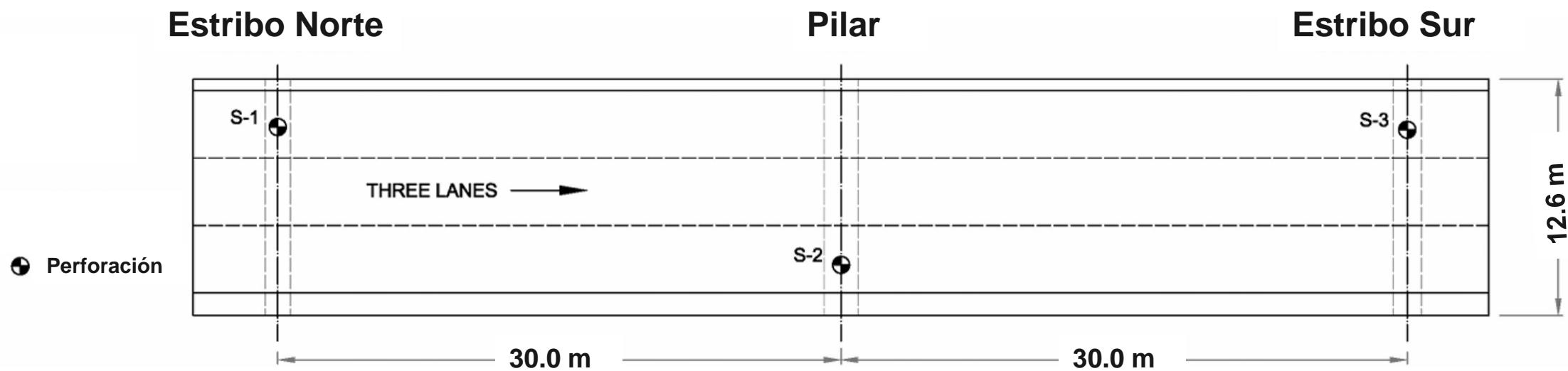


Pilotes Ejemplo de diseño

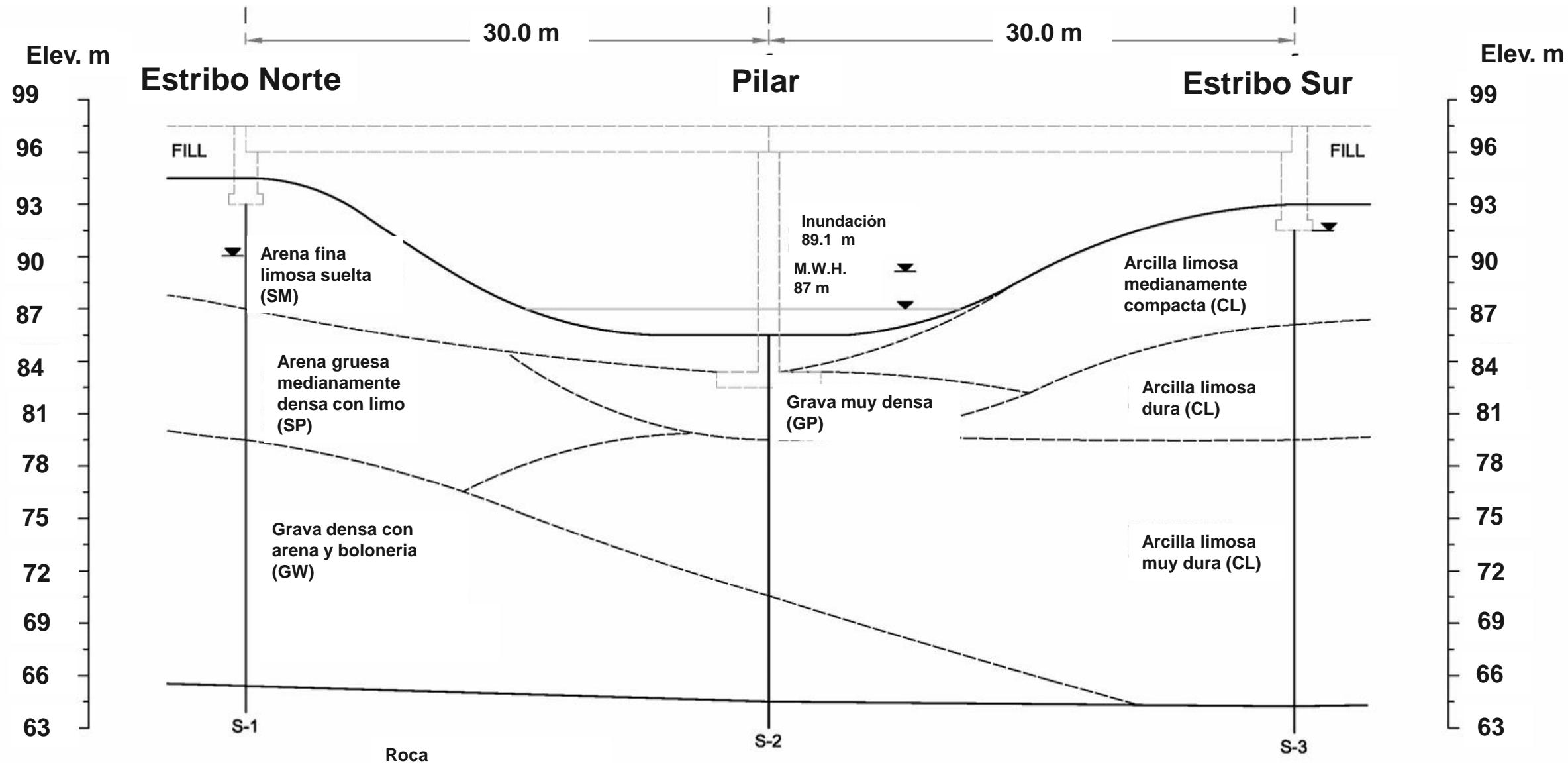


Tomado de Manual de FHWA
– Pilotes hincados

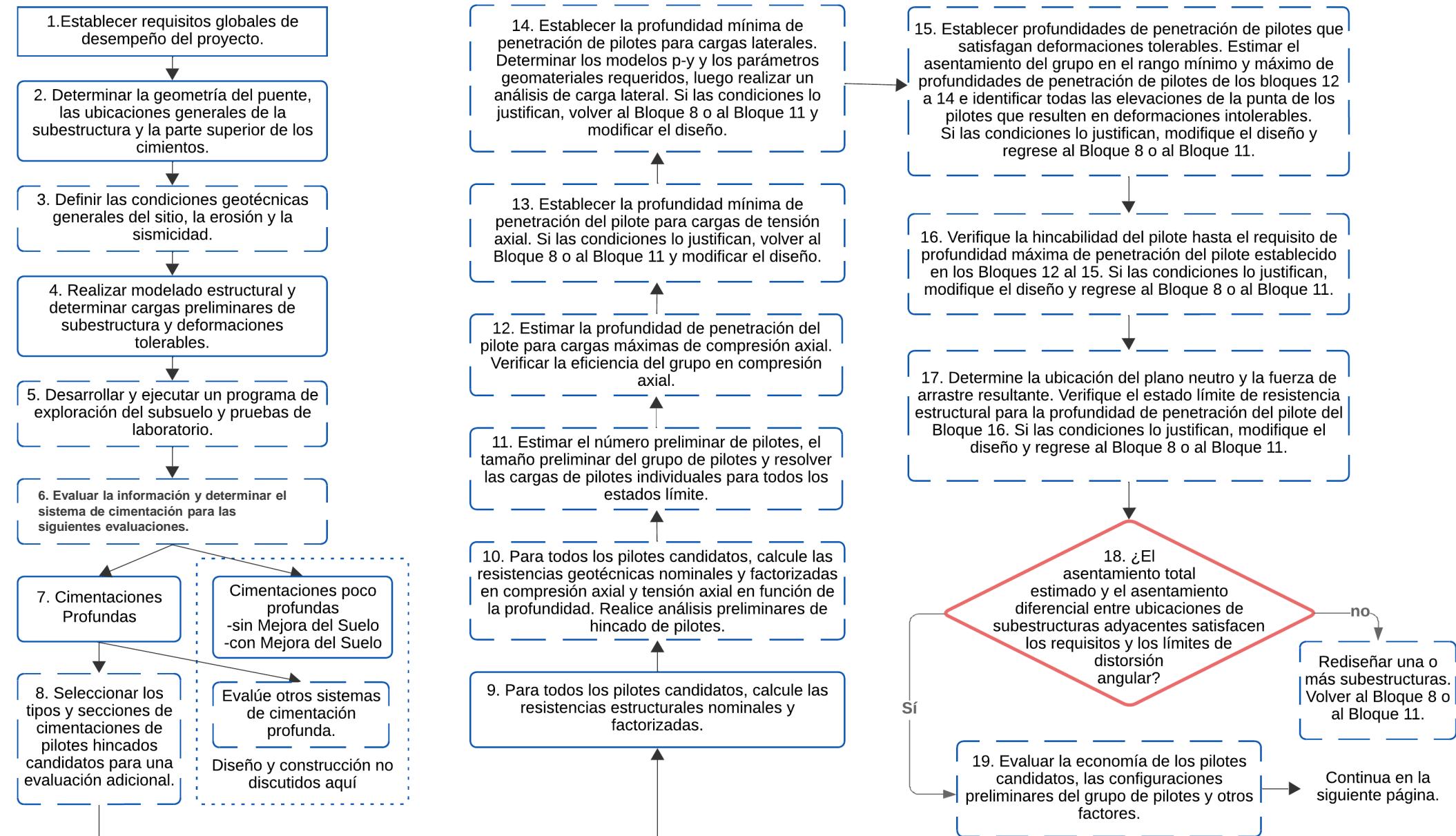
Vista en planta



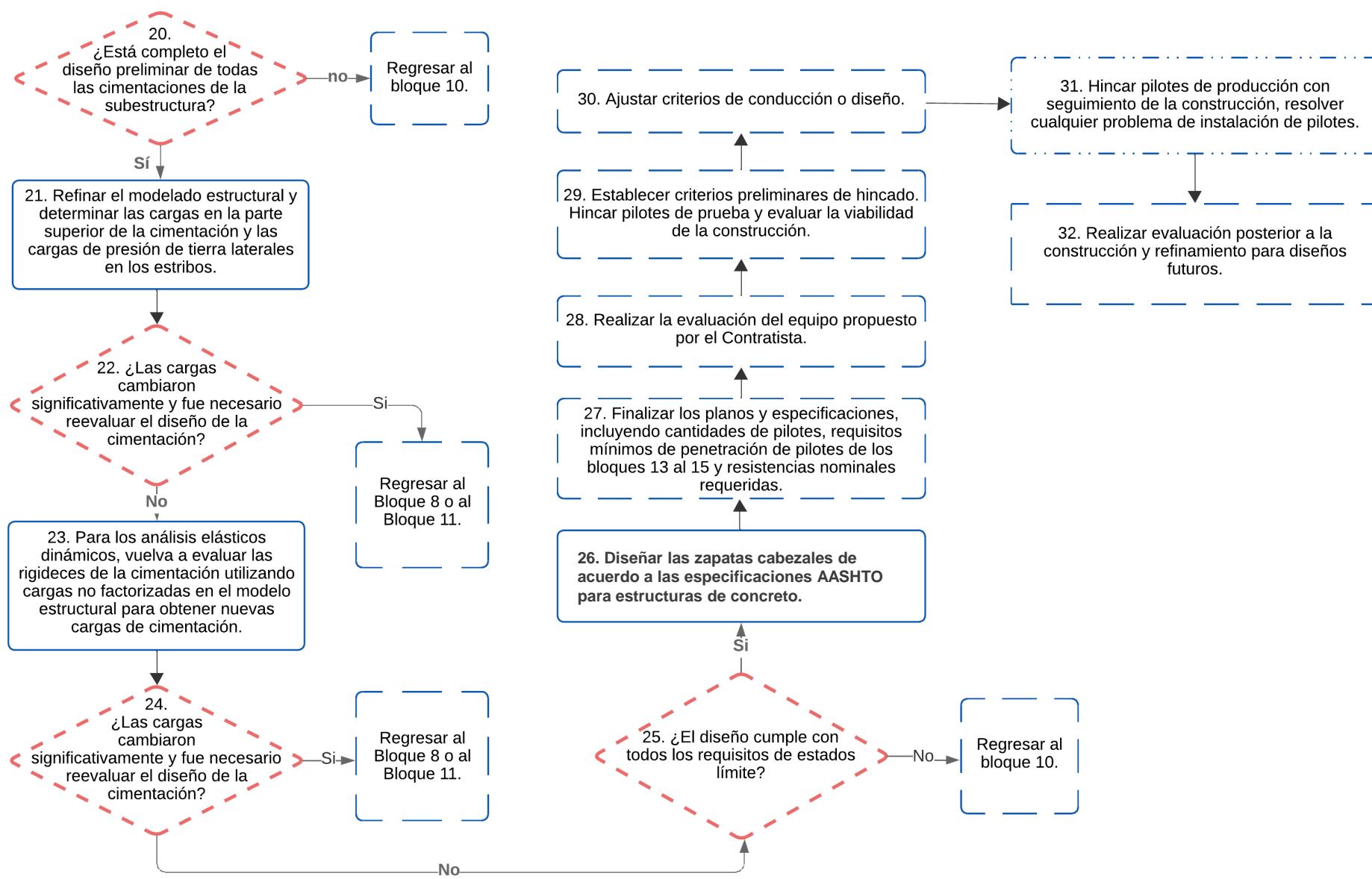
Elevación



Secuencia de diseño



Secuencia de diseño



Requerimientos globales de desempeño del proyecto

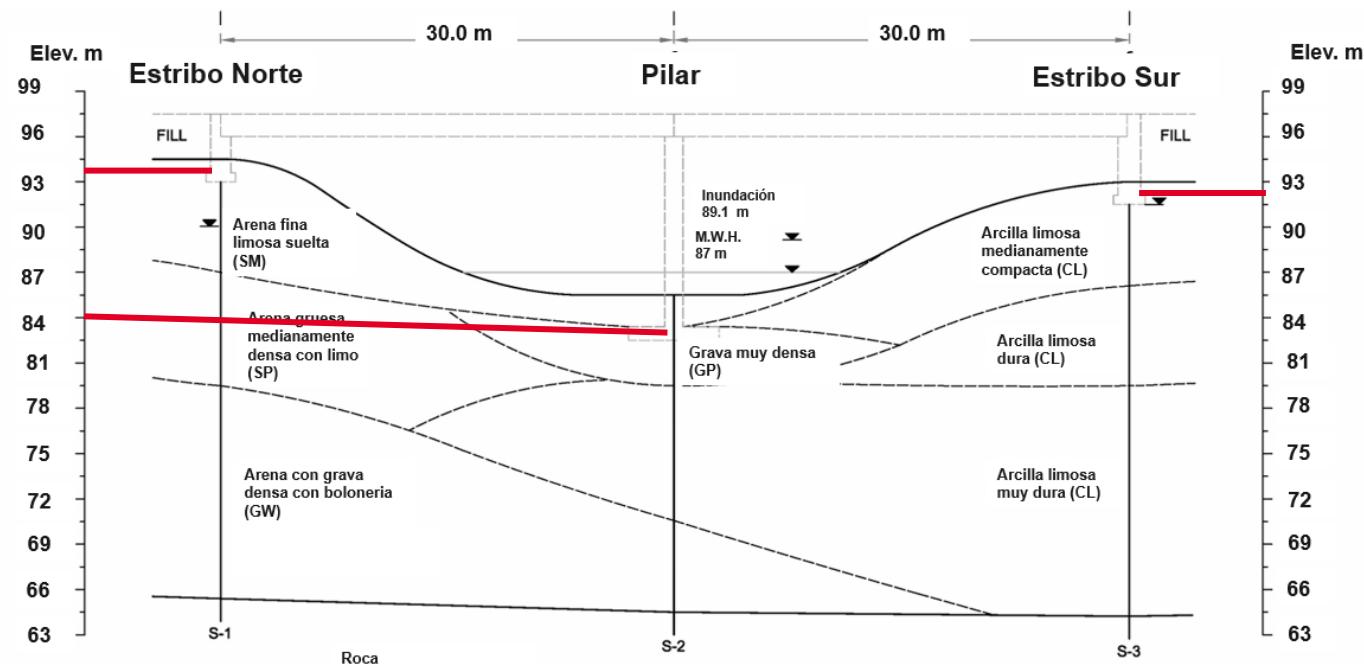
- Basado en la seguridad, drenaje y consideraciones de manejabilidad se considera lo siguiente:

- Asentamiento total máximo de cada subestructura : 1.5 pulg
- Asentamiento diferencial : 1.0 pulg
- Deformación lateral : 1.0 pulg

Elevaciones de la cimentación

- Parte superior de la cimentación de los estribos y pilares:

Subestructura	Nivel superior de la cimentación (m)
Estribo norte	93.6
Pilar	84.0
Estribo Sur	92.1



Información geotécnica

Perforación S-1

Elevación de superficie : 94.5 m

Nivel freático : 90.0 m

Elevación (m)	Profundidad (m)	N campo	(N1)60	Descripción del suelo
94.2	0.3	4	10	Arena fina limosa suelta (SM)
92.7	1.8	4	7	
91.2	3.3	6	9	
89.7	4.8	6	8	
88.2	6.3	8	10	
86.7	7.8	13	16	Arena gruesa medianamente densa con limo (SP)
85.2	9.3	15	18	
83.7	10.8	11	13	
82.2	12.3	15	17	
80.7	13.8	18	19	
79.2	15.3	40	41	Grava densa con arena y boloneria (GW)
77.7	16.8	39	39	
76.2	18.3	41	40	
74.7	19.8	43	40	
73.2	21.3	41	37	
71.7	22.8	44	39	
70.2	24.3	45	38	
68.7	25.8	48	40	
67.2	27.3	46	37	
65.7	28.8	47	37	

Información geotécnica

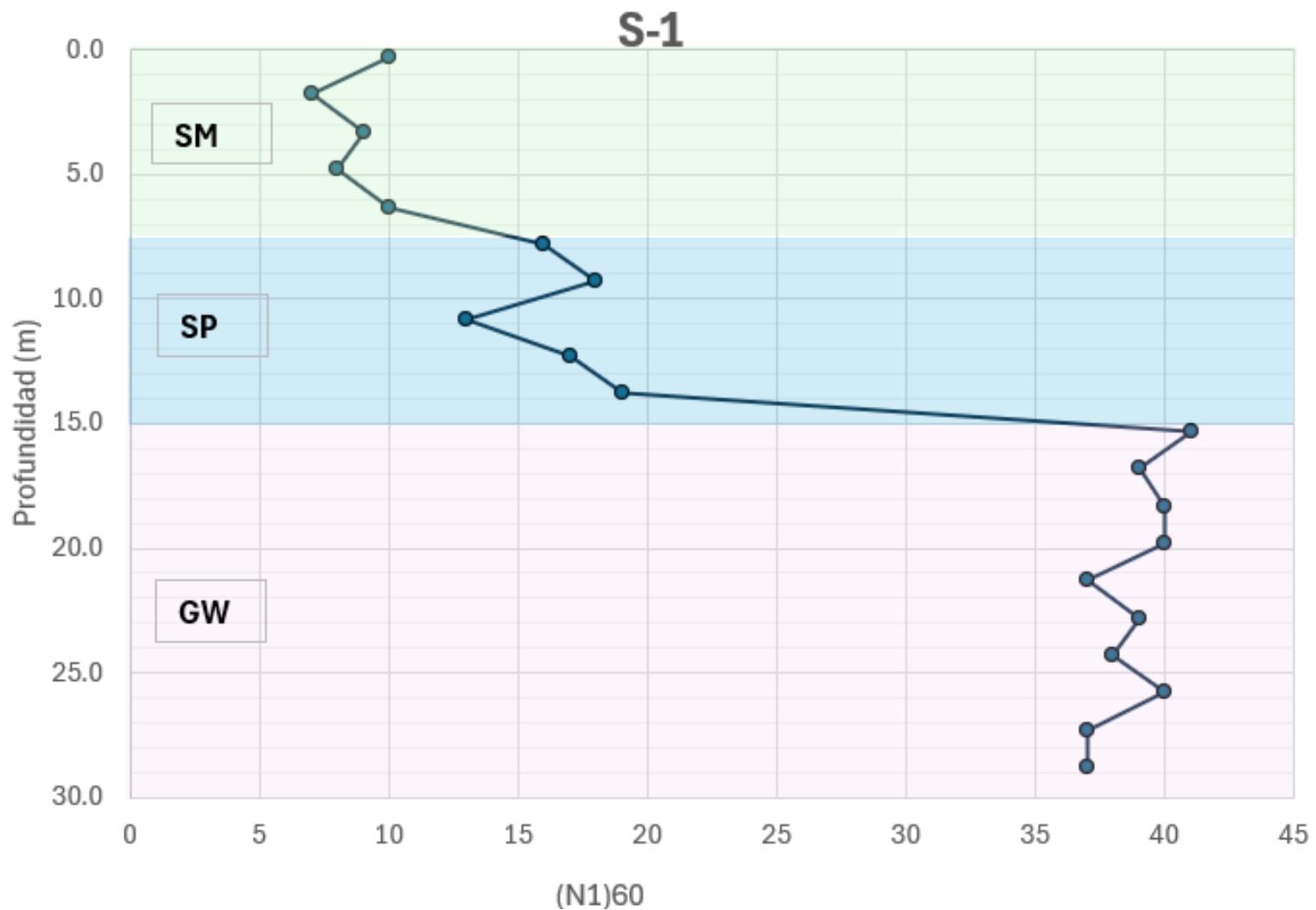
Perforación S-1

Elevación de superficie : 94.5 m (0.0 m)

Nivel freático : 90.0 m (4.5 m)

Nivel superior de cimentación: 93.6 m (0.9 m)

Estrato	Descripción del suelo	(N1)60 promedio
1	Arena fina limosa suelta (SM)	9
2	Arena gruesa medianamente densa con limo (SP)	17
3	Grava densa con arena y boloneria (GW)	39



Algunas correlaciones

AASHTO Bridge: Correlaciones entre SPT (N_1)₆₀ con ángulo de fricción en suelos granulares (modificado después de Bowles 1967)

SPT Blow Count, (N_1) ₆₀ (blows/ft)	Angle of Internal Friction ϕ' (degree)
< 4	25-30
4	27-32
10	30-35
30	35-40
50	38-43

Estimación del modulo de elasticidad del suelo, a partir de valores de SPT

Soil Type	E_s (ksf)
Silts, Sandy Silts, Slightly Cohesive Mixtures	8 (N_1) ₆₀
Clean Fine to Medium Sands, Slightly Silty Sands	14 (N_1) ₆₀
Coarse Sands and Sands with Little Gravel	20 (N_1) ₆₀
Sandy Gravels and Gravels	24 (N_1) ₆₀

Valores de módulo de reacción de modulo de reacción para arcillas y arenas

Soil Type	Avg. Undrained Shear Strength, s_u , (ksf)	Soil Condition Relative to Water Table	k_s -Static Loading (pci)	k_c -Cyclic Loading (pci)
Soft Clay	0.25-0.50	---	30	---
Medium Clay	0.50-1.0	---	100	---
Stiff Clay	1.0-2.0	---	500	200
Very Stiff Clay	2.0-4.0	---	1000	400
Hard Clay	4.0-8.0	---	2000	1000
Loose Sand	---	Submerged	20	20
Loose Sand	---	Above	25	25
Med Dense Sand	---	Submerged	60	60
Med Dense Sand	---	Above	90	90
Dense Sand	---	Submerged	125	125
Dense Sand	---	Above	225	225

Información geotécnica

Perforación S-1

Elevación de superficie : 94.5 m (0.0 m)

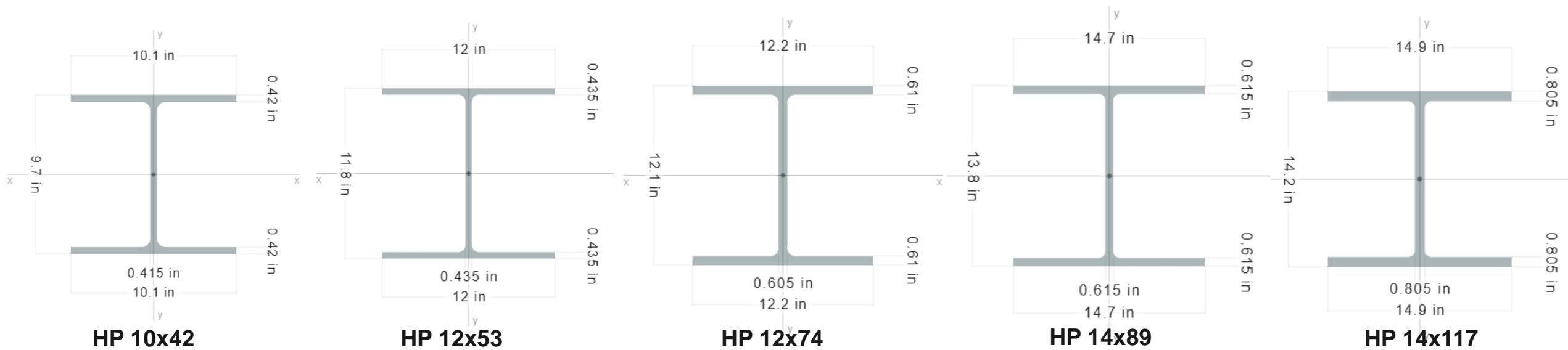
Nivel freático : 90.0 m (4.5 m)

Nivel inferior cimentación: 93.0 m (1.5 m)

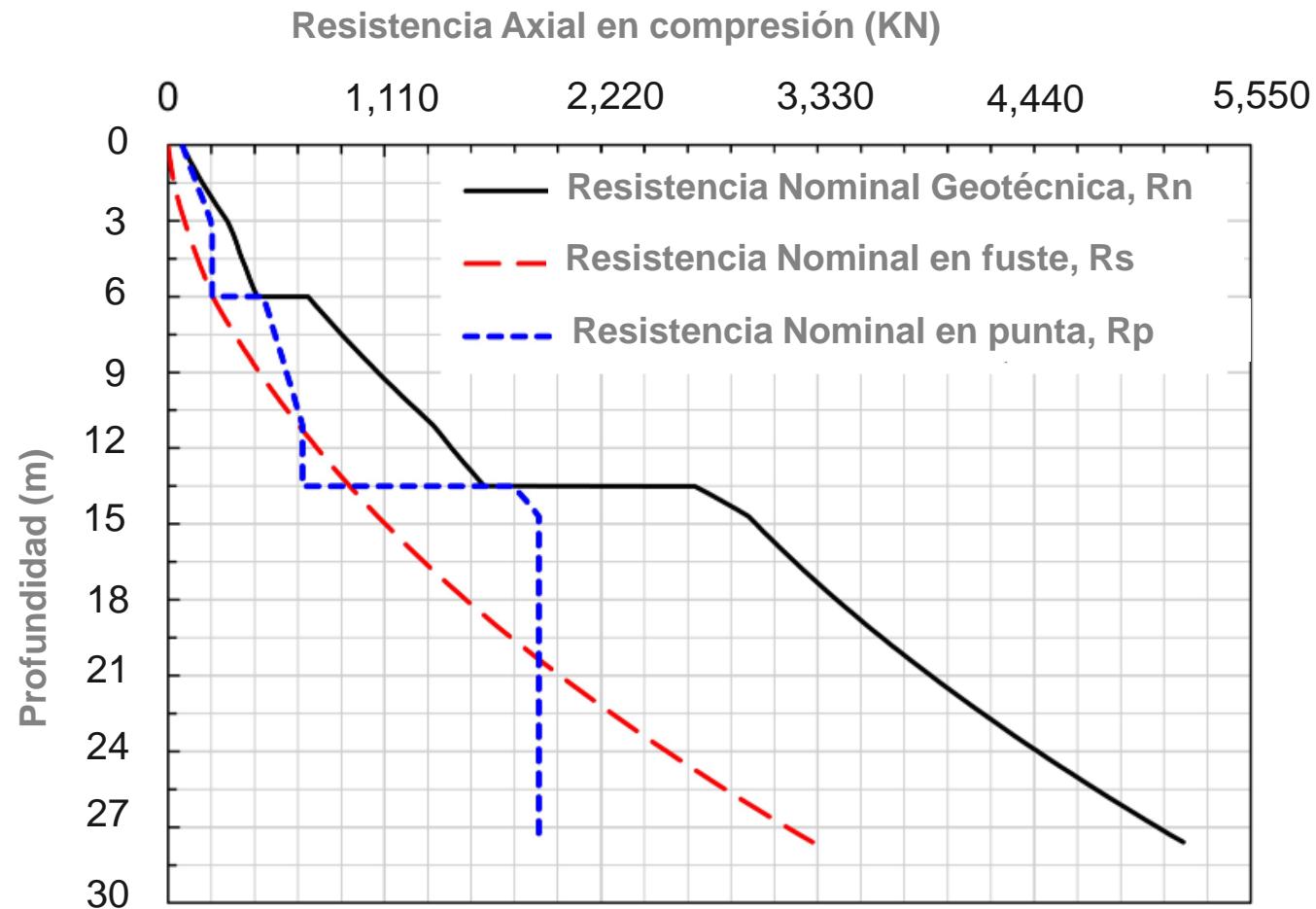
Estrato	Descripcion del suelo	(N1)60 promedio	Angulo de friccion interno Φ' (°)	Peso especifico (KN/m3)	Modulo de Elasticidad Es (KN/m2)	Kc (KN/m3)
1	Arena fina limosa suelta (SM)	9	33	16.5	6030	6790 / 5430
2	Arena gruesa medianamente densa con limo (SP)	17	36	17.6	16280	16300
3	Grava densa con arena y boloneria (GW)	39	36/40	19.7	67800	33900

Resistencia estructural de perfiles preliminarmente seleccionados

Sección	HP-10x42	HP-12x53	HP-12x74	HP-14x89	HP-14x117
ΦP_n (compresión axial) t	140	174	247	296	390
ΦP_n (compresión axial con flexión) t	196	244	346	414	546
ΦM_n (momento en la dirección débil) t.m	11	16	16	36	53
ΦM_n (momento en la dirección fuerte) t.m	24	41	60	82	112
ΦV_n (corte) t	54	68	97	112	150

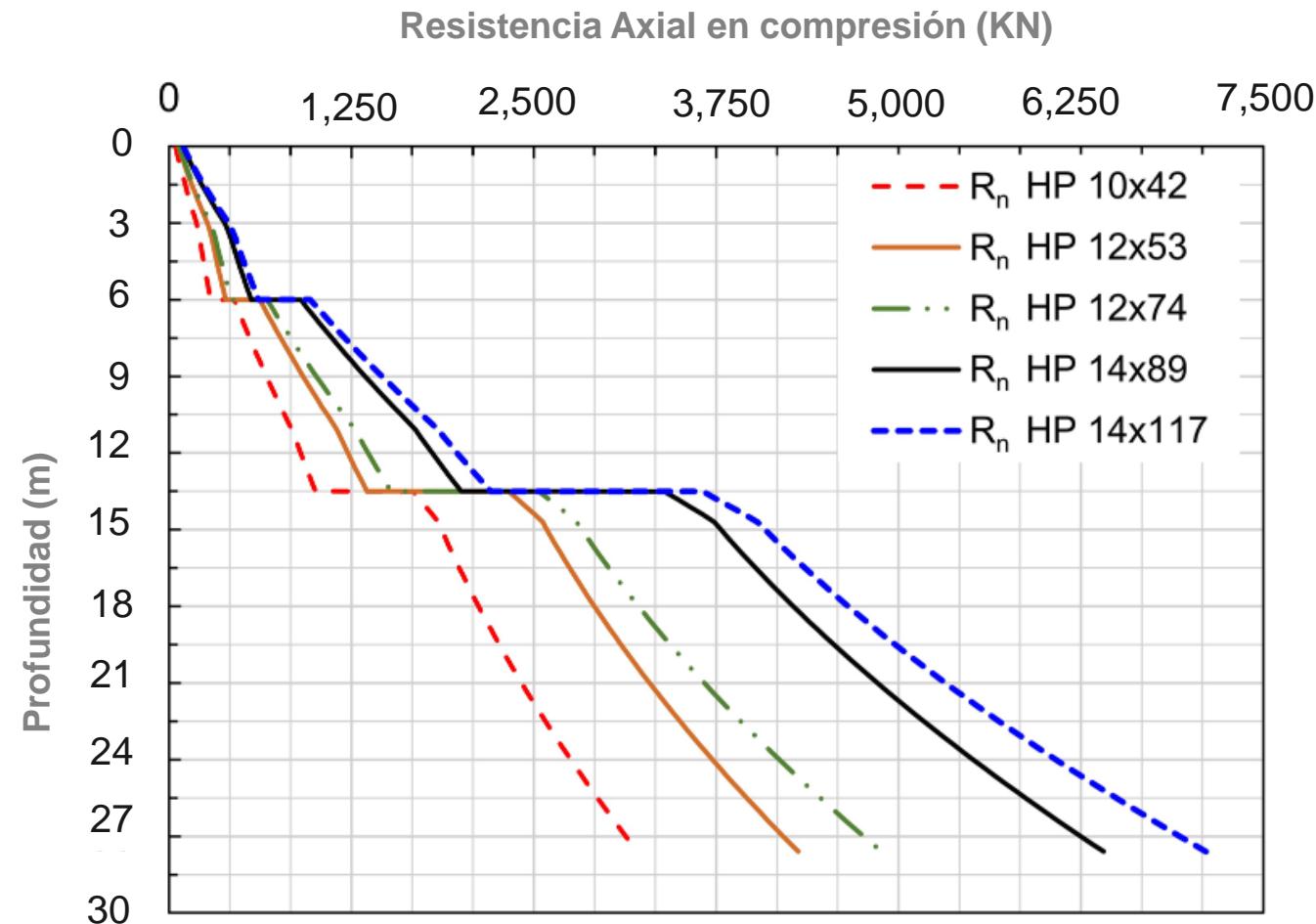


Resistencia nominal geotécnica en compresión



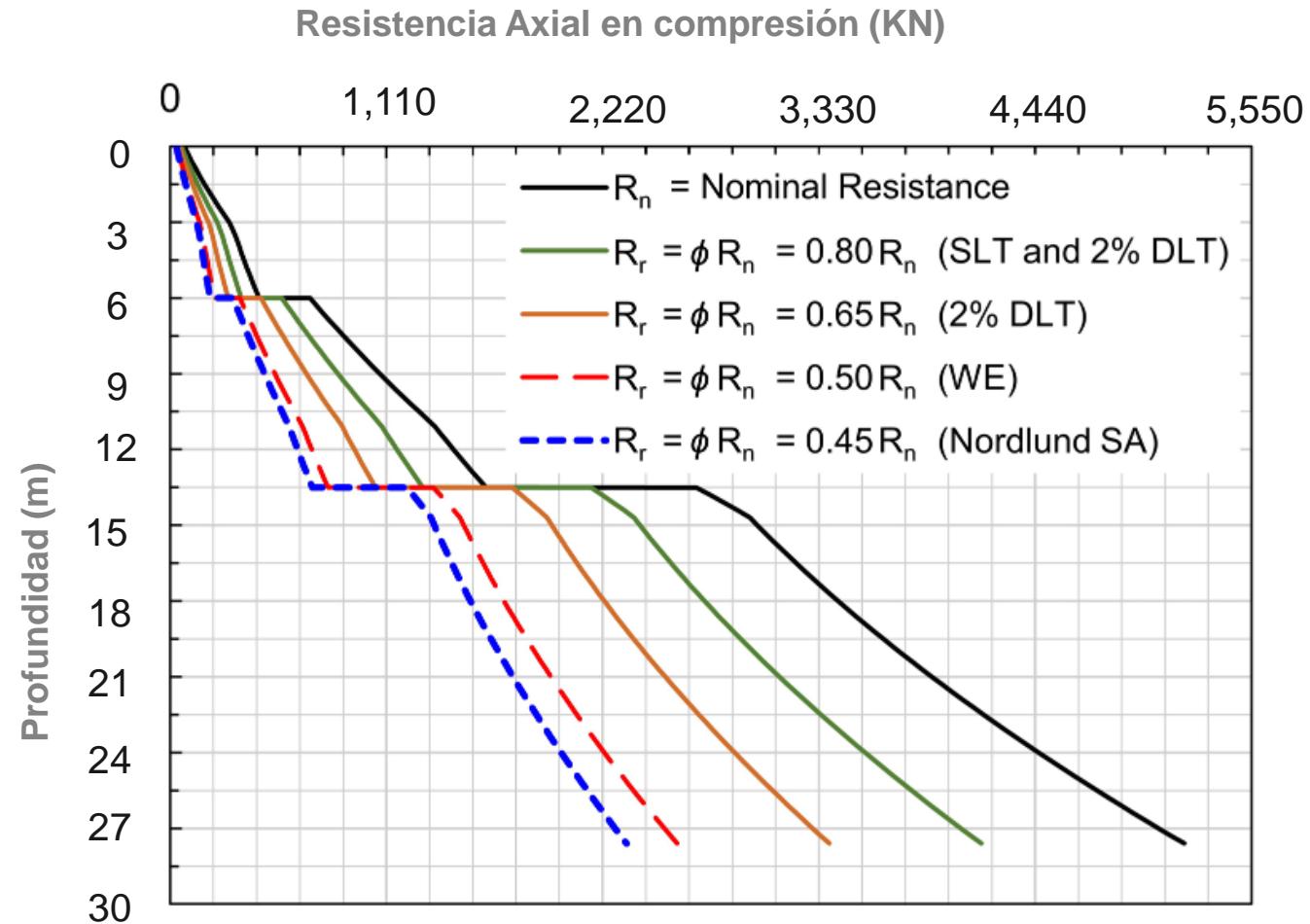
Resistencia geotécnica axial en compresión vs profundidad de sección
de pilote HP 12x74

Resistencia nominal geotécnica en compresión



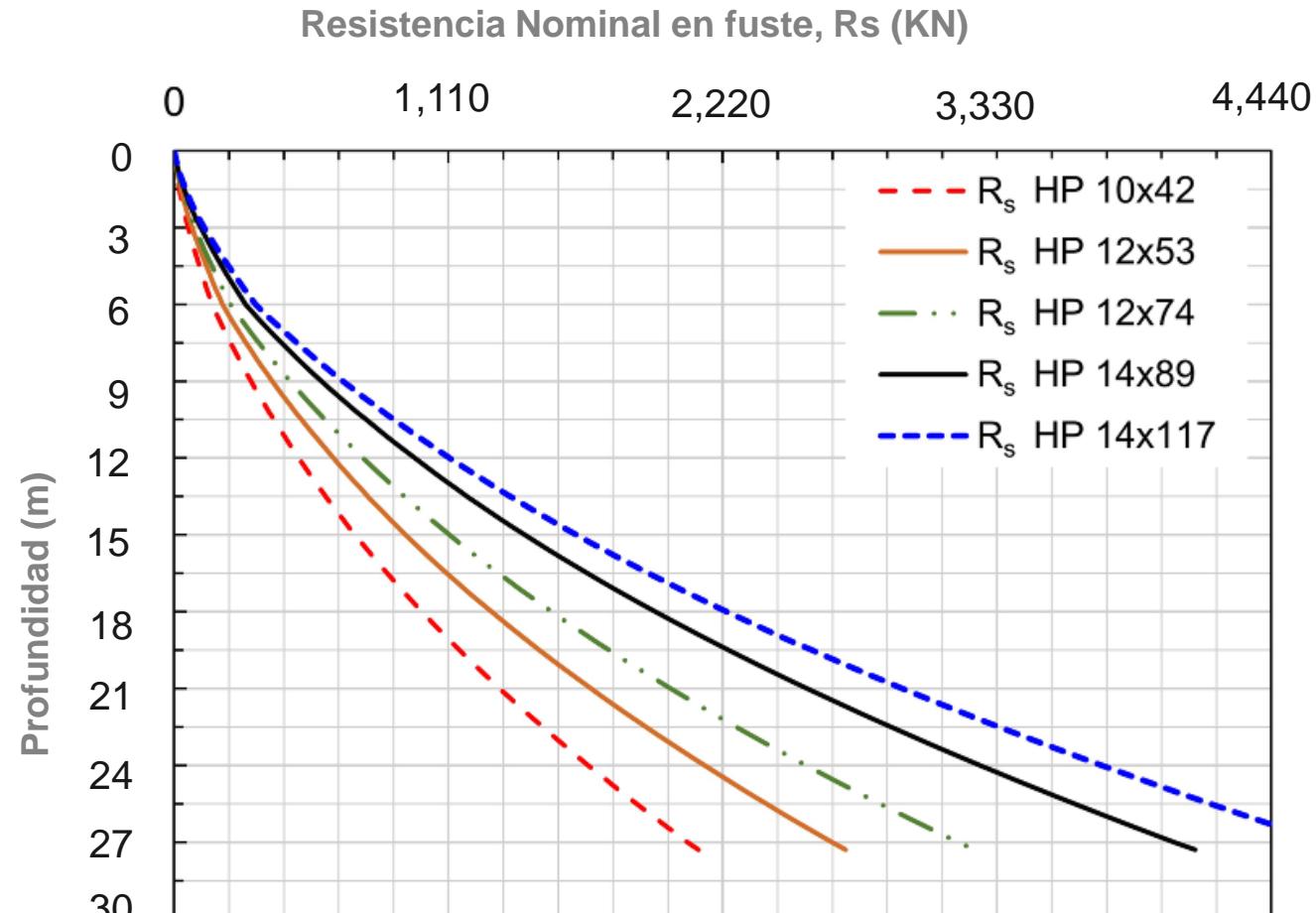
Resistencia geotécnica axial en compresión vs profundidad de diferentes secciones

Resistencia nominal geotécnica en compresión



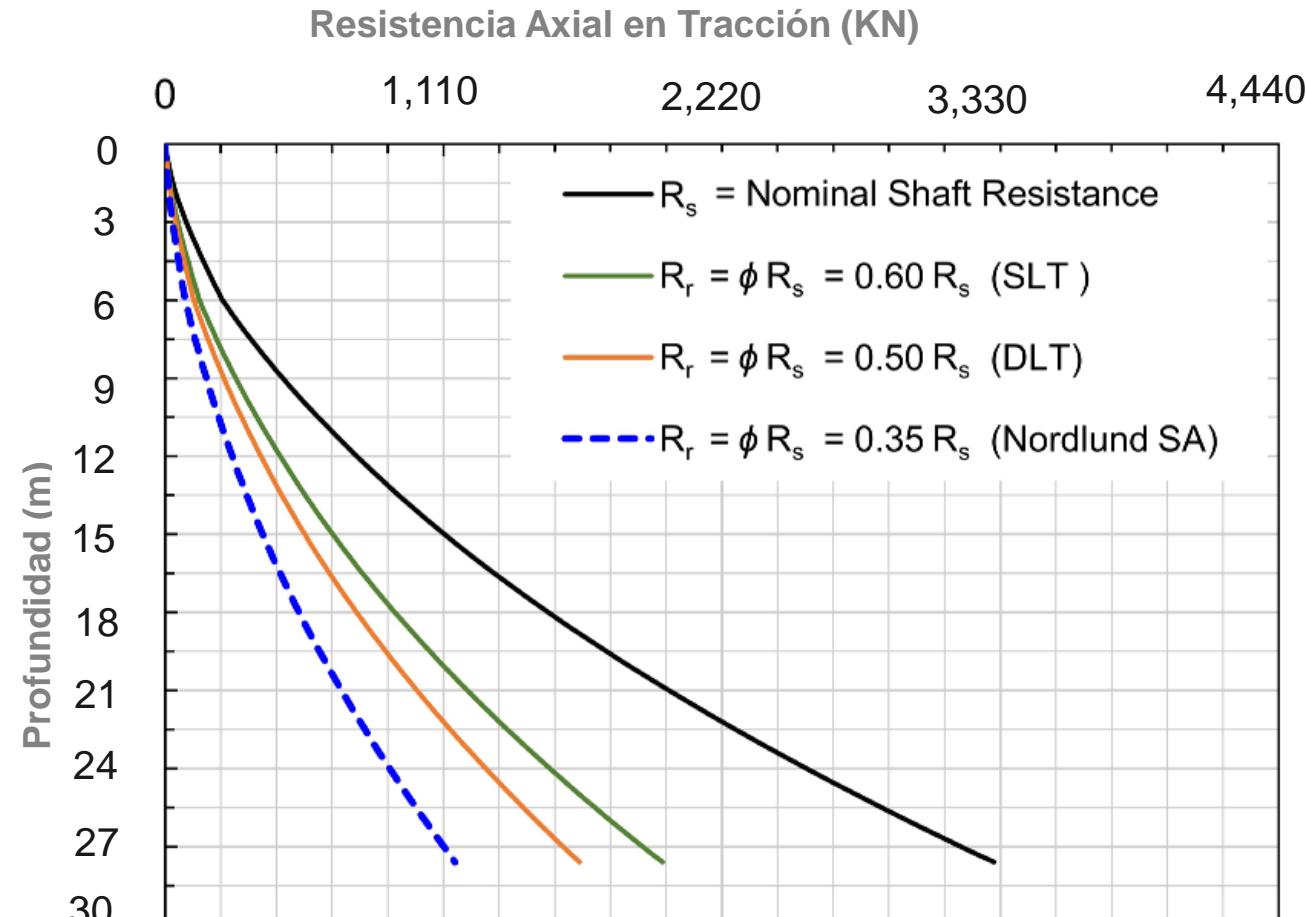
Resistencia geotécnica axial en compresión factorizada vs profundidad
de sección de pilote HP 12x74

Resistencia nominal geotécnica en tracción



Resistencia nominal en fuste versus profundidad de diferentes secciones de pilotes

Resistencia nominal geotécnica en tracción

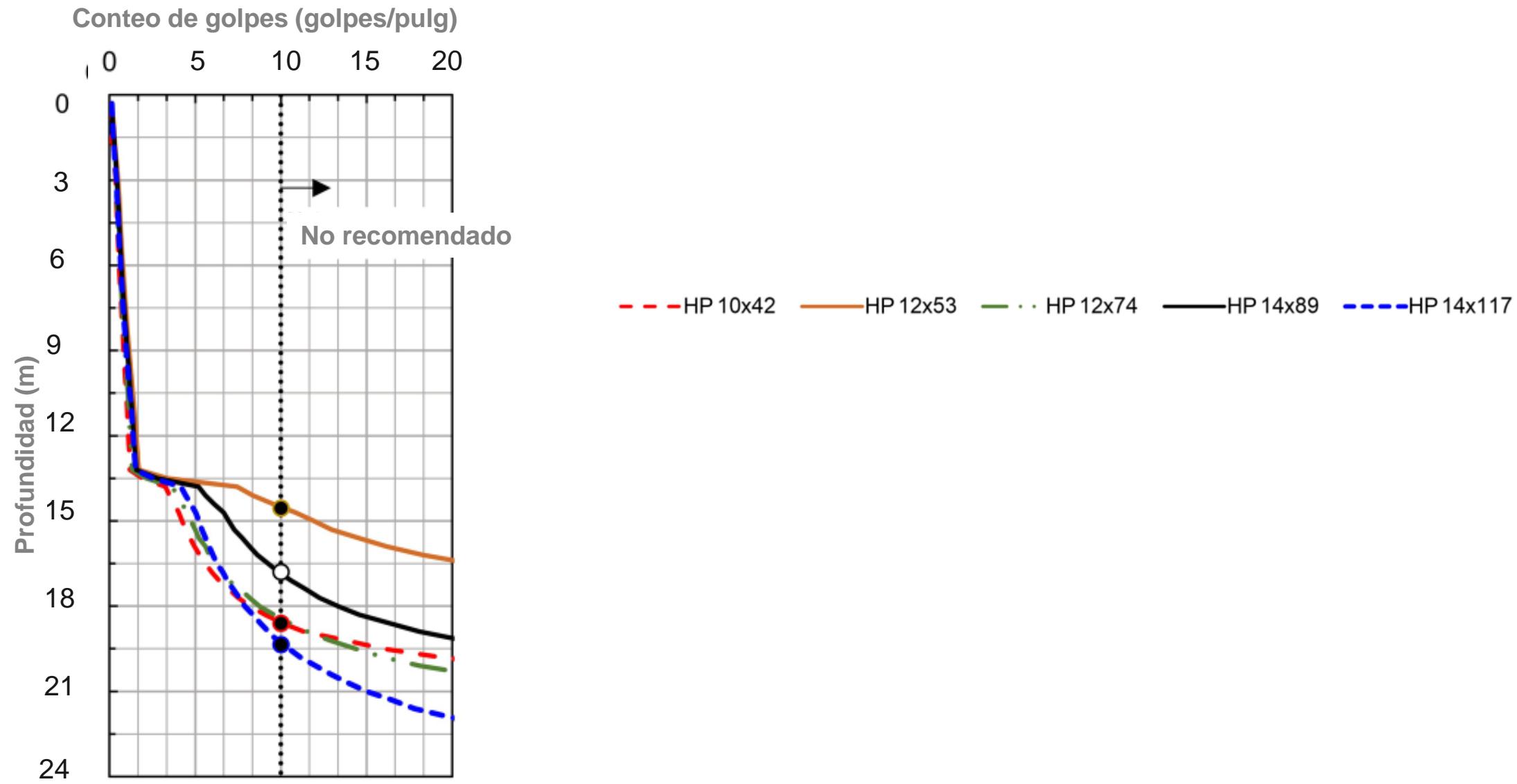


Resistencia nominal en fuste factorizada para el perfil HP 12x74

Análisis de hincabilidad

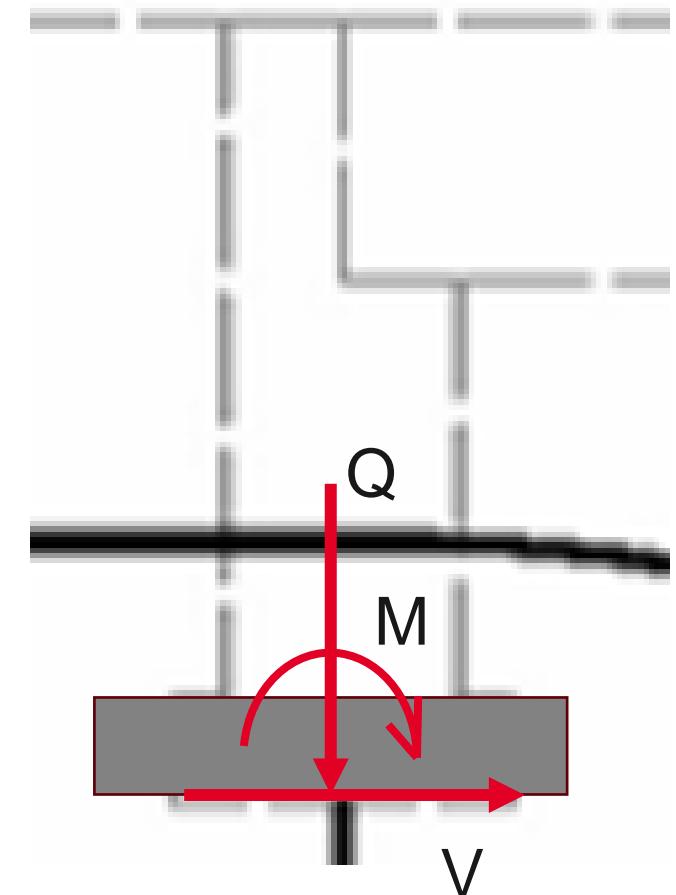
- El martillo debe ser capaz de hincar al pilote hasta la profundidad de penetración requerida con un razonable número de golpes sin exceder los esfuerzos límites del material del pilote.
- El numero de golpes debe estar entre 3 a 10 golpes por pulgada.
- Si la sección no puede ser hincada considerando estos requerimientos, se puede emplear un martillo mas grande, una sección de pilote con mayor impedancia, o realizar procedimientos adicionales como pre- excavación.

Análisis de hincabilidad



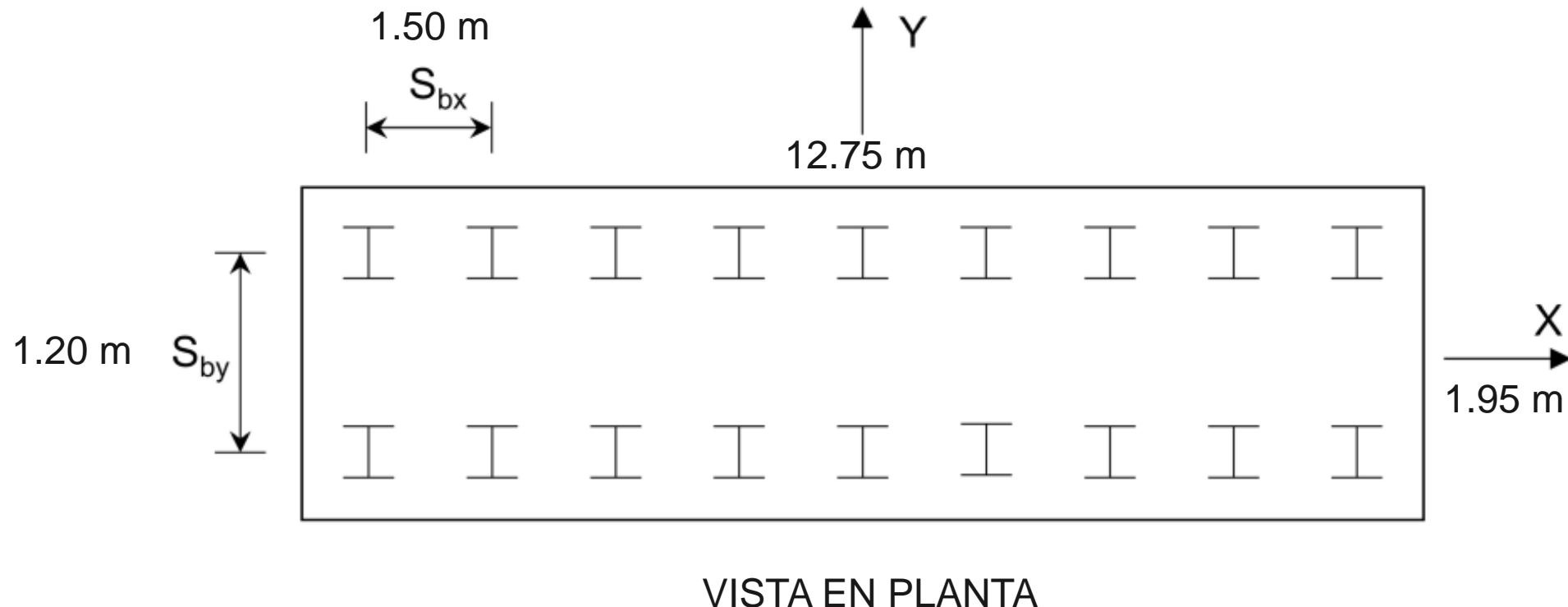
Cargas provenientes de las superestructura

Estado límite	Q (kN)	V (kN)	M (kNm)
Resistencia I	11,142	3,763	8,982
Servicio I	8,176	2,517	6,237
Sservicio I (sin carga viva)	6,850	2,500	5,643



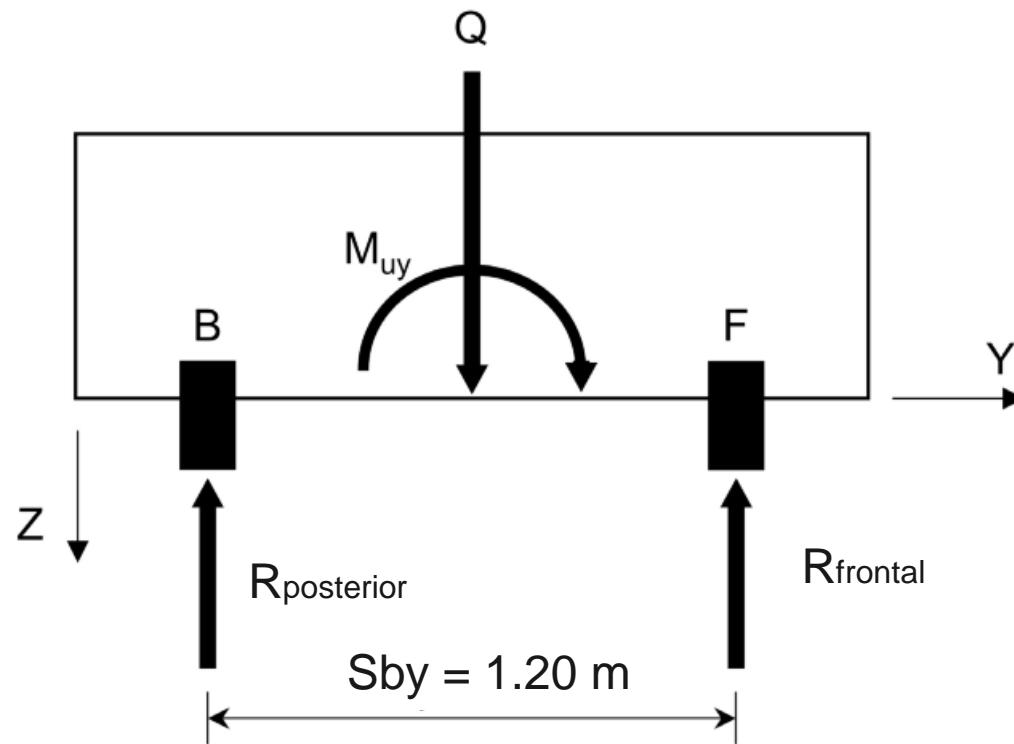
Disposiciones geométricas

- Debido a restricciones del lugar, el ancho máximo de la zapata cabezal es 12.9 m.
- Planteamiento tentativo: $S_{bx} = 1.50$ m, $S_{by} = 1.20$ m



Cargas por pilote

- Debido a restricciones del lugar, el ancho máximo de la zapata cabezal es 12.9 m.
- Planteamiento tentativo: $S_{bx} = 1.50$ m, $S_{by} = 1.20$ m



Cargas por pilote

Estado límite	Rposterior (KN)	Rfrontal (KN)	V (KN)
Resistencia I	-213	1,451	209
Servicio I	-123	1,032	140
Servicio I (sin carga viva)	-142	903	139

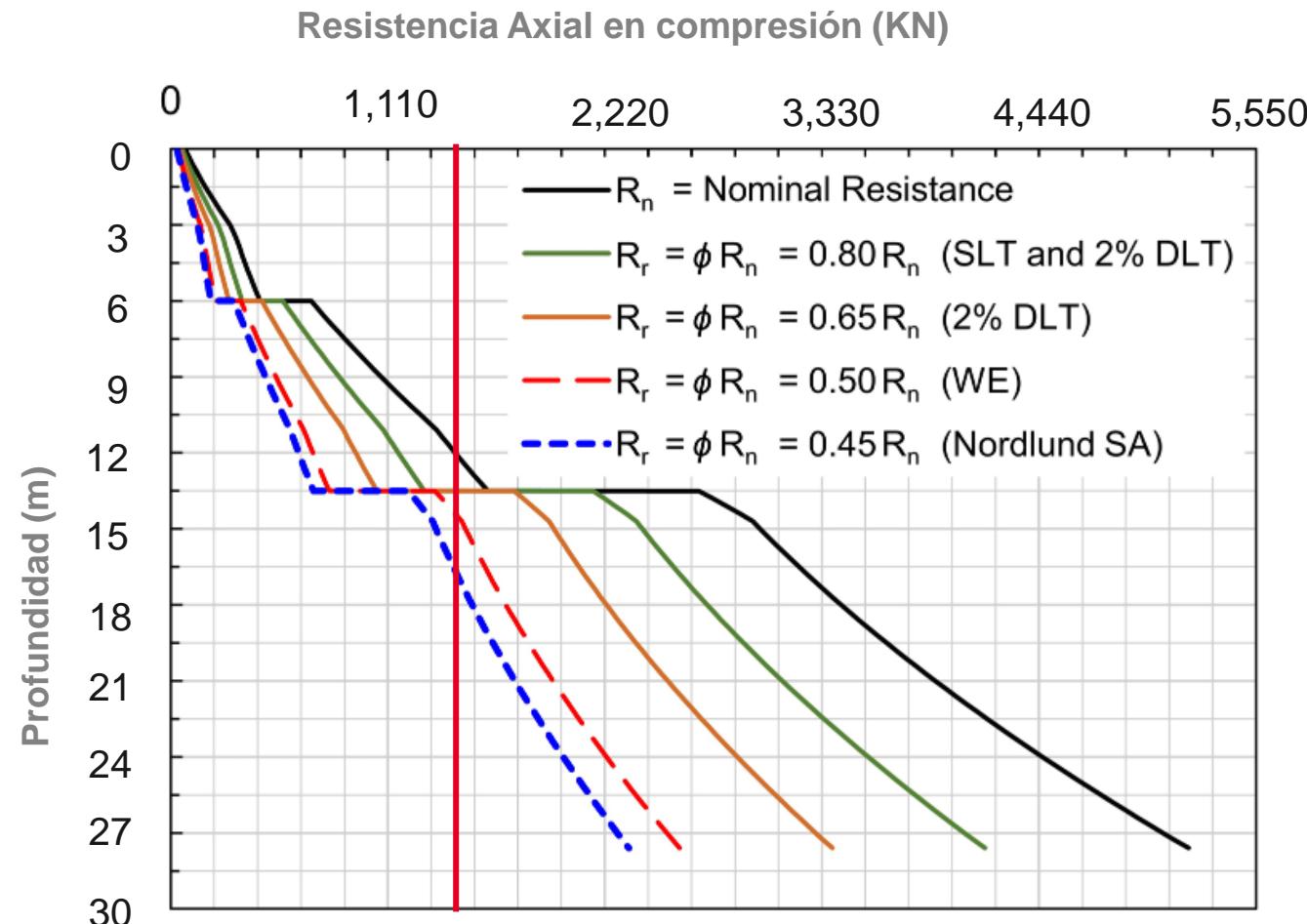
DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE

Solicitud y capacidad nominal – compresión

Cargas por pilote

Estado límite	Rposterior (KN)	Rfrontal (KN)	V (KN)
Resistencia I	-213	1,451	209
Servicio I	-123	1,032	140
Servicio I (sin carga viva)	-142	903	139

- Considerando un método de verificación de pruebas dinámicas en el 2% de pilotes, se puede considerar una profundidad de pilote de 14 m.



Resistencia geotécnica axial en compresión factorizada vs profundidad de sección de pilote HP 12x74

Efecto de grupo – compresión

Considerando:

- El estrato consiste en suelo granular.
- El estrato de apoyo no es un suelo blando, ni existe un suelo blando por debajo del estrato de apoyo.
- Los pilotes no están instalados a menos de 3 veces el diámetro.

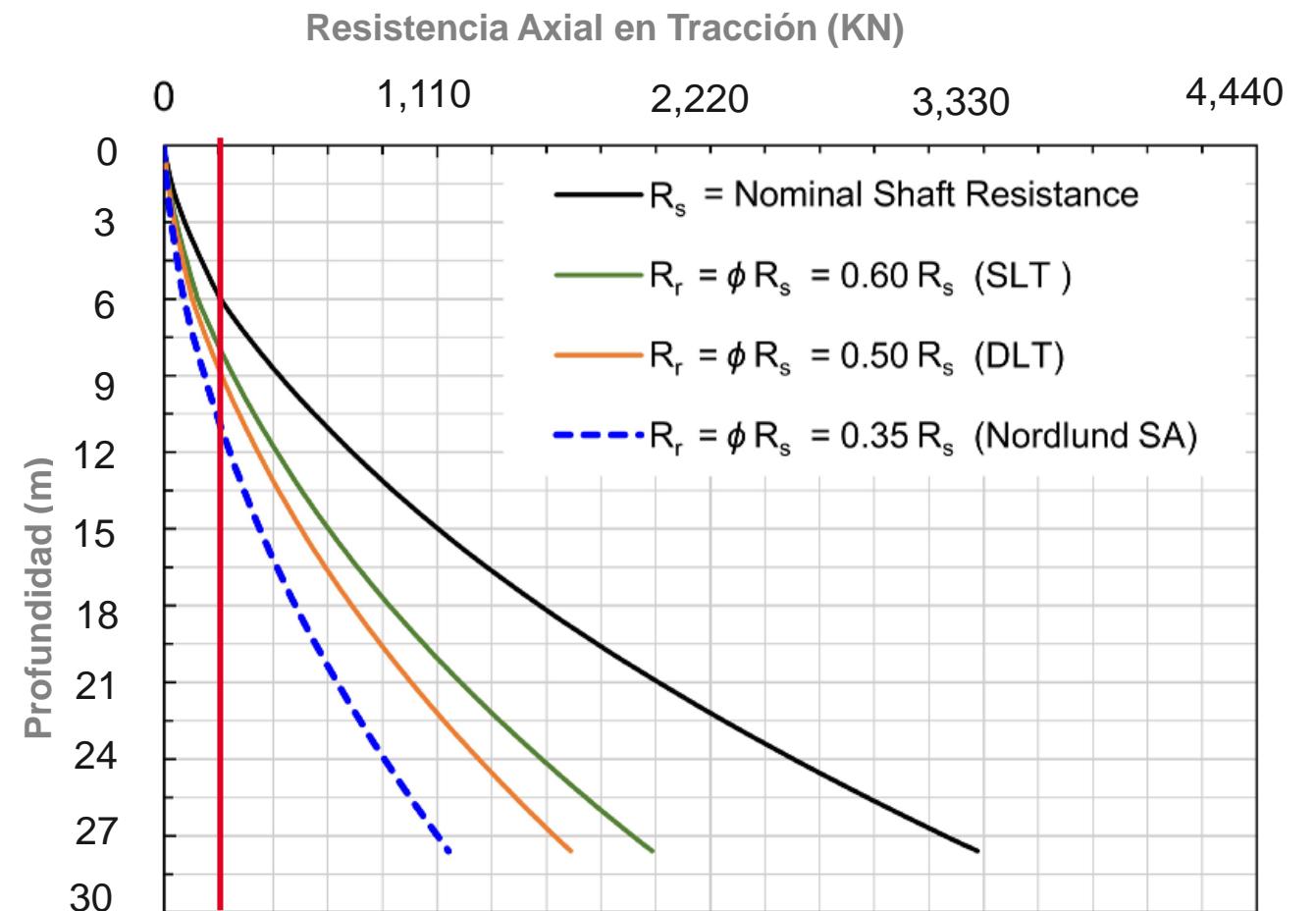
La resistencia nominal del grupo de pilotes en suelos granulares puede ser tomada como la suma de resistencia nominal de pilotes individuales, por lo que, la resistencia nominal y resistencia factorizada es satisfactoria para el grupo de pilotes.

Solicitud y capacidad del pilote – tracción

Cargas por pilote

Estado límite	Rposterior (KN)	Rfrontal (KN)	V (KN)
Resistencia I	-213	1,451	209
Servicio I	-123	1,032	140
Servicio I (sin carga viva)	-142	903	139

- Considerando un método de verificación de pruebas dinámicas en el 2% de pilotes, se puede considerar una profundidad por cargas en tracción de 9.0 m.



Resistencia nominal en fuste factorizada para el perfil HP 12x74

Efecto de grupo – tracción

- La resistencia del grupo es derivada del peso del suelo como bloque.
- A continuación se determina el peso del bloque requerido, en la fila traccionada, para resistir las solicitudes de toda la fila en tracción: 1,917 KN.

$$R_r = \phi R_n = \phi_{ug} R_{ug}$$

R_{ug}: Resistencia nominal en tracción de un grupo de pilotes; R_{ug} = Peso del bloque

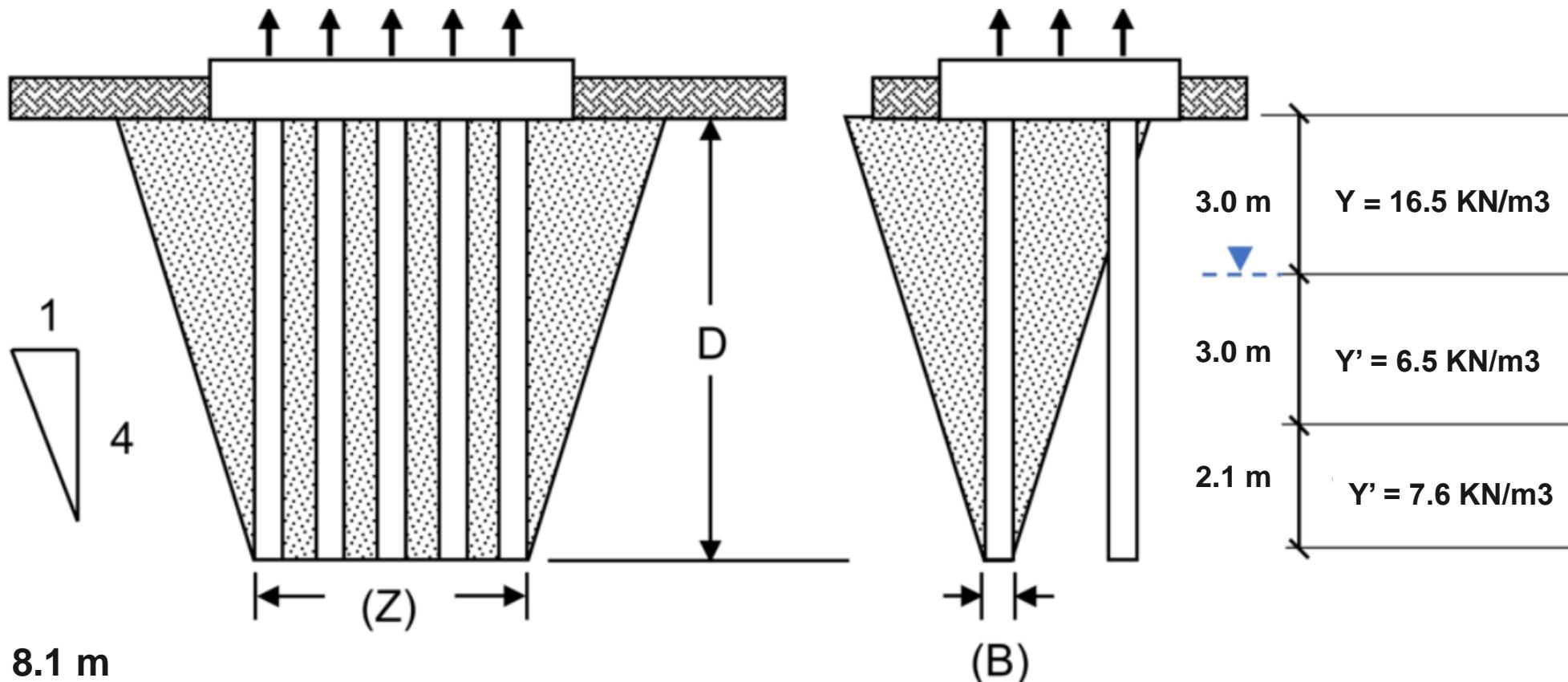
Φ_{ug}: Factor de reducción por resistencia ne tracción.

Factor de resistencia

Group Uplift Resistance, ϕ_{ug}	Sand and Clay	0.50
---	---------------	------

Efecto de grupo – tracción

- Configuración geométrica para determinar el peso del bloque:



$$D = 8.1 \text{ m}$$

$$Z = 12.3 \text{ m}$$

$$B = 0.30 \text{ m}$$

- Se requiere una profundidad de 8.1 m para que la resistencia del grupo de pilotes factorizada sea igual a la solicitud.
- Gobierna la longitud requerida por análisis con pilote individual (9.0m).

Carga lateral

- Factores de reducción de “p”:

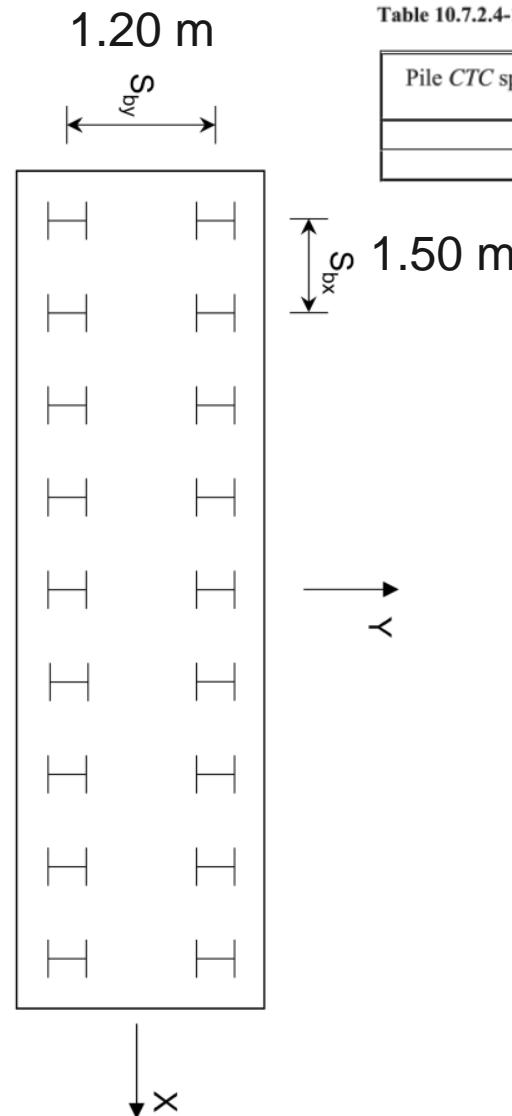
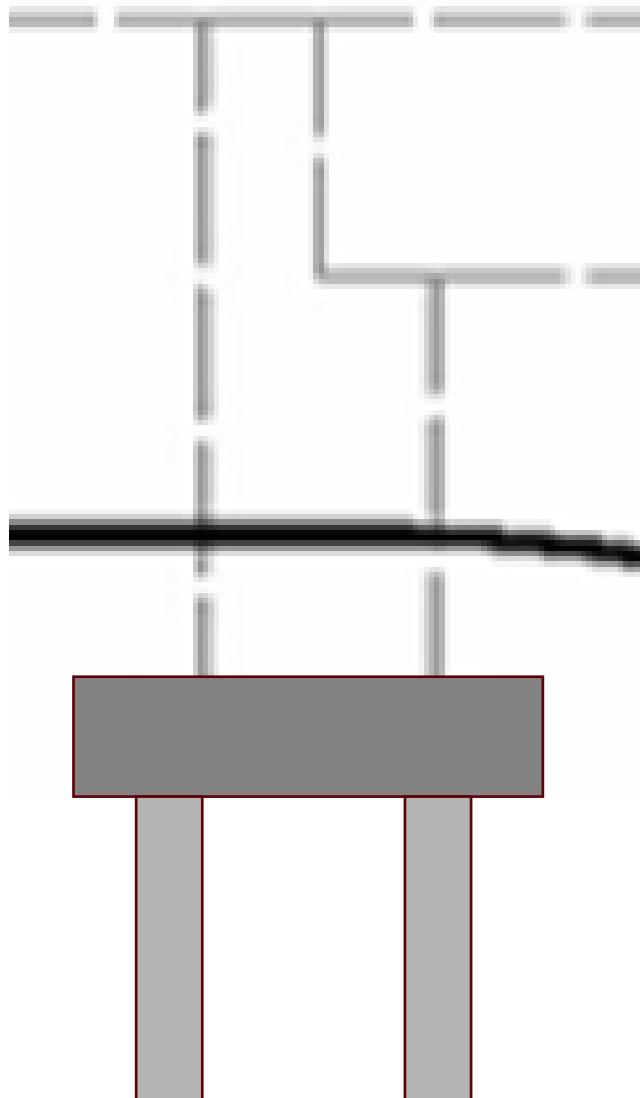
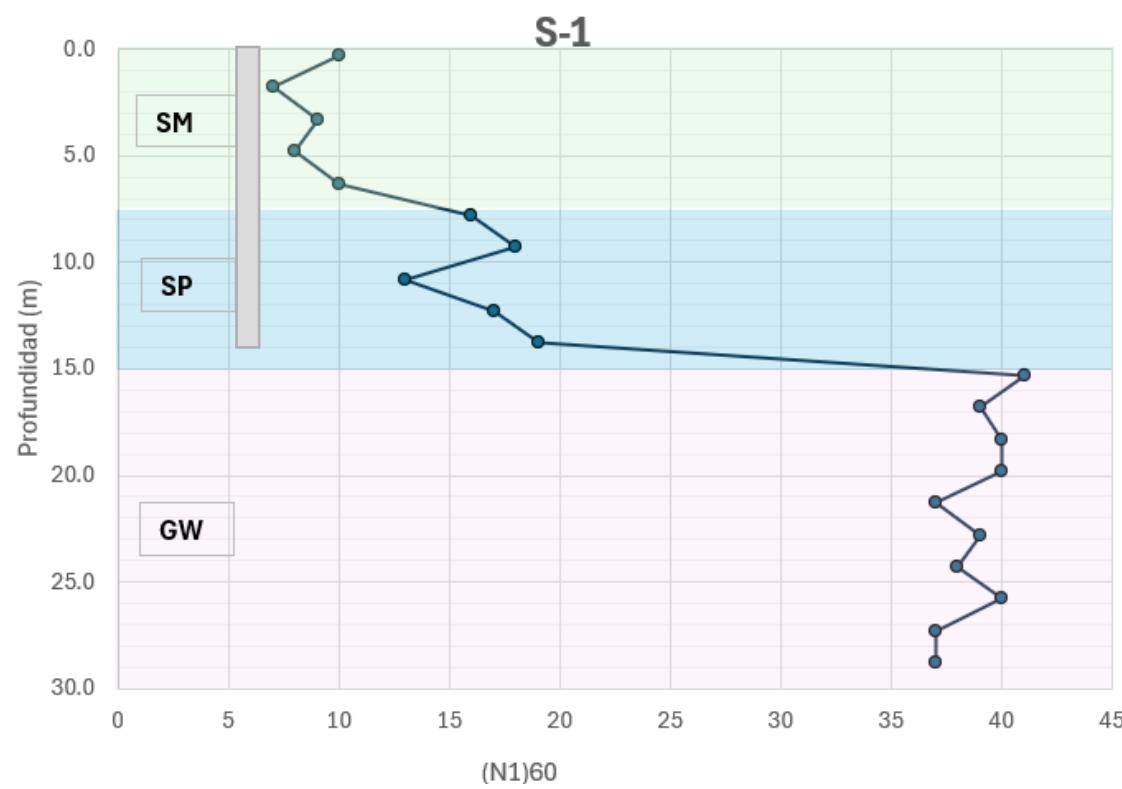


Table 10.7.2.4-1—Pile P-Multipliers, P_m , for Multiple Row Shading (averaged from Hannigan et al., 2006)

Pile CTC spacing (in the direction of loading)	P-Multipliers, P_m		
	Row 1	Row 2	Row 3 and higher
3B	0.8	0.4	0.3
5B	1.0	0.85	0.7

- Separación de 4B,
interpolando:
 - Primera fila: 0.9
 - Segunda fila: 0.625

Resultados L-Pile



Resultados para primera fila $P_m = 0.90$

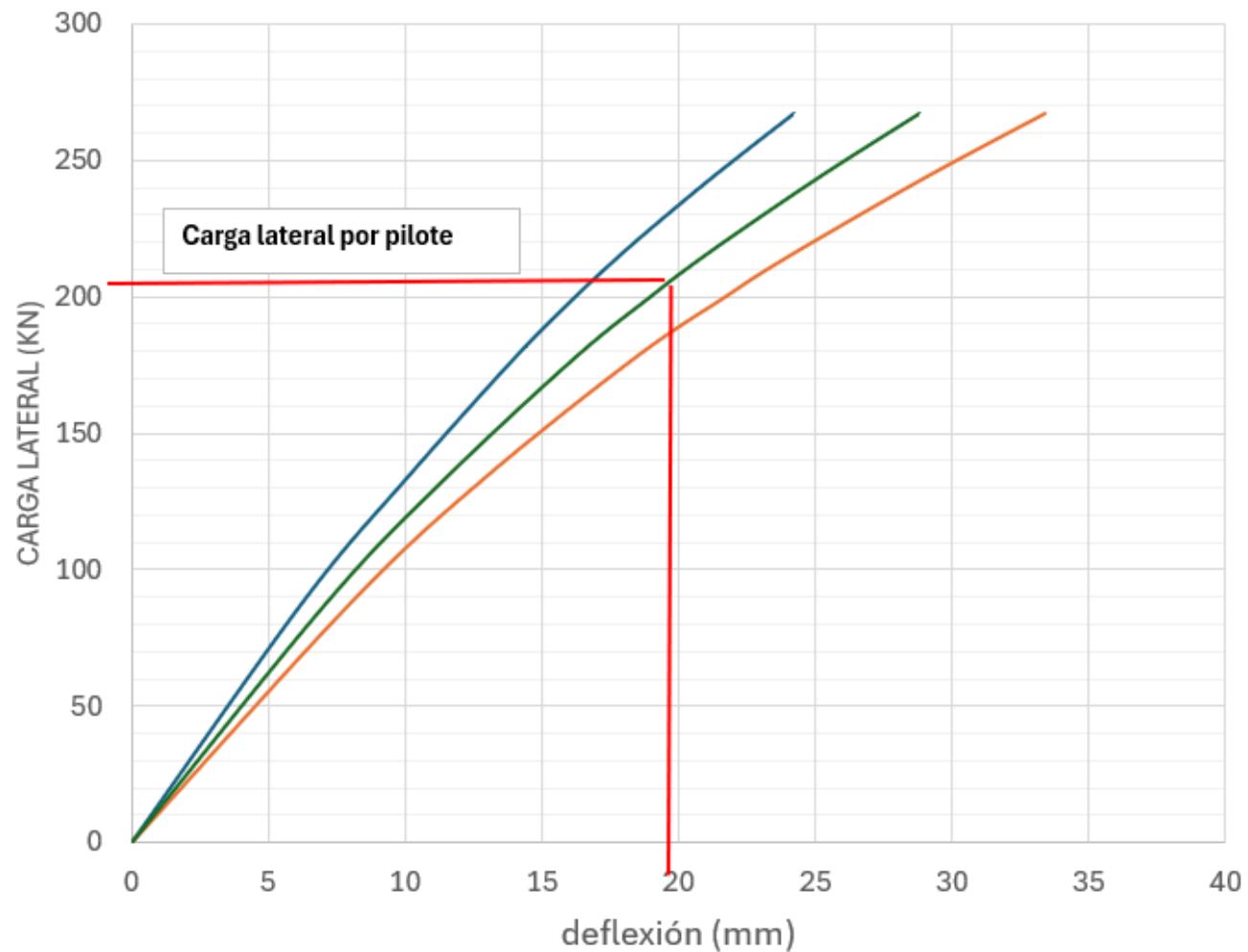
Caso de carga	Tipo de carga	Condición 1 V (KN)	Condición 2 (Rotación)	Carga axial (KN)	Deflexión en cabeza (mm)	Momento máximo en el pilote (KN.m)	Cortante máximo en el pilote (KN)
1	2	0	0	1451	0	0	0
2	2	89	0	1451	6	-129	89
3	2	133	0	1451	10	-201	133
4	2	178	0	1451	14	-275	178
5	2	200	0	1451	16	-315	200
6	2	209	0	1451	17	-331	209
7	2	222	0	1451	19	-356	222
8	2	245	0	1451	21	-399	245
9	2	267	0	1451	24	-444	267

Resultados para segunda fila $P_m = 0.625$

Caso de carga	Tipo de carga	Condición 1 V (KN)	Condición 2 (Rotación)	Carga axial (KN)	Deflexión en cabeza (mm)	Momento máximo en el pilote (KN.m)	Cortante máximo en el pilote (KN)
1	2	0	0	1451	0	0	0
2	2	89	0	1451	8	-142	89
3	2	133	0	1451	13	-220	133
4	2	178	0	1451	18	-305	178
5	2	200	0	1451	22	-352	200
6	2	209	0	1451	23	-370	209
7	2	222	0	1451	25	-400	222
8	2	245	0	1451	29	-449	245
9	2	267	0	1451	33	-501	267

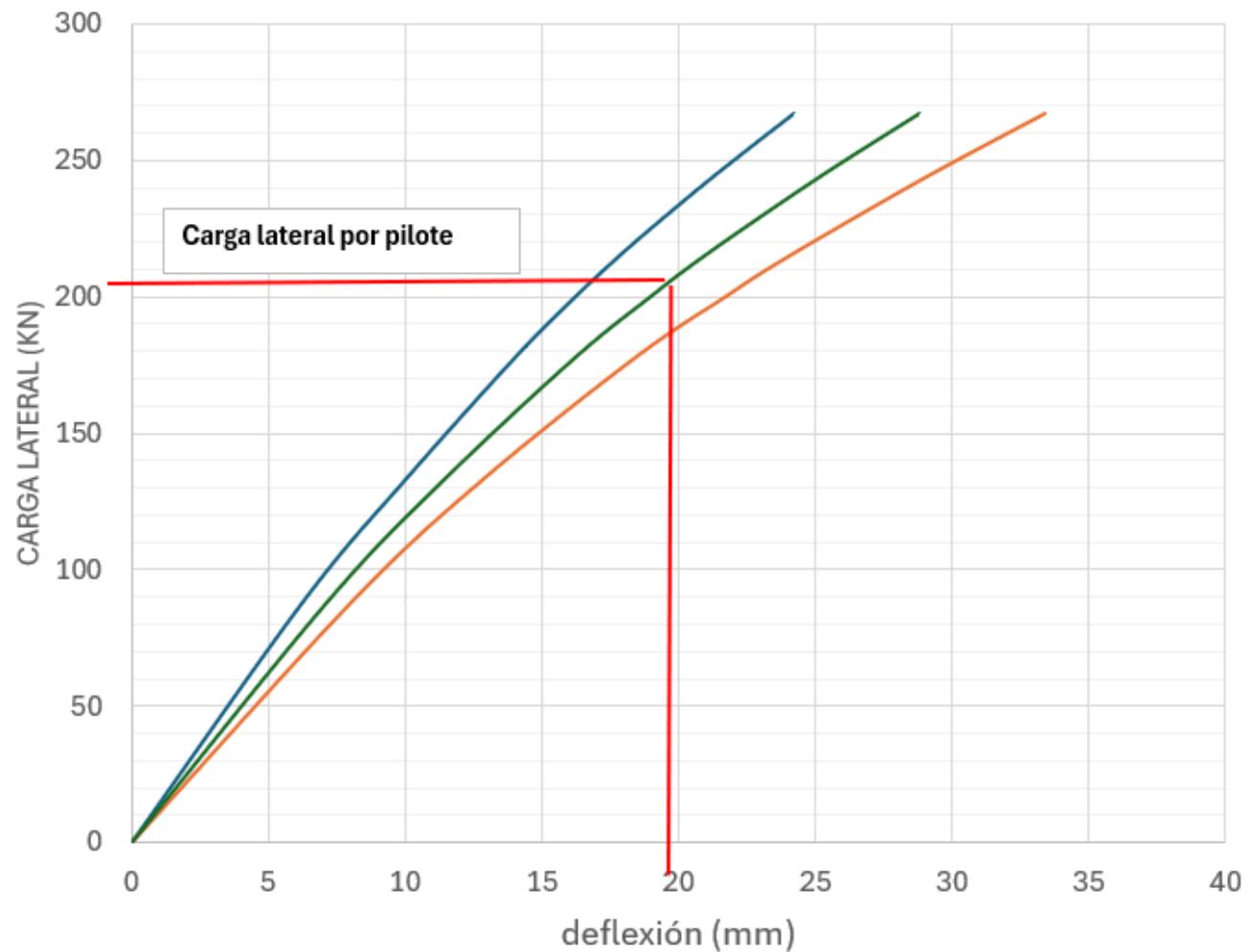
Resultados L-Pile

- Considerando una carga lateral promedio de 209 KN, la deflexión del grupo de pilotes es de 20 mm (0.8 pulg).



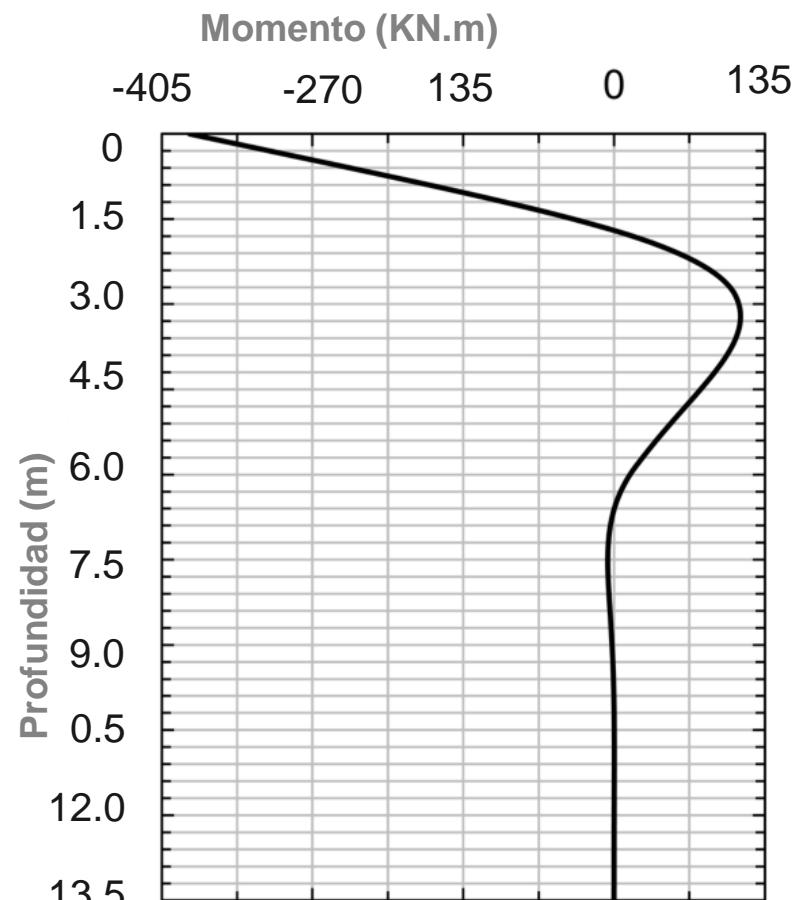
Resultados L-Pile

- Los momentos se evalúan para cada fila de pilote y para el desplazamiento lateral de 20 mm o 0.8 pulg.



Solicitudes en los pilotes

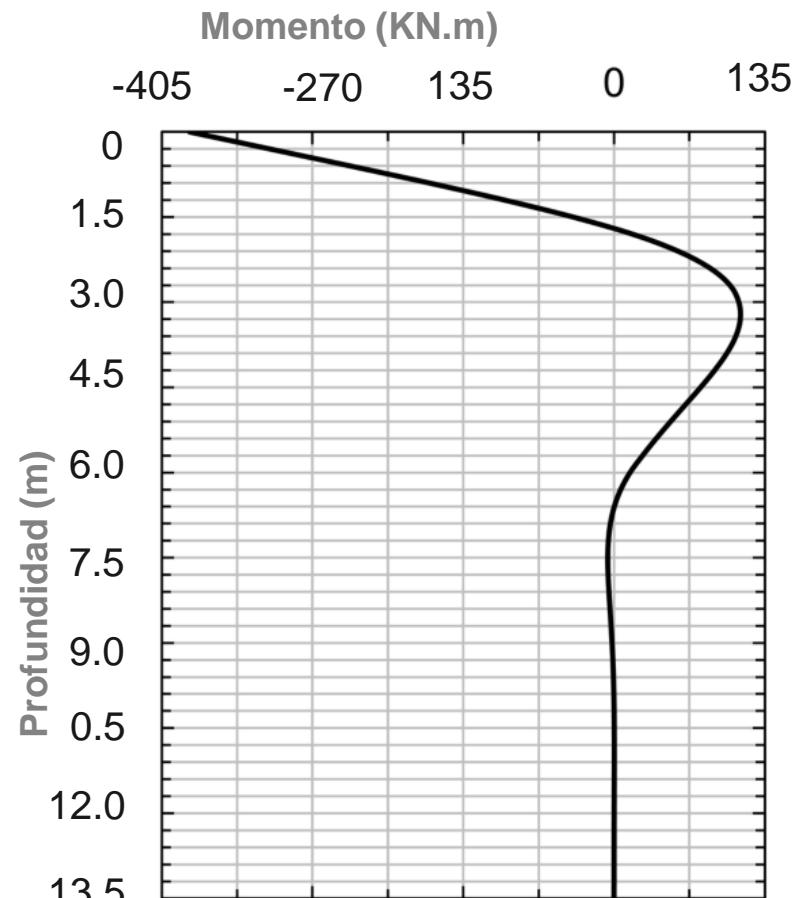
- Momentos mas desfavorable primera fila



Momento flector – Primera fila – para 0.8 pulg

Solicitudes en los pilotes

- Momentos mas desfavorable primera fila



Momento flector – Primera fila – para 0.8 pulg