MEMORIAS DE CALCULO - AVALUO DE CARGAS

PROYECTO: BELLO HORIZONTE **FECHA:** **Hoja:** 1
TRAMO: COLECTOR **Rev.:** V.1 **De:** 1
OBRA ESPECIAL : ALCANTARILLADO

1) DATOS DE DISEÑO :

Cálculo de cargas para tubería en PVC

2) ESPECIFICACIONES DE DISEÑO :

⇒ REFERENCIAS GUÍA TÉCNICA DE LA E.A.A.B. SISTEC
MANUAL TÉCNICO NOVAFORT - PAVCO

⇒ CARACTERISTICAS DEL TUBO

TUBERIA EN POLICLORURO DE VINILO (PVC)
CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

- DIAMETRO NOMINAL (BN) **182** mm
- DIAMETRO EXTERNO (Bc) **200** mm
- LONGITUD UTIL **6000** mm



h_{exc}: **0,84** m
hc: **0,54** m
Bd: **1,00** m
γ relleno **2,0** Ton/m^3
μk: **0,1100**

Tabla A.5-3 Valores de Kμ' según el tipo de suelo

Tipo de Suelo	Valor de $K\mu'$
Materiales granulares sin cohesion	0.1924
Máximo para arenas y gravas	0.1650
Máximo para suelos superficiales saturados	0.1500
Máximo para arcillas ordinarias	0.1300
Máximo para arcillas saturadas	0.1100

DETERMINACIÓN DE CARGA MUERTA (Tubería Flexible enterrada en zanja angosta, Bd<2Bc)

Bd<2Bc 1,00 < 0,4

- Peso específico material de relleno γ: **1,69** Ton/m^3
- Coeficiente de carga adimensional Cd: 0,5
- Carga muerta en la tubería W_D: 0,172 Ton/m

$$W_d = C_d \gamma B_c^2 \left(\frac{B_c}{B_d}\right) \qquad Cd = \frac{1 - e^{-2k\mu \frac{Hc}{Bc}}}{2k\mu}$$

DETERMINACIÓN DE CARGA MUERTA (Tubería Flexible enterrada en zanja ancha, Bd>2Bc)

Bd>2Bc 1,00 > 0,4 Cc: 2,7

$$W_d = C_c \gamma B_c^2 \qquad Cc = \frac{Hc}{Bc}$$

- Carga muerta en la tubería W_D: 0,216 Ton/m

DETERMINACION DE LA CARGA VIVA — Carga de diseño 8,0 Tn CCP-14
Factor de impacto **1,5** para vías sin pavimentar

Altura del relleno sobre el tubo		h=	0,54	m
Dimensión A=(0,5+1,75h)	I	A=	1,45	m
Dimensión B=(0,25+1,75h)	sl	B=	1,2	m
Longitud efectiva: Le = L+1.75(3Bc/4)		Le=	1,71	m

Peso del fluido $W_w = Ff\gamma wBc^2$ Ww= 0,04 Ton/m

Carga viva en la tubería W_{CV} 7,03 Ton/m

DETERMINACION DE LA CARGA TOTAL

Carga total $W_{TOTAL}=W_D+W_{CV}+Ww$ **7,28** Tn/m

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

MEMORIAS DE CALCULO - AVALUO DE DEFLEXIONES

MEMORIAS DE CALCULO - AVALUO DE DEFLEXIONES

PROYECTO: BELLO HORIZONTE **FECHA:** **Hoja:** 1
TRAMO: COLECTOR **Rev.:** V.1 **De:** 4
OBRA ESPECIAL : ALCANTARILLADO

1) DATOS DE DISEÑO :

Cálculo de cargas para tubería en PVC

2) ESPECIFICACIONES DE DISEÑO :

⇒ REFERENCIAS GUÍA TÉCNICA DE LA E.A.A.B. SISTEC
MANUAL TÉCNICO NOVAFORT - PAVCO

⇒ CARACTERISTICAS DEL TUBO

TUBERIA EN POLICLORURO DE VINILO (PVC)
CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

DIAMETRO NOMINAL (BN)	**182** mm
DIAMETRO EXTERNO (Bc)	**200** mm
LONGITUD UTIL	**6000** m
DEFLEXIÓN MÁXIMA	**7,5** %
Densidad del relleno	**20** Kn/m^3
Profundidad Excavacion	**0,84** m

⇒ Carga muerta en la tubería W_D: 0,31 Psi

⇒ Carga viva en la tubería W_{CV}: 10,05 Psi

La ecuacion deflexion fue tomada de el manuel PAVCO tuberias GRP

$$\% \text{ Deflexión} = \frac{(DL \times K \times P + K \times W)(100)}{0{,}149 \times PS + 0{,}061 \times E'}$$

Donde:	
DL	Factor de Deflexión (1.5) o Para condicion de carga (Marston)
DL	1 Condicion prisma
K	Constante de encamado (0.10) Asumido (Marston)
P	Presión de carga muerta Kg/m² (psi) Depende del tipo de relleno (Suelo SM y SC)
W	Presión de carga viva, Kg/m² (psi) Fórmula de Boussinesq
PS	Rigidez Kg/m² (psi) Rigidez de los tubos NOVAFORT
E	Módulo de reacción del suelo, Kg/m² (psi) Capacidad del suelo de resistir deflexión

De acuerdo con la norma del acuedcuto NS-35 pag. El DL para tuberias PVC es 1.5

Cuadro 3. valores del parametro D_L

Material	Sigla	DL
Poliester reforzado con fibra de vidrio (Glass-fiber Reinforced Pipe)	GRP	1.5
Cloruro de polivinilo (Polyvinyl chloride)	PVC	1.5
Hierro dúctil (Ductile-Iron Pipe)	DIP	1.0
Acero (Steel Pipe)	SP	1.0
Concreto cilindro de acero (Concrete Cylinder Pipe)	CCP	1.0
Polietileno (Polyethylene)	PE	1.5

DL = 1,5

Para determinar el Ms, se realiza ecuación de el manual de PAVCO

$$M_s = S_c M_{sb}$$

Donde

S_c corresponde al factor de combinación de los suelos de cimentación y suelo nativo, y es función de la rigidez del suelo de cimentación, suelo nativo, diametro de la tuberia y ancho de la zanja (adimensional)

M_{sb} corresponde la rigidez del suelo utilizado para la cimentación, dentro del cual se confinará la tuberia (MPa)

Es necesario escoger categoría de tipo de suelos a utilizar en relleno de la cimentación para determinar el Msb se utiliza la siguiente tabla

Categoria de Rigidez del Suelo	Tipo de Suelo
SC1	Piedra Triturada
SC2	Suelos Limpios de Grano Grueso
SC3	Suelo de Grano Grueso Con Finos Suelo Arenoso o de Grano Fino con Grava
SC4	Suelos de Grano Fino
SC5	Suelos Orgánicos y de Alta Plasticidad

Tabla 1.

Obteniendo el valor de esfuerzo vertical que corresponde a la profundidad del material de relleno y con el tipo de suelo escogido en la Tabla 1, se dispone a elegir el valor de SPD 95 correspondiente (Tabla 2).

Modulo de rigidez de la cimentación (M_{sb})					
Esfuerzo vertical a profundidad de la tubería	Profundidad del suelo con peso específico= 18.8 kN/m³	Categoria de rigidez 1 y 2 (SC1 y SC2)			
		SPD 100	SPD 95	SPD 90	SPD 85
kPa	m	MPa	MPa	MPa	MPa
6,9	0,4	16,2	13,8	8,8	3,2
34,5	1,8	23,8	17,9	10,1	3,6
69,0	3,7	29,0	20,7	11,2	3,9
138,0	7,3	37,9	23,8	12,4	4,5
276,0	14,6	51,7	29,3	14,5	5,7
414,0	22,0	64,1	34,5	17,2	6,9
Categoria de rigidez 3 (SC3)					
6,9	0,4		9,8	4,6	2,5
34,5	1,8		11,5	5,1	2,7
69,0	3,7		12,2	5,2	2,8
138,0	7,3		13,0	5,4	3,0
276,0	14,6		14,4	6,2	3,5
414,0	22,0		15,9	7,1	4,1
Categoria de rigidez 4 (SC4)					
6,9	0,4		3,7	1,8	0,9
34,5	1,8		4,3	2,2	1,2
69,0	3,7		4,8	2,5	1,4
138,0	7,3		5,1	2,7	1,6
276,0	14,6		5,6	3,2	2,0
414,0	22,0		6,2	3,6	2,4

Tomado de AWWA M45

D 0,2 m

σv = **12,8** kPa

Msb = 9,1 Mpa

MEMORIAS DE CALCULO - AVALUO DE DEFLEXIONES

PROYECTO: BELLO HORIZONTE **FECHA:** **Hoja:** 3
TRAMO: COLECTOR **Rev.:** V.1 **De:** 4
OBRA ESPECIAL : ALCANTARILLADO

Tabla 3. valor N de acuerdo al suelo nativo

Golpes por pie (0.3 m)	Rigidez del suelo nativo (M_{sn}) Mpa
0 - 1	0,3
1 - 2	1,4
2 - 4	4,8
4 - 8	10,3
8 - 15	20,7
15 - 30	34,5
30 - 50	69,0
> 50	138,0

Tomado de AWWA M-45

N = **4**

Msn **4,8**

Tabla 4. se obtiene el valor de Sc de acuerdo a las relaciones de Bd/D y Msn/Msb

Factor de combinación de los suelos de cimentación y suelo nativo S_c								
M_{sn}/M_{sb}	B_d/D							
	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	4	5
0,005	0,02	0,05	0,08	0,12	0,23	0,43	0,72	1,00
0,01	0,03	0,07	0,11	0,15	0,27	0,47	0,74	1,00
0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,32	0,52	0,77	1,00
0,05	0,10	0,15	0,20	0,27	0,38	0,58	0,80	1,00
0,1	0,15	0,20	0,27	0,35	0,46	0,65	0,84	1,00
0,2	0,25	0,30	0,38	0,47	0,58	0,75	0,88	1,00
0,4	0,45	0,50	0,56	0,64	0,75	0,85	0,93	1,00
0,6	0,65	0,70	0,75	0,81	0,87	0,94	0,98	1,00
0,8	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	1,00	1,00
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,40	1,30	1,20	1,12	1,06	1,03	1,00	1,00
2	1,70	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00
3	2,20	1,80	1,65	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00
5	3,00	2,20	1,90	1,70	1,50	1,30	1,15	1,00

Tomado de AWWA M-45

Calcula Bd/D

Bd	1
D	0,182
Valor	**5,49**

Relacion Msn/Msb

Msn	4,8
Msb	9,1
Valor	**0,53**

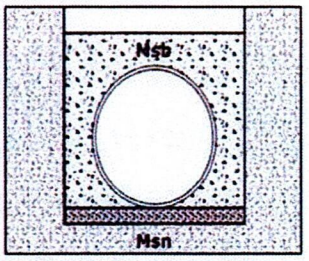


Figura 1. Rigidez compuesta del suelo.

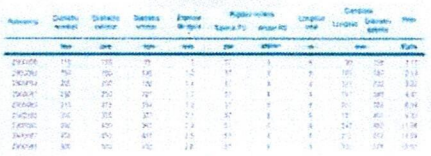
Ecuacion Ms

$$M_s = S_c M_{sb}$$

Sc **1,00** **Ms** **9,1 Mpa**

Para determinara la variable Ps Se utiliza la Tabla 5. y Ecuacion 5.

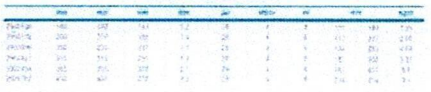
NORMA NTC 3722-3 S8





Ecuación 5. $$PS = \frac{SN}{0.018625}$$

NORMA NTC 3722-3 S4





SN **57**

Tabla 5.

Ecuación Deflexión

$$\% \text{ Deflexión} = \frac{(DL \times K \times P + K \times W)(100)}{0{,}149 \times PS + 0{,}061 \times E'}$$

DL :	1,5
K:	0,110
PS:	57,0 Psi
Wc:	0,31 Psi
Wl:	10,05 Psi
Ms	1328,2 Psi

Anexo I. Factor de soporte K.

ANGULO DEL PERIMETRO INTERIOR SOPORTADO DE LA TUBERÍA EN °	K
0	0.110
30	0.108
45	0.105
60	0.102
90	0.096
120	0.090
180	0.083
Nota: 1° = 0.017 rad	

Fuente: Acueducto de Bogotá, norma NS-035, V 4.0.

Deflexión = **1,291 %** **<** **5 %** **Cumple**

MEMORIAS DE CALCULO – PANDEO

MEMORIAS DE CALCULO - PANDEO

PROYECTO: BELLO HORIZONTE **FECHA:** 1 **Hoja:** 1
TRAMO: COLECTOR I **Rev.:** V.1 **De:** 3
OBRA ESPECIAL : ALCANTARILLADO

1) DATOS DE DISEÑO :

Cálculo de cargas para tubería en PVC

2) ESPECIFICACIONES DE DISEÑO :

⇒ REFERENCIAS GUÍA TÉCNICA DE LA E.A.A.B. SISTEC
MANUAL TÉCNICO NOVAFORT - PAVCO

⇒ CARACTERISTICAS DEL TUBO

TUBERIA EN POLICLORURO DE VINILO (PVC)
CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

DIAMETRO NOMINAL (BN)	**182** mm
DIAMETRO EXTERNO (Bc)	**200** mm
LONGITUD UTIL	**6000** m
DEFLEXIÓN MÁXIMA	**7,5** %

⇒ Carga muerta en la tubería W_D: 0,22 Ton/m

⇒ Carga viva en la tubería W_{CV}: 7,03 Ton/m

$$q_a = \left(\frac{1}{FS}\right)\left(32 R_w B' E' \frac{EI}{D^3}\right)^{1/3} \quad \text{ó} \quad q_a = \left(\frac{1}{FS_q}\right)(32 R_w B' E' Sp)^{1/3}$$

donde:

q_a = Presión admisible de pandeo (Pa)
FS = Factor de seguridad
Rw = Factor de flotación del agua
B´ = Coeficiente empírico de soporte elástico
E´ = Módulo de reacción de la subrasante (Pa)
D = Diámetro nominal de la tubería (m)

donde:

a) Factor de seguridad

FSq: Factor de seguridad

$FSq = 2.5 \quad si\ H/Bc \geq 2$

$FSq = 3.0 \quad si\ H/Bc < 2$

en que:
H : recubrimiento de la tubería [m]
Bc : Diámetro exterior de la tubería [m]

H = 0,54 m
Bc = 0,200 m

H/Bc = 2,7 **FS =** **2,5**

b) Factor de flotación del agua

Rw Factor de flotación del agua

$Rw = 1 - 0.33 \cdot (h_w / H)$ $si\ 0 \le h_w \le H$

$Rw = 1$ $si\ h_w > H$

en que:
hw: Altura de la superficie de agua por encima de la parte superior de la tubería [m]

hw = **0,00** m **H =** 0,54 m **Rw =** **1,0**

c) Coeficiente de soporte

B' Coeficiente empírico de soporte elástico

B' = **0,22**

$$B' = \frac{1}{1 + 4e^{-0.213H}}$$

H : recubrimiento de la tubería [m]

-Módulo de reacción de subrasante E'

$$M_s = S_c M_{sb}$$

Sc = 1,0
Msb = 9,1

	Factor de combinación de los suelos de cimentación y suelo nativo S_c							
M_n/M_{sb}	B_d/D							
	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	4	5
0,005	0,02	0,05	0,08	0,12	0,23	0,43	0,72	1,00
0,01	0,03	0,07	0,11	0,15	0,27	0,47	0,74	1,00
0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,32	0,52	0,77	1,00
0,05	0,10	0,15	0,20	0,27	0,38	0,58	0,80	1,00
0,1	0,15	0,20	0,27	0,35	0,46	0,65	0,84	1,00
0,2	0,25	0,30	0,38	0,47	0,58	0,75	0,88	1,00
0,4	0,45	0,50	0,56	0,64	0,75	0,85	0,93	1,00
0,6	0,65	0,70	0,75	0,81	0,87	0,94	0,98	1,00
0,8	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,98	1,00	1,00
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,40	1,30	1,20	1,12	1,06	1,03	1,00	1,00
2	1,70	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,05	1,00
3	2,20	1,80	1,65	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00
5	3,00	2,20	1,90	1,70	1,50	1,30	1,15	1,00

Tomado de AWWA M-45

MEMORIAS DE CALCULO - PANDEO

PROYECTO: BELLO HORIZONTE **FECHA:** **Hoja:** 3
TRAMO: COLECTOR **Rev.:** V.1 **De:** 3
OBRA ESPECIAL : ALCANTARILLADO

E' = **9,1 Mpa**

- Presión admisible de pandeo

$$q_a = \left(\frac{1}{FS_q}\right)(32\,R_w\,B'E'\,Sp)^{1/2}$$

FS =	2,5
Rw =	1
B' =	0,22
E' =	9120652 Pa
Sp =	8000 Pa

qa = 3,E+05 Pa = 286,08 kPa

En una instalación las cargas externas [WL: Carga viva y WD: Carga muerta] que soportará la tubería están limitadas por

$$\gamma_w h_w + R_w \frac{W_D}{B_c} + \frac{W_L}{B_c} \le q_a$$

donde
h_w = altura de la superficie del agua por encima de la tubería (m)
γ_w = peso específico del agua (kN/m^3)
P_v = presión interna de vacío (kPa)
W_d = carga muerta sobre la tubería (kN/m)
W_L = carga viva actuante sobre la tubería por unidad de longitud (kN/m)
BC = diámetro externo de la tubería (m)

hw =	0,0 m					
γw =	9,81 kN/m3					
Rw =	1	355,3 kPa	>	qa	286,08 kPa	**Revisar**
W_D =	2,1 kN/m					
W_L =	68,94 kN/m					
Bc =	0,2 m					

MEMORIAS ANALISIS GEOTÉCNICO

MEMORIAS ANALISIS GEOTÉCNICO

PROYECTO: BELLO HORIZONTE **FECHA:** **Hoja:** 1
TRAMO: COLECTOR **Rev.:** V.1 **De:** 4
OBRA ESPECIAL : ALCANTARILLADO

1) DATOS DE DISEÑO :

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE, ASENTAMIENTOS Y CARGAS PARA ENTIBADOS

2) ESPECIFICACIONES DE DISEÑO :

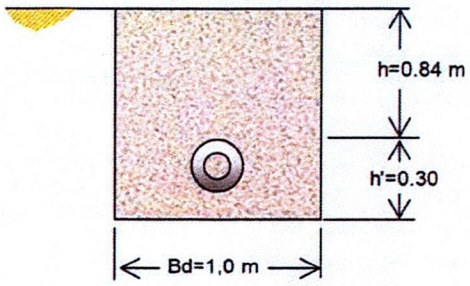
⇒ REFERENCIAS GUIA TECNICA DE LA E.A.A.B. SISTEC
MANUAL TÉCNICO TUBO SISTEMAS PARA ALCANTARILLADO - PAVCO

⇒ CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE FUNDACIÓN, PROPIEDADES PROMEDIO.

Resistencia al Corte no Drenada (Cu) = **6,55** Tn/m^2

Peso unitario del suelo de fundación γ_s = **1,68** Tn/m^3

⇒ GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA Y DE LA CIMENTACIÓN



h	0,54	m
h'	0,30	m
Bd	1,00	m

⇒ CARGAS DE DISEÑO

Cargas muerta a nivel de cimentación: 0,22 Tn/m^2

Cargas viva a nivel de cimentación: 7,07 Tn/m^2

Presión total (q_o): 7,28 Tn/m^2

⇒ ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE

$$qutl = Cu.Nc.Fcd+q$$

qutl :	Capacidad portante últimа
Cu :	Resitencia al corte no drenado
Nc:	Factor de capacidad portante debido a la cohesión
Fcd:	Factor de corrección debido a la profundidad del cimiento, asocidado a la cohesión
q :	Sobre carga

Nc = 5,14 ; Condición $\phi'=0$

Fcd = $1+(0,4)\tan^{-1}(Df/B)$; Df : Nivel de cimentación
Fcd = 1,28

q = 1,4 Tn/m^2

qadm= 14,8 Tn/m^2 < q_o; F.S. = 3,0 ¡ok!

⇒ ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

Cálculo de asentamientos inmediatos por medio de la Teoría de la Elásticidad (Timoshenko and Goodier (1951))

$$\Delta H = \frac{q_o B' (1 - \upsilon^2)\, m\, I_S\, I_F}{E_S}$$

H :	Espesor del estrato (5B):	5,0	m
B:	Ancho de la cimentación:	1,00	m
q_o :	Presión en la base del cimiento:	7,28	Tn /m
υ :	Relación de Poisson :	0,3	
Es :	Módulo de elásticidad (100.Cu) :	655	Tn /m
m :	Factor que tiene en cuenta donde se cálcula el asentamiento :	4	Para el centro del cimiento
I_S :	Factor de Steinbrenner (función de L', B' y H), donde:		

B' = B /2, Para análisis en el centro L' = L /2, Para análisis en el centro
B' = B , Para análisis en una esquina L' = L , Para análisis en una esquina
B' = 0,50 m L' = 10.B = 10,00 m (cimiento corrido)

I_F : Factor de influencia (función del nivel de fundación Df, B y L)

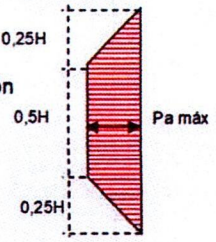
q_o Tn/m^2	I_S	I_F
7,3	0,8271	0,78

ΔH = 13,1 mm

⇒ ANÁLISIS DE CARGAS SOBRE LOS ENTIBADOS

- Envolvente de presiones de tierra

Cu_L: Cu promedio en la excavación
Cu_L= 3,3 Tn/m^2

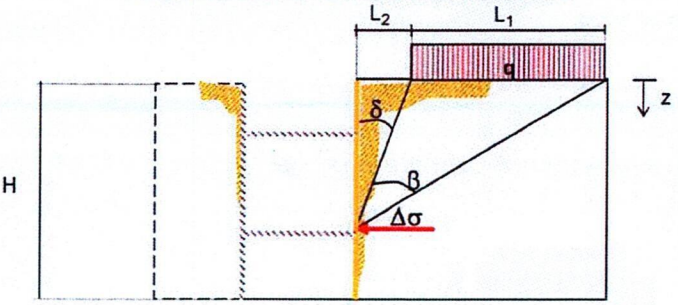


$\gamma H/Cu_L$ = 0,4 < 2

H = 0,84 m

$Pa_{máx} = 0,3.\gamma.H$
$Pa_{máx}$ = 0,4 Tn/m^2

- Presiones debido a las construcciones vecinas



Sobrecarga: q (Tn / m^2)	3,0
L1 (m)	5,0
L2 (m)	0,0
H (m)	0,84
λ:	2,0

$$\Delta\sigma = \lambda \frac{q}{\pi}[\beta - sen\beta \cos(\beta + 2\delta)]$$

z (m)	β+δ (°)	δ (°)	β (°)	Δσ
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,08	89,04	0,00	89,04	2,94
0,17	88,08	0,00	88,08	2,87
0,25	87,11	0,00	87,11	2,81
0,34	86,16	0,00	86,16	2,74
0,42	85,20	0,00	85,20	2,68
0,50	84,24	0,00	84,24	2,62
0,59	83,29	0,00	83,29	2,55
0,67	82,35	0,00	82,35	2,49
0,76	81,40	0,00	81,40	2,43
0,84	80,46	0,00	80,46	2,37

Cargas totales sobre los entibados.

z (m)	Pa	Δσ	P_T	P (Tn/m)
0,00	0,0	0,0	0,0	0,13
0,08	0,2	2,9	3,1	0,27
0,17	0,3	2,9	3,2	0,27
0,25	0,4	2,8	3,2	0,27
0,34	0,4	2,7	3,2	0,26
0,42	0,4	2,7	3,1	0,26
0,50	0,4	2,6	3,0	0,25
0,59	0,4	2,6	3,0	0,24
0,67	0,3	2,5	2,8	0,23
0,76	0,2	2,4	2,6	0,21
0,84	0,0	2,4	2,4	0,10

Considerando las características del subsuelo, donde se proyectan excavaciones de hasta 2,0m de profundidad se requerirá el uso de entibados, cuyo desempeño estructural deberá verificarse, basado en las cargas de trabajo calculadas en estas memorias. Se recomienda en principio, emplear entibados en madera tipo EC3, según los requerimientos de las normas NS-072 de la EAAB

- Factor de seguridad por levantamiento de fondo

$$F.S. = \frac{5{,}14.Cu}{\gamma H + \sigma sc}$$ (Bjerrum and Eide (1956))

σ_{sc}: Esfuerzo de sobrecarga a nivel de la cimentación

σ_{sc}= 7,3 Tn /m^2

F.S. **>3** **¡ok! > 1,5**