	260,00
ancho:	b =	b [cm]	90,00
área:	A =	F [cm ²]	48,30
momento de inercia:	J =	J [cm ⁴]	4.820,00
módulo resistente:	W =	W [cm ³]	370,00
peso propio perfil:	pp =	pp [kg/m]	37,80

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

σ = tensión de trabajo	[kg/cm ²]	1.257,33
ν = coefic. de seg. real	[-]	1,91
separación máx. (ν mín)	[-]	1,99

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]

14,89
37,22

10.2 Dimensionado:

Se adopta hierro redondo 2 1/4":

área:

tensión de fluencia :

coefic. de seguridad mínimo:

$\sigma_{fl} =$ mm
cm²
kg/cm²
 ν (mín) = -

75
44,18
2.400
1,50

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

842,42
2,85

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

7.581,76
2,00
4,00
1.895,44
2,22

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	1,200
1,00	0,97	1,00	4,57	0,33	1,52	0	0,00	1,523
2,00	0,97	1,00	5,54	0,33	1,85	0	0,00	1,847
3,00	0,97	1,00	6,51	0,33	2,17	0	0,00	2,170
4,00	0,97	1,00	7,48	0,33	2,49	0	0,00	2,493
5,00	0,97	1,00	8,45	0,33	2,82	0	0,00	2,817
5,00	0,97	0,00	8,45	0,33	2,82	0	0,00	2,817

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	1,80
1,00	0,97	1,00	1,57	3,00	4,71	0	0,00	4,71
2,00	0,97	1,00	2,54	3,00	7,62	0	0,00	7,62
3,00	0,97	1,00	3,51	3,00	10,53	0	0,00	10,53
4,00	0,97	1,00	4,48	3,00	13,44	0	0,00	13,44
5,00	0,97	1,00	5,45	3,00	16,35	0	0,00	16,35
5,00	0,97	0,00	5,45	3,00	16,35	0	0,00	16,35

PROYECTO:
NUEVO PUERTO Y PARQUE INDUSTRIAL DE ITUZAINGÓ

Determinación de longitud de tablestaca

	H pant	H pant	
i	2,38	3,42	
qai =	2,29	2,63	ordenada de presiones horizontales activas
qpi =	11,63	14,67	ordenada de presiones horizontales pasivas
Qai =	4,54	7,11	resultante de pres. horiz. Activas
Qpi =	19,42	33,16	resultante de pres. horiz. Pasivas
Qr =	14,89	26,05	Resultante total
Ra =	14,89	26,05	Reacción
Delta Q =	(0,00)	(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 PU18+1 (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 [-]
3,50	7,11	33,16	14,89	1,508

11.3 Verificación

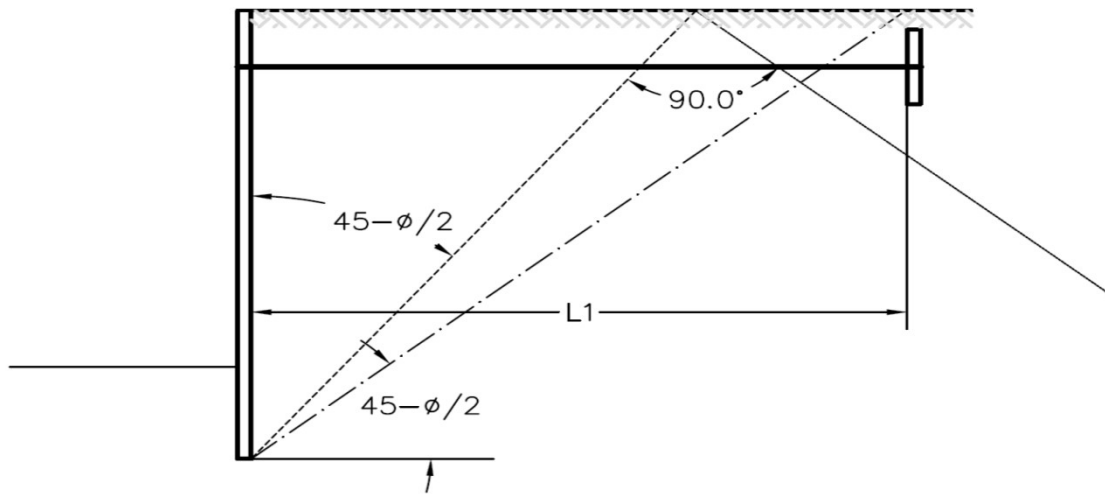
Igualando momentos se coloca el tensor a: **1,250**
 Máximo momento **18,61 ton.m/m**

ancho: $b = 600$ mm
 espesor pared: $h = 430$ mm
 espesor ala: $d = 12,2$ mm
 espesor alma: $t = 9,5$ mm
 peso propio tablestaca: $pp = 81,1$ mm

 momento de inercia: $J = 41320$ cm⁴/m
 módulo resistente: $W = 1920$ cm³/m
 Tensión de fluencia **2400 kg/cm²**

Tensión de trabajo = M/W		969,19 kg/cm ²
ν = coefic. de seguridad		2,48

11.4 Distancia tablestaca - pantalla de anclaje



L1 = 10,39 ~ se adoptan 15 m