

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE LA FUNDACIÓN DEL PUERTO DE LA MÚSICA

UBICACIÓN DE LA OBRA:

Instalaciones Terminal Puerto Rosario SA
Av. Pellegrin y Río Paraná - Rosario
Provincia de Santa Fe – Republica Argentina

COMITENTE:

Gobierno de la provincia de Santa Fe
Ministerio de Obras y Servicios Públicos
Provincia de Santa Fe – República Argentina

SUMARIO DE ESTE INFORME:

- I. Objetivos del Informe. Simbología
- II. Descripción de la Metodología de Trabajo
- III. Croquis de Ubicación de las Perforaciones
- IV. Clasificación de los Suelos
- V. Perfil Estratigráfico
- VI. Cuadro de Cotas y Tensiones Admisibles
- VII. Parámetros del suelo
- VIII. Capacidad Portante de Pilotes
- IX. Ensayos de Laboratorio
- X. Conclusiones

I. - OBJETIVOS DEL INFORME

- Analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo que determinan las características de su comportamiento geotécnico.
- Determinar los parámetros de diseño necesarios para el cálculo de las fundaciones.
- Estudiar distintos sistemas de fundación y recomendar las alternativas más convenientes.
- Establecer un cuadro de cotas y tensiones admisibles.

SIMBOLOGÍA UTILIZADA.

θ	Cota de Referencia
\oplus B.P.	Boca de Pozo.
N	Nº de golpes del Ensayo de Penetración Terzaghi.
ω	Humedad Natural.
γ	Densidad aparente húmeda.
LL	Límite Líquido
LP	Límite Plástico
#200	Tamiz de malla nº 200 (74 micrones)
ϕ	Ángulo de fricción interna.
C	Cohesión.
mv	Módulo edométrico.
∇	Nivel de napa freática
M.A.	Muestra alterada.
T.N.	Terreno Natural.
S.U.C.S.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
H.R.B.	Highway Research Board
V	Coeficiente de Seguridad
σ_{adm}	Tensión admisible
Df	Cota de fundación
$E=1/mv$	Módulo de Young.
ϵ	Deformación unitaria.
G	Peso específico del suelo.
e	Relación de vacíos.
n	Porosidad

II. - RESEÑA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS.

A.- DE CAMPO:

Los trabajos de campo fueron comenzados el día 2 de octubre y finalizados el día 4 de noviembre de 2008.

Se realizaron nueve perforaciones: dos de 48,00 m y siete de 30,00 m de profundidad respecto a boca de pozo. En las mismas se efectuó el Ensayo de Penetración Normalizado de Terzaghi (SPT) según Norma IRAM 10517/70, con toma-muestra de puntas intercambiables, a cada metro de profundidad aproximadamente. Con este procedimiento se toman muestras de cada estrato, y se acondicionan para mantener sus características inalteradas hasta la posterior realización de los ensayos de laboratorio.

Un técnico especializado en mecánica de suelos realizó en campaña un reconocimiento de las características generales del suelo en cada uno de los estratos detectados.

Respecto a hechos existentes en el predio se localizó la ubicación de los sondeos. Así mismo se determinaron las cotas de bocas de pozo mediante nivel óptico en referencia a una cota fija de fácil accesibilidad.

Recopilación de antecedentes técnicos de la zona en la cual se emplazará la obra.

Determinación de la ubicación del agua subterránea, que fue detectada a una profundidad de 4,00 m.

B.- DE LABORATORIO

A partir de las muestras tomadas en campaña, se las extrae con sumo cuidado y se confeccionan probetas para la realización de los siguientes ensayos:

Determinación de humedad según IRAM 10.519.

Determinación de densidad natural, densidad de suelo seco según ASTM D 2937.

Determinación de límite líquido según IRAM 10.513.

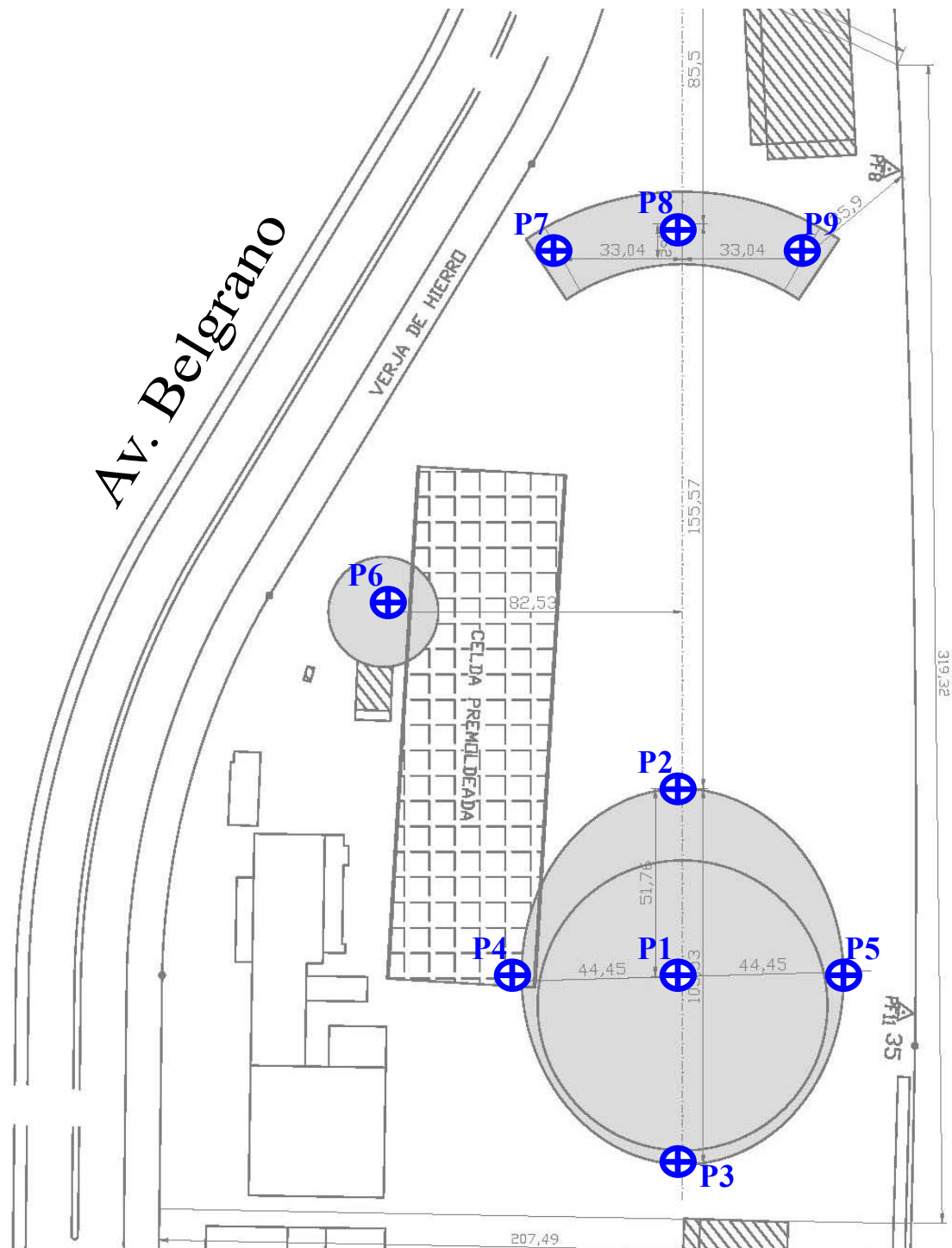
Determinación de límite plástico e índice de plasticidad según IRAM 10.502.

Clasificación de suelos por S.U.C.S. (Casagrande) según AASHTO M145-66 - IRAM 10.509.

Ensayos granulométrico sobre tamices según IRAM 10.507.

Ensayos triaxiales escalonados rápidos según IRAM 10.529/74.

III. - CROQUIS DE UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES



Cotas de referencia:

Punto Fijo: Hidrómetro Puerto Rosario = 0,00 m.

P-1 = +6,83 m P-2 = +7,11 m P-3 = +6,85 m P-4 = +6,98 m P-5 = +7,01 m P-6 = +6,46 m
P-7 = +7,02 m P-8 = +6,90 m P-9 = +6,78 m Nivel Río Paraná (04/11/08) = +2,92 m

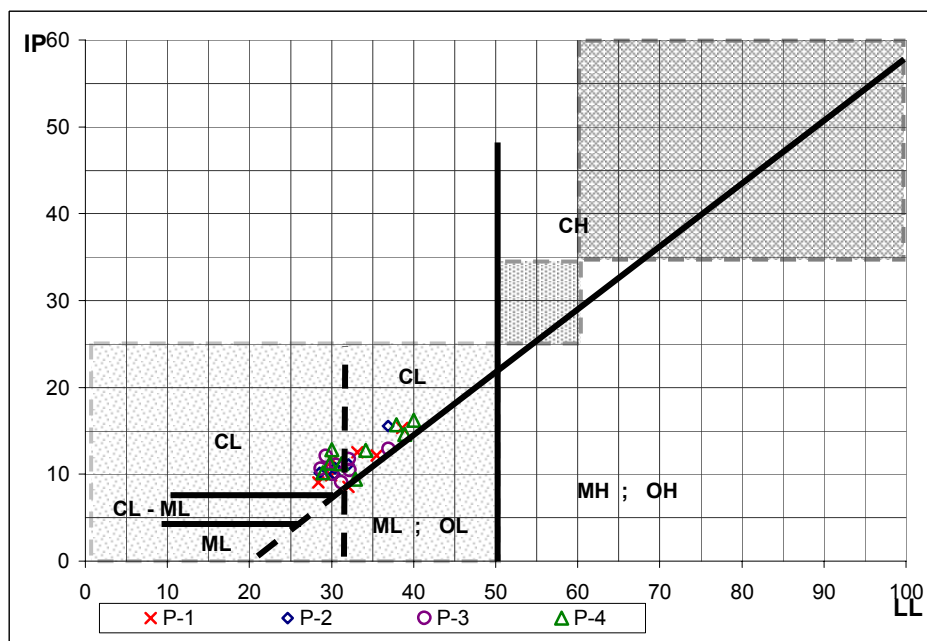
Cotas I.G.M

P-1 = +9,87 m P-2 = +10,15 m P-3 = +9,89 m P-4 = +10,02 m P-5 = +10,05 m P-6 = +9,50 m
P-7 = +10,06 m P-8 = +9,94 m P-9 = +9,82 m Nivel Río Paraná (04/11/08) = +5,96 m

IV.- CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (S.U.C.S. - Casagrande)

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO	NOMBRES TIPICOS		
SUELOS DE GRANO GRUESO 50% o más es retenido por el tamiz nº 200.	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz nº 4	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas bien graduadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos.	Clasificación basada en el porcentaje de finos. Menos del 5% pasa por el tamiz nº 200 GW, GP, SW, SP. Más del 12% pasa por el tamiz nº 200 GM, GC, SM, SC. Entre el 5 y el 12 % se utilizan símbolos dobles (ej SM-SW)
		GRAVAS CON FINOS	GP	Gravas y mezclas de grava y arena mal graduadas con pocos finos o sin finos.	
		GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas de grava arena y limo.	
		GRAVAS CON FINOS	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava arena y arcilla.	
	ARENAS más del 50 % de la fracción gruesa pasa el tamiz nº 4.	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas gravosas bien graduadas con pocos finos o sin finos.	
		ARENAS LIMPIAS	SP	Arenas y arenas gravosas mal graduadas con pocos finos o sin finos.	
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo.	
		ARENAS CON FINOS	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena arcilla.	
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa por el tamiz nº 200.	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido de 50 % o inferior.	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas.	Con límite líquido, límite plástico se clasifica en la Carta de Casagrande.	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla.		
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido superior a 50%.	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o limos plásticos.		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.		
		OH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta o media.		
Suelos Altamente orgánicos		PT	Turba, estiércol y otros suelos.		

CARTA DE CASAGRANDE.



Calificación del Potencial de Expansión según W.E.S. (Waterways Experimental Station - U.S. Army Corps of Engineers)

- BAJO LL<50 ; IP<25
- MEDIO 50>LL>60 y 25>IP>35
- ALTO LL>60 ; IP>35

ENSAYO NORMALIZADO DE PENETRACION DE TERZAGHI (S.P.T.)

Durante la ejecución de las perforaciones se llevó a cabo el ensayo de penetración, que consiste en la hincada del sacamuestras a través de 45 cm del suelo, mediante una masa de 70 kg de peso y 70 cm de caída libre. El número de golpes necesario para penetrar los últimos 30 cm es el resultado del ensayo, y el mismo permite valorar la consistencia de los suelos en la siguiente forma:

Número de golpes	Consistencia	Compacidad relativa (arenas)
0 a 2	muy blanda	muy suelta
2 a 4	blanda	suelta
4 a 8	Medianamente compacta	firme
8 a 15	compacta	muy firme
15 a 30	muy compacta	densa
más de 30	dura	muy densa

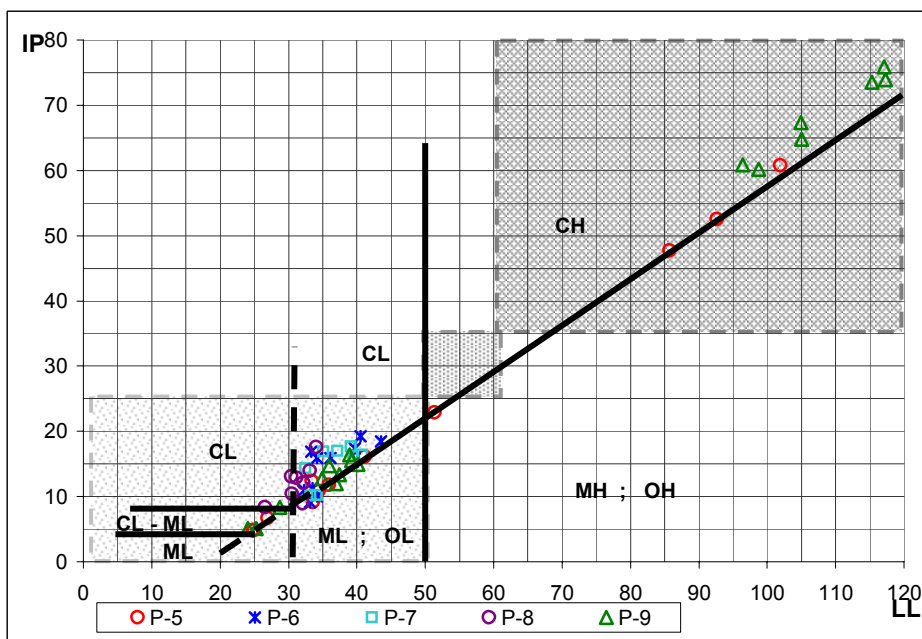
IV.- CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (S.U.C.S. - Casagrande)

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO	NOMBRES TIPICOS	
SUELOS DE GRANO GRUESO 50% o más es retenido por el tamiz nº 200.	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz nº 4	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas bien graduadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos.
		GRAVAS CON FINOS	GP	Gravas y mezclas de grava y arena mal graduadas con pocos finos o sin finos.
		GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas de grava arena y limo.
		GRAVAS CON FINOS	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava arena y arcilla.
	ARENAS más del 50% de la fracción gruesa pasa el tamiz nº 4.	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas gravosas bien graduadas con pocos finos o sin finos.
		ARENAS LIMPIAS	SP	Arenas y arenas gravosas mal graduadas con pocos finos o sin finos.
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo.
		ARENAS CON FINOS	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena arcilla.
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa por el tamiz nº 200.	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido de 50% o inferior.	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas.	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla.	
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido superior a 50%.	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o limos plásticos.	
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta o media.	
Suelos Altamente orgánicos		PT	Turba, estiércol y otros suelos.	

Clasificación basada en el porcentaje de finos. Menos del 5% pasa por el tamiz nº 200 GW, GP, SW, SP. Más del 12% pasa por el tamiz nº 200 GM, GC, SM, SC. Entre el 5 y el 12% se utilizan símbolos dobles (ej SM-SW)

Con límite líquido, límite plástico se clasifica en la Carta de Casagrande.

CARTA DE CASAGRANDE.



Calificación del Potencial de Expansión según W.E.S. (Waterways Experimental Station - U.S. Army Corps of Engineers)

- BAJO LL < 50 ; IP < 25
- MEDIO 50 > LL < 60 y 25 > IP > 35
- ALTO LL > 60 ; IP > 35

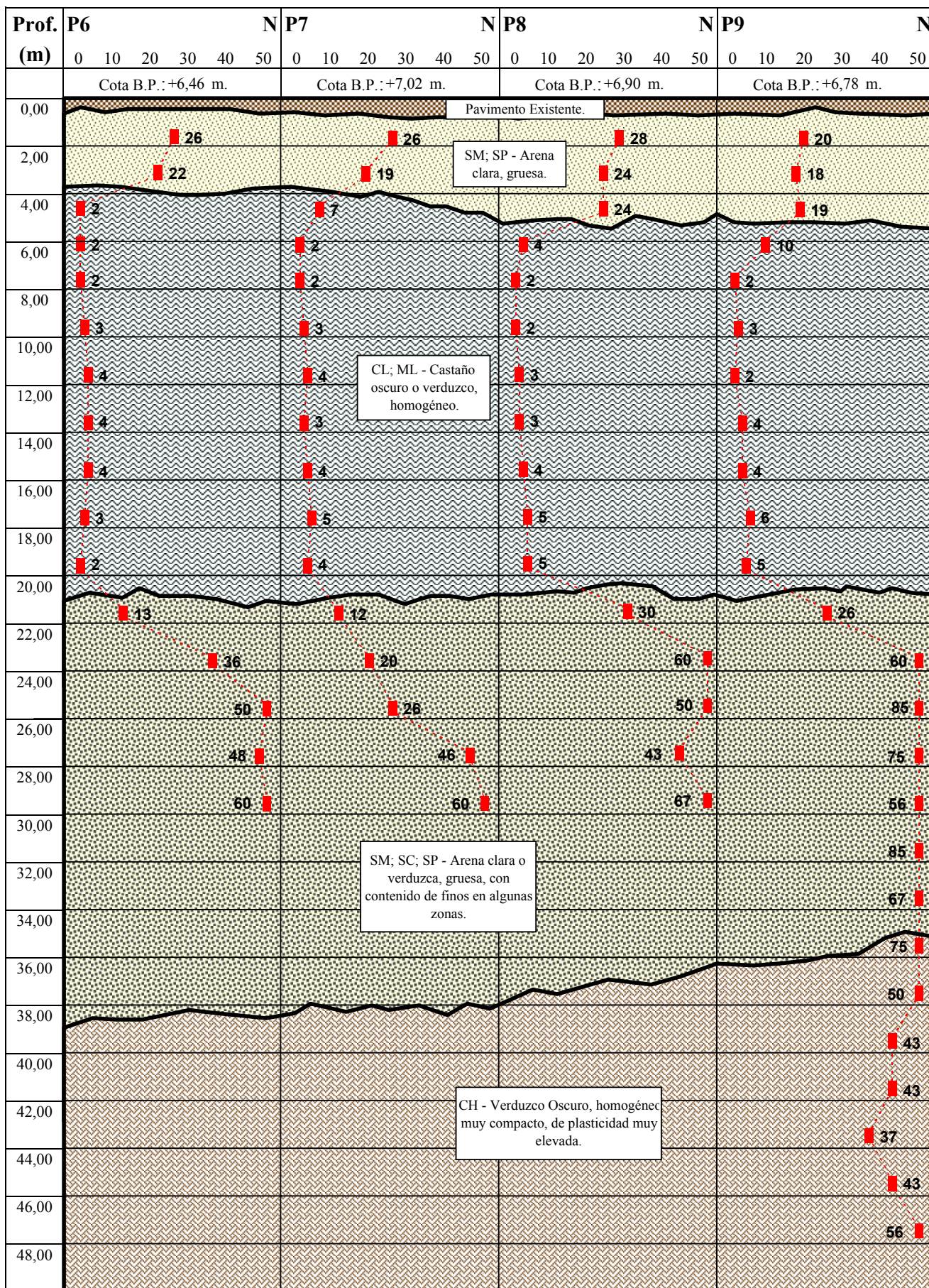
ENSAYO NORMALIZADO DE PENETRACION DE TERZAGHI (S.P.T.)

Durante la ejecución de las perforaciones se llevó a cabo el ensayo de penetración, que consiste en la hincada del sacamuestras a través de 45 cm del suelo, mediante una masa de 70 kg de peso y 70 cm de caída libre. El número de golpes necesario para penetrar los últimos 30 cm es el resultado del ensayo, y el mismo permite valorar la consistencia de los suelos en la siguiente forma:

Número de golpes	Consistencia	Compacidad relativa (arenas)
0 a 2	muy blanda	muy suelta
2 a 4	blanda	suelta
4 a 8	Medianamente compacta	firme
8 a 15	compacta	muy firme
15 a 30	muy compacta	densa
más de 30	dura	muy densa

V.- PERFIL ESTRATIGRAFICO

Se representa aquí el perfil tentativo de la estratigrafía del suelo, basado en el reconocimiento y clasificación de las muestras ensayadas en laboratorio. Además, se indican los resultados de las sucesivas realizaciones del Ensayo normalizado de penetración de Terzaghi (SPT).



VI.- CUADRO DE COTAS Y TENSIONES ADMISIBLES DEL SUELO

Con los valores obtenidos del ensayo de Terzaghi (S.P.T.), los datos recopilados en las tareas de campaña y las determinaciones de laboratorio, se ha calculado la capacidad portante del suelo en los distintos niveles y se ha confeccionado el siguiente cuadro de cotas y tensiones admisibles, para cargas estáticas.

En la determinación de estos valores se consideró:

- un coeficiente de seguridad a la rotura del suelo igual a: 3
- un asentamiento máximo de: 2,5 cm.

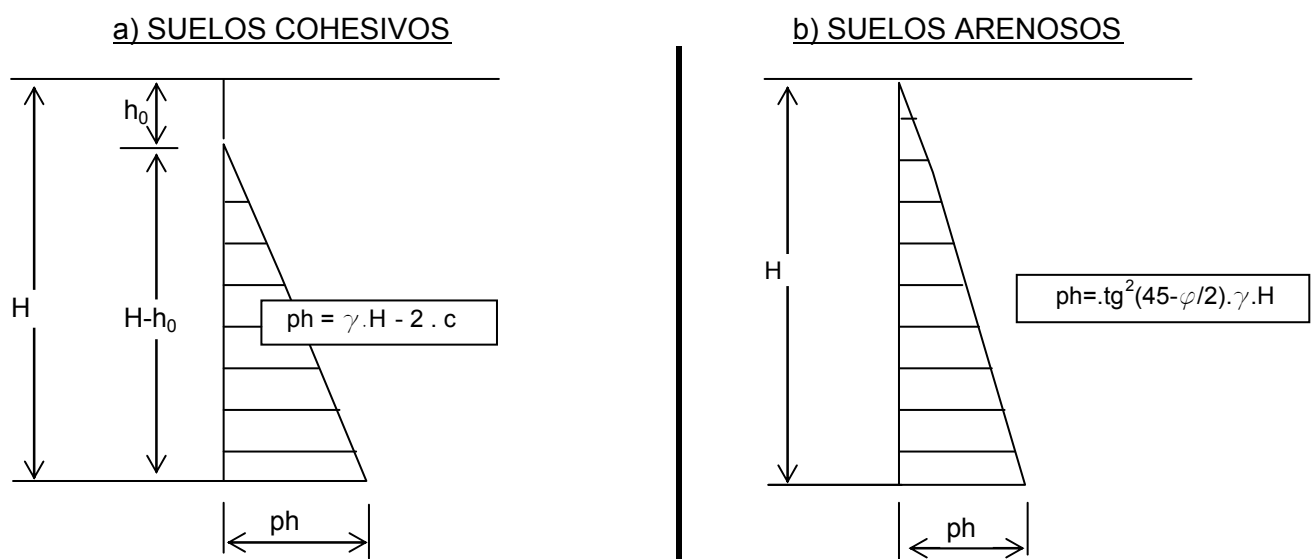
Profundidades referidas a Boca de Pozo	Cotas referidas al Nivel 0,00 del hidrómetro del Puerto Rosario	Tensiones admisibles para bases aisladas Kg/cm ²	Coefficiente de Balasto Kg/cm ³	Tensiones admisibles para zapatas continuas Kg/cm ²	Tensiones admisibles para platea rígida Kg/cm ²
0,60 a 1,00	6,40 a 6,00	-----	1,70	0,90	1,40
1,50 a 2,00	5,50 a 5,00	1,20	3,00	-----	1,40
3,00	4,00	1,20	3,00	-----	-----
4,50	2,50	1,00	2,00	-----	-----
6,00	1,00	0,50	0,60	-----	-----
7,50	-0,50	0,30	0,50	-----	-----

Observaciones:

- La napa freática fue detectada a una profundidad de 4,00 m, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados el día 04/11/08.

DIAGRAMAS DE EMPUJES EN PARAMENTOS VERTICALES

- Estos diagramas corresponden a las hipótesis de: una rotura plana, para un macizo homogéneo, con superficie libre horizontal, limitado por una pantalla vertical lisa.



VII.- PARÁMETROS DEL SUELO

En el siguiente cuadro se brindan los parámetros del suelo necesarios para el diseño y cálculo de tablestacas y pilotes.

PARÁMETROS PARA EL DISEÑO Y CÁLCULO DE TABLESTACAS Y PILOTES.							
Profundidades referidas a Boca de Pozo (m)	Densidad [t/m ³]	Módulo de deformación [cm ² /kg]	Angulo Fricción (°)	Cohesión (kg/cm ²)	Resist. Fricción Lateral (t/m ²)	Resist. Punta (t/m ²)	Coef. de Balasto Horizontal (kg/cm ³)
-0,00 m a -5,00 m	2,00	0,008	15	0,19	1,75	---	0,20 Z/B
-5,00 m a -20,00 m	1,90	0,010	2	0,46	0,00	---	12/B(cm)
-20,00 m a -25,00 m	2,00	0,013	24	0,11	3,60	80,00	0,40 Z/B
-25,00 m a -32,00 m	2,05	0,008	27	0,03	6,10	190,00	0,75 Z/B
-32,00 m a -38,00 m	2,05	0,008	29	0,05	9,80	270,00	0,90 Z/B
-38,00 m a -48,00 m	1,95	0,008	14	1,70	15,50	180,00	95/B(cm)

B = Ancho de la Tablestaca o diámetro del pilote

Z = Profundidad

IX.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTE

Cálculo de la capacidad portante de pilotes ejecutados in situ, según el método del ingeniero Zaven Davidian publicado en su obra "Pilotes y cimentaciones sobre pilotes".

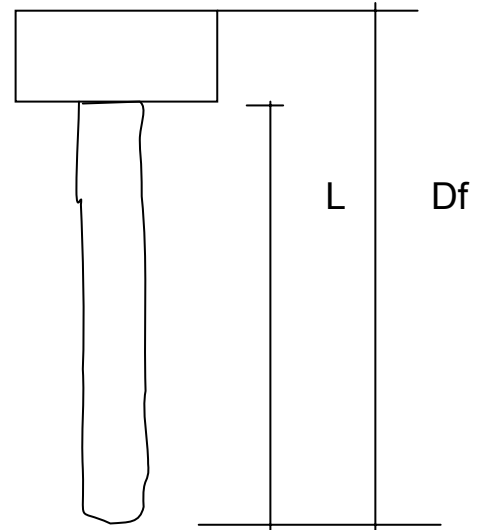
CARACTERÍSTICAS DEL PILOTE Y EL SUELO:

Diámetro (ϕ): 0,80 m napa de agua (CN): -4,00 m Sin Bulbo (ϕ): 0,00 m
 Longitud (L): 23,00 m γ_s : 1,85 kg/dm³
 Cota Punta (Df): 24,00 m cabezal: 1,00 m

ESTRATO 1: de 1,00 m a 5,00 m
 ϕ_1 : 15 C1: 0,19 kg/cm²
 Longitud 1: 4,00 m

ESTRATO 2: de 5,00 m a 20,00 m
 ϕ_2 : 2 C2: 0,46 kg/cm²
 Longitud 2: 15,00 m

ESTRATO 3: de 20,00 m a 24,00 m
 ϕ_3 : 24 C3: 0,11 kg/cm²
 Longitud 3: 4,00 m



COEFICIENTES:

Factores de fricción:	ϕ_1 : 15	S32: 0,36	S5: 2,06
	ϕ_2 : 2	S32: 0,00	S5: 0,00
	ϕ_3 : 24	S32: 1,00	S5: 3,41
Factores de capacidad carga:	ϕ_3 : 24	Nc: 19,5	Nq: 9,6
Factor de forma y profundidad:	Df / ϕ : 30	ϕ / L : 0,03	sc . dc : 1,63

RESISTENCIA DE PUNTA:

$$q = \gamma_s \cdot Df - 1,00 \cdot (Df - CN) = 24,40 \text{ t/m}^2$$

$$qp = (c' \cdot Nc + q \cdot Nq) \cdot sc \cdot dc / v = 138,90 \text{ t/m}^2$$

$$vp = 3$$

RESISTENCIA POR FRICCION LATERAL:

$$qf = (1/2 \cdot \gamma'_s \cdot Df \cdot S_{32} + c' \cdot S_5) / v$$

$$qf1 = 1,75 \text{ t/m}^2$$

$$qf2 = 0,00 \text{ t/m}^2 \quad v_f = 2,5$$

$$qf3 = 5,24 \text{ t/m}^2$$

EJEMPLO DE APLICACIÓN:

Diám. de pta. (ϕ): 0,80 m	Bulbo Punta ϕ = 0,00 m	Reducción L3 a = 4,00 m
Longitud (L): 23,00 m	Area apoyo = 0,5027 m ²	Perímetro fuste = 2,513 m ²
Cota Punta (Df): 24,00 m	Volumen pilote= 11,5611 m ³	Vol adic bulbo= 0,0000 m ³

Capacidad por punta: qp * Area = 69,82 ton
 Capacidad por fricción E1: qf1 * Perímetro * L1 = 17,58 ton
 Capacidad por fricción E2: qf2 * Perímetro * L2 = 0,00 ton
 Capacidad por fricción E3: qf3 * Perímetro * L3 = 52,68 ton
 Descuento Peso Propio pilote: Vol * Pe(H°) = -27,75 ton

CAPACIDAD PORTANTE TOTAL = 112,34 toneladas

IX.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES

Cálculo de la capacidad portante de pilotes ejecutados in situ, según el método del ingeniero Zaven Davidian publicado en su obra "Pilotes y cimentaciones sobre pilotes".

CARACTERÍSTICAS DEL PILOTE Y DEL SUELO:

Diámetro (ϕ): 1,20 m napa de agua (CN): -4,00 m Sin Bulbo (ϕ): 0,00 m
 Longitud (L): 43,00 m γ_s : 1,85 kg/dm³
 Cota Punta (Df): 44,00 m Fondo cabezal: 1,00 m

ESTRATO 1: de 1,00 m a 5,00 m
 ϕ_1 : 15 C1: 0,19 kg/cm²

Longitud 1: 4,00 m

ESTRATO 2: de 5,00 m a 23,00 m
 ϕ_2 : 2 C2: 0,46 kg/cm²

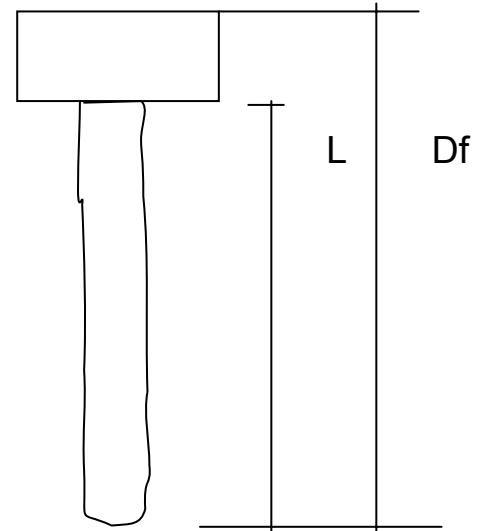
Longitud 2: 18,00 m

ESTRATO 3: de 23,00 m a 38,00 m
 ϕ_3 : 27 C3: 0,03 kg/cm²

Longitud 3: 15,00 m

ESTRATO 4: de 38,00 m a 44,00 m
 ϕ_4 : 14 C4: 1,70 kg/cm²

Longitud 4: 6,00 m

**COEFICIENTES:**

Factores de fricción:	ϕ_1 : 15	S32: 0,36	S5: 2,06
	ϕ_2 : 2	S32: 0,00	S5: 0,00
	ϕ_3 : 27	S32: 1,40	S5: 4,11
	ϕ_4 : 14	S32: 0,32	S5: 1,95
Factores de capacidad carga:	ϕ_4 : 14	Nc: 10,5	Nq: 3,6
Factor de forma y profundidad:	Df / ϕ : 36,7	ϕ / L: 0,03	sc . dc: 1,66

RESISTENCIA DE PUNTA:

$q = \gamma_s \cdot Df - 1,00 \cdot (Df - CN) = 41,40$ t/m²
 $qp = (c' \cdot Nc + q \cdot Nq) \cdot sc \cdot dc / Vp = 181,24$ t/m²
 $Vp = 3$

RESISTENCIA POR FRICCIÓN LATERAL:

$qf = (1/2 \cdot \gamma'_s \cdot Df \cdot S32 + c' \cdot S5) / v$
 $qf 1 = 1,75$ t/m²
 $qf 2 = 0,00$ t/m² $v_f = 2,5$
 $qf 3 = 7,75$ t/m²
 $qf 4 = 15,49$ t/m²

EJEMPLO DE APLICACIÓN:

Diám. de pta. (ϕ): 1,20 m	Bulbo Punta $\phi = 0,00$ m	Reducción L4 a = 6,00 m
Longitud (L): 43,00 m	Area apoyo = 1,1310 m ²	Perímetro fuste = 3,770 m ²
Cota Punta (Df): 44,00 m	Volumen pilote = 48,6319 m ³	Vol adic bulbo = 0,0000 m ³

Capacidad por punta: $qp \cdot Area = 204,98$ ton
 Capacidad por fricción E1: $qf1 \cdot Perímetro \cdot L1 = 26,38$ ton
 Capacidad por fricción E2: $qf2 \cdot Perímetro \cdot L2 = 0,00$ ton
 Capacidad por fricción E3: $qf3 \cdot Perímetro \cdot L3 = 438,38$ ton
 Capacidad por fricción E4: $qf4 \cdot Perímetro \cdot L4 = 350,38$ ton
 Descuento Peso Propio pilote: $Vol \cdot Pe(H^o) = -116,72$ ton

CAPACIDAD PORTANTE TOTAL = 903,4 toneladas

IX.- ENSAYOS DE LABORATORIO

DENSIDAD NATURAL

HUMEDAD NATURAL

LIMITES DE ATTERBERG

GRANULOMETRIA SOBRE #200

COHESIÓN

ÁNGULO DE FRICCIÓN

MÓDULO EDOMÉTRICO

SONDEO 1

FECHA: Octubre de 2008.

PROF. DE LA NAPA FREÁTICA: -4,00 m

COTA DE BOCA DE POZO: +6,83 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.					Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías					Cu [kg/cm ²]	ϕ_u	mv [cm ² /kg]						
				0	20	40	60	80							100	120	0	10	20				30	40	50	60	70	80
B.P.	0.00	+6,83																										
1	2,00	4,83	25							SM	Arena amarilla gruesa.	2,06	5,94	N.P.	N.P.	20,41												
2	3,50	3,33	26							SM-SP	Arena amarilla gruesa, saturada.	2,22	18,24	N.P.	N.P.	11,30							0,04	18	0,009			
3	5,00	1,83	23							SM-SP		2,05	16,69	N.P.	N.P.	10,45												
4	6,50	0,33	4							CL	Castaño oscuro o verduzco, homogéneo, húmedo.	2,00	24,52	28,39	19,34	86,33												
5	8,00	-1,17	6							CL		1,98	28,35	30,10	18,51	96,32												
6	10,00	-3,17	2							CL		1,95	30,92	29,97	20,12	99,01												
7	12,00	-5,17	3							CL		1,89	38,89	38,62	23,32	98,42							0,49	3	0,010			
8	14,00	-7,17	4							ML		1,91	33,20	32,04	23,51	98,25												
9	16,00	-9,17	5							CL		2,11	32,27	35,49	23,32	96,53												
10	18,00	-11,17	4							CL		1,05	29,20	33,12	20,56	89,12												
11	20,00	-13,17	15							ML		2,09	26,52	N.P.	N.P.	64,72												
12	22,00	-15,17	22							SM	Arena oscura o verduzca, gruesa, húmeda.	1,99	22,15	N.P.	N.P.	38,10												
13	24,00	-17,17	26							SM		2,11	20,70	N.P.	N.P.	30,01							0,14	26	0,008			
14	26,00	-19,17	42							SM	Arena clara o verduzca, gruesa, con contenido de finos en algunas zonas.	2,08	19,49	N.P.	N.P.	24,12												
15	28,00	-21,17	67							SM		2,00	16,90	N.P.	N.P.	21,34												
16	30,00	-23,17	85							SM		1,98	18,41	N.P.	N.P.	18,43												

SONDEO 4

FECHA: Octubre de 2008.

PROF. DE LA NAPA FREÁTICA: -4,00 m

COTA DE BOCA DE POZO: +6,98 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.												Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías										Cu [kg/cm ²]	ϕ_u	mv [cm ² /kg l]
				0	20	40	60	80	100	120	0	10	20	30	40							50	60	70	80	90	100							
B.P.	0,00	+6,98														Suelo vegetal.																		
1	2,00	4,98	24													SM	2,20	16,45	N.P.	N.P.	25,93													
2	3,50	3,48	22													SM	2,20	18,54	N.P.	N.P.	27,12													
3	5,00	1,98	26													SM	2,22	19,06	N.P.	N.P.	32,21											0,08	21	0,009
4	6,50	0,48	2													CL	1,80	38,21	30,01	17,20	85,21													
5	8,00	-1,02	2													CL	1,74	52,32	29,78	18,49	95,07													
6	10,00	-3,02	3													CL	1,81	48,24	28,96	18,76	96,32													
7	12,00	-5,02	4													CL	1,90	43,42	31,20	20,01	97,45													
8	14,00	-7,02	3													CL	1,84	40,16	38,95	24,35	99,03													
9	16,00	-9,02	4													CL	1,85	39,39	40,01	23,78	98,64											0,46	3	0,008
10	18,00	-11,02	5													CL	1,79	37,59	34,20	21,46	95,68													
11	20,00	-13,02	4													CL	1,76	38,46	37,88	22,20	96,37													
12	22,00	-15,02	18													SC	2,10	24,06	32,91	23,45	39,40													
13	24,00	-17,02	16													SM	2,12	22,97	N.P.	N.P.	28,51											0,16	25	0,009
14	26,00	-19,02	36													SM	1,02	21,20	N.P.	N.P.	39,52													
15	28,00	-21,02	50													SM	2,01	18,51	N.P.	N.P.	45,84													
16	30,00	-23,02	60													SM	2,06	20,21	N.P.	N.P.	31,24											0,05	29	0,008

SONDEO 5

FECHA: Octubre de 2008.

PROF. DE LA NAPA FREATICA: -4,00 m
COTA DE BOCA DE POZO: +7,01 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	N° de golpes S.P.T.						Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías						Cu [kg/cm ²]	ϕ_u	mv [cm ² /kg l]					
				0	20	40	60	80	100							120	0	10	20	30	40				50	60	70	80	90
B.P.	0,00	+7,01								Suelo vegetal.																			
1	2,00	5,01	9							SM	Arena amarilla gruesa.	2,27	8,94	N.P	N.P.	25,35													
2	3,50	3,51	11							SM	Arena amarilla gruesa, saturada.	2,31	18,28	N.P	N.P.	18,79													
3	5,00	2,01	14							SM		2,33	17,59	N.P	N.P.	16,35								0,24	16	0,008			
4	6,50	0,51	23							SM		2,13	17,36	N.P	N.P.	23,04													
5	8,00	-0,99	50							SC		2,10	14,42	24,98	20,14	25,52													
6	10,00	-2,99	36							SM		2,27	17,71	N.P	N.P.	18,97								0,20	30	0,007			
7	12,00	-4,99	37							SC	2,24	17,47	26,98	20,31	36,36														
8	14,00	-6,99	3							CL	1,85	36,44	33,39	21,06	89,97														
9	16,00	-8,99	2							CL	1,89	42,21	34,45	23,69	96,32														
10	18,00	-10,99	3							ML	1,90	38,92	33,65	24,55	89,68														
11	20,00	-12,99	4							CL	1,96	34,94	41,14	25,01	77,42														
12	22,00	-14,99	37							CL	1,91	37,53	35,98	24,20	68,98								0,05	20	0,007				
13	24,00	-16,99	43							SM	2,19	12,12	N.P	N.P.	19,60														
14	26,00	-18,99	46							SP	2,27	15,68	N.P	N.P.	4,03														
15	28,00	-20,99	50							SP	2,23	20,66	N.P	N.P.	3,99														
16	30,00	-22,99	42							SM-SP	2,23	19,86	N.P	N.P.	10,27														
17	32,00	-24,99	36							SM	2,14	22,84	N.P	N.P.	13,98								0,03	27	0,008				
18	34,00	-26,99	48							SM-SP	2,10	18,78	N.P	N.P.	5,87														
19	36,00	-28,99	60							SM-SP	2,08	16,97	N.P	N.P.	6,98														
20	38,00	-30,99	67							SM	2,12	14,78	N.P	N.P.	12,24														
21	40,00	-32,99	75							SC	2,04	21,11	24,78	20,01	38,97								0,05	29	0,008				
22	42,00	-34,99	120							CH	2,00	15,97	51,42	28,52	65,68								1,70	14	0,008				
23	44,00	-36,99	85							CH	1,89	30,21	101,89	41,10	97,89														
24	46,00	-38,99	60							CH	1,92	25,01	85,78	38,05	99,02														
25	48,00	-40,99	85							CH	1,89	29,89	92,65	40,12	98,95														

SONDEO 6

FECHA: Octubre de 2008.

PROF. DE LA NAPA FREÁTICA: -4,00 m
COTA DE BOCA DE POZO: +6,46 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.					Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrías										Cu [kg/cm ²]	ϕ_u	mv [cm ² /kg]				
				0	20	40	60	80							100	120	0	10	20	30	40	50	60	70				80	90	100	
B.P.	0.00	+6,46																													
1	2,00	4,46	26							SM	1,91	16,21	N.P	N.P.	17,21																
2	3,50	2,96	22							SM	1,94	14,71	N.P	N.P.	15,22																
3	5,00	1,46	2							CL	1,93	41,92	43,54	25,13	54,54																
4	6,50	-0,04	2							CL	1,86	40,04	40,51	21,30	89,68																
5	8,00	-1,54	2							CL	1,99	33,00	34,21	18,29	86,36																
6	10,00	-3,54	3							CL	1,99	39,19	33,34	16,48	95,74																
7	12,00	-5,54	4							CL	1,96	39,39	36,12	20,21	99,14																
8	14,00	-7,54	4							CL	1,99	38,96	39,65	22,26	98,47																
9	16,00	-9,54	4							ML	1,98	39,26	33,09	23,98	97,14																
10	18,00	-11,54	3							CL	1,99	39,02	32,26	21,31	89,65																
11	20,00	-13,54	2							ML	2,02	37,41	34,12	24,15	76,58																
12	22,00	-15,54	13							SC	2,21	23,48	33,51	22,18	20,06									0,16	24	0,009					
13	24,00	-17,54	36							SM	2,17	22,18	N.P	N.P.	16,28																
14	26,00	-19,54	50							SM	2,30	19,44	N.P	N.P.	15,16									0,14	29	0,009					
15	28,00	-21,54	48							SM-SP	2,15	18,22	N.P	N.P.	10,70																
16	30,00	-23,54	60							SP	2,34	19,40	N.P	N.P.	4,97																

SONDEO 7

FECHA: Octubre de 2008.

PROF. DE LA NAPA FREATICA: -4,00 m

COTA DE BOCA DE POZO: +7,02 m

Muestra	PROF a B.P. [m]	Cotas [m]	N S.P.T.	Nº de golpes S.P.T.					Clasificación S.U.C.S. y descripción del suelo	γ g/cm ³	ω %	LL %	LP %	Pasa #200 (%)	Límites y granulometrias										Cu [kg/cm ²]	ϕ_u	mv [cm ² /kg]			
				0	20	40	60	80							100	120	0	10	20	30	40	50	60	70				80	90	100
B.P.	0,00	+7,02																												
1	2,00	5,02	26							SM	1,95	15,86	N.P	N.P.	18,34															
2	3,50	3,52	19							SM	1,93	16,76	N.P	N.P.	17,26															
3	5,00	2,02	7							ML	2,34	17,27	N.P	N.P.	86,25															
4	6,50	0,52	2							CL	2,12	21,15	39,52	23,28	96,36															
5	8,00	-0,98	2							CL	1,82	38,99	40,77	24,36	99,01															
6	10,00	-2,98	3							CL	1,95	70,62	39,12	21,42	98,24							0,46	2	0,008						
7	12,00	-4,98	4							CL	1,90	33,83	37,20	20,17	97,48															
8	14,00	-6,98	3							CL	1,98	36,10	35,12	18,22	98,25															
9	16,00	-8,98	4							ML	2,01	32,29	34,21	24,01	98,77															
10	18,00	-10,98	5							CL	1,99	31,15	33,20	23,10	96,46															
11	20,00	-12,98	4							CL	2,00	30,12	32,51	18,20	75,32															
12	22,00	-14,98	12							SM	2,24	28,09	N.P	N.P.	19,52							0,11	24	0,011						
13	24,00	-16,98	20							SM	2,10	20,12	N.P	N.P.	17,42															
14	26,00	-18,98	26							SM	2,19	18,72	N.P	N.P.	16,20															
15	28,00	-20,98	46							SM-SP	2,16	18,31	N.P	N.P.	11,21															
16	30,00	-22,98	60							SM	2,18	19,94	N.P	N.P.	15,52															

X.- CONCLUSIONES

A) Características generales del suelo:

A partir de haber reconocido, ensayado y clasificado en laboratorio las muestras obtenidas en campo, se puede realizar una descripción de las características generales de los suelos.

Luego del pavimento Existente se detecta la siguiente configuración estratigráfica:

- Un primer estrato de arena clara SM y en algunos sectores SC, gruesa, saturada, densa, de consistencia compacta a muy compacta, que se extiende hasta una profundidad aproximada de 5,00 m.
- Le sigue un estrato de suelo arcilloso CL y en menor medida limoso ML, de coloración castaño oscuro o verduzco, homogéneo, de consistencia blanda a medianamente compacta, que alcanza una profundidad cercana a los 20,00 m.
- Luego se detecta un manto de arena clara o verduzca SP, SM-SP y SM, clara, muy densa, con contenido de finos en algunas zonas, de consistencia muy compacta a dura, que se extiende hasta una profundidad aproximada de entre 38,00 m y 40,00 m.
- A continuación, y hasta el final de los sondeos realizados, el suelo detectado clasifica como arcilla CH de elevada plasticidad, color verduzco oscuro, de consistencia dura.

El nivel de aguas subterráneas se encuentra en coincidencia con el nivel del río a una profundidad promedio de 4,00 m respecto de las bocas de pozo, durante la ejecución de los trabajos de campaña, realizados en el mes de octubre de 2008.

B) Recomendaciones:

Teniendo presente las características de los suelos encontrados y la tipología de las estructuras a fundar, se consideran aplicables las siguientes recomendaciones:

En el cuadro del punto VI puede observarse que la consistencia del suelo en los primeros metros es compacta hasta una profundidad aproximada de 4,00 m. Debido a esto resulta factible una fundación superficial solamente para estructuras con cargas moderadas a livianas, donde sería conveniente fundar a -1,50 m respecto de boca de pozo (+5,50 m respecto del nivel 0,00 de referencia), utilizando una tensión admisible de 1,20 kg/cm².

La opción adecuada para cargas de gran magnitud es el empleo de una fundación profunda o indirecta mediante pilotes.

En el punto VIII se da el ejemplo de cálculo de la capacidad portante de un pilote preexcavado y hormigonado in situ, de diámetro 0,80 m, con la punta apoyada a -24,00 m (en cota -17,00 m respecto del nivel de referencia) y una longitud de fuste de 23,00 m, que arroja una capacidad portante del orden de 112 toneladas.

Otro pilote de diámetro 1,20 m con su punta ubicada a 44,00 m de profundidad (en cota -37,00 m respecto del nivel de referencia), arroja una capacidad portante del orden de 900 toneladas.

Para la ejecución de pilotes perforados y hormigonados insitu, se deberá considerar el empleo de un brocal superior de trabajo de 4,00 m de longitud aproximadamente, el empleo de lodos tixotrópicos para la perforación, la utilización de desarenadores. El control de calidad deberá contemplar tres aspectos: El primero se basará en una adecuada supervisión de la ejecución registrando en una planilla la historia de cada pilote. El segundo control deberá contemplar la realización de ensayos de integridad en el total de los pilotes, en el caso de pilotes mayores a 1,00 m de diámetro se deberán ensayar por sistema Cross Hole con cuatro tubos. El tercer control es el de verificación de la capacidad de carga recomendándose el ensayo de un porcentaje del orden del 2% de los pilotes ejecutados, admitiéndose ensayos estáticos o dinámicos siempre que se ajusten a normas vigentes.

Al momento de la apertura de excavaciones y/o perforaciones se recomienda una especial atención por parte del director de obra a fin de observar cualquier anomalía que eventualmente pudiera presentarse y pudiera afectar las fundaciones, y que no hubiera sido detectada en los sondeos puntuales del presente informe.

Ante las solicitudes originadas por el efecto viento, calculadas de acuerdo al CIRSOC 102, las tensiones admisibles pueden incrementarse en un 20 %.

Rosario, 17 de Noviembre de 2008.