

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

**IV ENCUENTRO DE INGENIEROS DE SUELOS Y
ESTRUCTURAS**

FORO INTERNACIONAL SOBRE MICROZONIFICACIÓN SISMICA

**EL PUENTE BARRANCABERMEJA – YONDÓ
SOBRE EL RÍO MAGDALENA**

Darío Farías y Julio Moya

BOGOTÁ D. C.

Mayo 3, 4 Y 5 de 2006

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

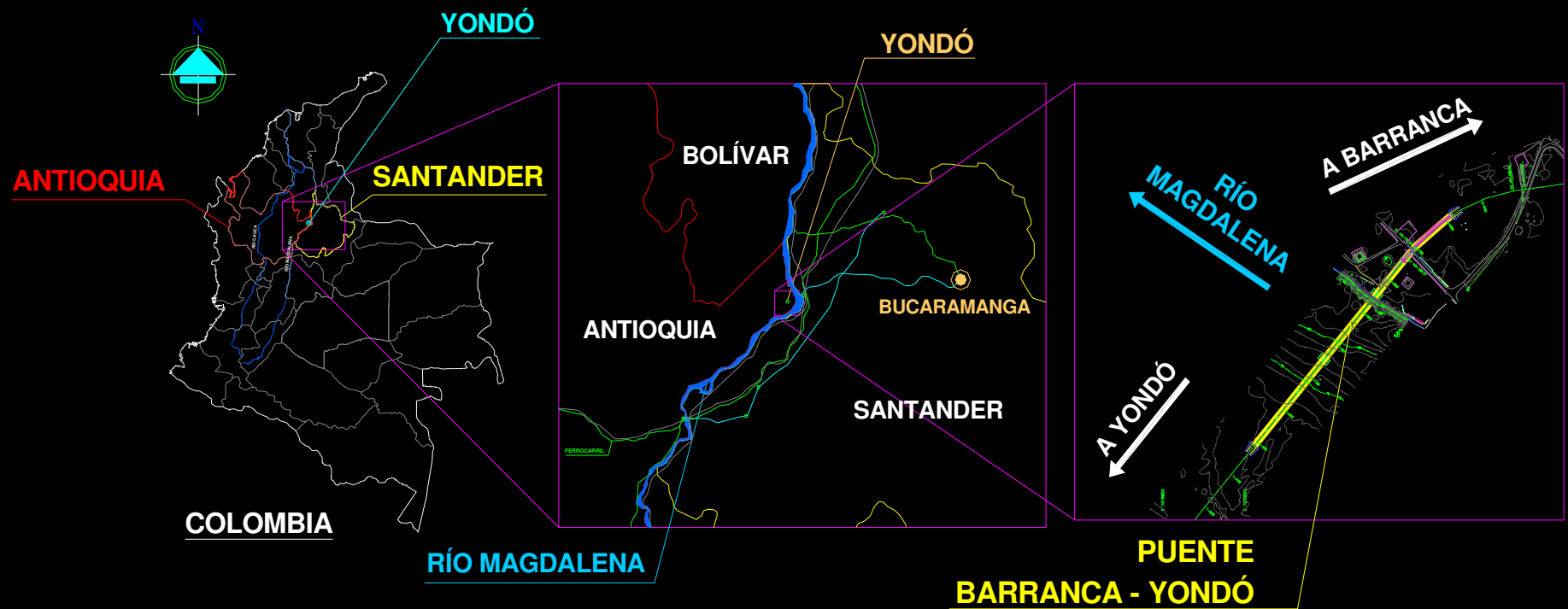


Figura 1

DINAMICA FLUVIAL

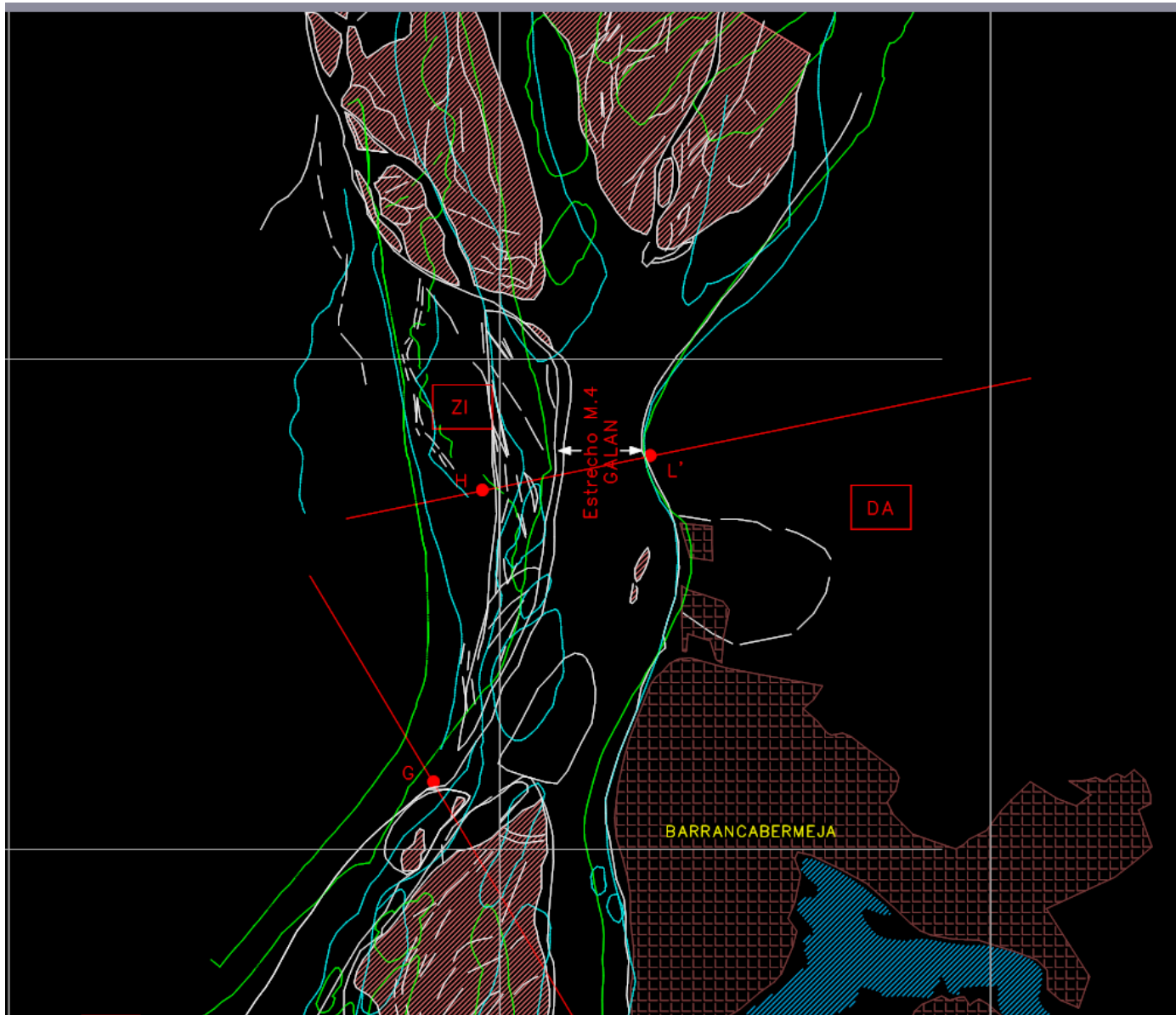


Figura 2

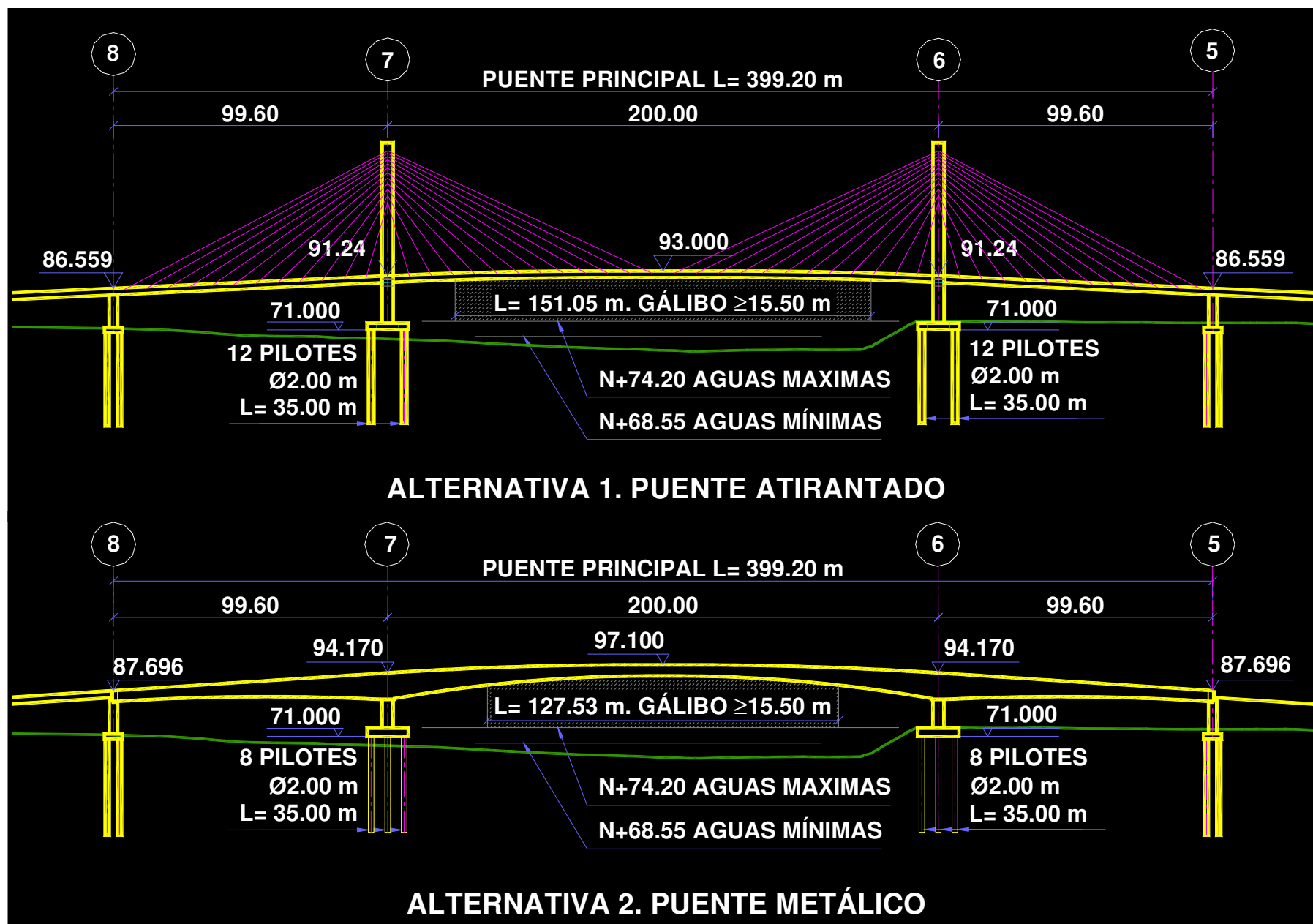


Figura 3

ALTERNATIVA 1. PUENTE ATIRANTADO

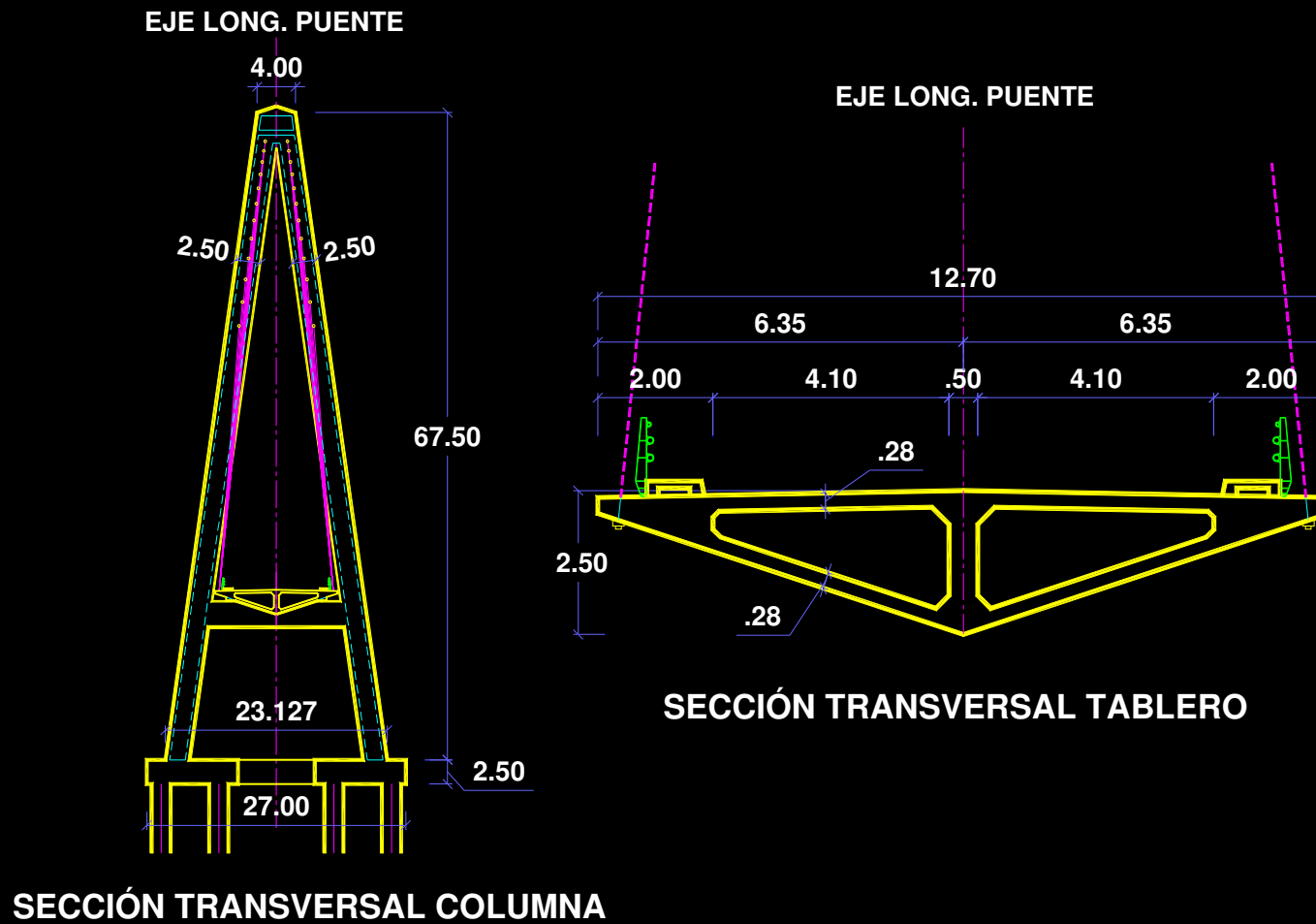
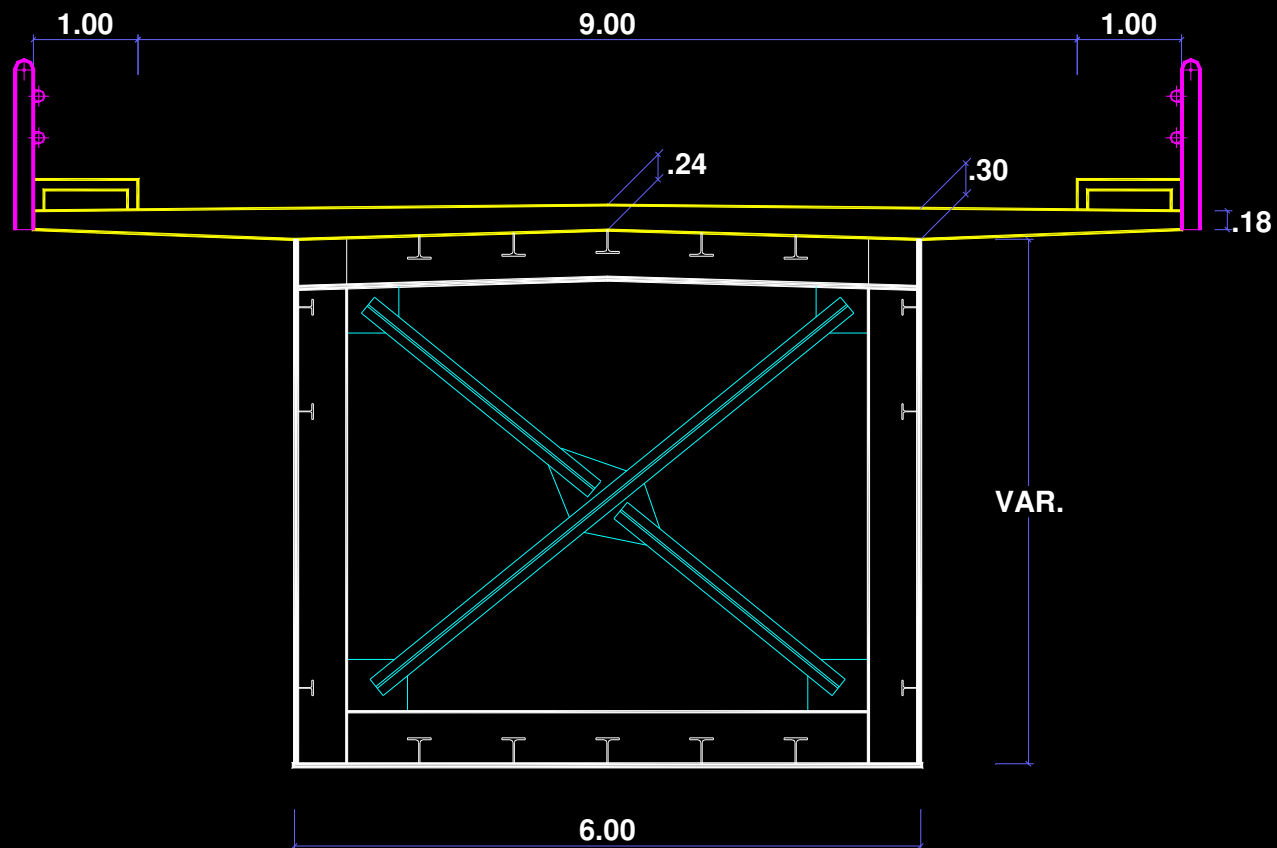


Figura 4

ALTERNATIVA 2. PUENTE METÁLICO



SECCIÓN TRANSVERSAL

Figura 5



ALTERNATIVA 3. PUENTE EN CONCRETO

- ➡ Peso de superestructura mayor
- ➡ Mayor número de pilotes
- ➡ Mayores requerimientos sísmicos
- ➡ Disposición en pórtico continuo que elimina conexiones con infraestructura y favorece el comportamiento sísmico
- ➡ Menores requerimientos de mantenimiento
- ➡ Mejor comportamiento ante vibraciones y deflexiones por carga viva
- ➡ Participación total de ingeniería nacional y mano de obra nacional

Figura 6

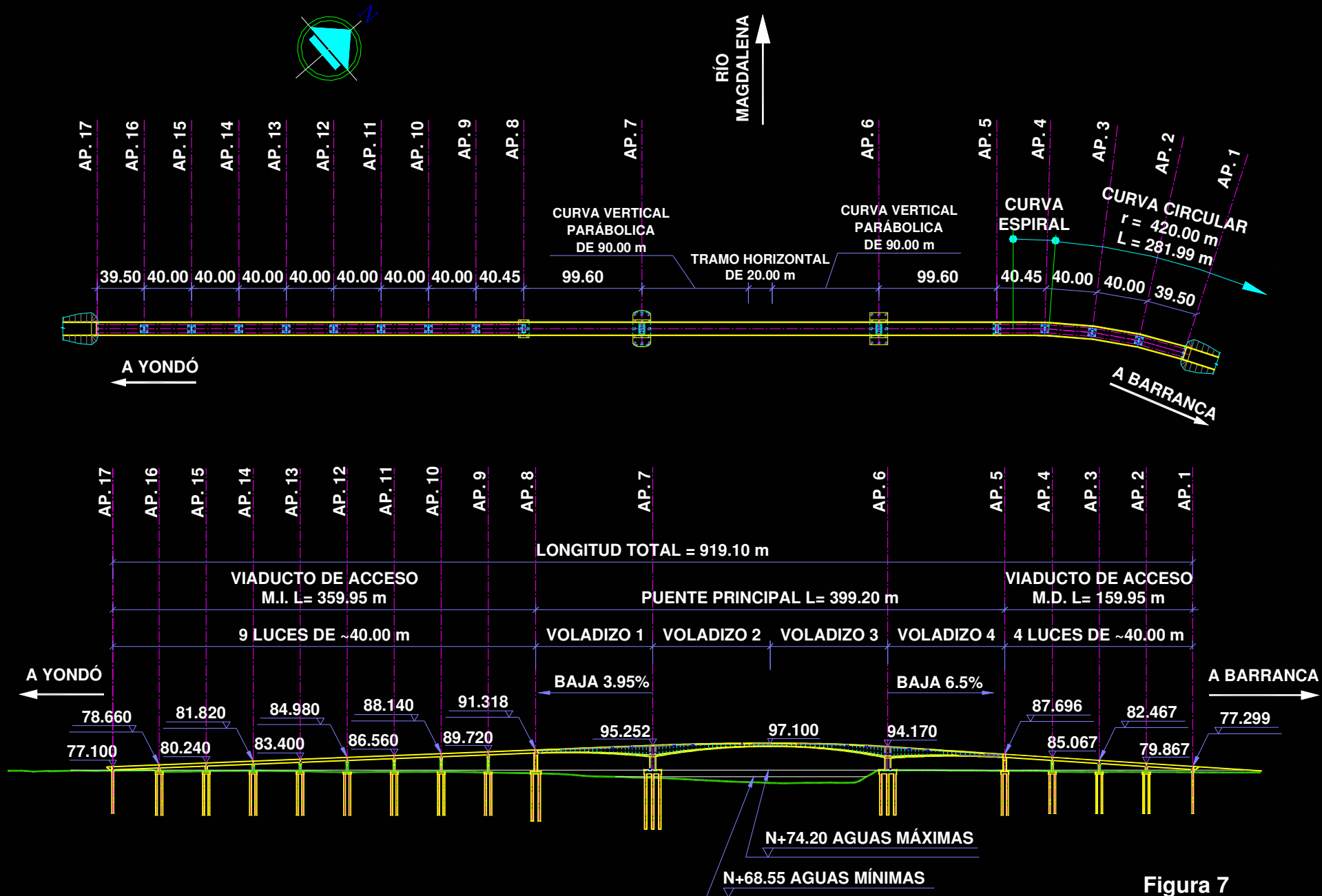


Figura 7

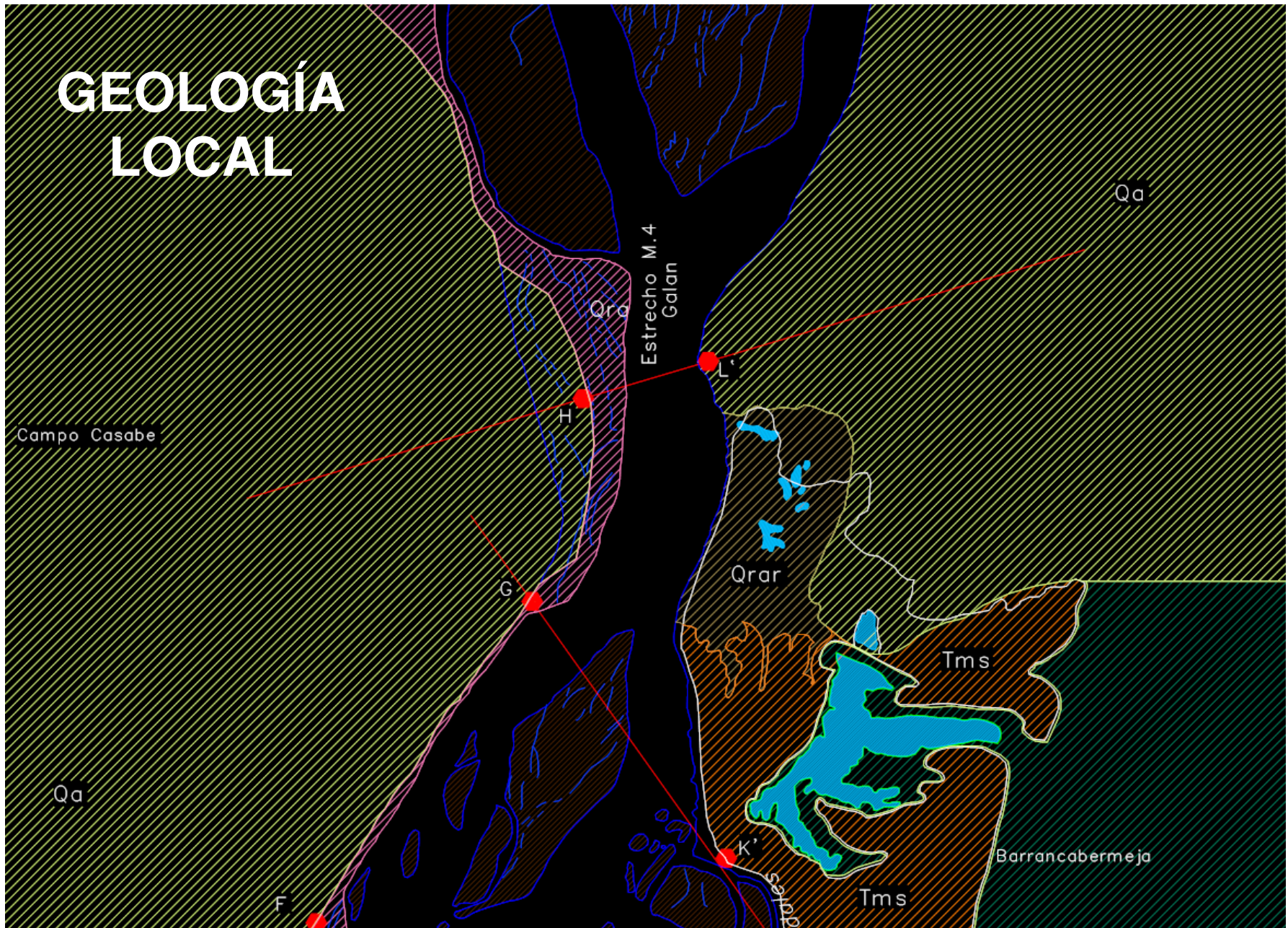


Figura 8 (a)

CONVENCIONES:



Tm

Grupo Mesa



Tms

Secuencia horizontalizada de ortoconglomerados polimícticos en bancos de 2 m a 3 m de espesor y arcillolitas de color crema



Tmi

Secuencia horizontalizada de arcillolitas color crema y areniscas en estratos de 0.20m a 0.50m de espesor



Qa

Depósito antiguo en pseudoestratos de arcillas y arcillas arenosas



Qra

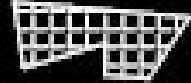
Depósito reciente predominantemente arenoso de poco espesor, cubre a Qa



Qrar

Depósito reciente predominantemente arcilloso

Figura 8 (b)

	Puntos fijos
	Río Magdalena
	Geoforma Acanalada de Tránsito de corrientes
	Terraplén (Dique)
	Espolones Direccionales
Estrecho M.2. Estrecho Morfológico 2	
	Población
	Ciénaga
	Areas cubiertas con arena
	Contacto Litológico
	Falla Casabe

NOTA:

Fuente de la Falla Casabe mapa geológico regional de INGEOMINAS.
Escala 1:200.000, Cuadrángulo H-11 Barrancabermeja

Figura 8 (c)

PERFIL GEOTÉCNICO

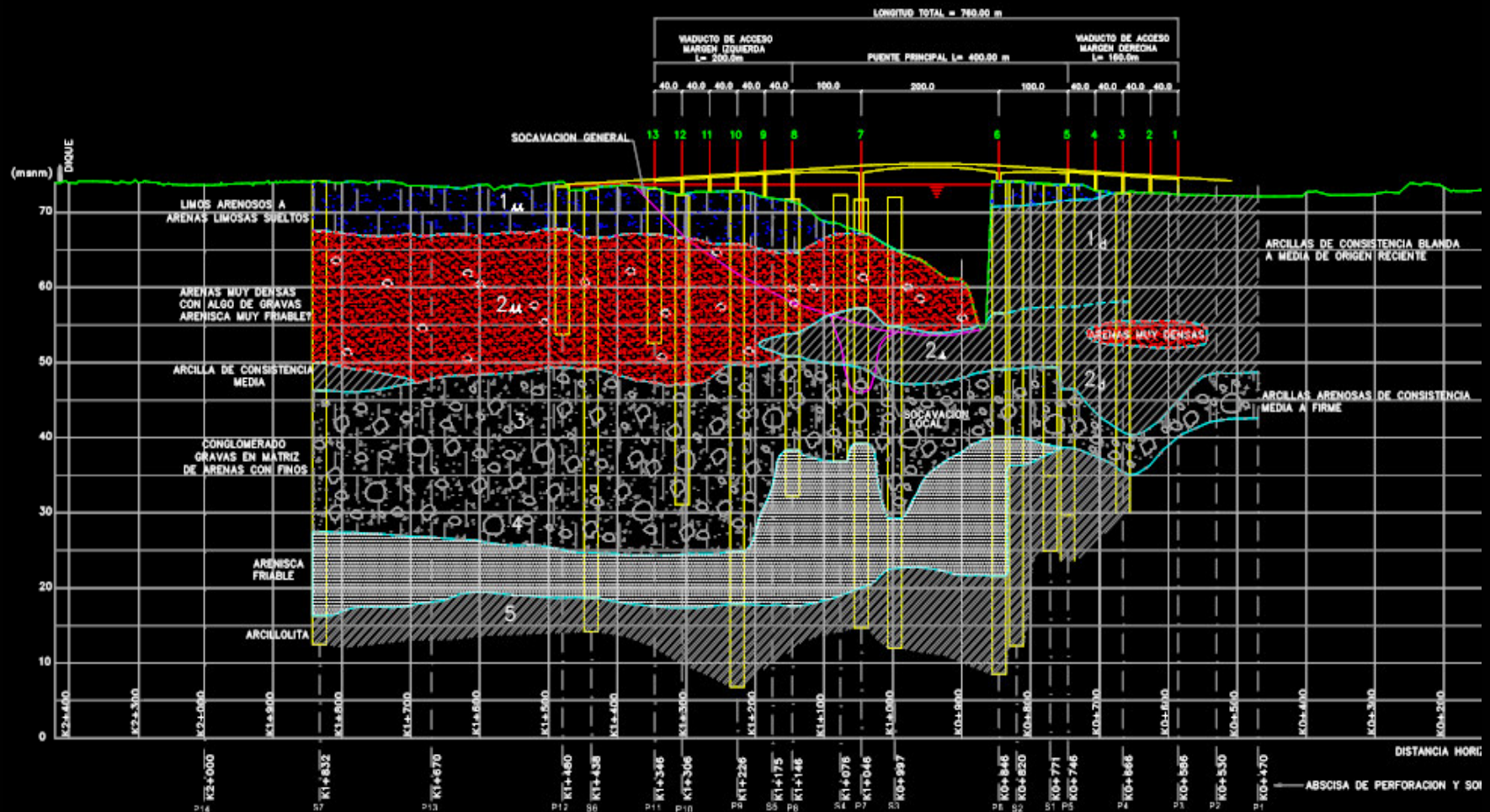


Figura 9

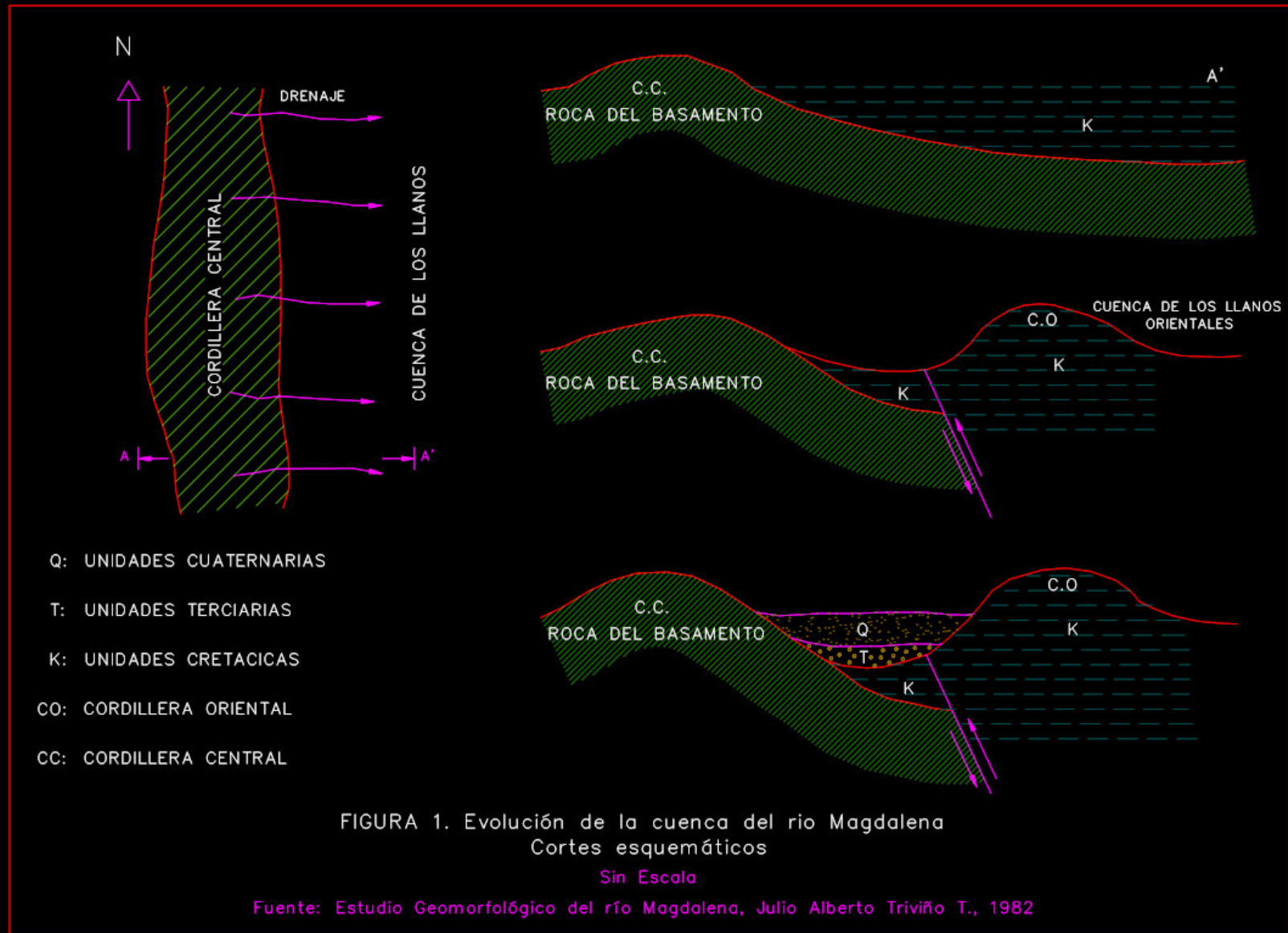


Figura 10

SECCION LONGITUDINAL PUENTE PRINCIPAL

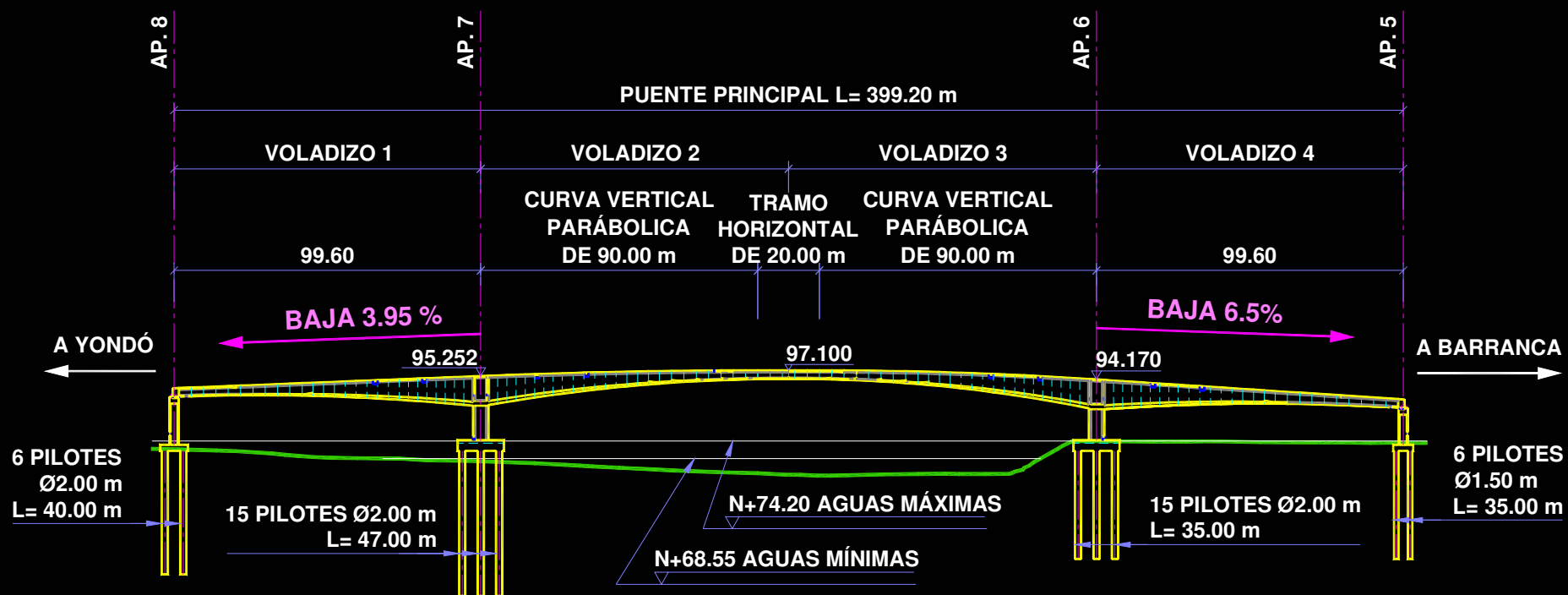
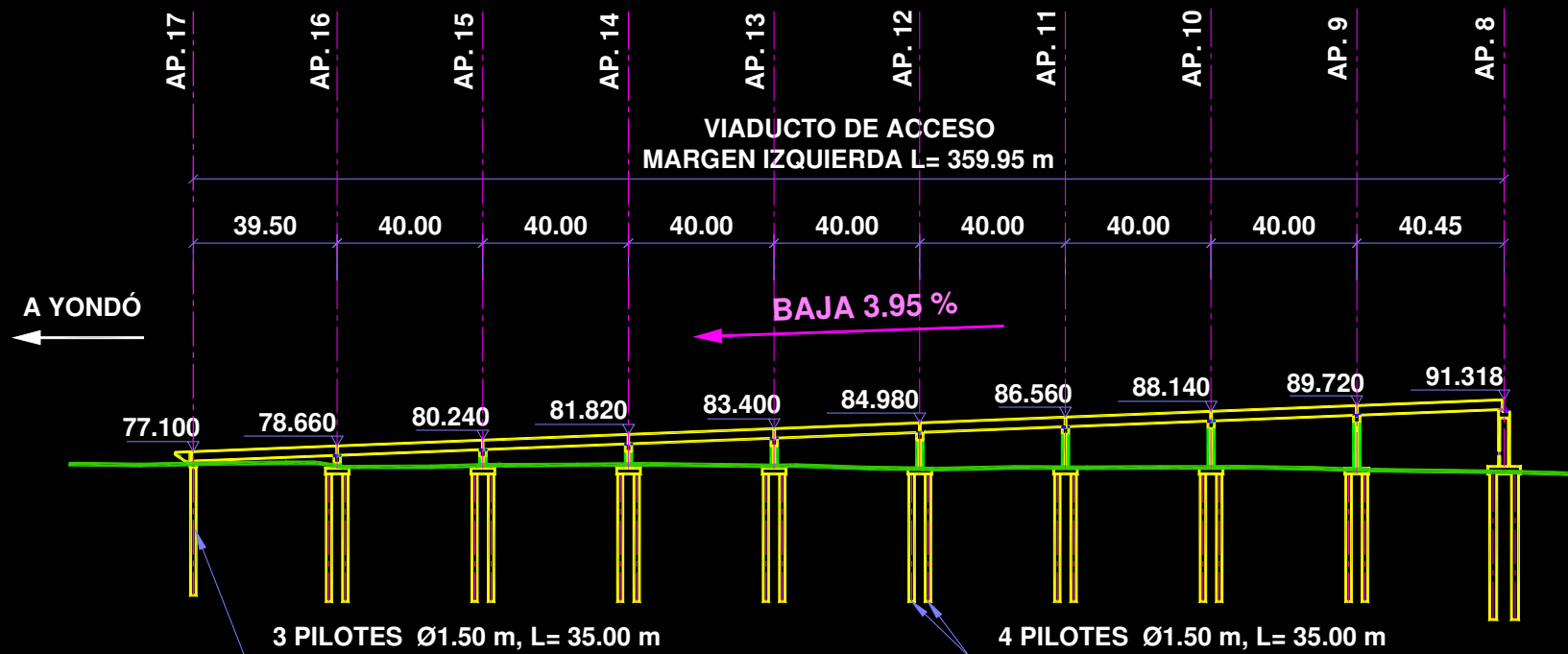
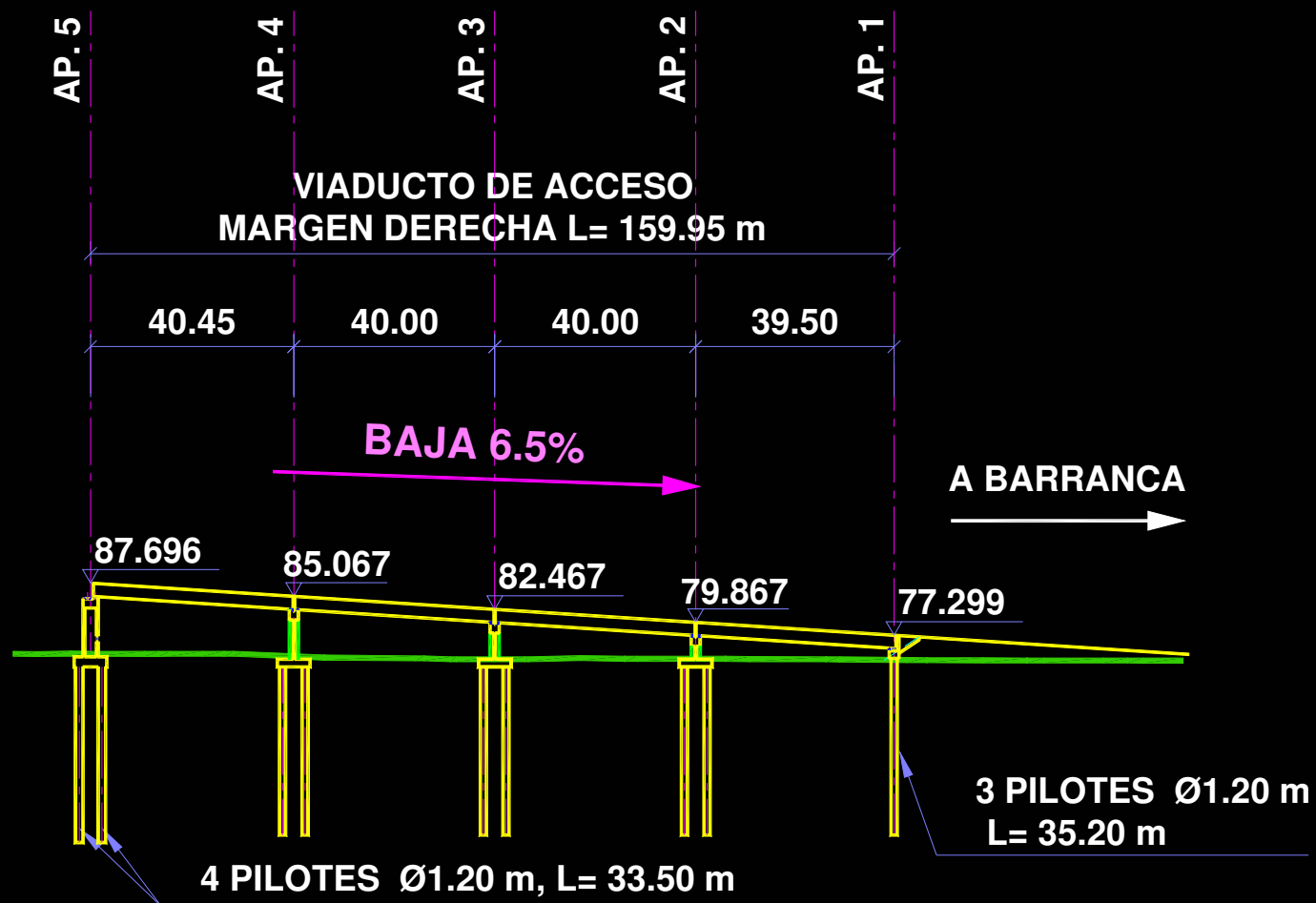


Figura 11



VIADUCTO DE ACCESO MARGEN IZQUIERDA

Figura 12



VIADUCTO DE ACCESO MARGEN DERECHA

Figura 13

SECCION TRANSVERSAL PUENTE PRINCIPAL

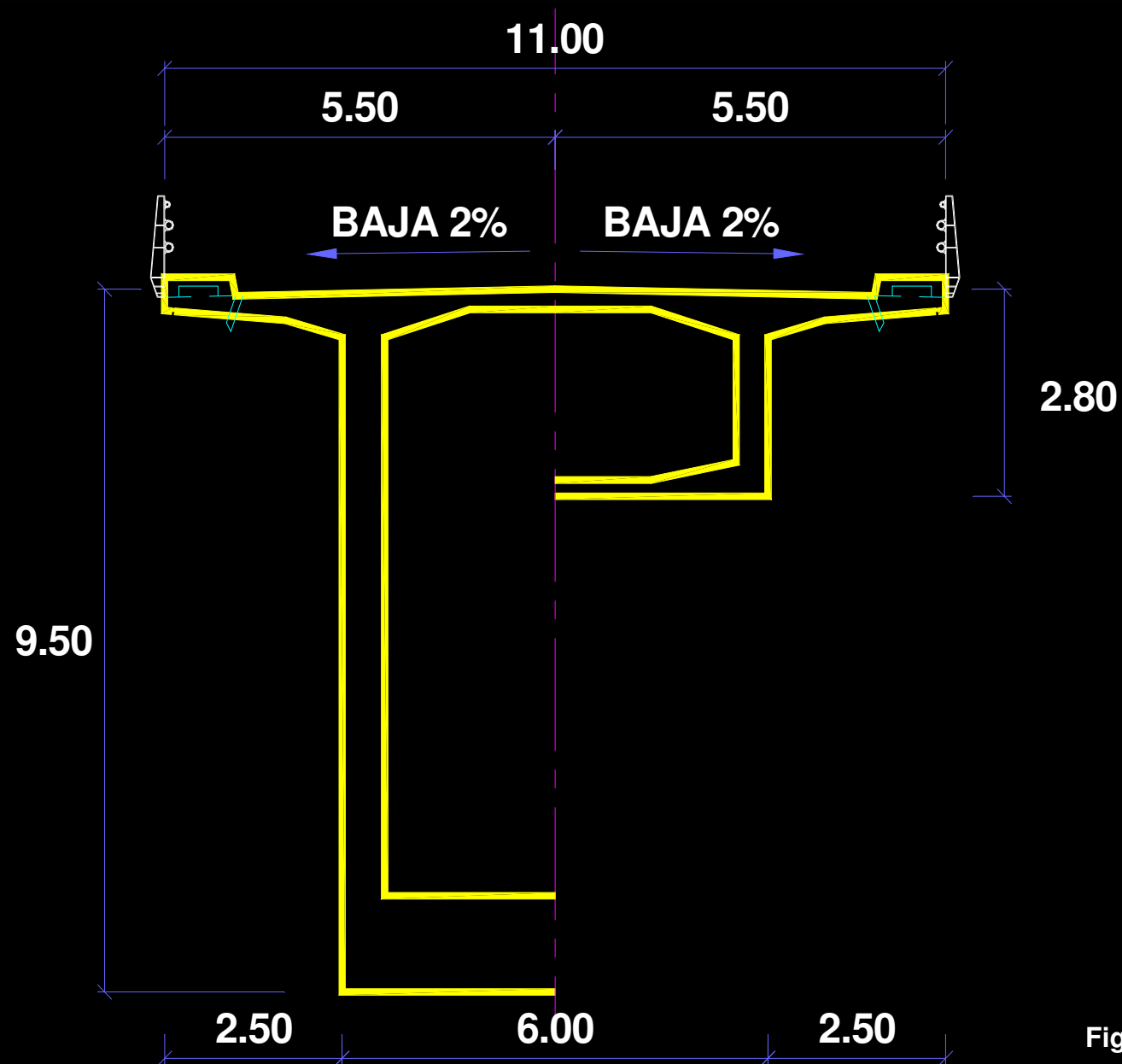
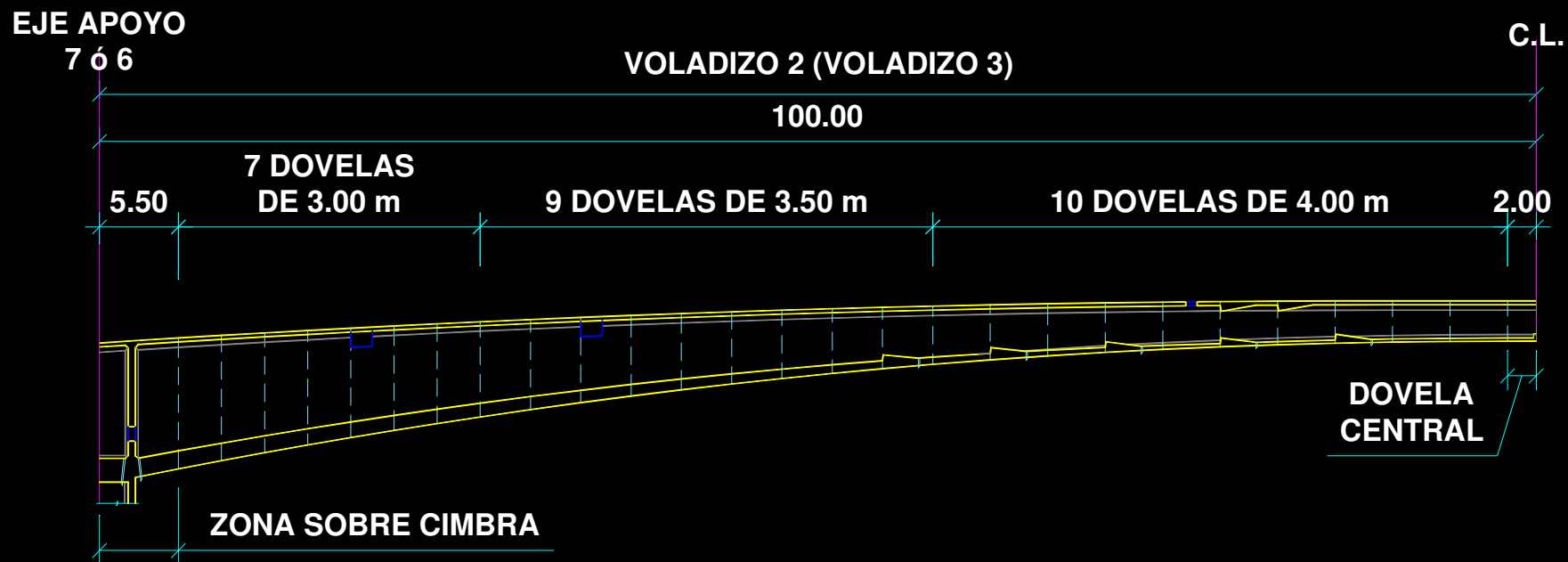
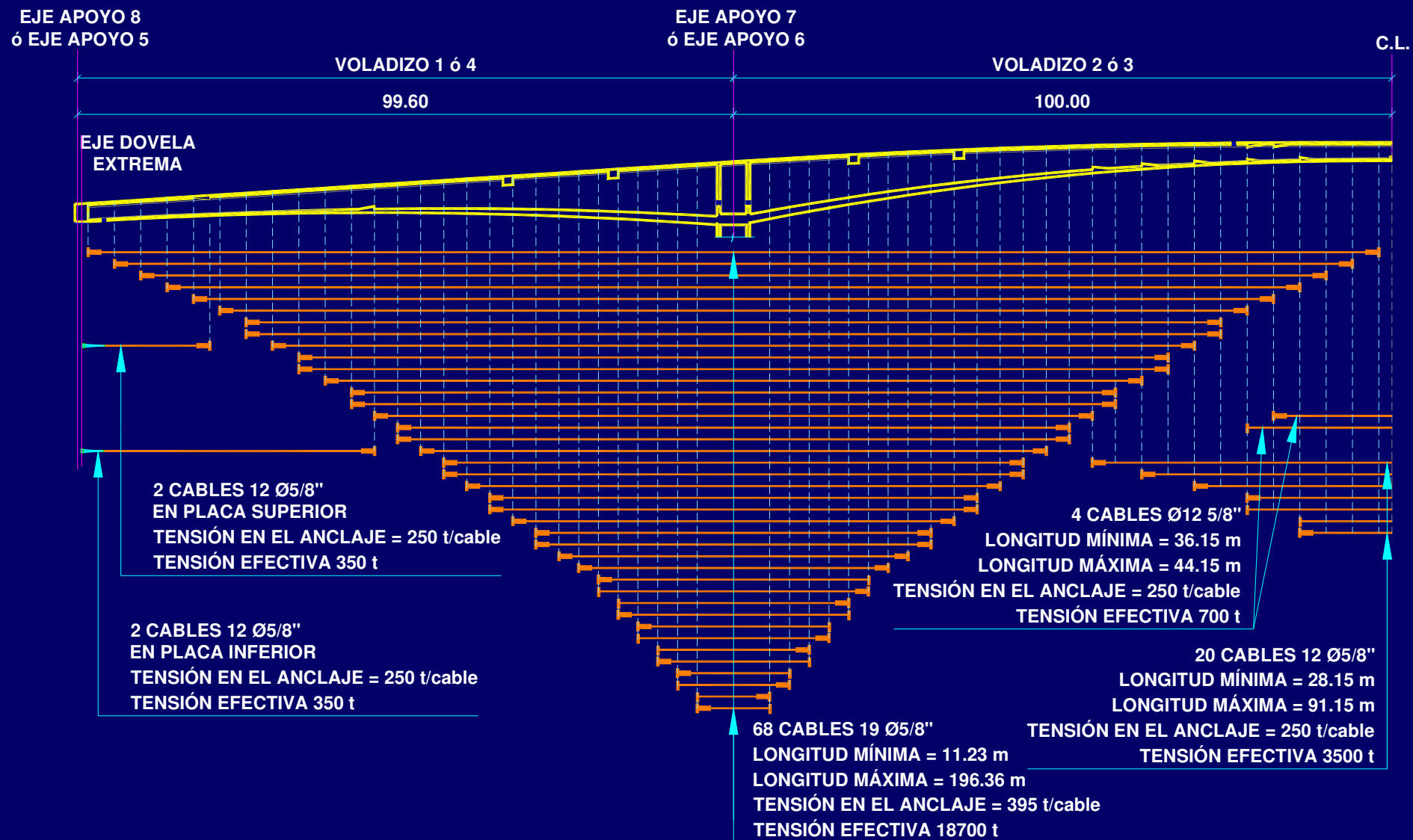


Figura 14



SECCIÓN LONGITUDINAL TABLERO VOLADIZOS 2 ó 3



ESQUEMA GENERAL DE TENSIONAMIENTO VOLADIZOS 1 A 4

Figura 16

SECCIÓN TRANSVERSAL VIADUCTOS

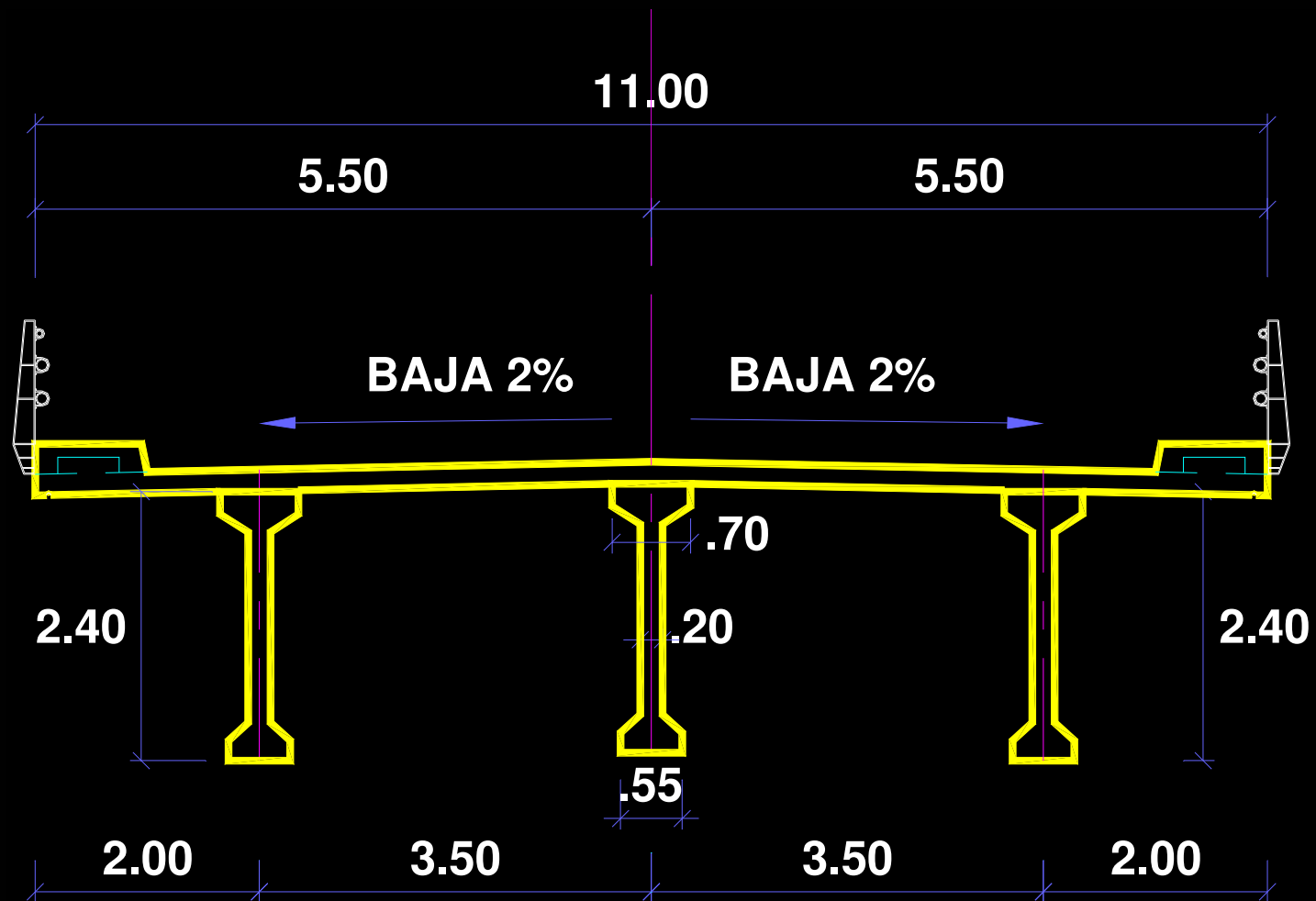


Figura 17

PILAS PRINCIPALES

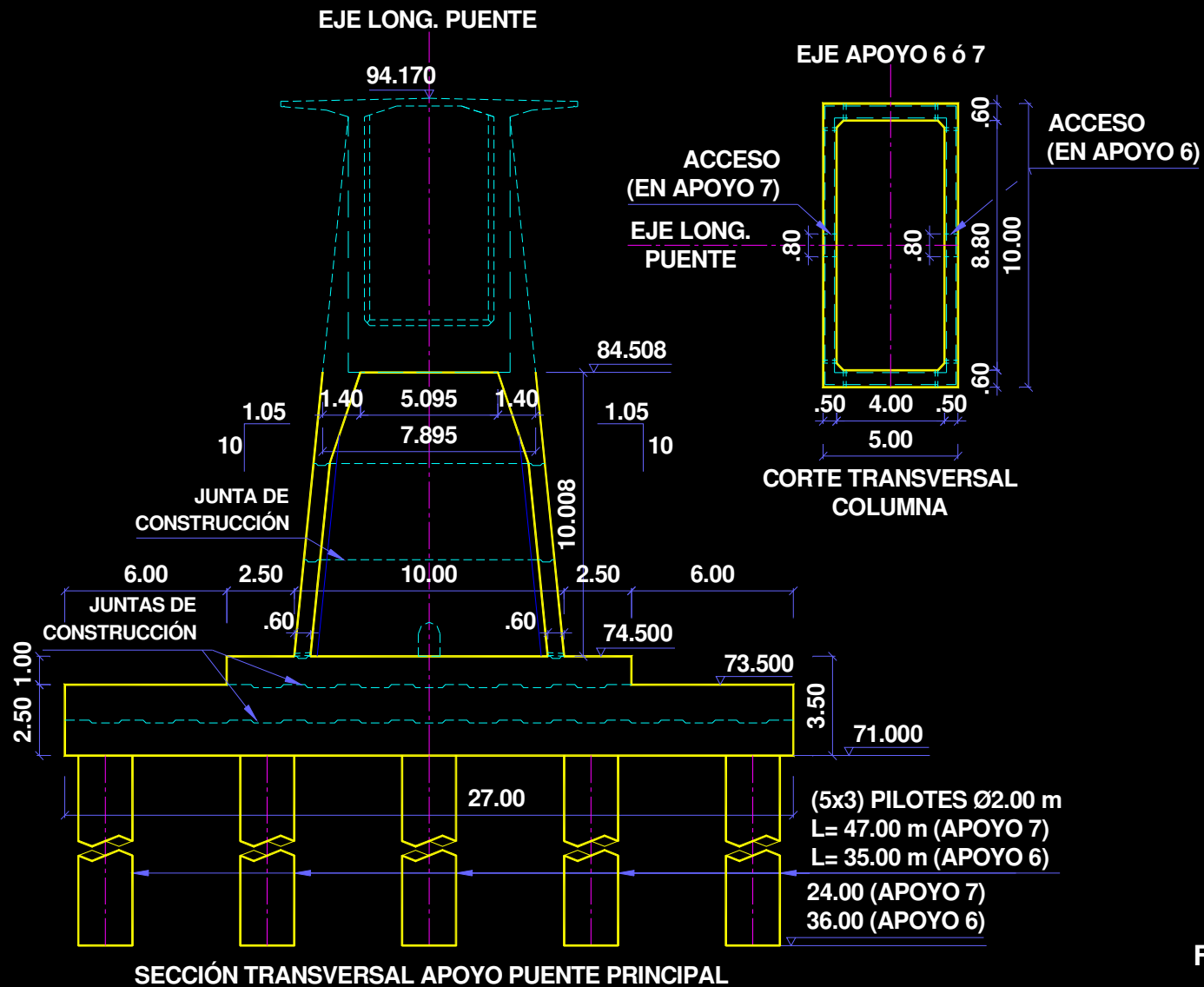


Figura 18

PILAS VIADUCTOS DE ACCESO

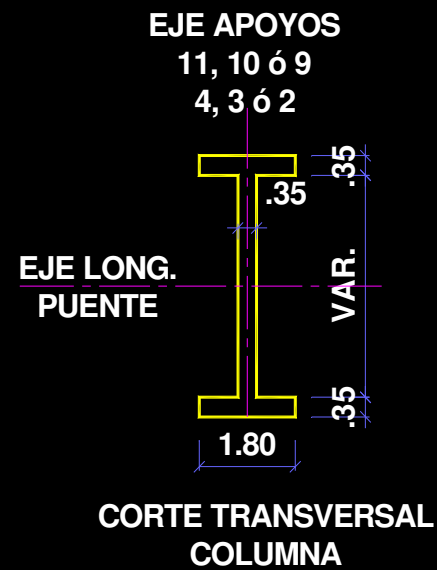
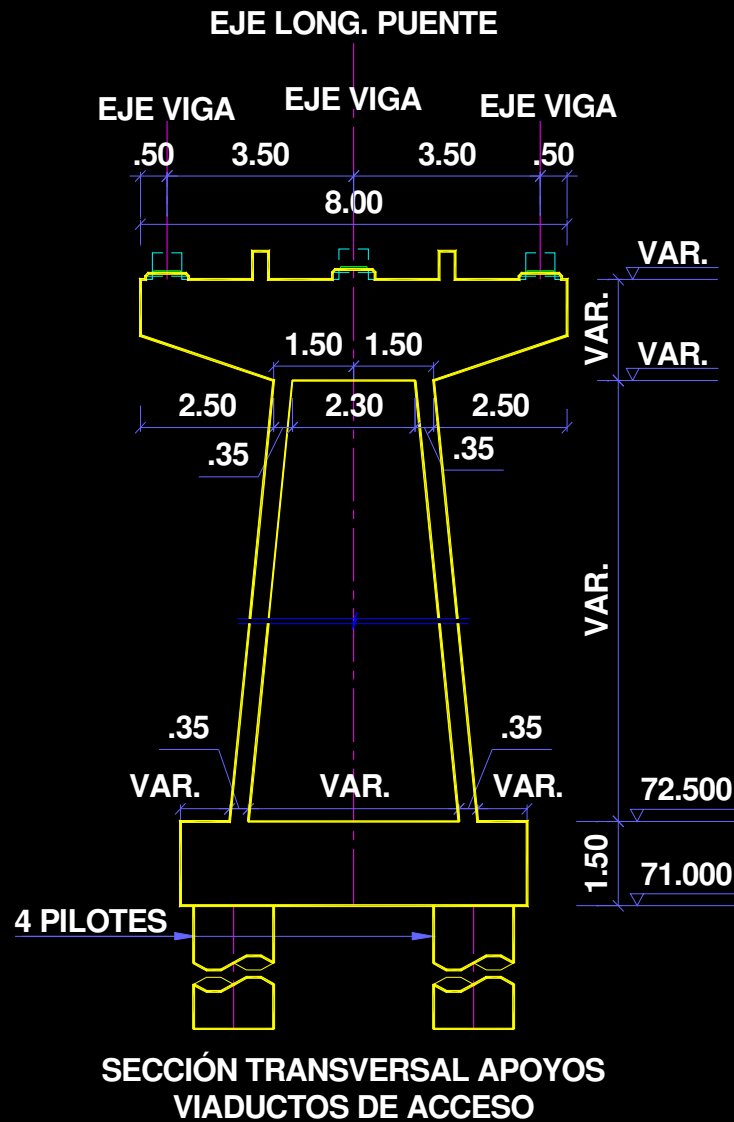


Figura 19

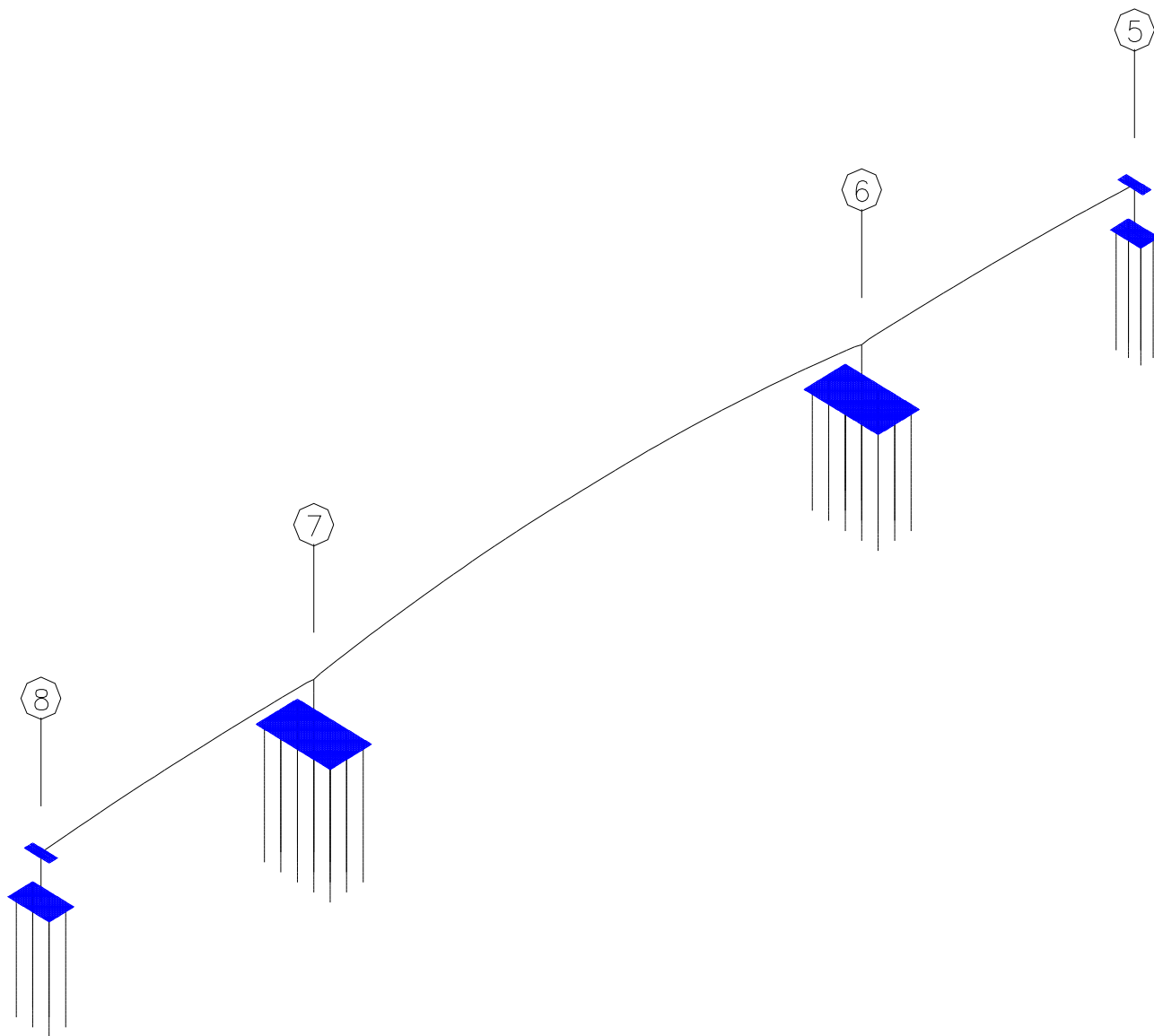


Figura 20. Modelo de análisis puente principal

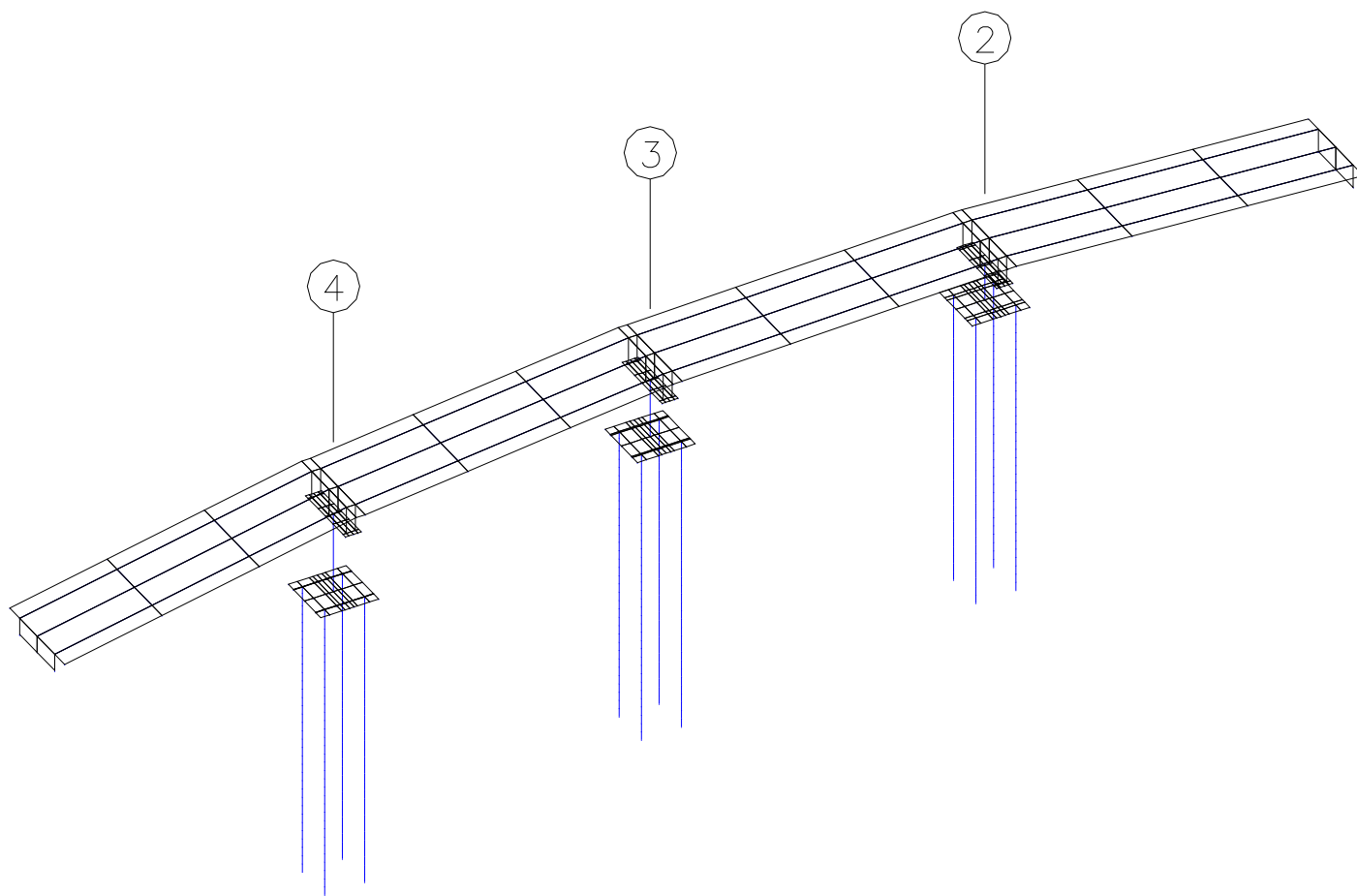


Figura 21. Modelo de análisis viaducto margen derecha

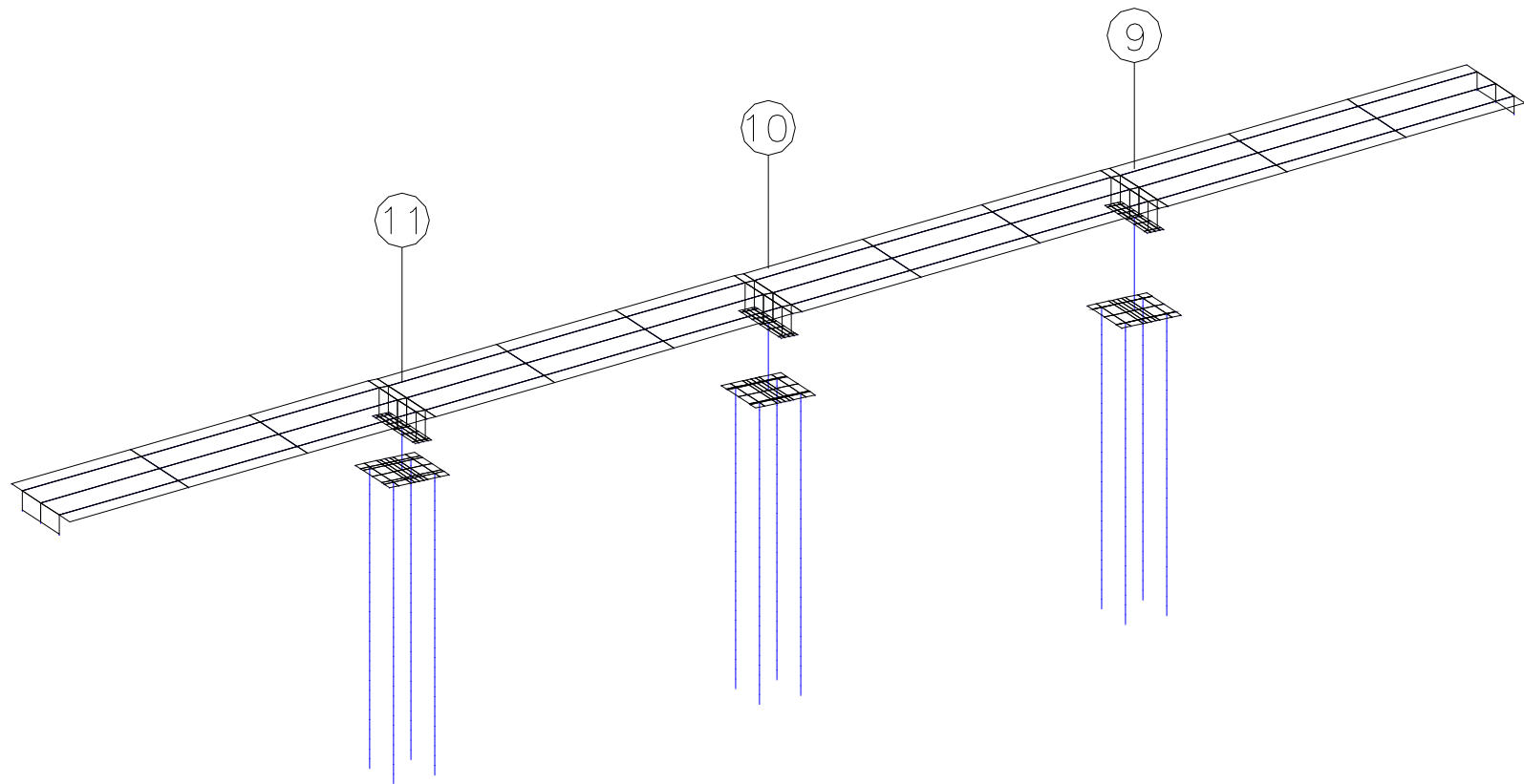


Figura 22. Modelo de análisis viaducto margen izquierda

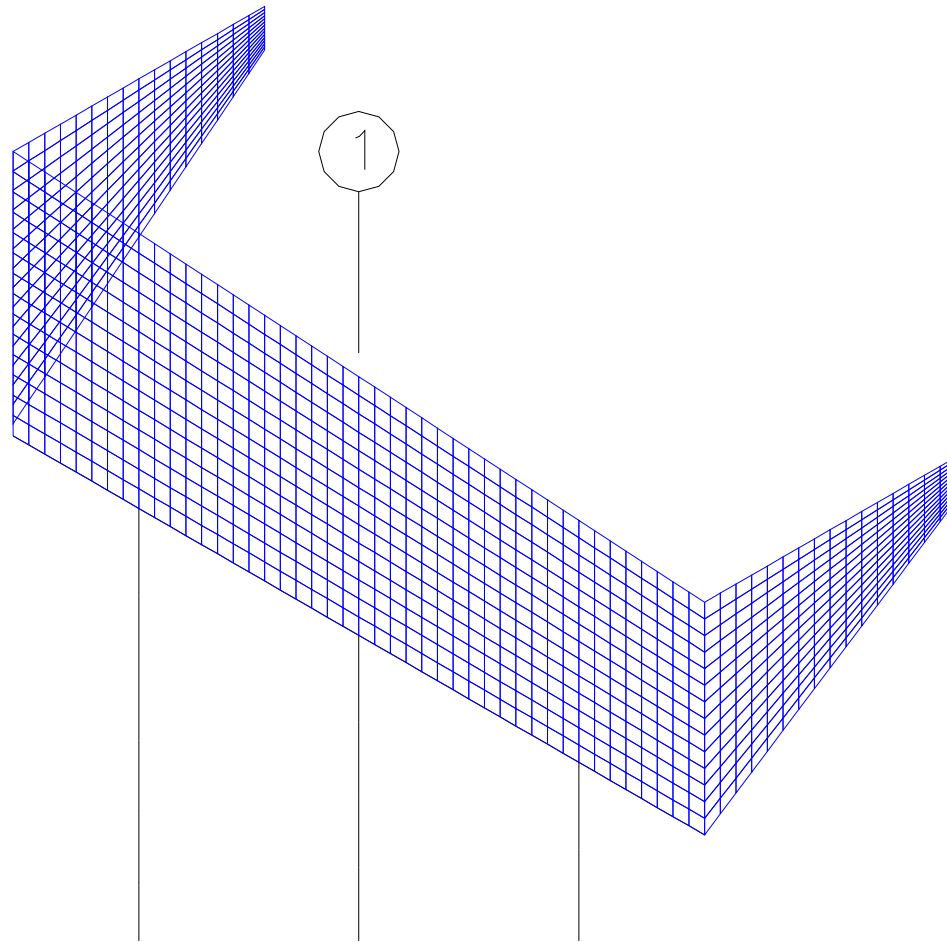


Figura 23. Modelo de análisis estribo margen derecha (elementos SHELL)

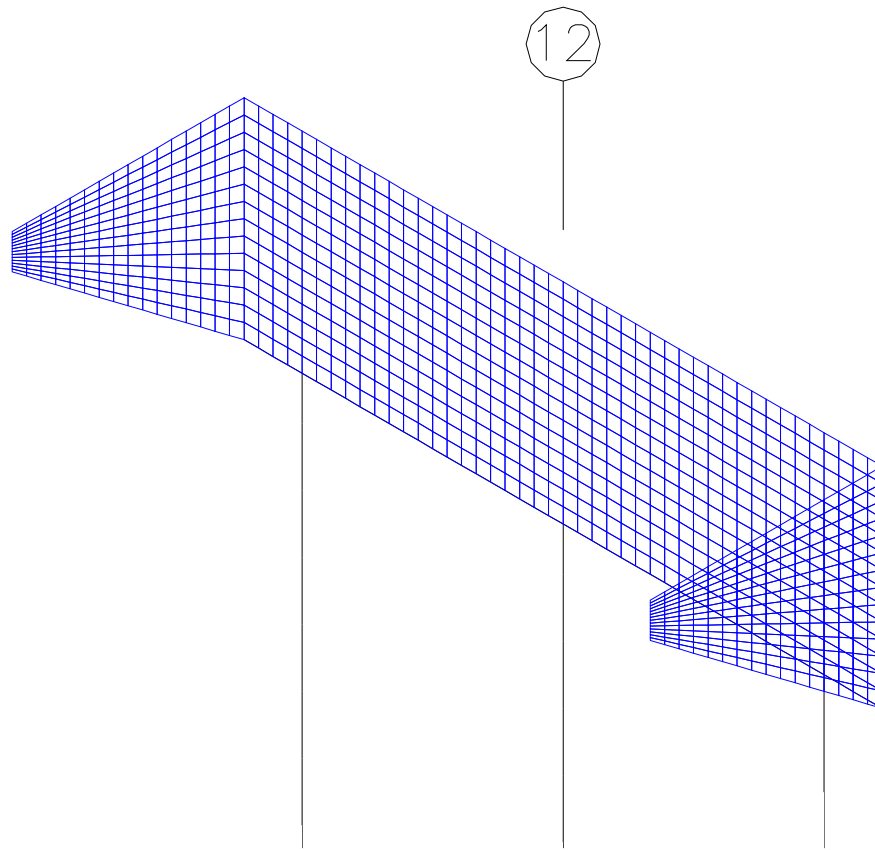
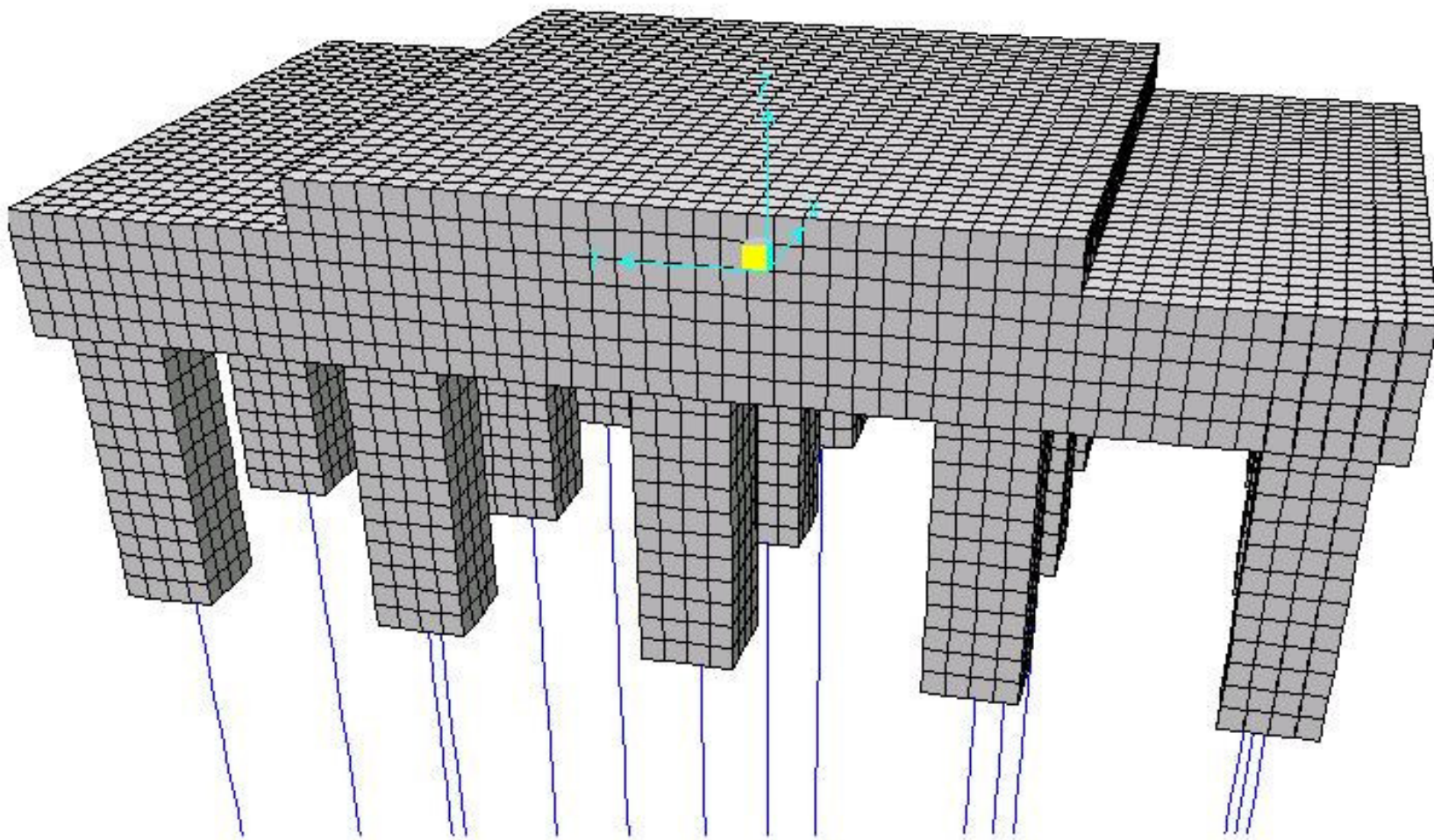


Figura 24. Modelo de análisis estribo margen izquierda (elementos SHELL)



**Figura 25. Modelo Tridimensional Zapata Apoyo 7
(elementos SOLID)**

PERFIL GEOTÉCNICO

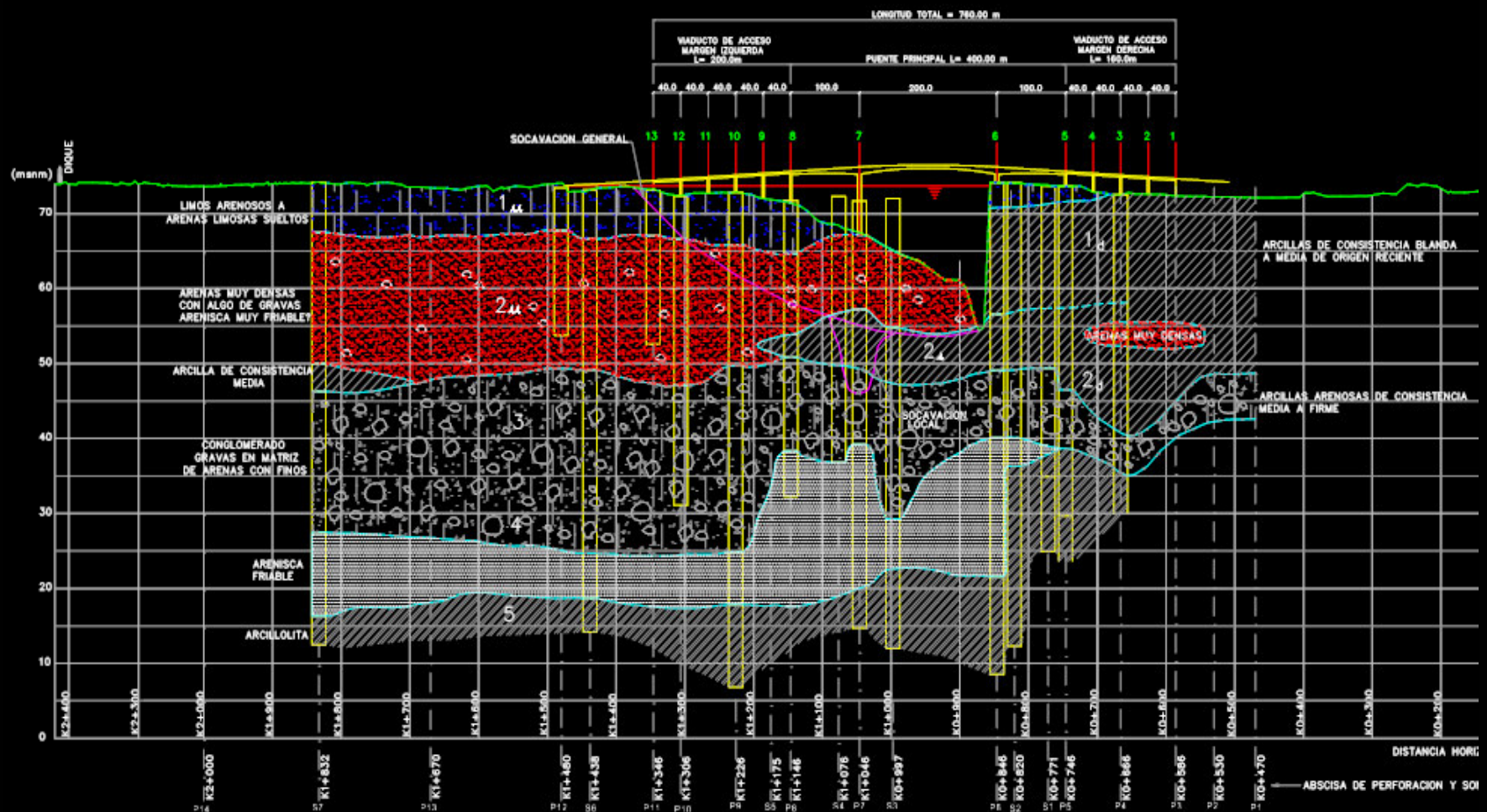


Figura 26

CLASIFICACION DE LOS SUELOS POR EL TAMAÑO DE PARTICULA (MARGEN DERECHA)

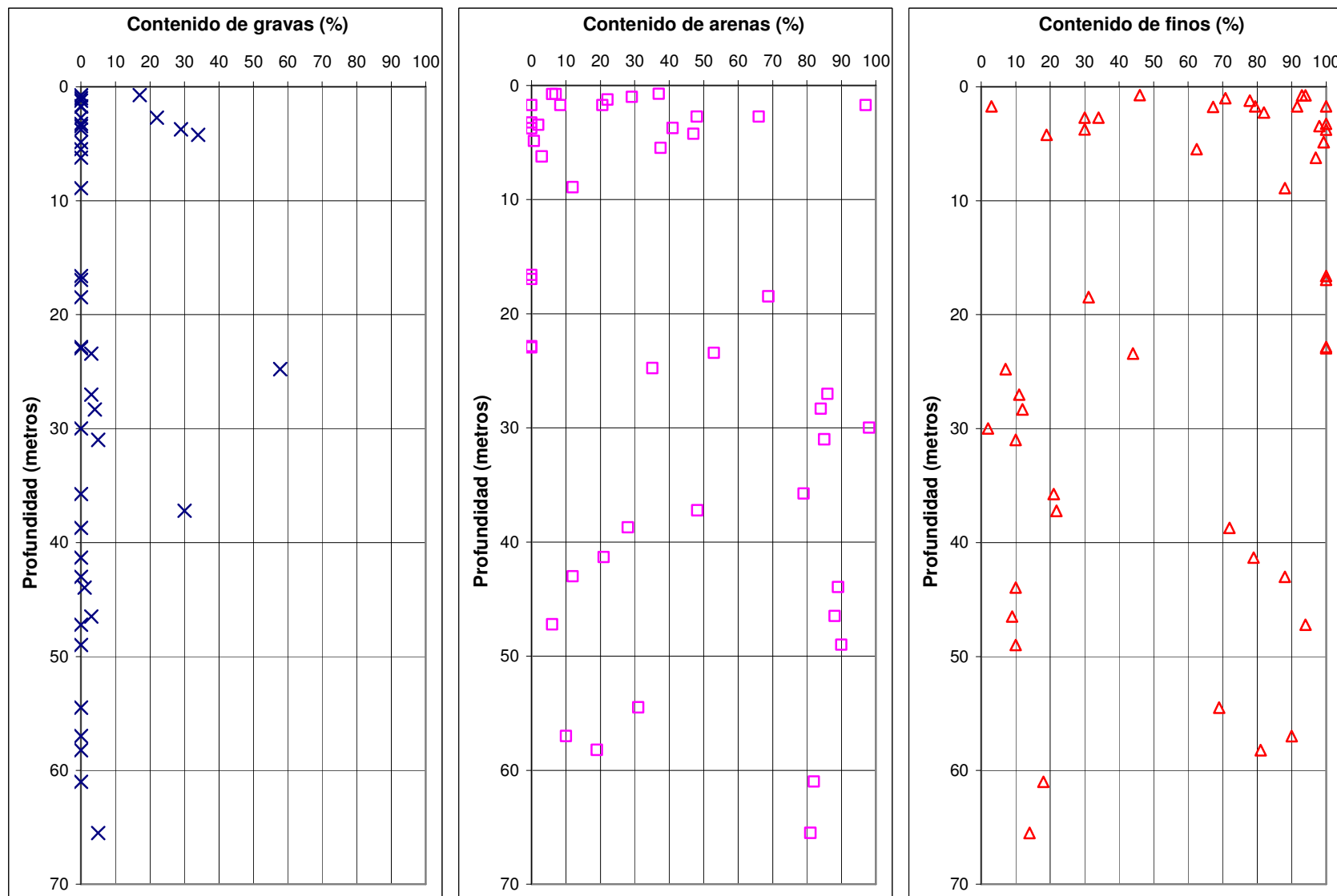


Figura 27

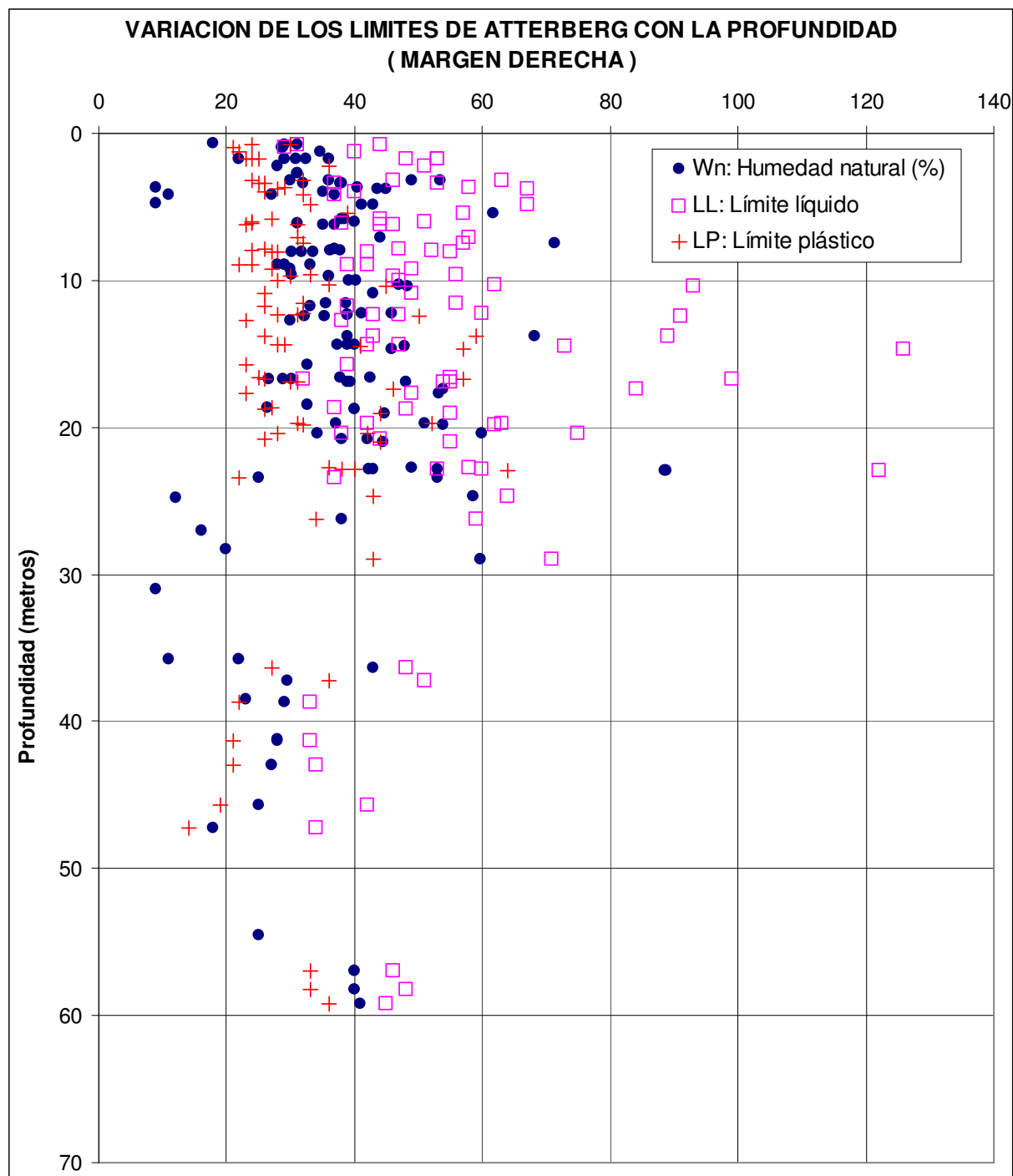


Figura 28

CARTA DE PLASTICIDAD.

PROYECTO PUENTE BARRANCABERMEJA - YONDO

MARGEN DERECHA

FECHA _____

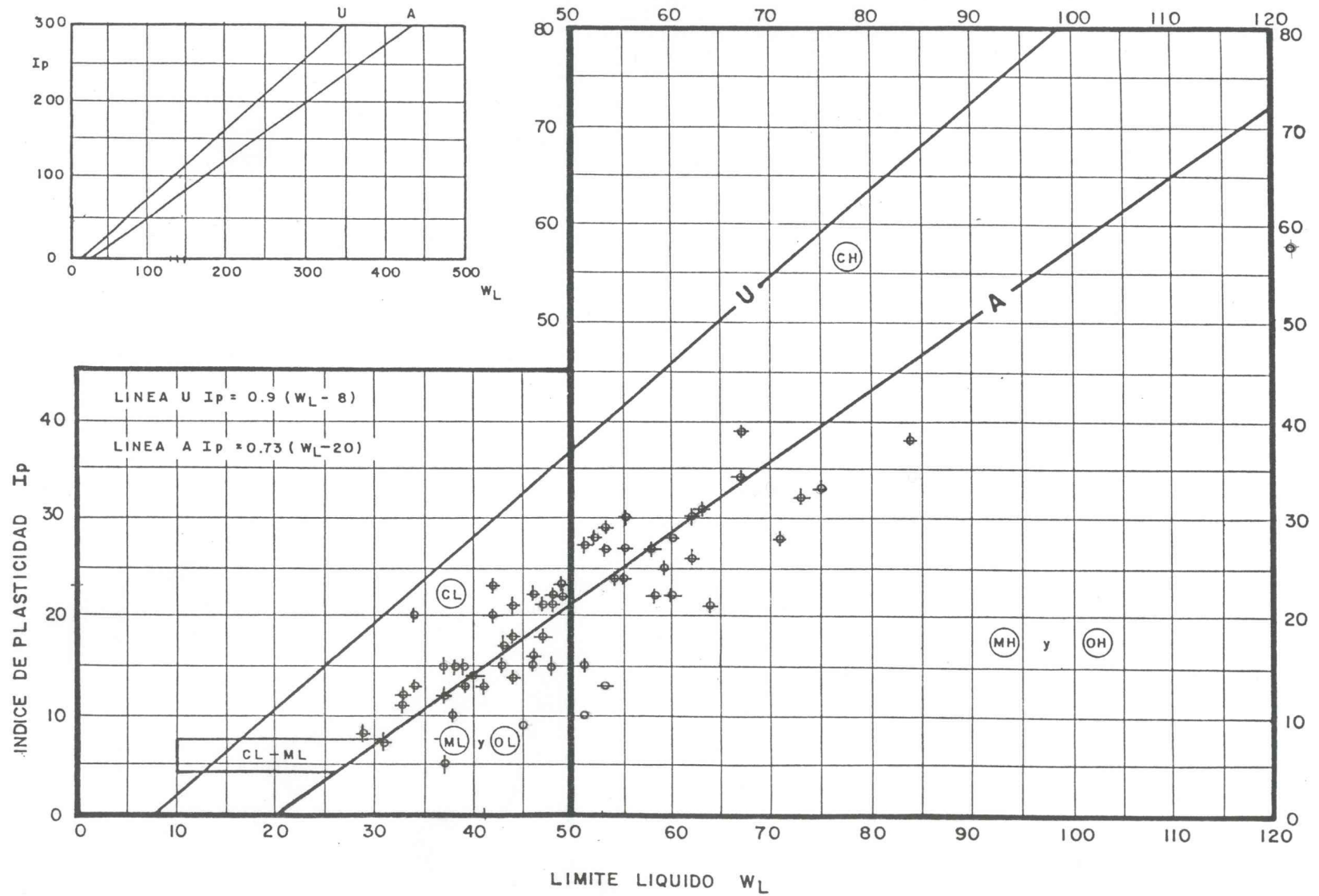


Figura 29

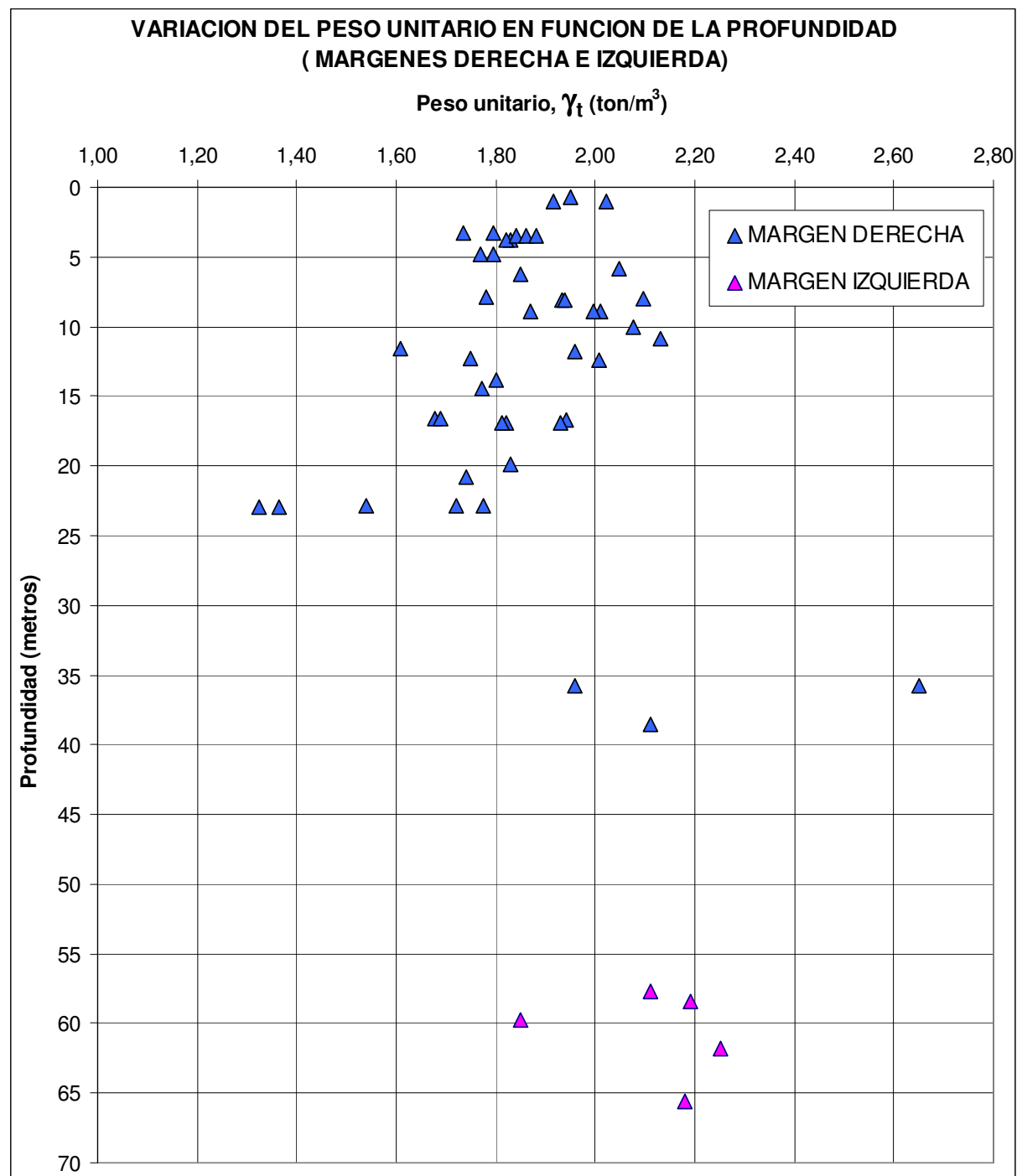


Figura 30

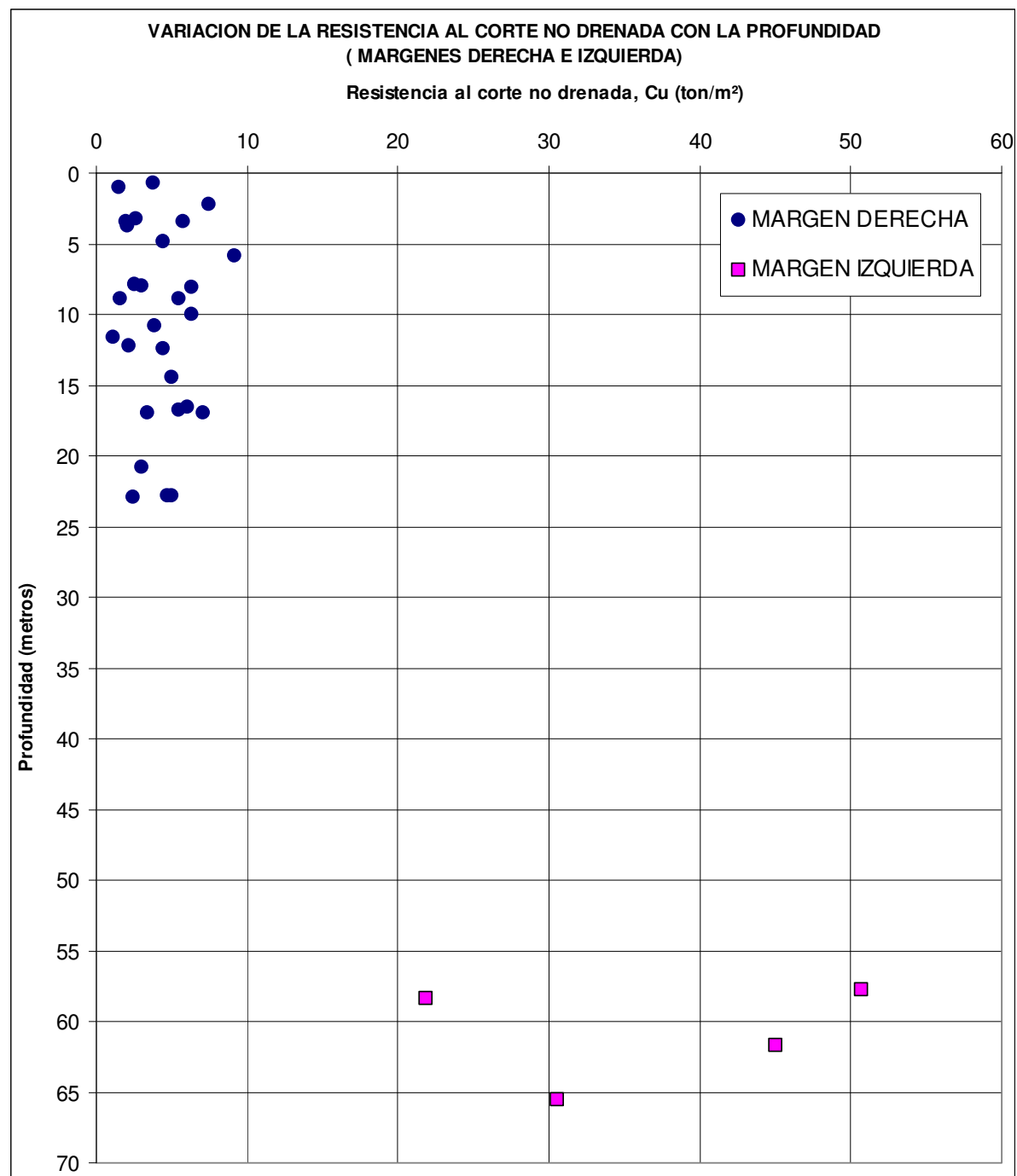
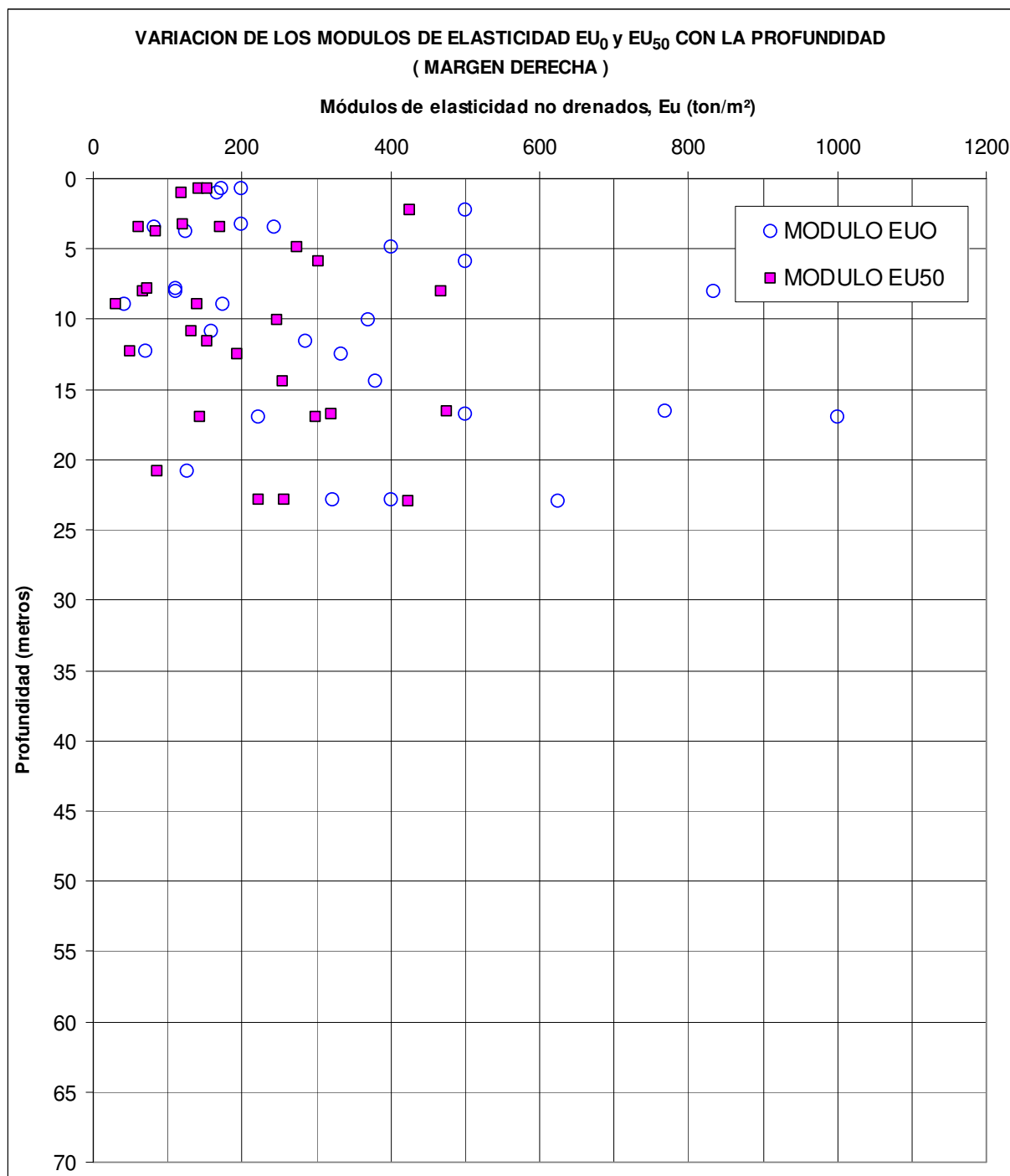


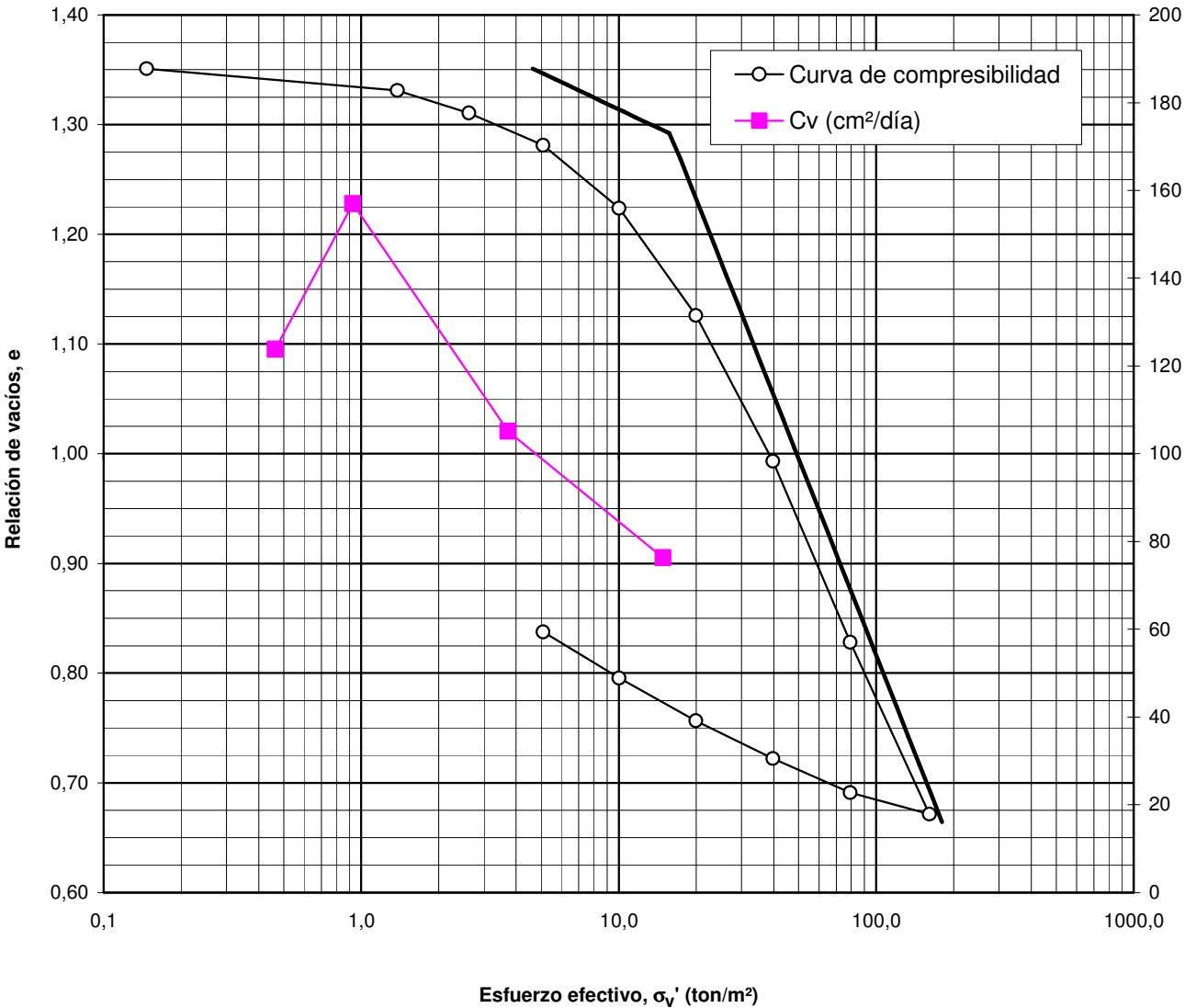
Figura 31



**VALORES
CALCULADOS A
PARTIR DE
ENSAYOS DE
COMPRESIÓN
INCONFINADA**

Figura 32

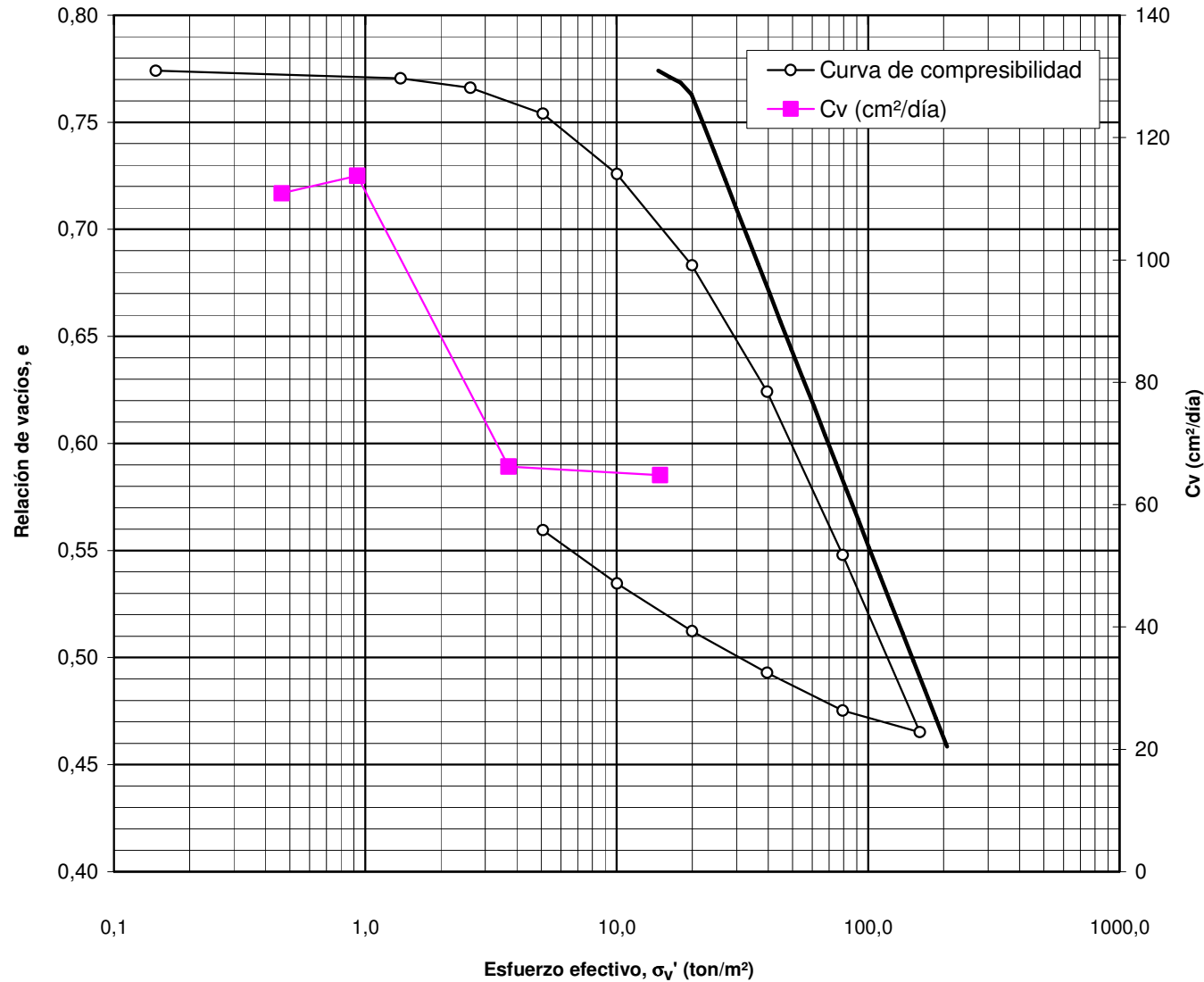
ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL
CURVA DE COMPRESIBILIDAD



PERFORACION N°:	P - 1
MUESTRA N°:	M - 1
PROFUNDIDAD (m):	2.95 - 3.55 m
DESCRIPCION:	LIMO arcilloso gris verdoso
HUMEDAD NATURAL (%):	53,4
LIMITE LIQUIDO :	63
LIMITE PLASTICO:	32
INDICE DE LIQUIDEZ:	0,54
PESO UNITARIO (ton/m³):	1,73
REL. DE VACIOS eo:	1,35
PESO ESPECIFICO Gs:	2,66
ESF. EFECTIVO VERTICAL INICIAL σ_v' o (ton/m²)	4,6
ESF. DE PRECONSOLID. σ_p' (ton/m²)	15,9
RELACION DE SOBRECONSOLID. RSC:	3,43
INDICE DE COMPRESION Cc:	0,595
INDICE DE RECOMPRESION Cr:	0,111
INDICE DE EXPANSION Ce:	0,111
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA Cu (ton/m²) (penetrómetro):	1,9

Figura 33

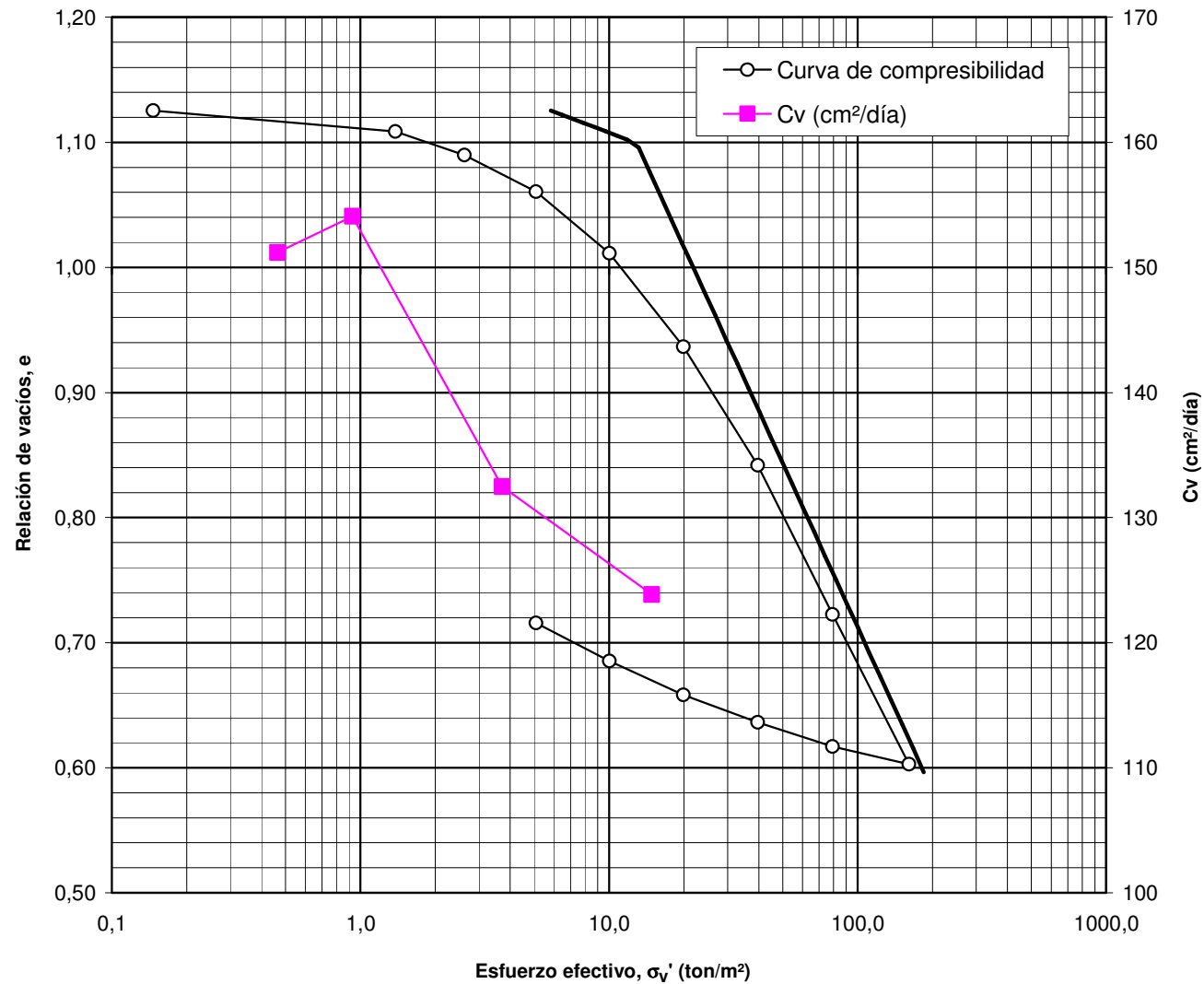
ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL CURVA DE COMPRESIBILIDAD



PERFORACION N°:	P - 2
MUESTRA N°:	M - 2
PROFUNDIDAD (m):	7.85 - 8.30 m
DESCRIPCION:	
ARCILLA gris, plástica	
HUMEDAD NATURAL (%):	30,2
LIMITE LIQUIDO :	55
LIMITE PLASTICO:	28
INDICE DE LIQUIDEZ:	0,21
PESO UNITARIO (ton/m^3):	1,94
REL. DE VACIOS e_0 :	0,77
PESO ESPECIFICO G_s :	2,64
ESF. EFECTIVO VERTICAL	
INICIAL σ'_o (ton/m^2)	14,6
ESF. DE PRECONSOLID.	
σ'_p (ton/m^2)	19,4
RELACION DE	
SOBRECONSOLID. RSC:	1,32
INDICE DE	
COMPRESION C_c :	0,300
INDICE DE	
RECOMPRESION C_r :	0,063
INDICE DE	
EXPANSION C_e :	0,063
RESISTENCIA AL	
CORTE NO DRENADA	
C_u (ton/m^2) (penetrómetro):	9,4

Figura 34

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL CURVA DE COMPRESIBILIDAD



PERFORACION N°:	P - 4
MUESTRA N°:	M - 1
PROFUNDIDAD (m):	22.70 - 23.20 m
DESCRIPCION:	
ARCILLA limosa gris verdosa	
HUMEDAD NATURAL (%):	43,6
LIMITE LIQUIDO :	67
LIMITE PLASTICO:	28
INDICE DE LIQUIDEZ:	0,43
PESO UNITARIO (ton/m^3):	1,82
REL. DE VACIOS e_0 :	1,13
PESO ESPECIFICO G_s :	2,69
ESF. EFECTIVO VERTICAL	
INICIAL σ'_o (ton/m^2)	5,8
ESF. DE PRECONSOLID.	
σ'_p (ton/m^2)	12,9
RELACION DE	
SOBRECONSOLID. RSC:	2,21
INDICE DE	
COMPRESION C_c :	0,435
INDICE DE	
RECOMPRESION C_r :	0,075
INDICE DE	
EXPANSION C_e :	0,075
RESISTENCIA AL	
CORTE NO DRENADA	
C_u (ton/m^2) (penetrómetro):	2,50

Figura 35

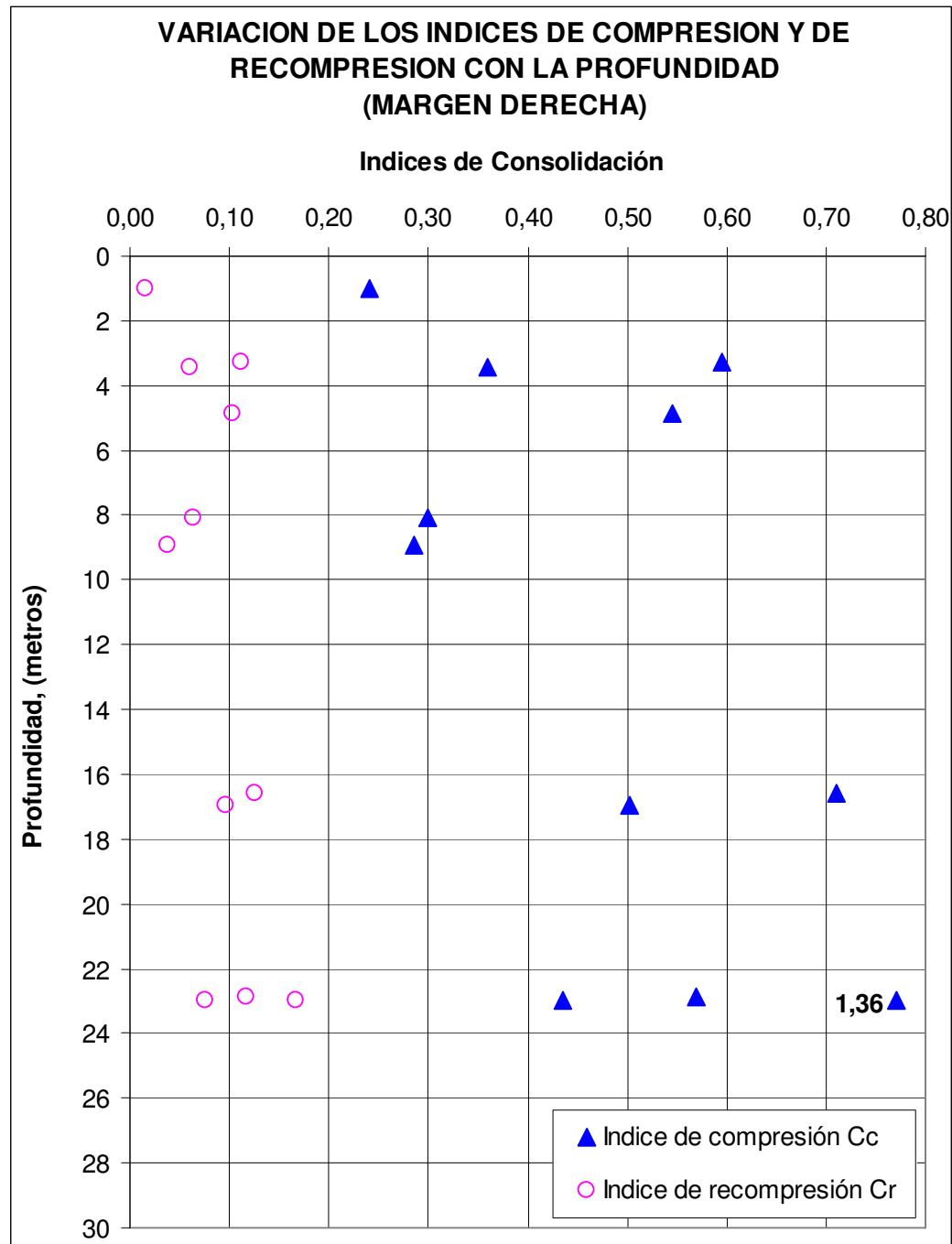


Figura 36

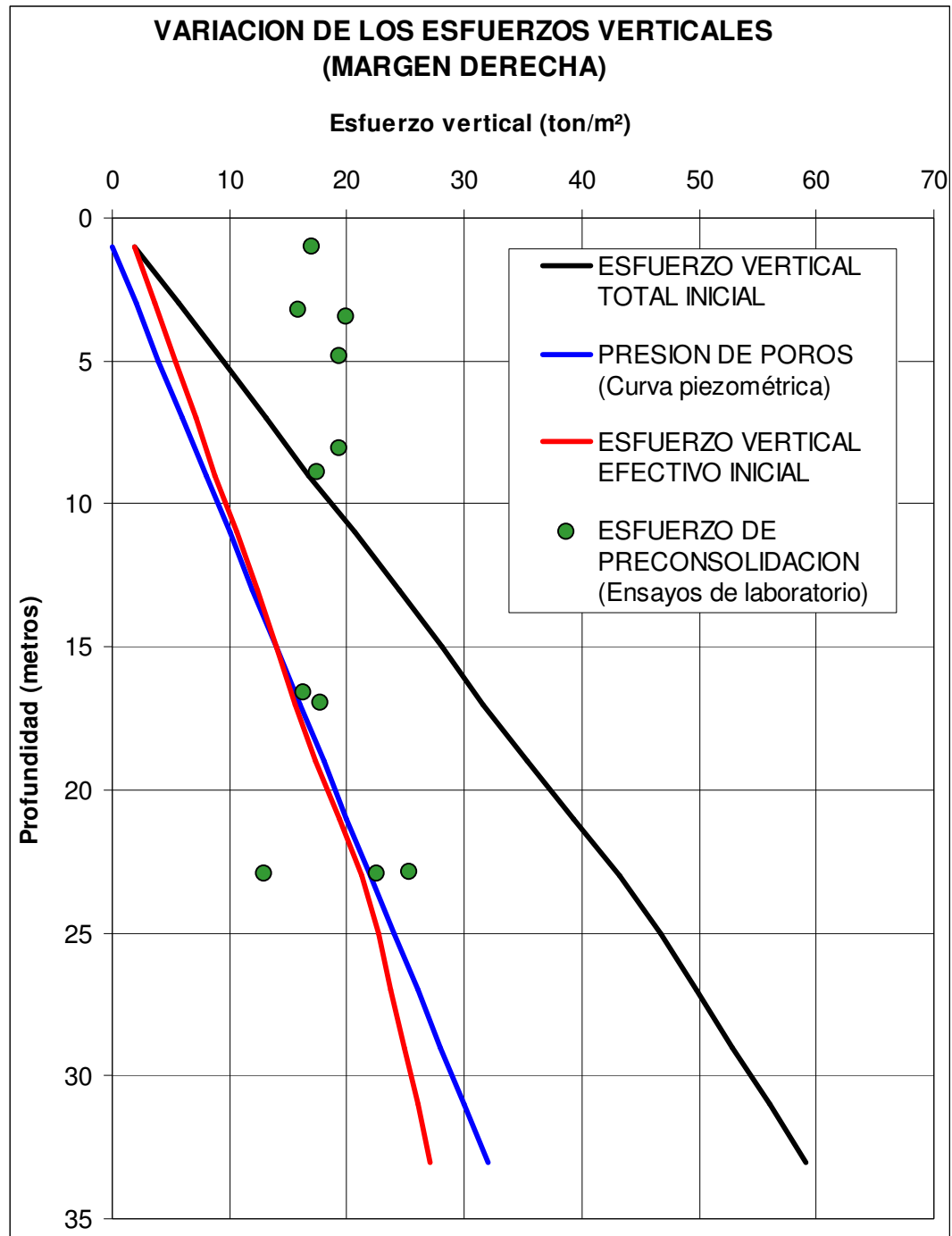


Figura 37

CLASIFICACION DE LOS SUELOS POR EL TAMAÑO DE PARTICULA (MARGEN IZQUIERDA)

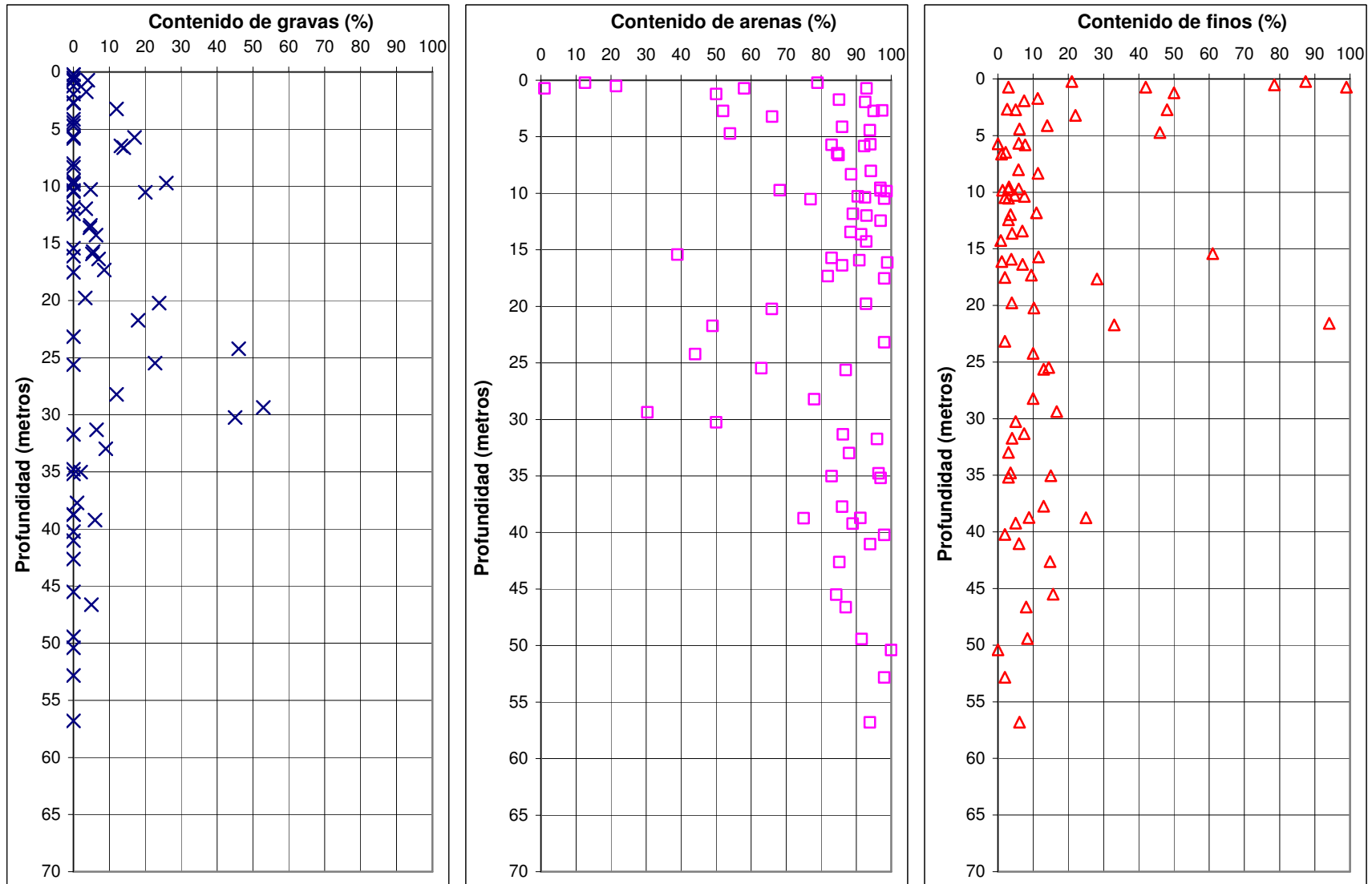


Figura 38

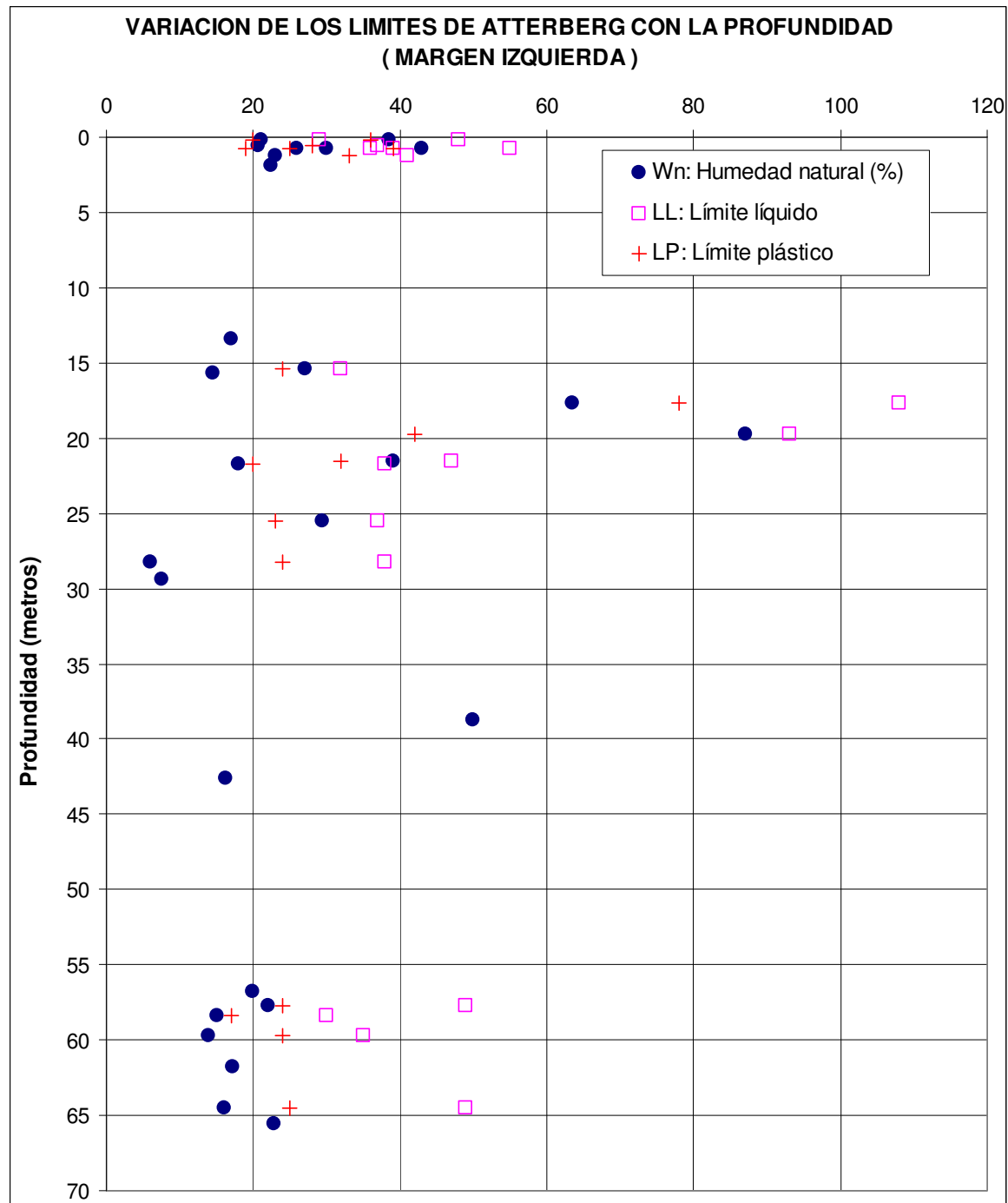
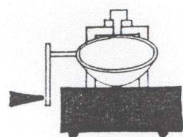


Figura 39



INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

CARTA DE PLASTICIDAD.

PROYECTO PUENTE BARRANCABERMEJA-YONDO MARGEN IZQUIERDA

FECHA _____

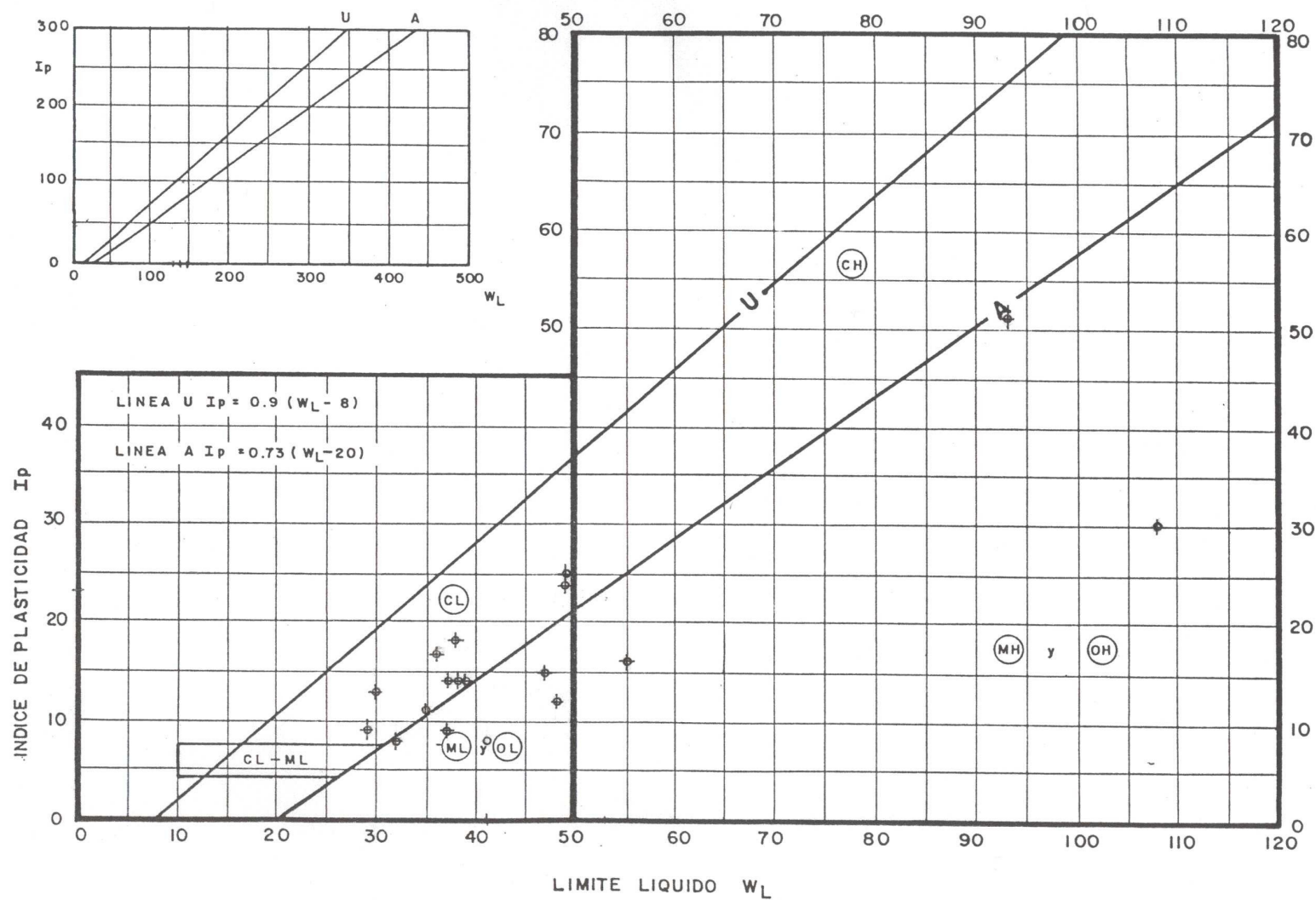
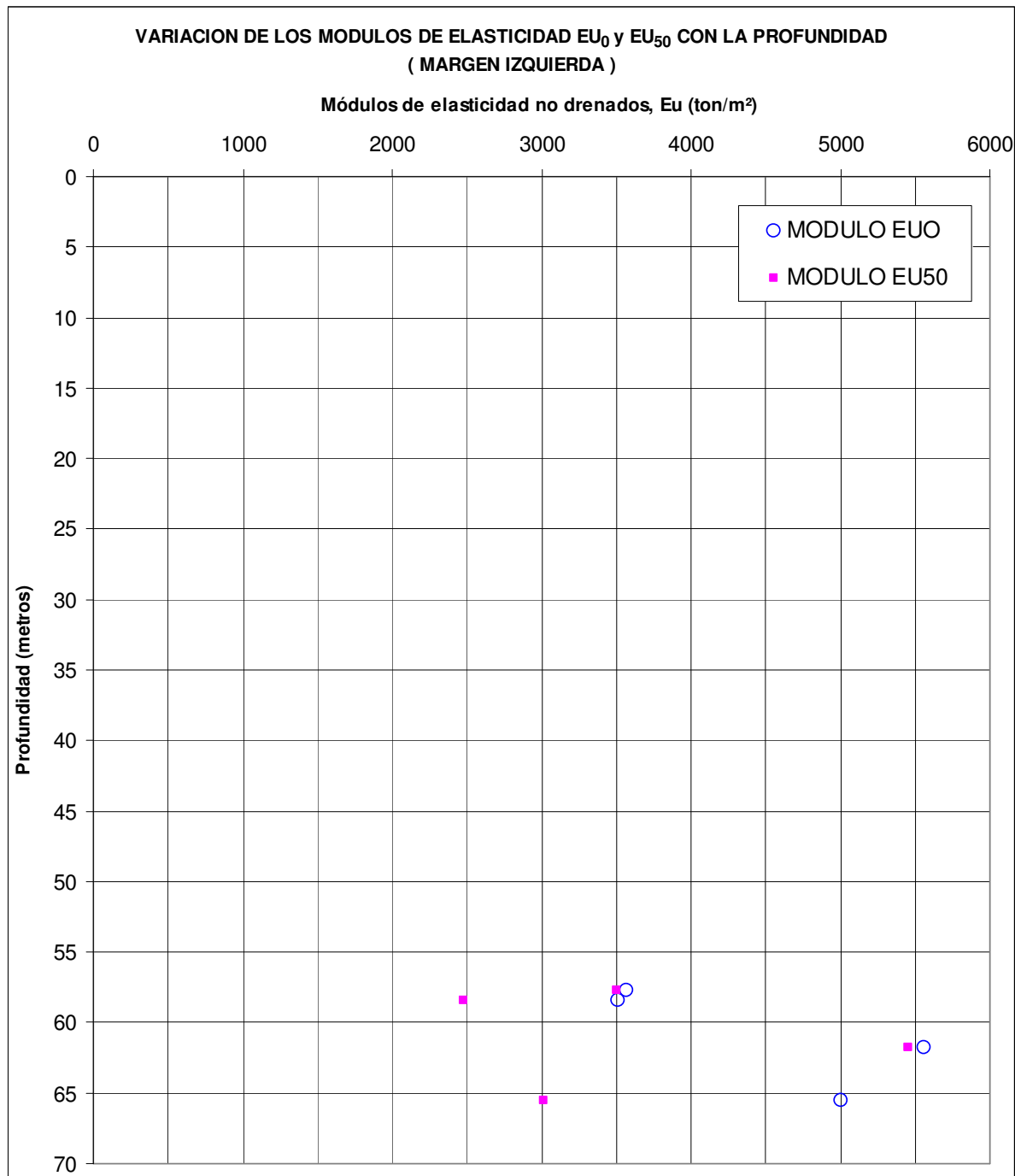


Figura 40

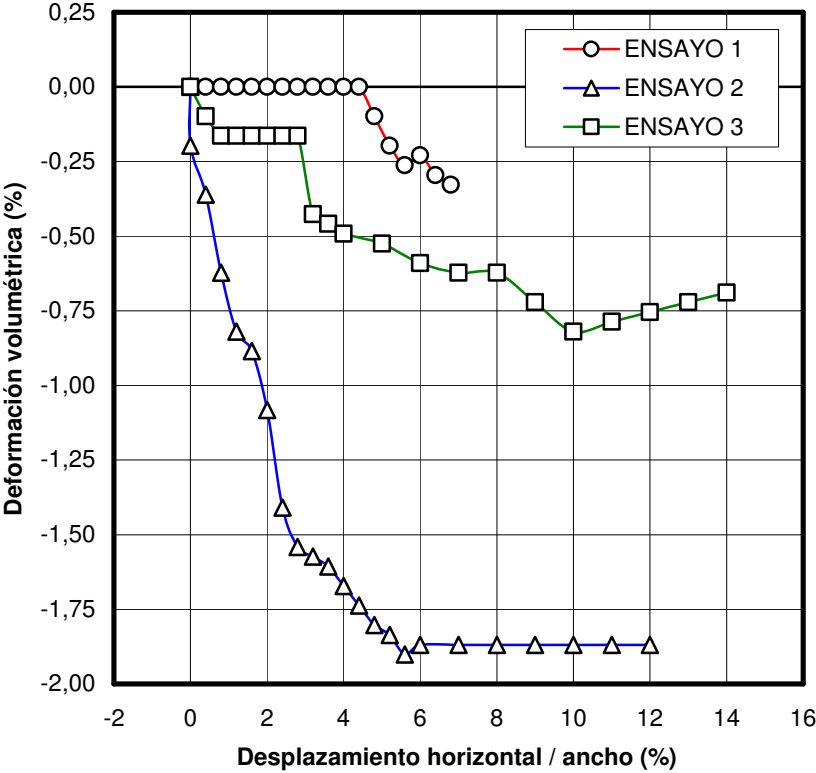
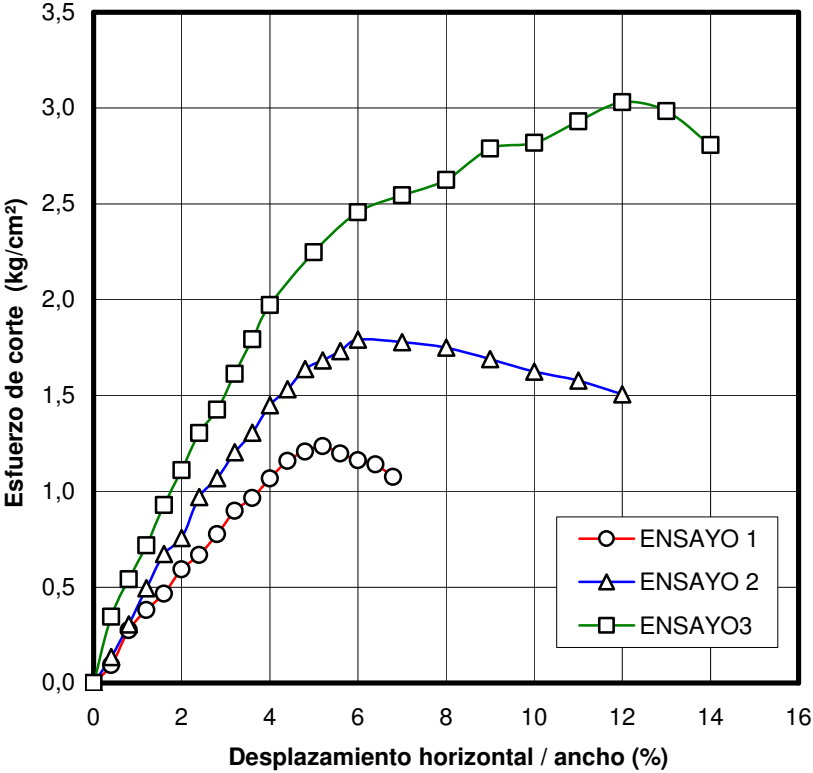


NOTA:

Valores calculados
a partir de ensayos
de compresión
inconfiada

Figura 41

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

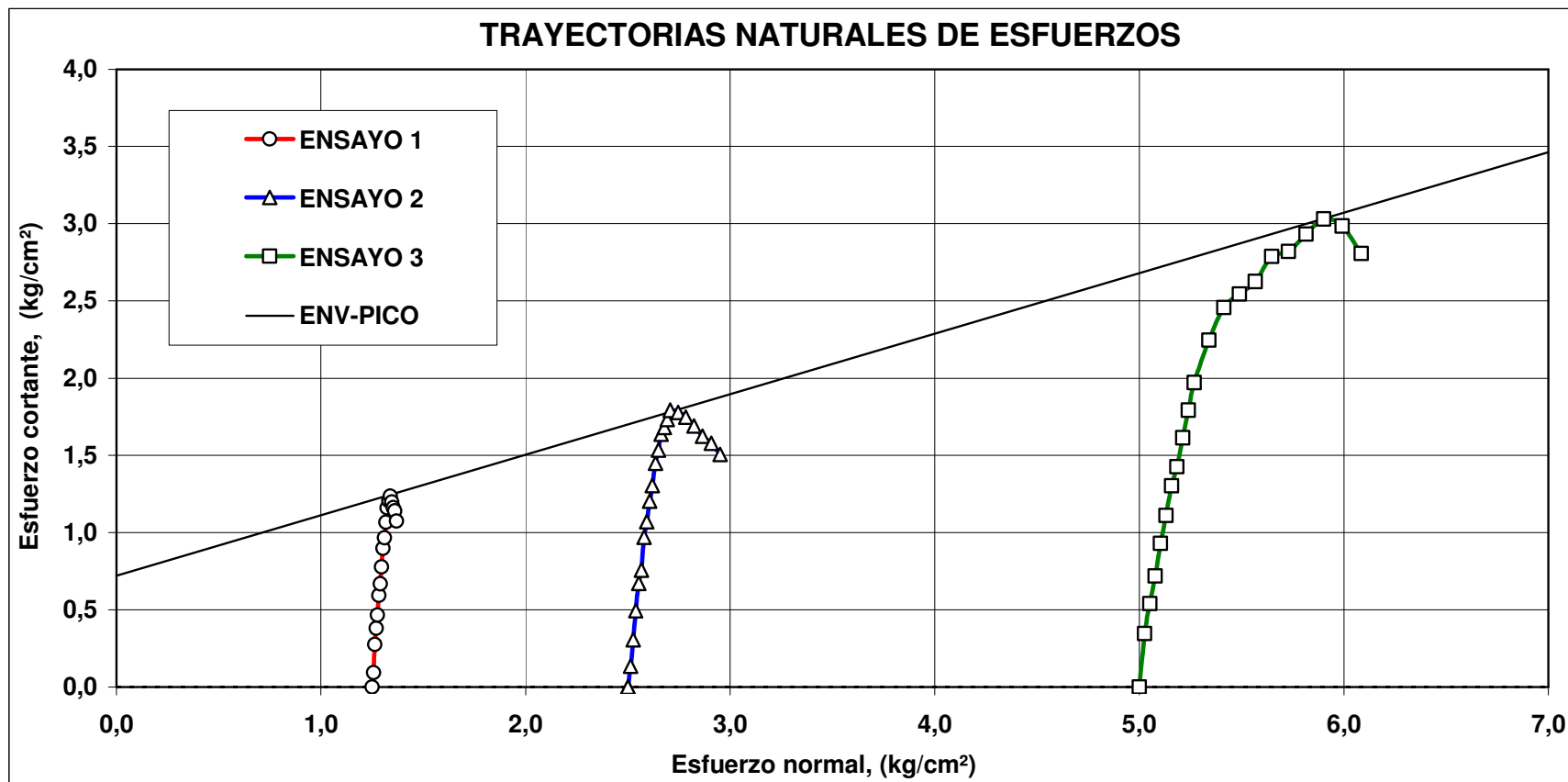


PERFORACION	P - 9
MUESTRA	-
PROFUNDIDAD	59.45 - 60.00 m
DESCRIPCION	ARCILLA gris clara

HUMEDAD INICIAL (%)	13,3
HUMEDAD FINAL (%)	-
PESO UNITARIO SECO (ton/m³)	1,61
PESO UNITARIO TOTAL (ton/m³)	1,83

Figura 42

ENSAYO DE CORTE DIRECTO



PERFORACION	P - 9
MUESTRA	-
PROFUNDIDAD	59.45 - 60.00 m
DESCRIPCION	ARCILLA gris clara

PARAMETROS DE RESISTENCIA	
	RESISTENCIA PICO
c (kg/cm^2)=	0,72
Φ ($^\circ$) =	21,4

Figura 43

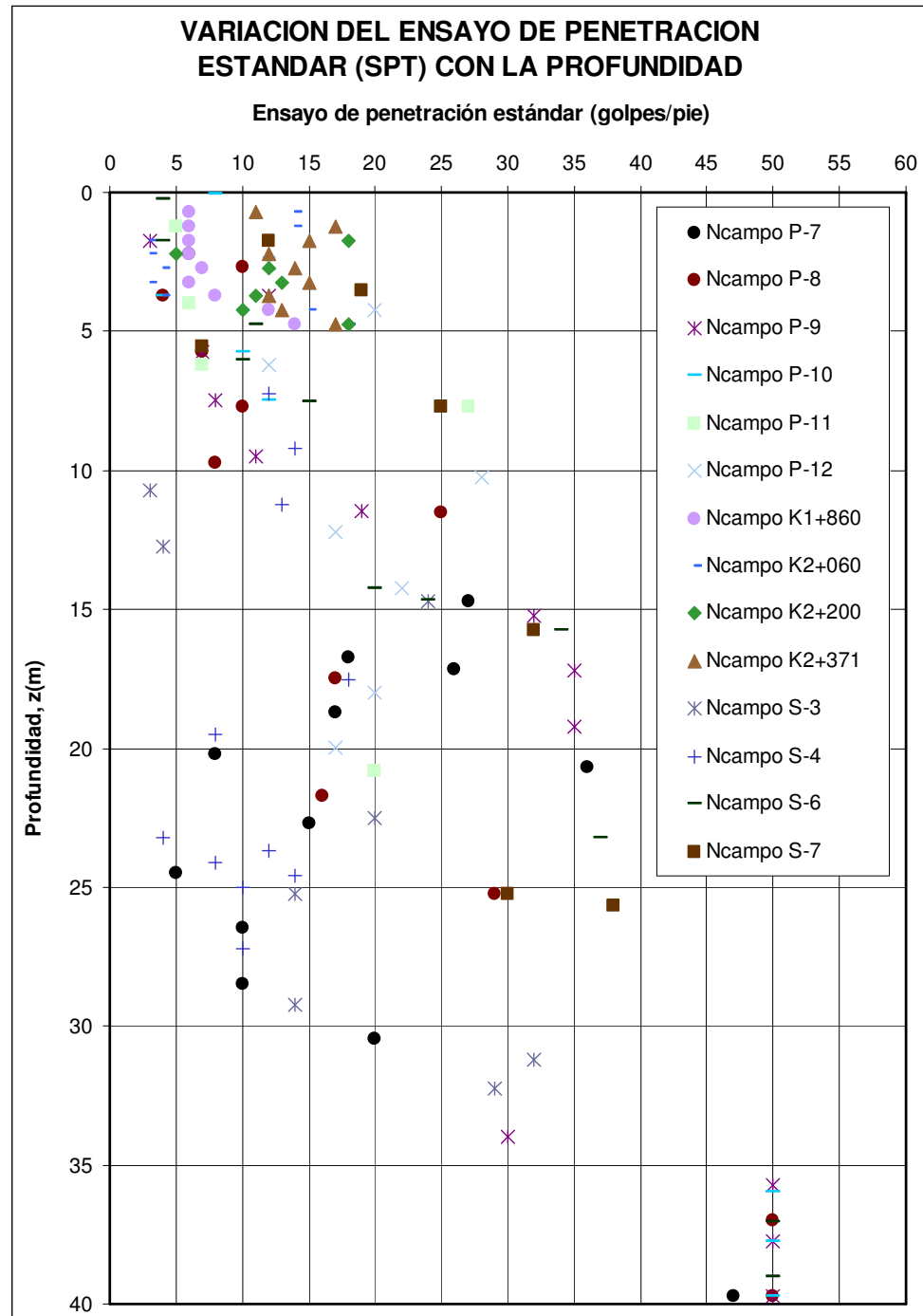
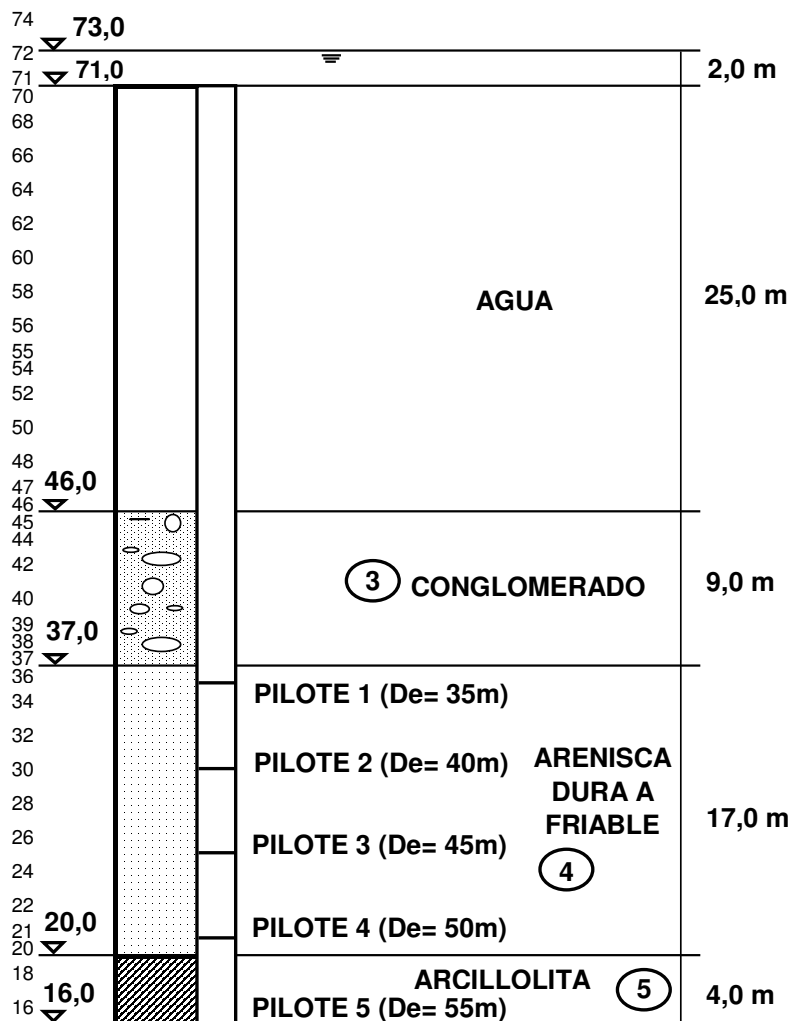


Figura 44

CAPACIDAD PORTANTE - COMPRESION AXIAL

PILA No. 7 (S.M.: Socavación máxima)



(S.M.: Socavación máxima)

$$P_{F1} = 0,0 \text{ (ton)}$$

$$P_{F2} = 0,0 \text{ (ton)}$$

$$P_{F3} = \pi \times B \times 10,0 \times 9,0 = 282,7 B \text{ (ton)}$$

$$P_{F4} = \pi \times B \times D_4 \times 10,0 = 31,4 \times D_4 \times B \text{ (ton)} \quad (D_4 = \text{variable entre 1 y 17 m})$$

$$P_{F5} = \pi \times B \times 4,0 \times 10,0 = 125,7 B \text{ (ton)}$$

$$\sigma_{BU4} = (9 \times 50) + (1 \times 27 + 2 \times 9 + 2 \times D_4) = 450 + (45 + 2 \times D_4) \text{ (ton / m}^2\text{)}$$

$$P_{BU4} = \pi \times B^2 \times (450 + (45 + 2 \times D_4)) / 4 = 353,4 \times B^2 + (35,3 + 1,6 \times D_4) \times B^2 \text{ (ton)}$$

$$\sigma_{BU5} = (450) + (1 \times 27 + 2 \times 30) = 537 \text{ ton / m}^2$$

$$P_{BU5} = \pi \times B^2 \times (450 + 87) / 4 = 353,4 \times B^2 + 68,3 \times B^2 = 421,7 \times B^2 \text{ (ton)}$$

$$f_{su} = 10,0 \text{ ton / m}^2$$

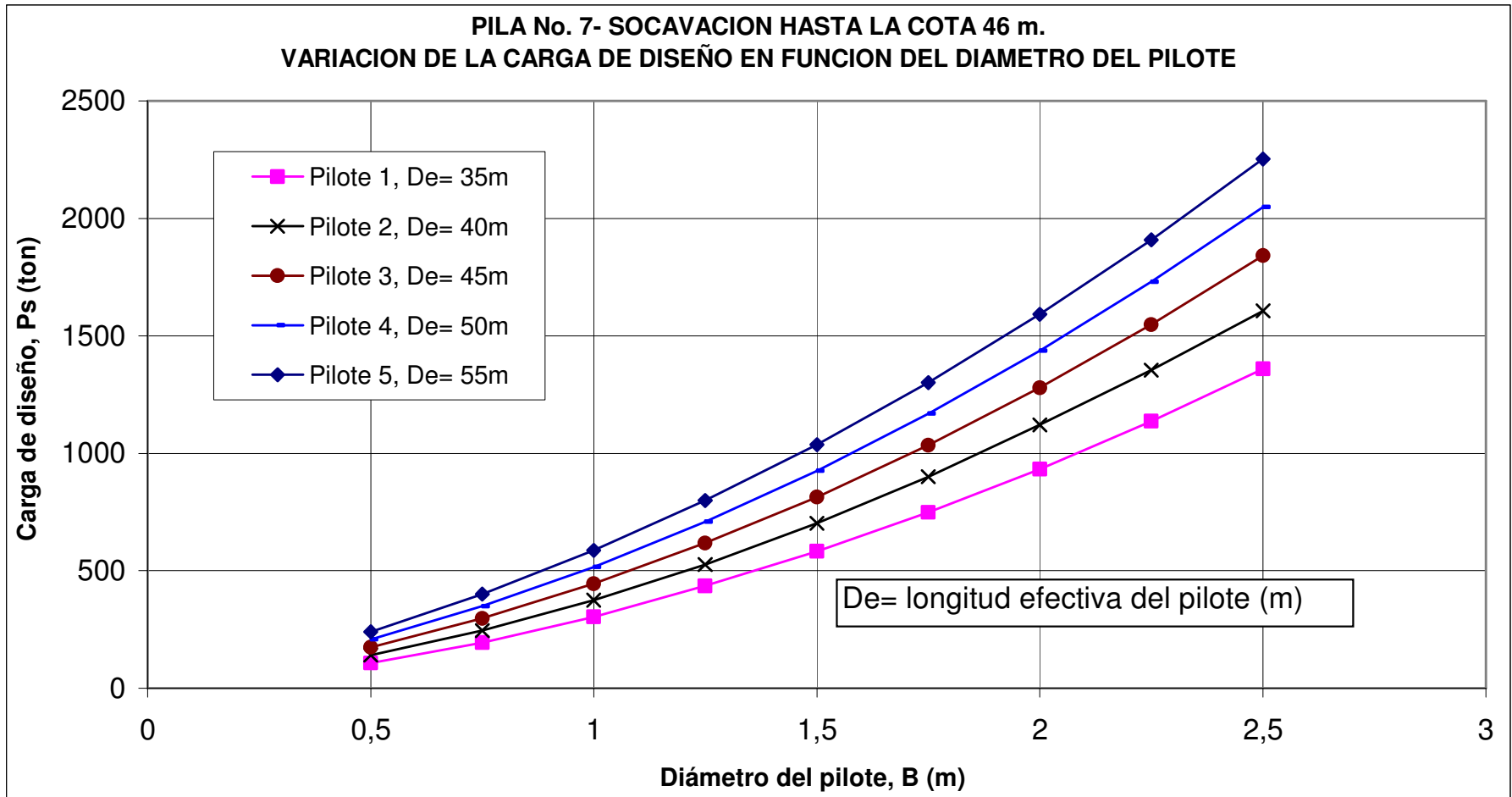
$$f_{su} = 10,0 \text{ ton / m}^2$$

$$Cu = 50,0 \text{ ton / m}^2$$

$$f_{su} = 10,0 \text{ ton / m}^2$$

$$Cu = 50,0 \text{ ton / m}^2$$

Figura 45



NOTA:

Ps: Carga de seguridad del pilote (sin descontar el peso propio del pilote).

Figura 46

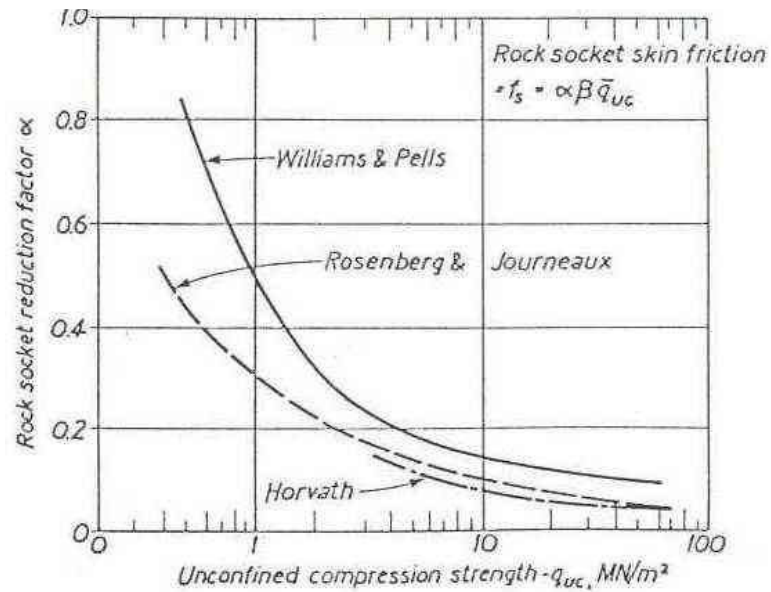


Fig. 4.38 Reduction factors for rock socket skin friction

RQD (%)	Fracture frequency per metre	Mass factor j
0-25	15	0.2
25-50	15-8	0.2
50-75	8-5	0.2-0.5
75-90	5-1	0.5-0.8
90-100	1	0.8-1

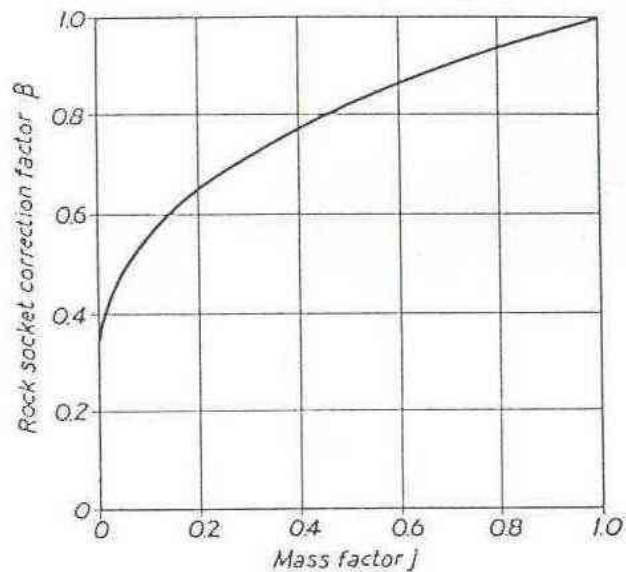


Fig. 4.39 Reduction factors for discontinuities in rock mass (after Williams and Pellis^(1,58))

Table 4.8 Observed ultimate skin friction values for bored piles in weak rocks

Description of rock	Ultimate skin friction (kN/m²)	Reference
Mudstone, weathered (Keuper Marl Zone II)	250-280	4.48
Mudstone, weathered (Keuper Marl Zone II)	210	4.49
Mudstone, weathered (Keuper Marl Zone III-IV)	150-180	4.48
Mudstone, weathered (Keuper Marl Zone III-IV)	119	4.49
Siltstone, weak, weathered, fractured ($q_{uc} = 2.6 \text{ MN/m}^2$, $j = 0.2$)	550	Unpubl.
Mudstone/siltstone, moderately weak ($q_{uc} = 11 \text{ MN/m}^2$, $j = 0.2$)	1030	Unpubl.
Shale, very weak ($q_{uc} = 0.45 \text{ MN/m}^2$)	311	4.58
Shale, slaty, weathered	279*	Unpubl.
Cretaceous mudstone, weak, weathered, clayey ($q_{uc} = 1.1 \text{ MN/m}^2$)	120-184	4.50
Diabase, highly weathered, weak, clayey ($q_{uc} = 0.3 \text{ to } 0.5 \text{ MN/m}^2$)	122	4.60

* From anchor pulling test.

Rock Sockets : Shaft Friction vs Unconfined Compressive Strength Design Approach

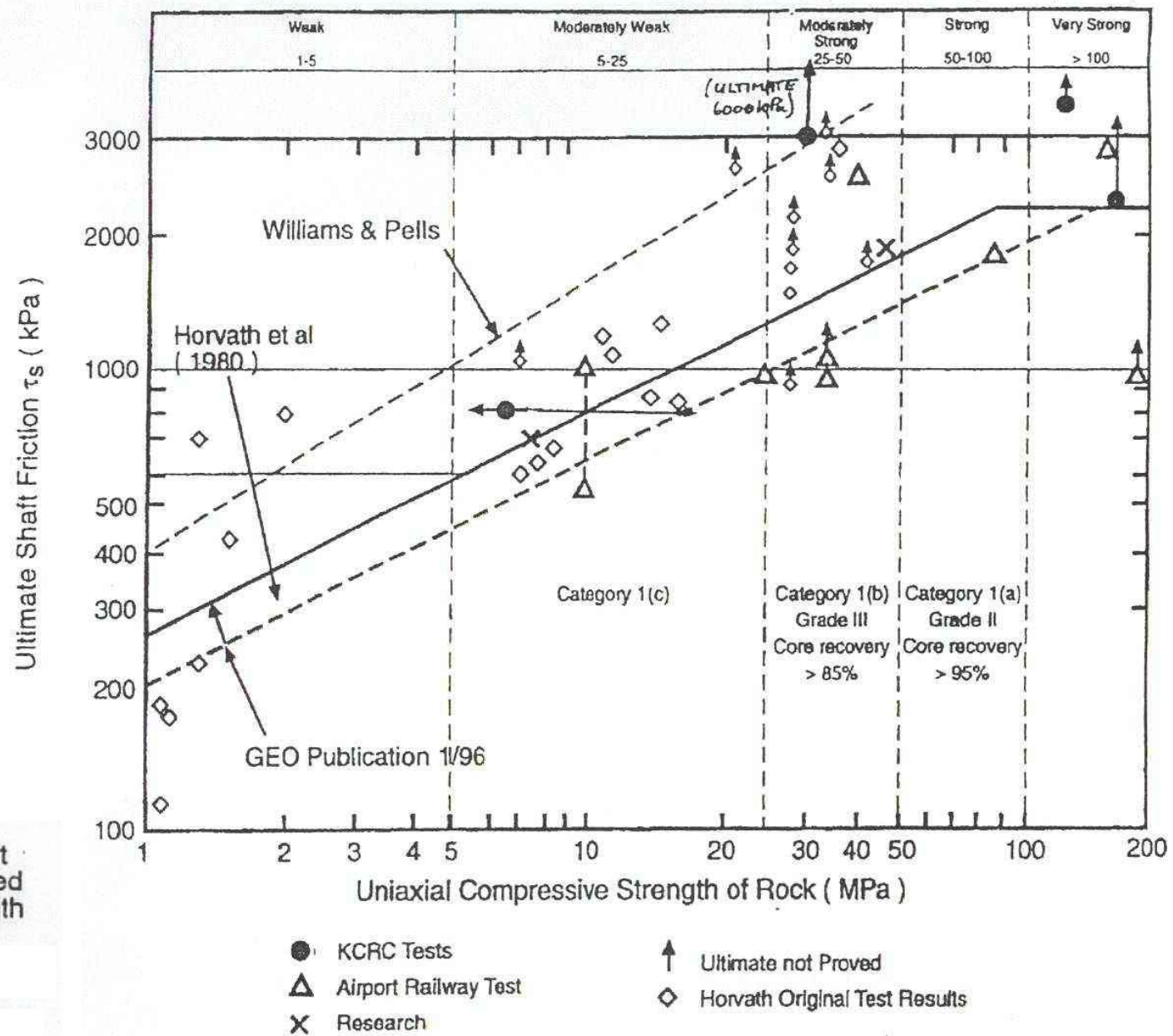


Figura 48

2.3.2.2 Comparison between measured and estimated results

Fig. 7 shows the comparison between the unit tip resistances measured by the loading test of pile at the pile settlement of 10 % of pile diameter and estimated by CPT. The solid line in the figure is the regression line for all data points, which has the slope of 0.35. This means that the value of α in Eq.(7) is about 0.35, that is, for the large-scale bored piles, the tip resistance should be reduced by 0.35 times the estimated value by directly applying the CPT cone resistance. This may come from the disturbance of ground during construction, the condition of the slime treatment, the size effect between the pile and the penetrated cone.

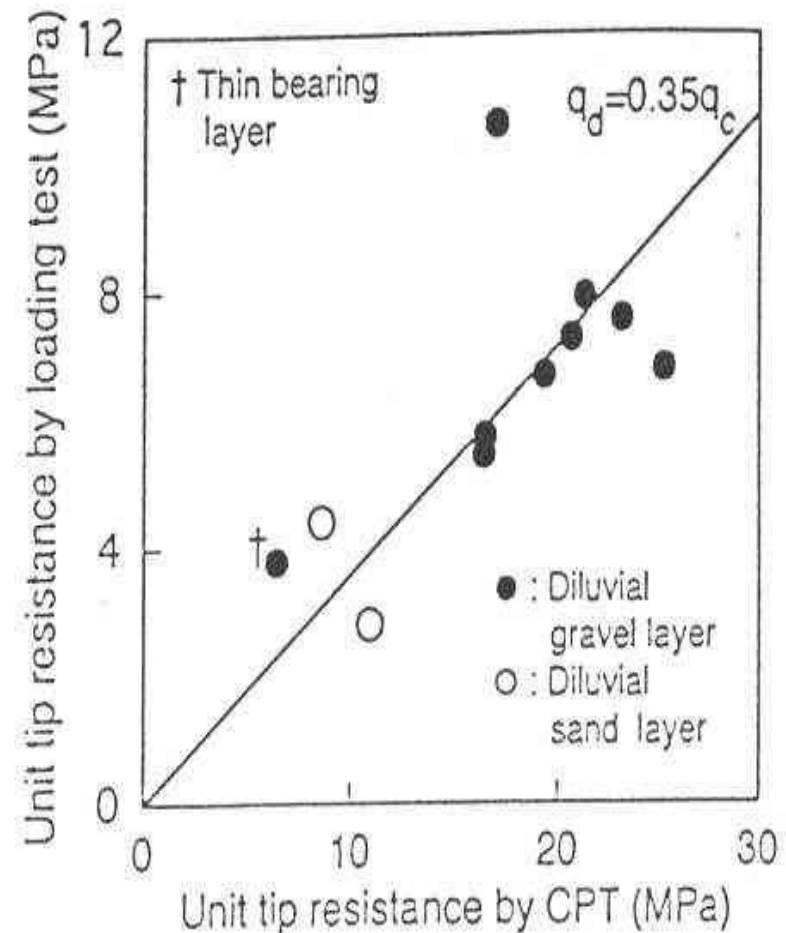


Fig. 7 Comparison between measured and estimated unit tip resistances

2.3.3 SPT-based design correlations

As for the unit tip resistance q_d , the following estimation can be used for design, considering the lower bound of loading test results as shown in Eq.(3).

$$\left. \begin{array}{l} \text{For diluvial gravel layer (N} \geq 30\text{):} \\ \quad q_d = 5.0 \text{ MPa} \\ \text{For diluvial sand layer (N} \geq 30\text{):} \\ \quad q_d = 2.5 \text{ MPa} \end{array} \right\} \quad (11)$$

As for the shaft resistance for each soil type, Fig. 9 shows the correlation between unit shaft resistance f and N-value in SPT. Based on the results, the unit shaft resistance of bored piles can be estimated by the following equations.

$$\left. \begin{array}{l} \text{For sandy and diluvial clayey soils:} \\ \quad f = 3N \ (\leq 15) \text{ kPa} \\ \text{For alluvial clayey soils:} \\ \quad f = 10N \ (\leq 15) \text{ kPa} \end{array} \right\} \quad (12)$$

After all, the ultimate bearing resistance of pile can be estimated by Eq.(4).

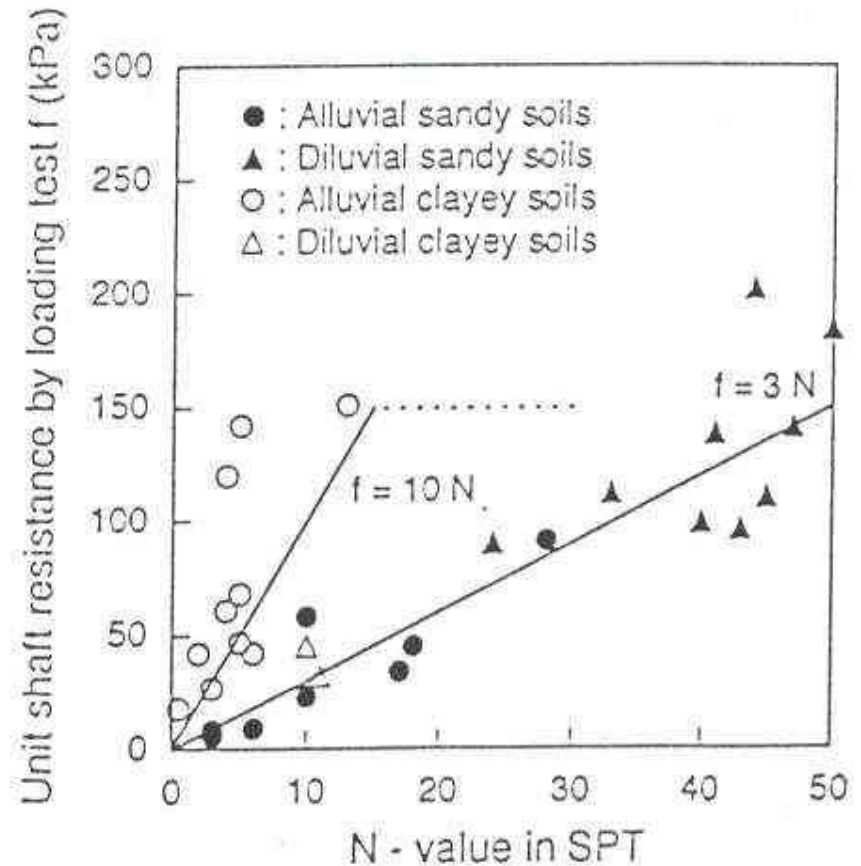
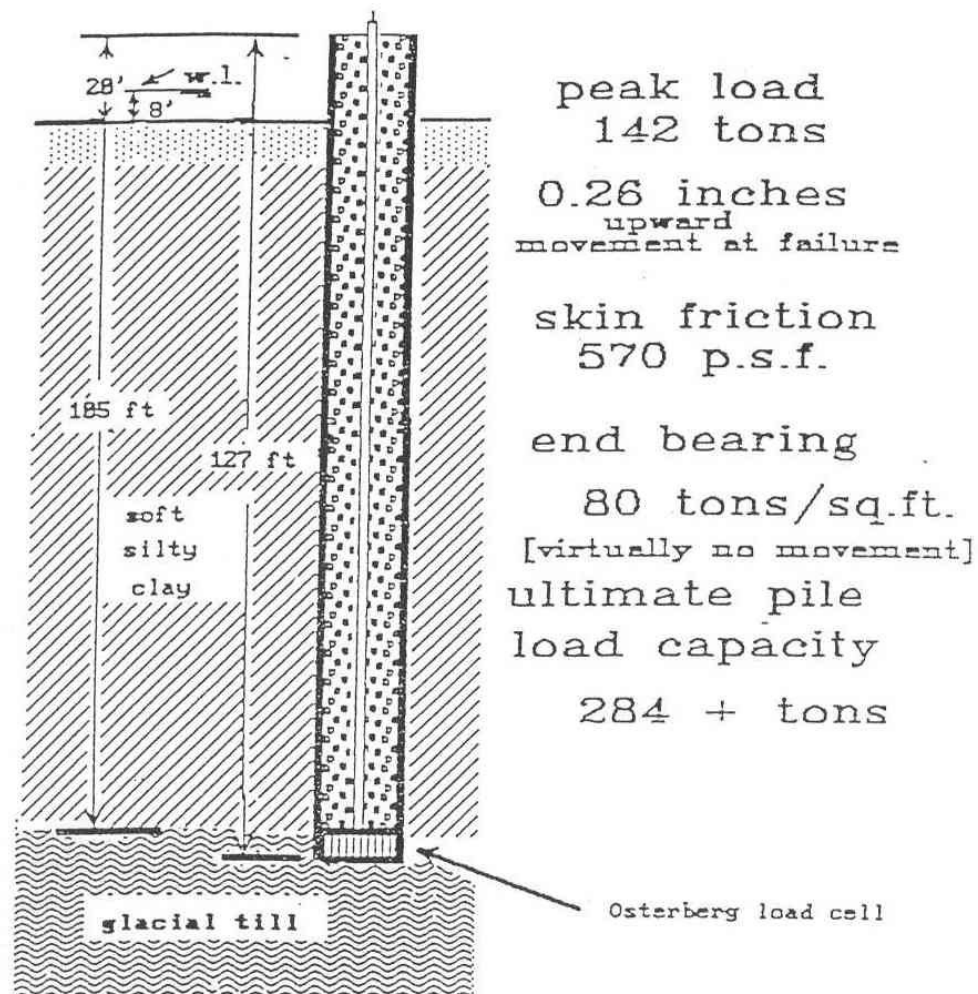


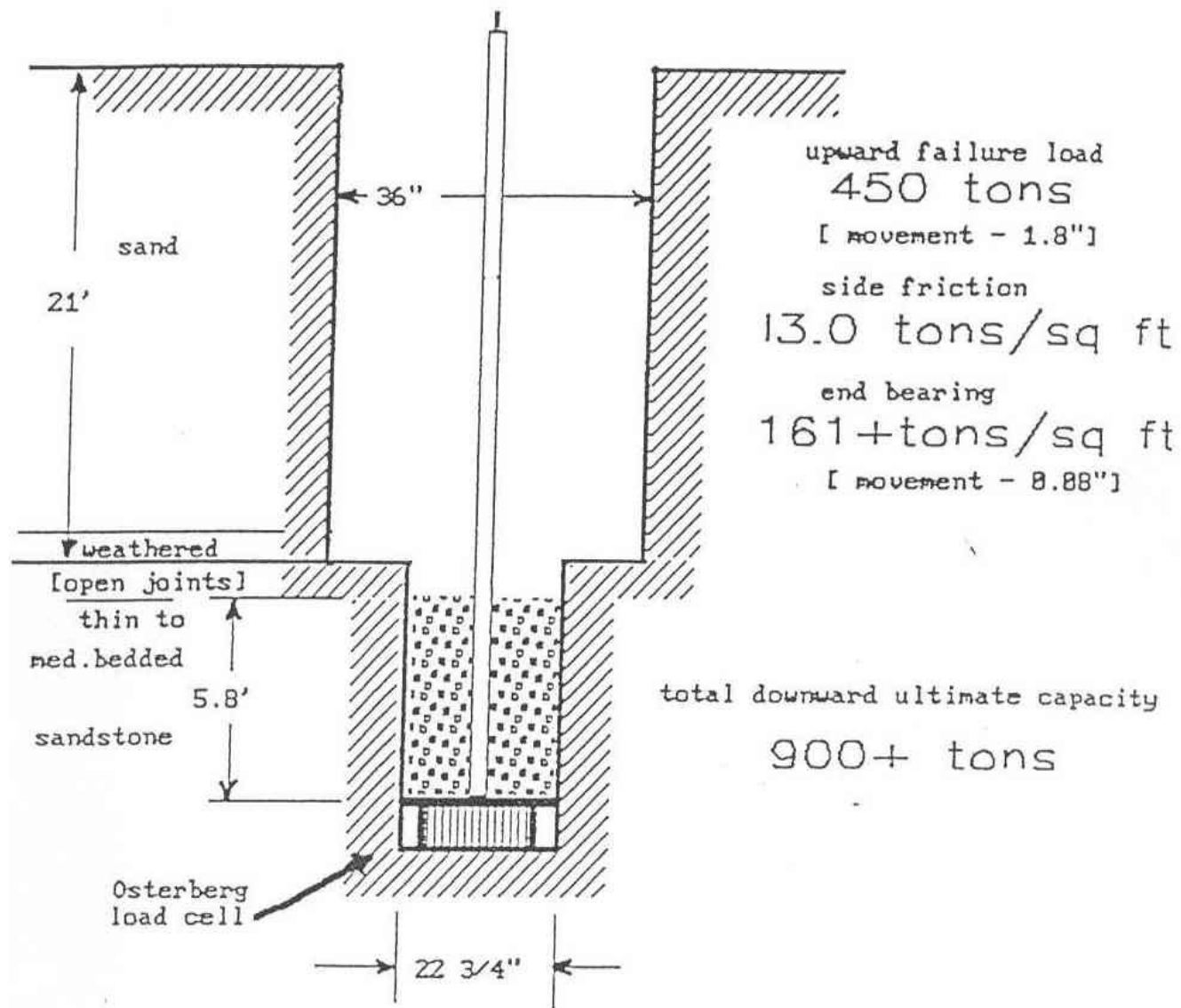
Fig. 9 Correlation between unit shaft resistance and N-value in SPT



18 in.O.D.1/2 in.wall concrete filled pipe pile
driven with a Delmag D 82-22 hammer
to 37 blows/8" and 10 blows last 1/2 "

*Saugus River Bridge
Massachusetts*

Figura 51



Rochester, New York

Figura 52

TABLE 8.5 VALUES OF n_h (TON/FT³) FOR SAND^a

Relative Density	Loose	Medium	Dense
Range of values of A	100-300	300-1000	1000-2000
Adopted values of A	200	600	1500
n_h , dry or moist sand	7	21	56
n_h , submerged sand	4	14	34

^a After Terzaghi, 1955.

TABLE 8.3 VALUES OF $\bar{k}_{s1}$ TONS/FT³ FOR SQUARE PLATES, 1 × 1 FT, ON OVERCONSOLIDATED CLAY^a

Consistency of Clay	Stiff	Very Stiff	Hard
Undrained shear strength c_u ton/ft ²	0.5-1	1-2	2
Range for $\bar{k}_{s1}$	50-100	100-200	200
Proposed values of $\bar{k}_{s1}$	75	100	300

^a After Terzaghi (1955).

COEFICIENTE DE REACCION DE SUBRASANTE

PILA No. 7 - S.M. Máxima profundidad de socavación a partir de los estudios de hidráulica del río.

Cota superficie del terreno: 73,0 m
Cota base cabzal del grupo de pilas de cimentación: 71,0 m
Cota máxima del nivel del agua: 73,0 m

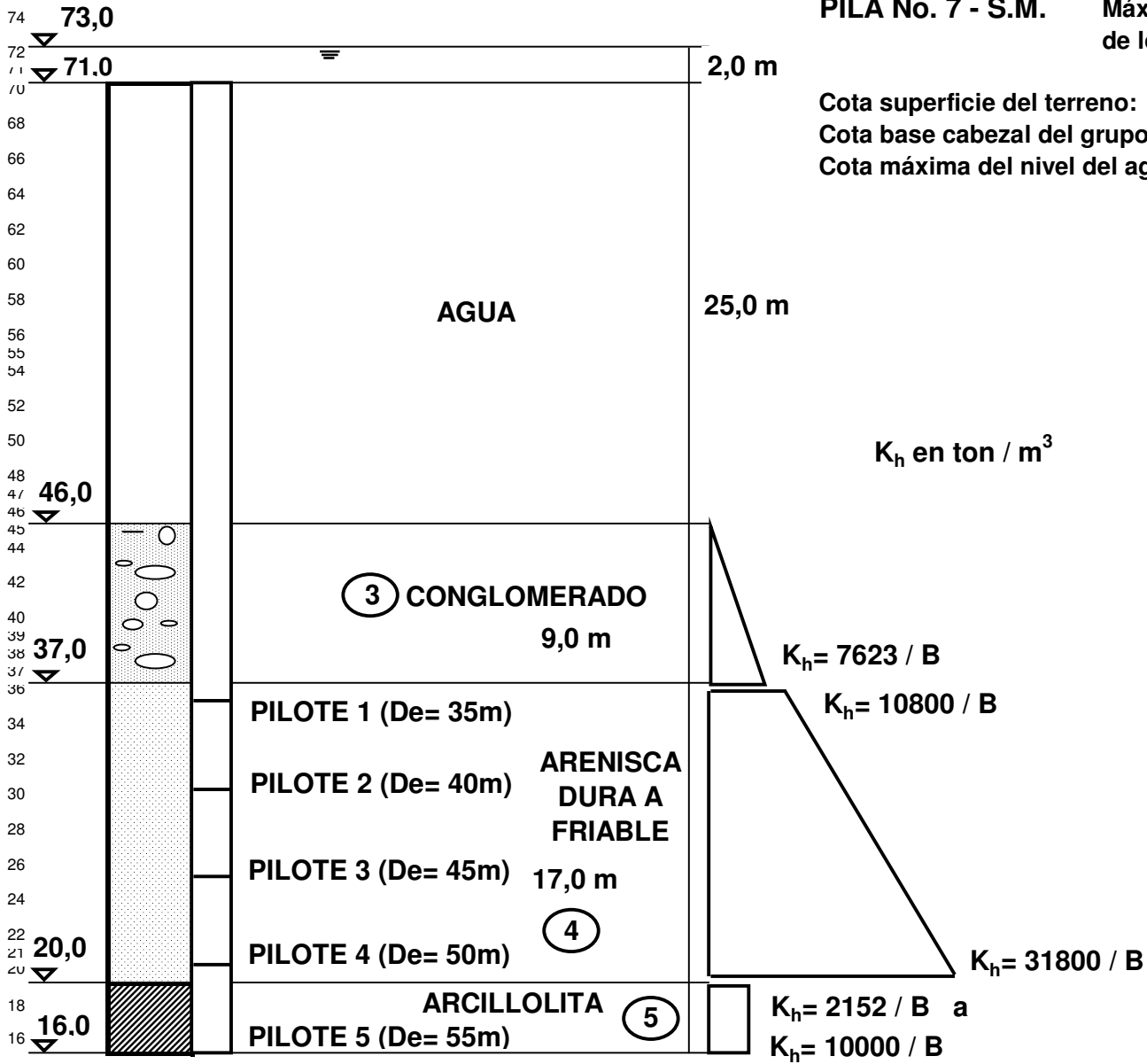


Figura 55

**TABLE 6.6 Group Reduction Factor for the
Coefficient of Subgrade Reaction (Davisson 1970)^a**

Pile Spacing in the Direction of Loading	Group Reduction Factor for n_h or k^b
3B	0.25
4B	0.40
6B	0.70
8B	1.00

^aAlso adopted in *Canadian Foundation Engineering Manual*, 1985. *Foundation and Earth Structures, Design Manual 7.2*, NAVFAC, DM 7.2 (1982) also recommends these values.

^b n_h is applicable for soil modulus linearly increasing with depth, and k is applicable for soil modulus constant with depth.

TABLE 6.2 Group Efficiency G_e for Cohesionless Soils^a

S/B^b	G_e
3	0.50
4	0.60
5	0.68
6	0.70

^aThese are interpolated values from graphs provided by Oteo (1972).

^b S = center-to-center pile spacing.

B = pile diameter or width.

TABLE 6.14 Group Efficiency G_e , for Piles in Cohesive Soils^a

S/B	G_e		
	2 × 2 group	3 × 3 group	Recommended
1	2	3	4
3	0.42	0.39	0.40
3.5	0.50	0.42	0.45
4.0	0.57	0.44	0.50
4.5	0.61	0.47	0.55
5.0	0.63	0.48	0.55
6.0 ^b	—	—	0.65
8.0 ^b	—	—	1.00

S = center-to-center pile spacing.

B = Pile diameter or width.

^a These values have been obtained from curves provided by Prakash and Saran (1967).

^b = Extrapolated values.

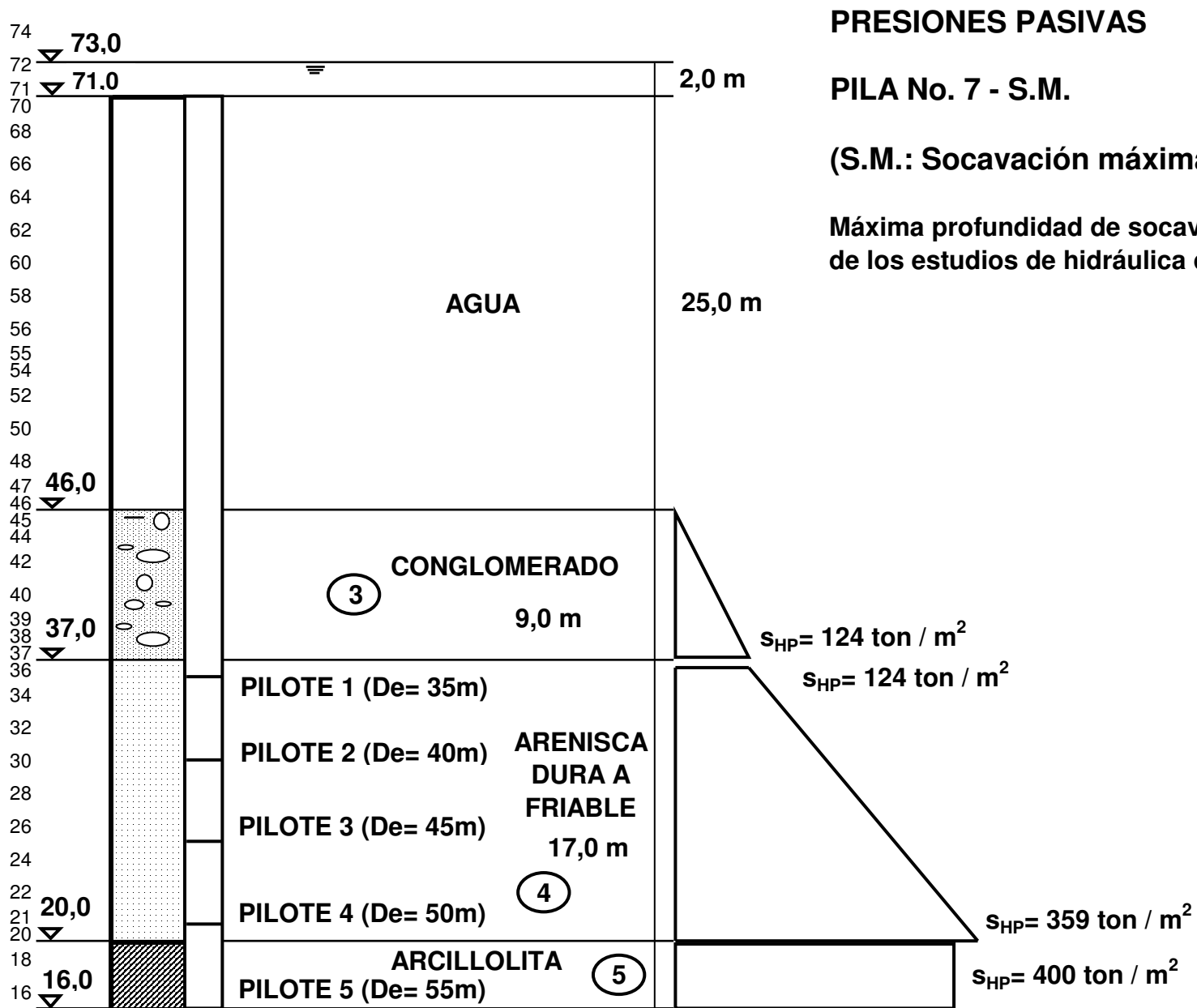


Figura 59

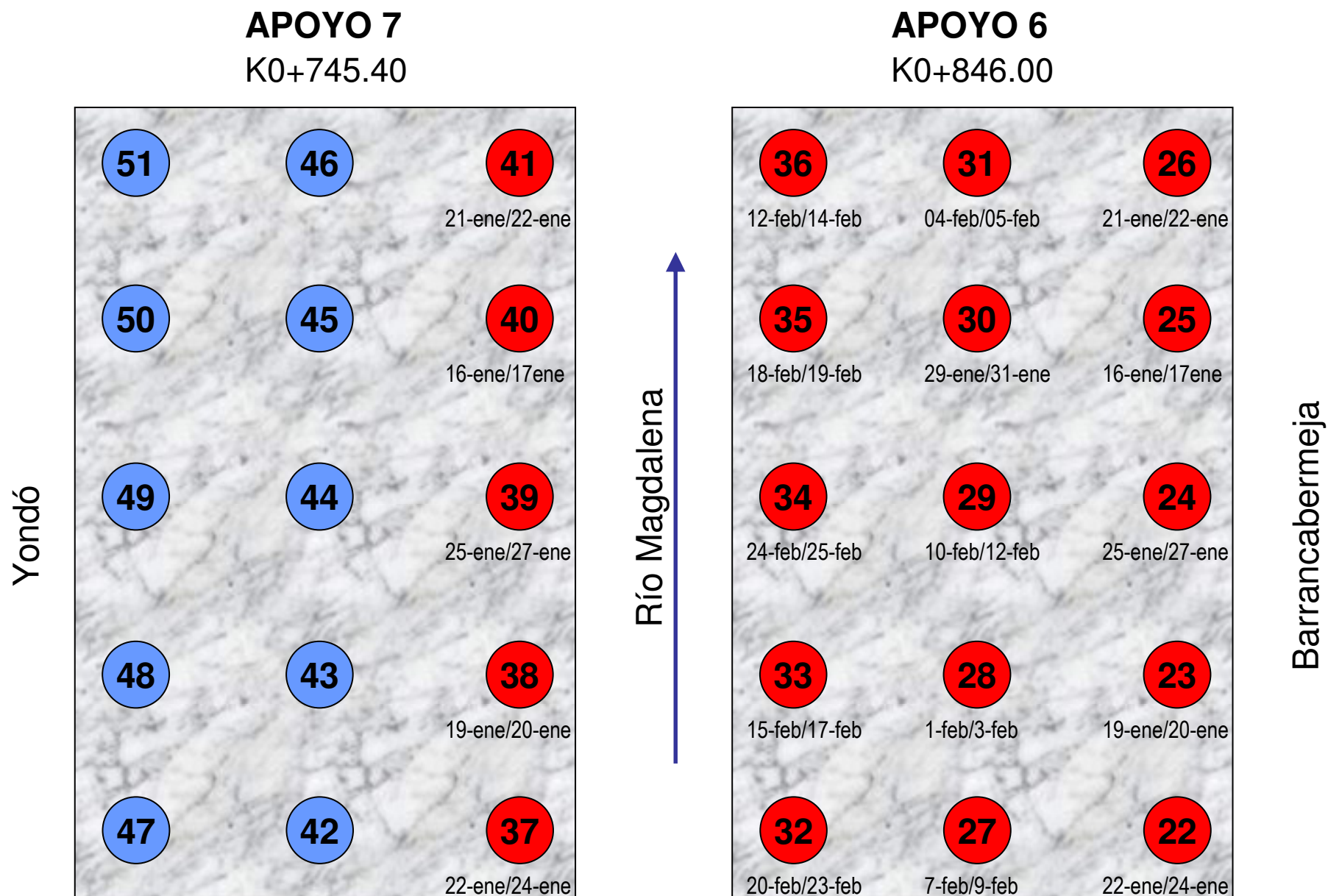


Figura 60

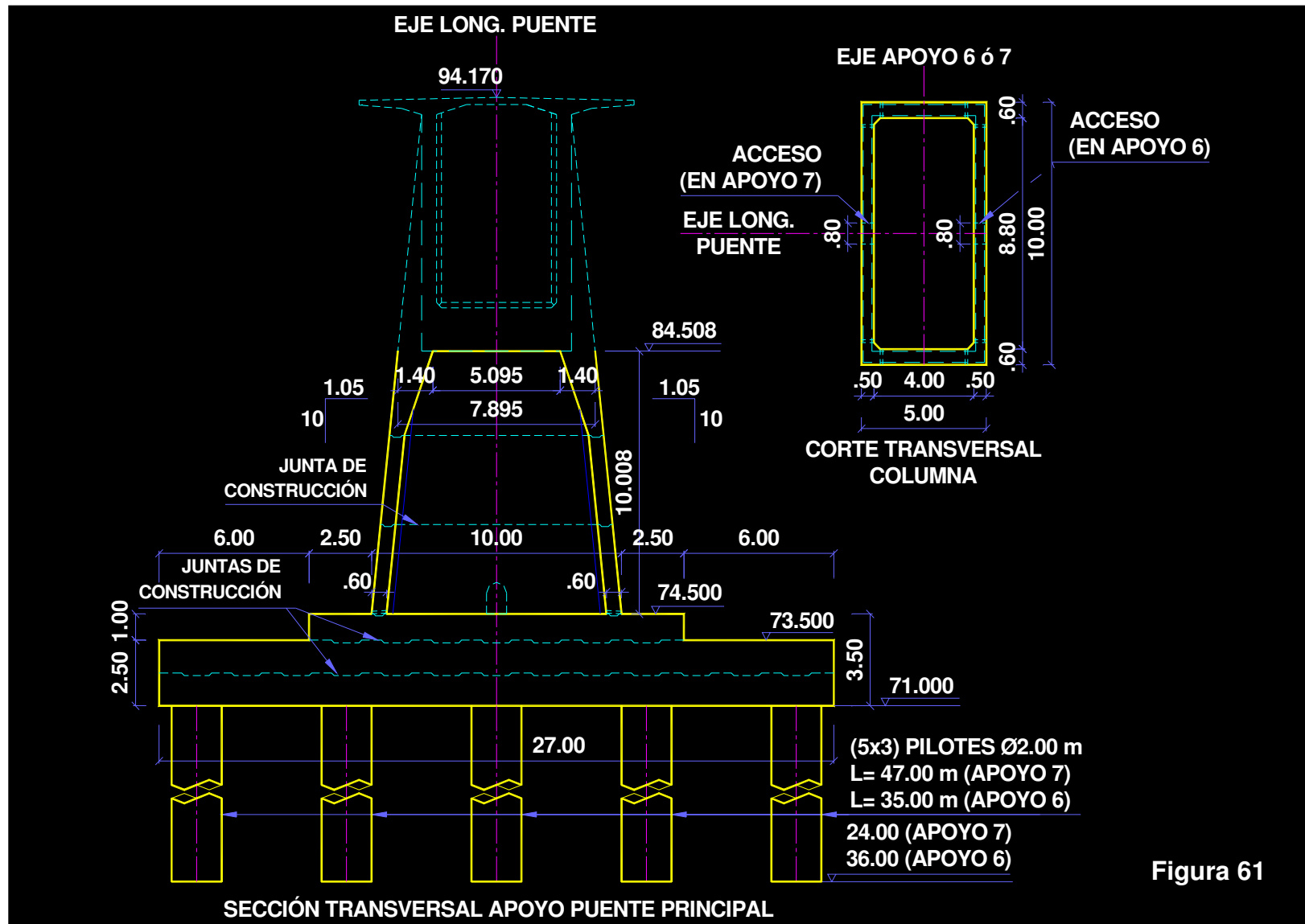


Figura 61

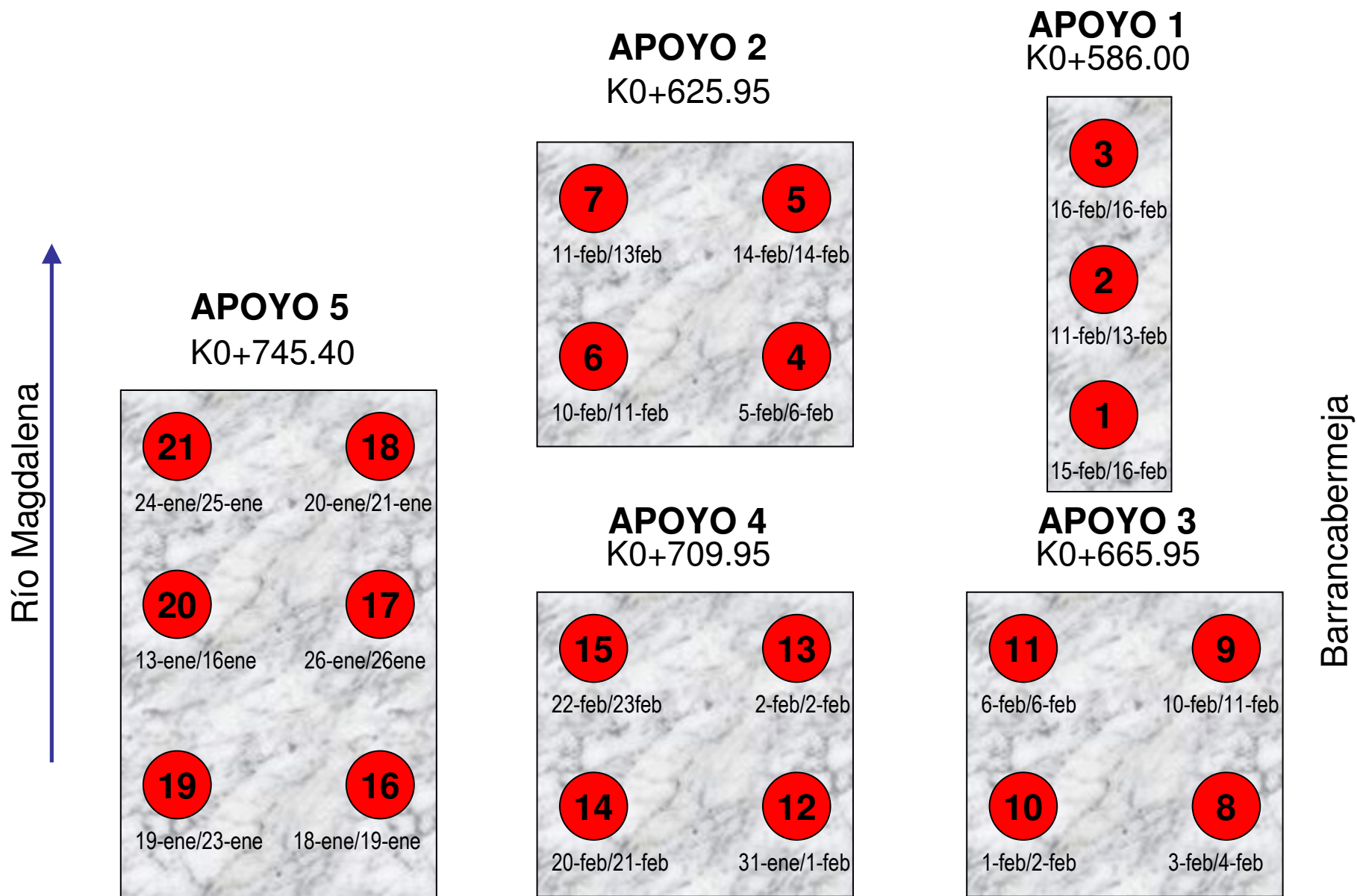


Figura 62

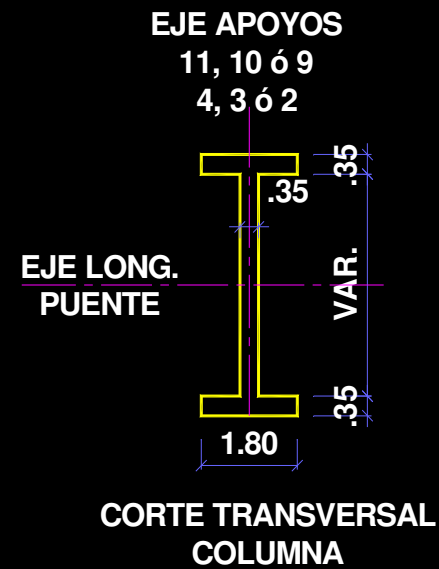
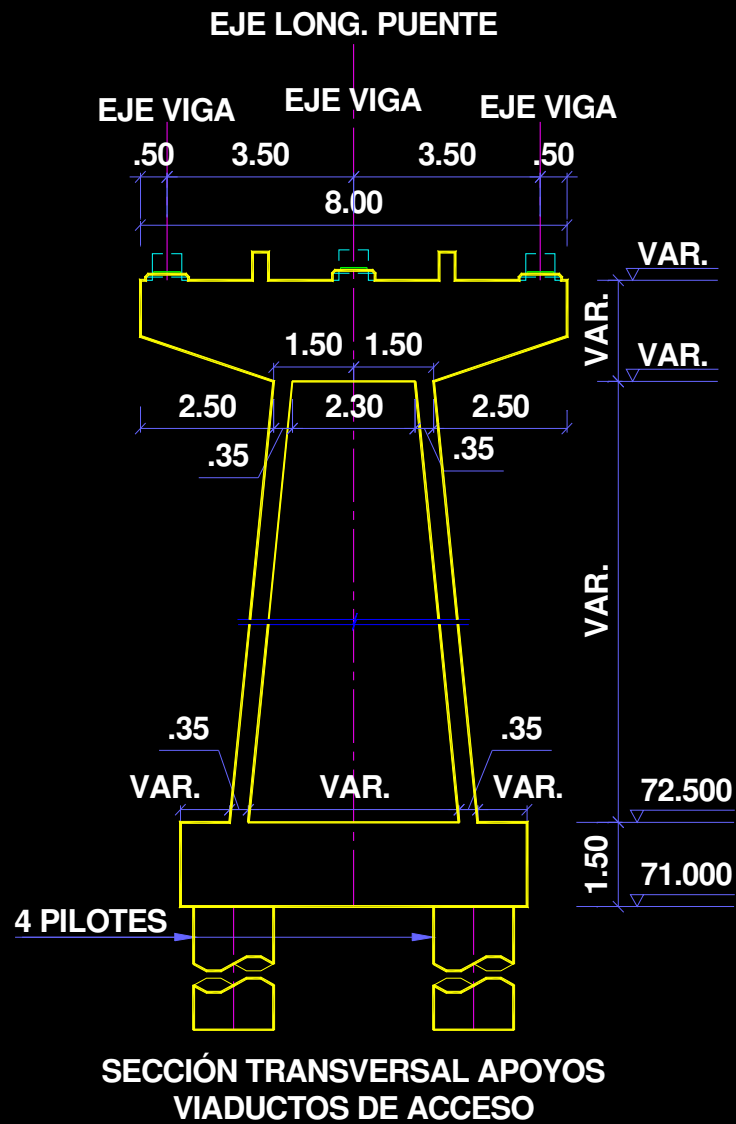


Figura 63



Figura 64



Figura 65



Figura 66



INGENIERIA Y GEOTECNIA LTDA
INGENIEROS CONSULTORES

PUENTE BARRANCABERMEJA - YONDÓ
REGISTRO DE EXCAVACIÓN

PILA: 7
Diámetro = 2.00 m

PILOTE: 44

Cota máxima camisa = 75.50 msnm
Cota mínima camisa = 60.69 msnm

Longitud camisa = 14.81 m
Peso del trépano = 6 ton

MUESTRA	COTA msnm	DESCRIPCIÓN	R.P. kg/cm²	EXCAVACIÓN	ID según perfil resumen. Fig 23A	Hora	REGISTRO FOTOGRÁFICO
1	73,00	Lámina de agua. En la fotografía se señala el pilote número 44. Al fondo la camisa sin hincar del pilote 46. A la derecha se ve la primera hilera de pilotes ya construidos.			Lámina de agua.		
2	66,00	Arena fina de color gris, suelta. Material de arrastre del río, no plástico y sin materia orgánica.		Dificultad media. Presión hidráulica del equipo = 120 - 150 bar	Limos arenosos a arenas limosas sueltos.	14:30	
3	63,50	Arcilla color gris oscuro, con algo de arcilla. Salen en bloques de baja resistencia que se deshacen con un leve golpe. Alto contenido de materia orgánica. Se ven pedazos de troncos antiguos, y ramas de color amarillo embebidos en el material.		Dificultad media. Presión hidráulica del equipo = 120 - 150 bar	Arcillas de consistencia blanda a media de origen reciente.	15:52	Figura 67 (a)

MUESTRA	COTA msnm	DESCRIPCIÓN	R.P. kg/cm²	EXCAVACIÓN	ID según perfil resumen. Fig 23A	Hora	REGISTRO FOTOGRÁFICO
4	59,50	Arcilla gris de alta plasticidad sin materia orgánica, ni arena ni grava. Baja consistencia. Fácil de cortar.		Fácil de excavar con el balde. Presión = 50 - 80 bar	Arcillas de consistencia blanda a media de origen reciente.	16:09	
5	58,50	Arena fina arcillosa o limo arcilloso.		Fácil de excavar con el balde. Presión = 50 - 80 bar	Arcillas de consistencia blanda a media de origen reciente	14:23	
6	55,20	Arcilla color gris claro a blanco de alta plasticidad y muy baja resistencia. Presenta un leve contenido de arena en su interior pero nada representativo.		Fácil de excavar con el balde. Presión = 50-80 bar	Arcillas de consistencia blanda a media de origen reciente	14:48	
7	50,50	Conglomerado de grava en matriz arenosa gruesa, de plasticidad nula. Muy resistente y difícil de excavar. Grava de tamaño máximo 10 cm y mínimo de 3 cm, conformada por partículas aplanadas de forma ovalada, con aristas redondeadas.		Difícil de excavar con el balde. Material muy duro. Presión = 220 bar	Conglomerado gravas en matriz de arenas con finos.	15:20	

Figura 67 (b)

MUESTRA	COTA msnm	DESCRIPCIÓN	R.P. kg/cm ²	EXCAVACIÓN	ID según perfil resumen. Fig 23A	Hora	REGISTRO FOTOGRÁFICO
8	47,00	Conglomerado arenoso con algo de plasticidad. Contiene grava de tamaño máximo igual a 5.0 cm.		Difícil de excavar con el balde. Material muy duro. Presión = 220 bar	Conglomerado gravas en matriz de arenas con finos.	15:23	
9	45,00	Conglomerado areno arcilloso. La matriz arenosa es de color pardo, mientras que la fracción arcillosa de la matriz es de color gris claro. Gravilla de tamaño promedio de 4.0 cm.		Difícil de excavar con el balde. Material muy duro. Presión = 220 bar	Conglomerado gravas en matriz de arenas con finos.	15:29	
10	43,50	Conglomerado areno arcilloso, de matriz verdosa. Contenido de grava y gravilla T _{máx} = 5 cm. Ligeramente plástico.		Difícil de excavar con el balde. Material muy duro. Presión = 220 bar	Conglomerado gravas en matriz de arenas con finos.	15:39	

Figura 67 (c)

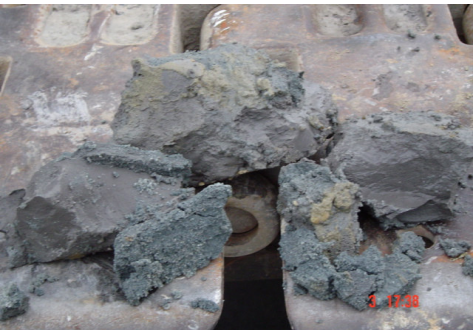
MUESTRA	COTA msnm	DESCRIPCIÓN	R.P. kg/cm ²	EXCAVACIÓN	ID según perfil resumen. Fig 23A	Hora	REGISTRO FOTOGRÁFICO
11	40,00	Arena fina, densa, identificada como arenisca friable. Pueden obtenerse bloques compactos de material, pero que se puede romper o separar con las manos haciendo poca fuerza.		Muy difícil de excavar. Presión > 200 bar. Sin embargo el material se deja cortar con el balde.	Arenisca friable.	16:05	
12	35,35	Arcilla gris con arena muy fina. Es uno de los estratos arcillosos intercalados dentro de la arenisca friable. Pueden aparecer eventuales cantos rodados de T _{máx} = 5 cm.		Muy difícil de excavar. Presión > 200 bar. Sin embargo el material se deja cortar con el balde.	Arenisca friable.	16:41	
13	34,00	Arenisca friable con bloques de arcillolita medianamente resistentes, que se rompen con un golpe contra un elemento rígido o el piso del planchón. La fracción arenosa está conformada por granos gruesos.		Muy difícil de excavar. Presión > 200 bar. Sin embargo el material se deja cortar con el balde.	Arenisca friable.	17:38	

Figura 67 (d)

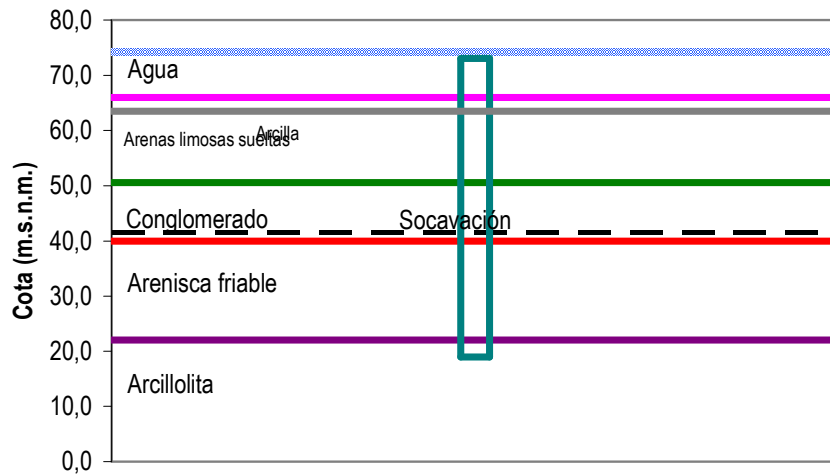
MUESTRA	COTA msnm	DESCRIPCIÓN	R.P. kg/cm²	EXCAVACIÓN	ID según perfil resumen. Fig 23A	Hora	REGISTRO FOTOGRÁFICO
14	22,00	Estrato de transición entre la arenisca friable y la arcillolita. Alto contenido de gravilla redondeada. Las vetas blancas son altamente arcillosas y plásticas.		Trépano	Arenisca friable.	07:25	
15	19,00	Fin del pilote. Arcillolita de alta resistencia. Prácticamente imposible de excavar con balde y trépano. Se obtenían baldados con 20 cm de material. Muy bajo rendimiento.		Trépano	Arcillolita.	07:56	

Figura 67 (e)

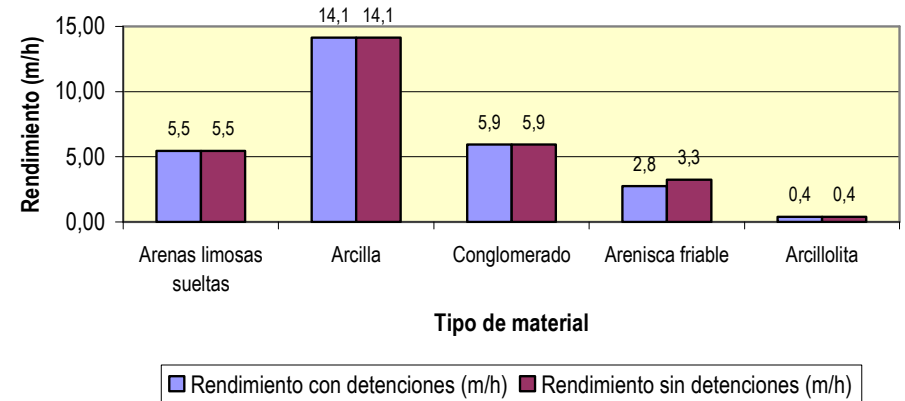
RENDIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN Y ESQUEMA GENERAL DE LA CIMENTACIÓN

Cota		Estrato	Hora		Avance perforación		Detenciones		Tiempo total	Tiempo efectivo	Penetración (m)	Rendimiento con detenciones (m/h)	Rendimiento sin detenciones (m/h)
de	a		de	a	de	a	de	a					
74,2	66,0	Agua											
66,0	63,5	Arenas limosas sueltas	14:30	16:09	68,5	59,5			01:39	01:39	9,00	5,45	5,45
63,5	50,5	Arcilla	15:52	16:09	63,5	59,5			00:17	00:17	4,00	14,12	14,12
50,5	40,0	Conglomerado	10:14	11:40	48,50	40,00			01:26	01:26	8,50	5,93	5,93
40,0	22,0	Arenisca friable	11:40	18:12	40,00	22,00	12:00	13:00	06:32	05:32	18,00	2,76	3,25
22,0	10,0	Arcillolita	16:35	19:02	21,60	20,60			02:27	02:27	1,00	0,41	0,41

ESQUEMA DEL PILOTE



RENDIMIENTO DE LA EXCAVACIÓN DE GALANTE



Nota: La detención fue la hora de almuerzo. No hubo más detenciones.

Figura 68

Tabla 1: Características promedio de los pilotes de cada apoyo

Apoyo	Diámetro (m)	Cota cabezal (msnm)	Cota socavación (msnm)	L _{prom} (m)	L _{efec} (m)	Capacidad portante de trabajo según socavación (toneladas)		Estrato en la punta	Empotramiento en último estrato (m)	
						Sin socavación	Con socavación		Mínimo	Máximo
1	1,20	73,00	72,84	35,71	35,55	448,12	448,12	Arcillolita	0,19	3,50
2	1,20	73,00	72,83	35,80	35,63	476,52	476,56	Arcillolita o Conglomerado	1,60	7,28
3	1,20	73,00	72,90	36,49	36,39	463,79	463,79	Conglomerado	3,10	5,50
4	1,20	73,00	73,02	35,88	35,90	497,09	497,09	Conglomerado	4,00	15,20
5	1,50	73,00	73,74	37,23	37,98	692,89	692,89	Arcillolita	0,47	3,05
6	2,00	73,00	74,45	37,38	38,83	1028,67	1028,09	Arcillolita o Arenisca friable	0,40	9,30
7	2,00	73,00	41,40	53,69	22,09	1346,20	1131,65	Arcillolita	0,08	3,00
9	1,50	73,00	52,72	40,50	20,22	754,46	543,96	Conglomerado	13,42	18,20
14	1,50	73,00	52,73	42,25	21,98	767,12	598,41	Conglomerado	13,60	13,60
15	1,50	73,00	52,73	41,00	20,73	663,61	518,81	Conglomerado	12,50	12,50
16	1,50	73,00	52,73	45,91	25,64	858,05	611,64	Conglomerado	4,30	22,60
17	1,50	73,00	52,73	35,92	15,65	693,73	443,43	Conglomerado	4,30	13,60

Figura 69



Figura 70



Figura 71

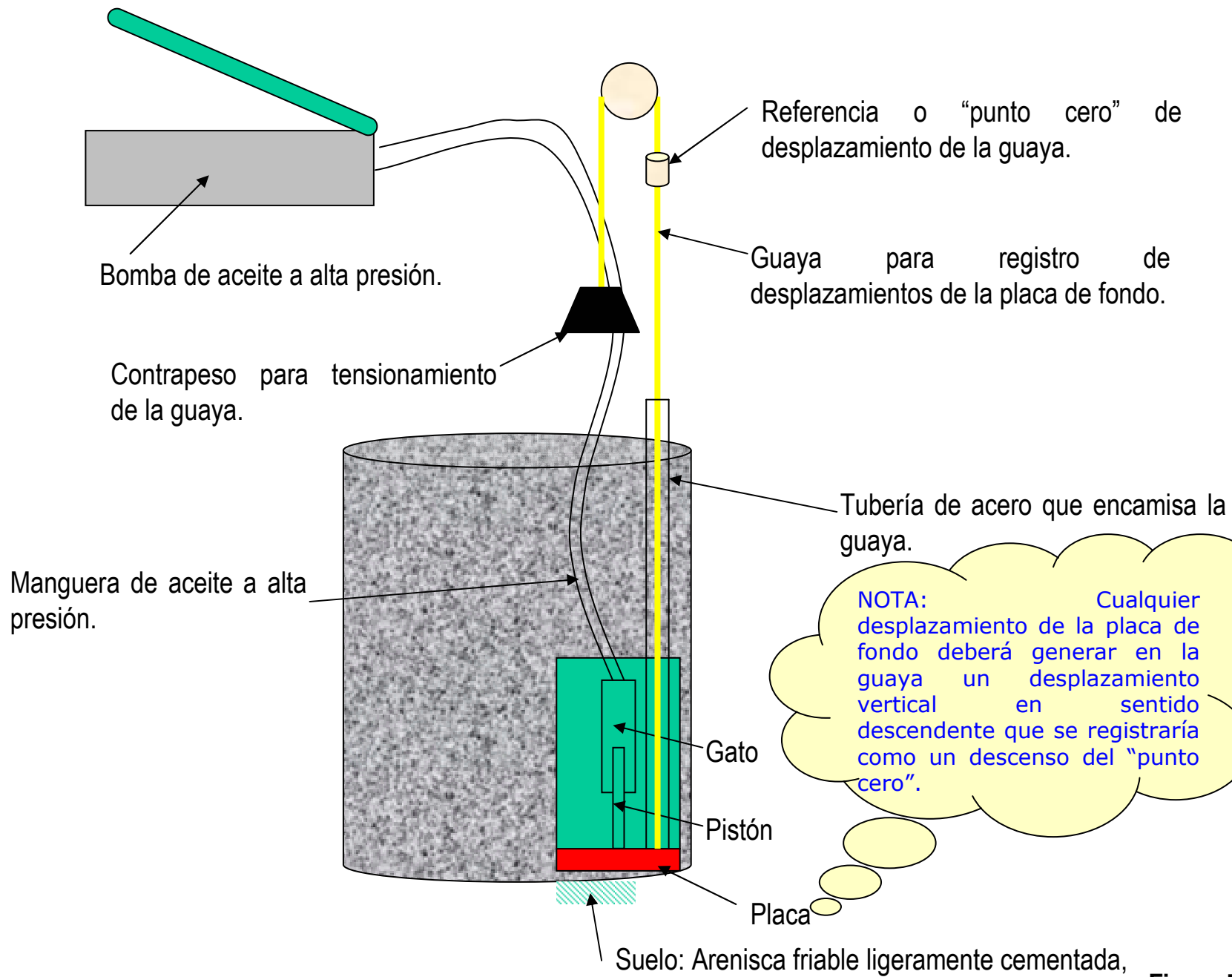
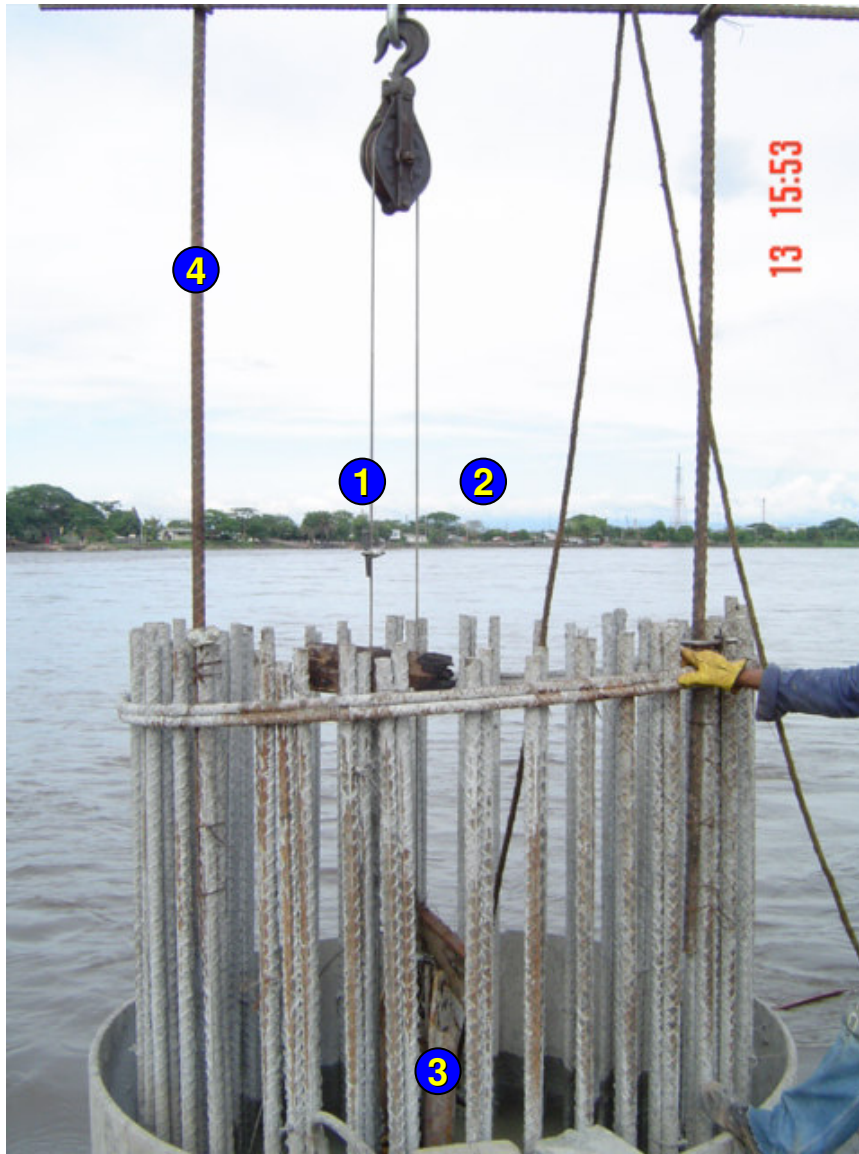


Figura 72



(1) Parte de la guaya de acero que está amarrada a la placa de carga al fondo del pilote. (2) Parte de la guaya que está amarrada al contrapeso identificado como 3. (3) Contrapeso de no más de 80 kg. (4) Armazón de acero para conformación del sistema de medición de deformaciones.

Figura 73



Bomba de aceite para incremento de presión en el gato.

Detalle del manómetro de la bomba. Escala externa: PSI, escala interna: Bar.



Figura 74

RESULTADOS PRUEBAS DE CARGA DE PILOTES

PILA No. 7

Pilotes de prueba

Diámetro, B:	2,00 m
Longitud total, L_t :	54,00 m
Longitud efectiva total, L_{efec} :	45,00 m (aproximadamente)

CAPACIDAD PORTANTE POR FRICCION LATERAL

Máxima presión aplicada a la celda de carga:	1128,0 ton/m ²
Carga por fricción lateral:	3127,2 ton
Fricción lateral unitaria promedio:	11,1 ton/m ²
En este ensayo no se suministró información sobre las deformaciones del pilote.	

CAPACIDAD PORTANTE POR LA BASE

Área del gato:	71,3 cm ²
Área de la placa:	490,9 cm ²
Máxima presión aplicada:	703 kg/cm ²
Carga aplicada por el gato:	50,1 ton
Presión transmitida al suelo:	1021 ton/m ²
Capacidad portante movilizada por la base del pilote:	3205,9 ton

Durante la ejecución de este ensayo, el sistema para medir deformaciones no funcionó como estaba previsto.

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION EN LA BASE DEL PILOTE (PILA No. 12)

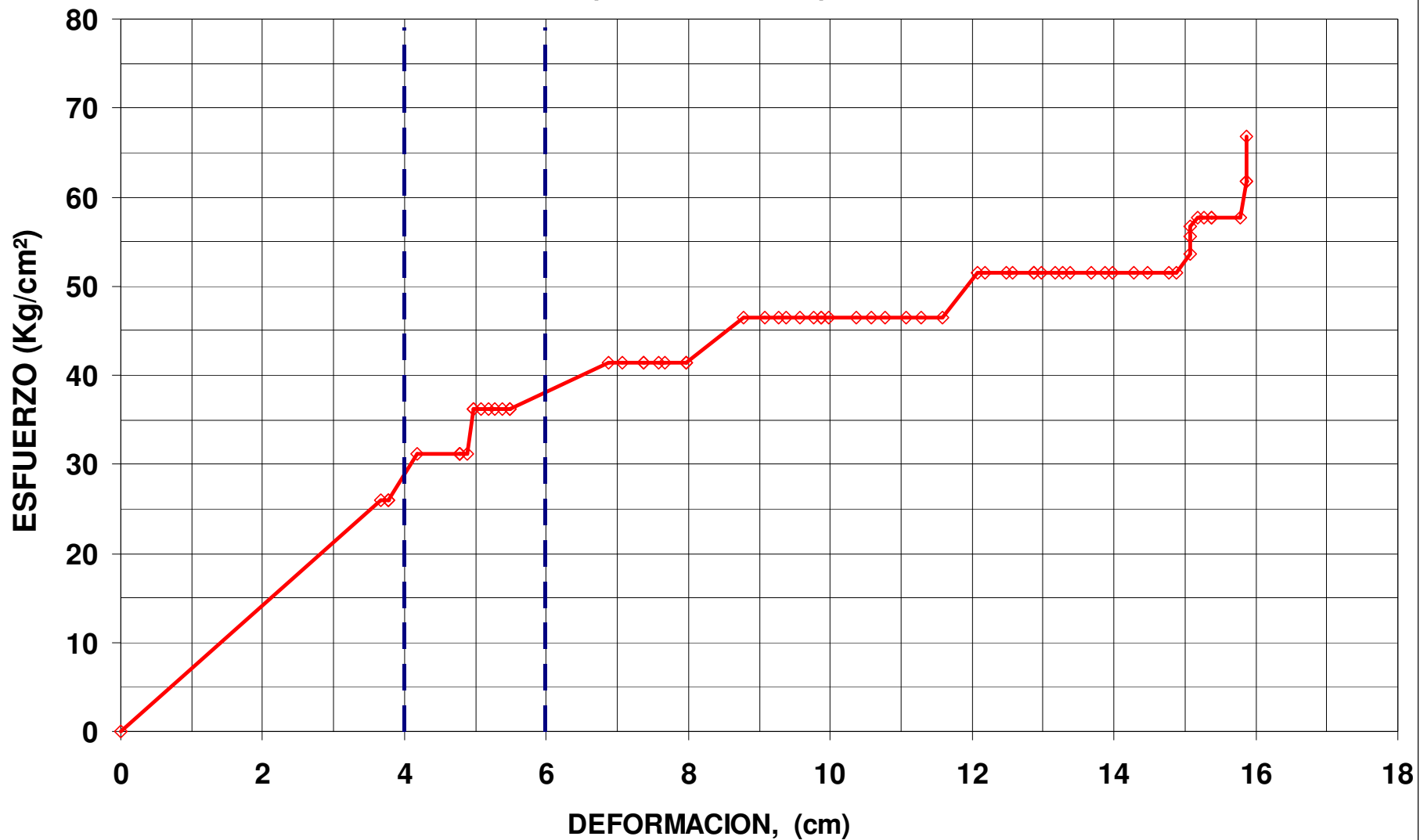


Figura 76

RESULTADOS PRUEBAS DE CARGA DE PILOTES

PILA No. 12

Pilotes de prueba

Diámetro, B:	1,50 m
Longitud total, L_t :	40,00 m
Longitud efectiva total, L_{efec} :	40,00 m (aproximadamente)

CAPACIDAD PORTANTE POR FRICCION LATERAL

Máxima presión aplicada a la celda de carga: 703,0 ton/m²

Carga por fricción lateral: 1074,4 ton

Fricción lateral unitaria promedio: 5,7 ton/m²

Durante la ejecución de este ensayo, el sistema para medir deformaciones no funcionó como estaba previsto.

CAPACIDAD PORTANTE POR LA BASE

Área del gato: 71,3 cm²

Área de la placa: 490,9 cm²

Máxima presión aplicada: 457 kg/cm²

Carga aplicada por el gato: 32,6 ton

Presión transmitida al suelo: 663,6 ton/m²

Capacidad portante última por la base del pilote: 1174,6 ton

Presión crítica (fluencia) para una deformación de 4 a 6 cm: 35,0 kg/cm²

Capacidad crítica: 619,5 ton

Figura 77



Figura 78



Figura 79



Figura 80



Figura 81



Figura 82