

***ESTUDIO GEOTÉCNICO***

**FUTURO PUENTE  
SOBRE  
ARROYO TRANQUERAS  
RUTA 5**

**ESTUDIO GEOTÉCNICO**

**FUTURO PUENTE  
SOBRE  
ARROYO TRANQUERAS  
RUTA 5**

**1. INTRODUCCIÓN**

El presente informe se refiere al estudio de suelos realizado para determinar las principales características geotécnicas del terreno de la obra de referencia.

El estudio permitirá la definición del tipo de fundación y sus tensiones de trabajo.

**2. TRABAJOS DE CAMPO**

De acuerdo a lo combinado previamente se procedió a la ejecución de **4 ensayos de penetración standard** (S.P.T.) con extracción de muestras cada metro de profundidad en las ubicaciones representativas de la futura obra y que se indican en el plano adjunto.

El ensayo S.P.T. consiste en la ejecución de una perforación de 3" de diámetro, en la cual se introduce un sacamuestras de 2" de diámetro exterior y 1 3/8" de diámetro interior y se miden los golpes necesarios (de una pesa de 63.5 Kg con una caída de 76 cm) para hincarlo 30 cm.

El ensayo de penetración standard (S.P.T.) se realizó en un todo de acuerdo con la norma ASTM D-1586-99.

La perforación se realizó con hélice rotativa hasta el primer nivel freático, continuando luego mediante el sistema de inyección y recirculación de lodos bentoníticos.

Para esta tarea fue necesario el uso de un encamisado auxiliar superior recuperable de 4" de diámetro.

### **CATEOS REALIZADOS**

<i>POZO</i>	<i>PROG.</i>	<i>COTA</i>
<i>P1</i>	+640 m	44.00 m
<i>P2</i>	+670 m	44.40 m
<i>P3</i>	+710 m	44.60 m
<i>P4</i>	+750 m	44.75 m

Como nivel de referencia se adoptó la cota de pavimento en el eje del puente existente sobre el acceso margen derecha, al que se le asignó el valor arbitrario +100.00 m, tal como se indica el croquis adjunto.

### **ENSAYOS DE LABORATORIO**

<i>POZO</i>	<i>PROF.</i> <i>(m)</i>	<i>CLAS.</i>	<i>W<sub>nat.</sub></i> <i>%</i>	<i>L.L.</i> <i>%</i>	<i>I.P.</i> <i>%</i>	<i>#40</i> <i>%</i>	<i>#200</i> <i>%</i>
<i>P1</i>	3.00	SM	20.0	-	-	90	43
<i>P1</i>	7.00	MH	27.0	58.0	22.0	97	92
<i>P1</i>	15.00	MH	28.0	75.5	31.5	98	94
<i>P2</i>	6.00	MH	26.4	57.4	21.3	96	90
<i>P2</i>	12.00	MH	28.6	71.4	30.2	98	93
<i>P3</i>	4.00	SP	19.1	-	-	82	17
<i>P3</i>	7.00	MH	27.8	58.6	22.7	95	89
<i>P3</i>	13.00	MH	29.2	76.1	30.8	97	93
<i>P4</i>	5.00	MH	26.5	56.9	19.4	96	90
<i>P4</i>	12.00	MH	28.0	73.7	32.0	97	92
<i>P4</i>	17.00	MH	29.4	76.2	33.4	98	95

El cuadro anterior incluye las muestras más representativas, sobre las cuales se realizaron las determinaciones necesarias para proceder a su clasificación:

- En suelos coherentes: límite líquido, límite plástico y pasante mediante lavado por tamices N° 40 y 200.
- En suelos incoherentes: granulometría vía seca complementada por lavado por tamiz N° 200.

### **3. PERFIL DEL TERRENO**

El terreno atravesado en cada una de las perforaciones se describe en las planillas adjuntas.

Consiste en una capa superior de arcillas y arenas de mediano poder soporte, que apoya directamente sobre un manto de limos inorgánicos duros.

Si bien el tramo superior de arcillas y arenas presenta variaciones en el tenor de arena, presenta un espesor aproximadamente constante del orden de 5 metros.

Por debajo de este nivel comienza un manto de limos inorgánicos duros de muy alto poder soporte (más de 80 golpes del SPT), que se extiende hasta las profundidades máximas de los ensayos.

Se detuvieron las perforaciones a las profundidades indicadas sin alcanzar el techo de roca.

Al momento de los ensayos se constató presencia de agua a las profundidades indicadas.

### **4. RECOMENDACIONES**

Del análisis de los valores del ensayo, del comportamiento de las perforaciones, y dada la tipología de la obra a construir, se recomienda un sistema de fundación indirecta con pilotes flotantes en el manto de limos inorgánicos muy duros.

Los pilotes penetrarán dentro del manto resistente compuesto por limos inorgánicos muy duros como mínimo 5 metros o 10 diámetros, lo que sea más exigente.

#### **4.1 Procedimiento constructivo y resistencia vertical**

Dependiendo del procedimiento constructivo a adoptar, las soluciones de fundación indirecta presentan básicamente dos alternativas:

- a. pilotes “*hinca de tubo*”
- b. pilotes “*perforados*”

- a. En el caso de *pilotes* tipo “*hinca de tubo*” éstos llegarán mediante el procedimiento de hinca simple hasta los primeros metros del manto de limos muy duros, en donde presentarán “rechazo”.

A partir de los niveles de rechazo, y para alcanzar las longitudes indicadas en el párrafo anterior, deberán continuarse los trabajos realizando la extracción de suelo mediante perforación por dentro del tubo u otros procedimientos similares.

A los efectos del dimensionado frente a cargas verticales se recomiendan los siguientes valores admisibles para el manto de limos muy duros:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{punta}} &= 350 \text{ ton/m}^2 \\ \tau_{\text{lat}} &= 3 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

En las condiciones anteriores, y en función de los diámetros disponibles en el mercado, resultan las siguientes cargas admisibles máximas por pilote:

Diámetro (cm)	Carga (ton.)
40	60
52	100

- b. En el caso de *pilotes perforados* éstos necesitarán de un encamisado parcial metálico (recuperable, parcial o total).

A los efectos del dimensionado frente a cargas verticales se recomiendan los siguientes valores admisibles para el manto resistente de limos muy duros:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{punta}} &= 250 \text{ ton/m}^2 \\ \tau_{\text{lat}} &= 2 \text{ ton/m}^2\end{aligned}$$

En las condiciones anteriores, y para penetraciones de 12 diámetros en el manto de limos muy duros, resultan las siguientes cargas admisibles por pilote:

Diámetro (cm)	Carga (ton)
60	100
80	175
100	280

#### 4.2 Resistencia y deformabilidad ante cargas horizontales

Para la modelización del comportamiento del suelo frente a efectos laterales, se recomienda adoptar en los cálculos el método de los coeficientes de balasto.

En este modelo, la presión que el pilote ejerce sobre el terreno en cada punto está relacionada con el desplazamiento horizontal mediante la relación:

$p \text{ (t/m)} = k \text{ (t/m}^2\text{)} \times y \text{ (m)}$  con “k” el coeficiente de balasto e “y” el desplazamiento horizontal

$$p = k \times y < p_{ult}$$

Por la tanto, si se modela utilizando resortes, la rigidez de los mismos se obtiene multiplicando los valores de “k” por la longitud de pilote que representan.

A los efectos de la estimación de los coeficientes de balasto horizontal se proponen los siguientes valores y criterios, para los diferentes estratos de suelo:

#### Suelos areno- arcillosos superiores

La consideración de la colaboración resistente horizontal de los primeros metros de suelo bajo el terreno natural actual está relacionada con el análisis de socavación que se realice, lo que escapa al alcance del presente informe.

Independientemente de lo anterior, se propone asimilar el comportamiento de los tramos superiores de suelo al de una arena arcillosa de compacidad media:

$$k \text{ (t/m}^2\text{)} = 400 \sigma'_{v}$$

y  $p_{ult} \text{ (t/m)} = 12 D \sigma'_{v}$

en donde  $\sigma'_{v}$  es la tensión efectiva vertical y D es el diámetro del pilote.

La tensión vertical efectiva es igual a:

$$\sigma'_{v} = \Sigma \gamma' h , \text{ siendo } h \text{ el espesor de cada capa y } \gamma' \text{ la densidad efectiva..}$$

Se propone considerar los siguientes valores de densidad efectiva:

Arenas y arcillas sobre el nivel freático	$\gamma' = 1,8 \text{ t/m}^3$
Arenas y arcillas bajo el nivel freático	$\gamma' = 0,8 \text{ t/m}^3$

#### Manto de limos inorgánicos muy duros

A los efectos de la estimación del coeficiente de balasto horizontal para el manto resistente de limos inorgánicos muy duros se proponen los siguientes valores:

$$k = 2500 \text{ t/m}^2$$

y  $p_{ult} \text{ (t/m)} = 100 D \text{ (m)}$

en donde D es el diámetro del pilote.

A continuación se calculan algunos de los valores anteriores, en la hipótesis de 3 metros de socavación, aplicados a pilotes de diámetro 0.52 y 0.80m :

<i>Prof. desde el terreno nat. actual (m)</i>	<i>Coef. de Balasto K (t/m<sup>2</sup>)</i>	<i>P<sub>ult</sub> φ520 (t/m)</i>	<i>P<sub>ult</sub> φ800 (t/m)</i>	<i>Obs.</i>
de 0 a 3	-	-	-	
3	0	0	0	<i>Suelo superior</i>
5	640	10	15	<i>Suelo superior</i>
5	2500	52	80	<i>"Techo" limo inorg.</i>
de 5 en adelante	2500	52	80	<i>Limo inorg.</i>

**ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD**

**OBRA:**

**UBICACIÓN:**

CATEO N° **P1**

FECHA:

COTA BOCA :

PROF. (m.)	EQUIP. PERE.	ENSAYO S.P.T. N° de golpes / 30 cm				N	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	OBSERVACIONES
		35	25	15	5			
	PERFORACIÓN CON EQUIPO MANUAL						Suelo vegetal <i>Prof. 0,30 m</i>	<p><i>Prof. 2,80 m</i></p> <p># 40 = 90% # 200 = 43% LL=No%; IP=No% w<sub>nat</sub>=20,0%</p> <p># 40 = 97% # 200 = 92% LL=58,0%; IP=22,0% w<sub>nat</sub>=27,0%</p>
1					8	Arcilla limosa marrón		
2					10	Arena limosa <i>Prof. 2,10 m</i>		
3					14	Arena limosa SM		
4					24	Arena limosa con grava		
5					40	Limo arcilloso <i>Prof. 4,90 m</i>		
6					59	Limo arcilloso		
7					>80	Limo inorgánico MH		
8					>80	Limo inorgánico		
9					>80	Limo inorgánico		
10					>80	Limo inorgánico		
11								
		100	50	0	REC.		0 50 100 %	
<p>PROF. NIV. AGUA : 2,80 m COTA NIV. AGUA:</p> <p>PROF. MAX. CATEO: 21,30 m COTA FONDO:</p>								

El presente documento es válido únicamente con fines educativos.



**ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD**

**OBRA:**

**UBICACIÓN:**

CATEO N° **P1 cont.**  
 FECHA:  
 COTA BOCA :

PROF. (m.)	EQUIP. PERE.	ENSAYO S.P.T.				N	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
		Nº de golpes / 30 cm					
		35	25	15	5		
	PERFORACIÓN CON EQUIPO MANUAL					>80	Limo inorgánico
12						>80	Limo inorgánico
13						>80	Limo inorgánico
14						>80	Limo inorgánico
15						>80	Limo inorgánico MH
16						>80	Limo inorgánico
17						>80	Limo inorgánico
18						>80	Limo inorgánico
19						>80	Limo inorgánico
20						>80	Limo inorgánico
21						>80	Limo inorgánico
22						%	Fin de la perforación
		100	50	0	REC.		

OBSERVACIONES				
# 40 = 98% # 200 = 94% LL=75,5%; IP=31,5% w <sub>nat</sub> =28,0%				
Prof. 21,30 m Cota +73,86 m				
<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td style="width: 50px;"></td> <td style="width: 50px; text-align: center;">%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> </table>		%	0	100
	%			
0	100			
RQD				

PROF. NIV. AGUA : 2,80 m COTA NIV. AGUA:

PROF. MAX. CATEO: 21,30 m COTA FONDO:

**ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD**

**OBRA:**

**UBICACIÓN:**

CATEO N° **P2**

FECHA:

COTA BOCA :

PROF. (m.)	EQUIP. PERE.	ENSAYO S.P.T.				N	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	OBSERVACIONES
		N° de golpes / 30 cm						
		35	25	15	5			
	PERFORACIÓN CON EQUIPO MANUAL						Relleno <i>Prof. 0,50 m</i>	
							Suelo vegetal <i>Prof. 0,70 m</i>	
1						5	Arcilla marrón	
							Arena con grava <i>Prof. 1,00 m</i>	
								<i>Prof. 1,60 m</i>
2						8	Arena gruesa con grava	
3						14	Arena limosa con grava	
4						27	Arena limosa con grava <i>Prof. 4,50 m</i>	
5					43	Limo arcilloso		
6					61	Limo inorgánico <i>MH</i>	# 40 = 96% # 200 = 90% LL=57,4%; IP=21,3% w <sub>nat</sub> =26,4%	
7					>80	Limo inorgánico		
8					>80	Limo inorgánico		
9					>80	Limo inorgánico		
10					>80	Limo inorgánico		
11					>80	Limo inorgánico		
					%			
		100	50	0	REC.		0 50 100 %	
<p>PROF. NIV. AGUA : 1,60 m COTA NIV. AGUA:</p> <p>PROF. MAX. CATEO: 18,00 m COTA FONDO:</p>								RQD

**ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD**

**OBRA:**

**UBICACIÓN:**

CATEO N° **P2 cont.**

FECHA:

COTA BOCA :

PROF. (m.)	EQUIP. PERE.	ENSAYO S.P.T. N° de golpes / 30 cm				N	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	OBSERVACIONES
		35	25	15	5			
	PERFORACIÓN CON EQUIPO MANUAL					>80	Limo inorgánico	# 40 = 98% # 200 = 93% LL=71,4%; IP=30,2% W <sub>nat</sub> =28,6%
12						>80	Limo inorgánico MH	
13						>80	Limo inorgánico	
14						>80	Limo inorgánico	
15						>80	Limo inorgánico	
16						>80	Limo inorgánico	
17					>80	Limo inorgánico		
18					>80	Limo inorgánico	Prof. 18,00 m	
							Cota +76,99 m	
19							Fin de la perforación	
20								
21								
22								
		100	50	0	REC.	%	0 50 100 %	
PROF. NIV. AGUA : 1,60 m COTA NIV. AGUA:								
PROF. MAX. CATEO: 18,00 m COTA FONDO:								

**ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD**

**OBRA:**

**UBICACIÓN:**

CATEO N° **P3**

FECHA:

COTA BOCA :

PROF. (m.)	EQUIP. PERE.	ENSAYO S.P.T. N° de golpes / 30 cm				N	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	OBSERVACIONES
		35	25	15	5			
	PERFORACIÓN CON EQUIPO MANUAL						Suelo vegetal <i>Prof. 0,50 m</i>	<p><i>Prof. 2,60 m</i></p> <p># 40 = 82% # 200 = 17% LL=No%; IP=No% w<sub>nat</sub>=19,1%</p> <p># 40 = 95% # 200 = 89% LL=58,6%; IP=22,7% w<sub>nat</sub>=27,8%</p>
1					3	Arcilla marrón		
2					5	Arcilla marrón		
3					9	Arena limosa con grava <i>Prof. 3,00 m</i>		
4					23	Arena con piedras <i>SP</i>		
5					>80	Arena con piedras <i>Prof. 5,50 m</i>		
6					>80	Limo arcilloso		
7					>80	Limo inorgánico <i>MH</i>		
8					>80	Limo inorgánico		
9					>80	Limo inorgánico		
10					>80	Limo inorgánico		
11								
		100	50	0	REC.			
PROF. NIV. AGUA : 2,60 m    COTA NIV. AGUA: PROF. MAX. CATEO: 17,25 m    COTA FONDO:								
							0    50    100    % <b>RQD</b>	

**ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD**

**OBRA:**

**UBICACIÓN:**

CATEO N° **P3 cont.**

FECHA:

COTA BOCA :

PROF. (m.)	EQUIP. PERE.	ENSAYO S.P.T. N° de golpes / 30 cm				N	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	OBSERVACIONES
		35	25	15	5			
	PERFORACIÓN CON EQUIPO MANUAL					>80	Limo inorgánico	# 40 = 97% # 200 = 93% LL=76,1%; IP=30,8% W <sub>nat</sub> =29,2%
12						>80	Limo inorgánico	
13						>80	Limo inorgánico <i>MH</i>	
14						>80	Limo inorgánico	
15						>80	Limo inorgánico	
16						>80	Limo inorgánico	
17					>80	Limo inorgánico	<i>Prof. 17,25 m</i>	
							<i>Cota +76,74 m</i>	
18						<i>Fin de la perforación</i>		
19								
20								
21								
22								
						%	%	
		100	50	0	REC.		RQD	
PROF. NIV. AGUA : 2,60 m    COTA NIV. AGUA:								
PROF. MAX. CATEO: 17,25 m    COTA FONDO:								

**ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD**

**OBRA:**

**UBICACIÓN:**

CATEO N° **P4**

FECHA:

COTA BOCA :

PROF. (m.)	EQUIP. PERE.	ENSAYO S.P.T. N° de golpes / 30 cm				N	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	OBSERVACIONES							
		35	25	15	5										
	PERFORACIÓN CON EQUIPO MANUAL						Suelo vegetal <i>Prof. 0,50 m</i>	<p><i>Prof. 2,10 m</i></p>           <p># 40 = 96% # 200 = 90% LL=56,9%; IP=19,4% W<sub>nat</sub>=26,5%</p>							
1					4	Arcilla marrón									
2					2	Arcilla marrón									
3					14	Arena fina con grava <i>Prof. 3,00 m</i>									
4					21	Limo arcilloso <i>Prof. 4,05 m</i>									
5					76	Limo inorgánico MH									
6					>80	Limo inorgánico									
7					>80	Limo inorgánico									
8					>80	Limo inorgánico									
9					>80	Limo inorgánico									
10					>80	Limo inorgánico									
11					>80	Limo inorgánico									
		100	50	0	REC.										
<p>PROF. NIV. AGUA : 2,10 m COTA NIV. AGUA:</p> <p>PROF. MAX. CATEO: 19,35 m COTA FONDO:</p>							<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>50</td> <td>100</td> <td>RQD</td> </tr> </table>				%	0	50	100	RQD
			%												
0	50	100	RQD												

**ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD**

OBRA:

UBICACIÓN: .....

CATEO N° **P4 cont.**

FECHA:

COTA BOCA :

PROF. (m.)	EQUIP. PERE.	ENSAYO S.P.T.				N	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	OBSERVACIONES	
		Nº de golpes / 30 cm							
		35	25	15	5				
	PERFORACIÓN CON EQUIPO MANUAL					>80	Limo inorgánico		
12						>80	Limo inorgánico MH	# 40 = 97% # 200 = 92% LL=73,7%; IP=32,0% W <sub>nat</sub> =28,0%	
13						>80	Limo inorgánico		
14						>80	Limo inorgánico		
15						>80	Limo inorgánico		
16						>80	Limo inorgánico		
17						>80	Limo inorgánico MH	# 40 = 98% # 200 = 95% LL=76,2%; IP=33,4% W <sub>nat</sub> =29,4%	
18						>80	Limo inorgánico		
19						>80	Limo inorgánico	Prof. 19,35 m	
20							Fin de la perforación	Cota +74,04 m	
21									
22									
							%		
			100	50	0	REC.			
PROF. NIV. AGUA : 2,10m COTA NIV. AGUA:									
PROF. MAX. CATEO: 19,35 m COTA FONDO:									
								%	
								RQD	

