



## **ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA**

**Proyecto:** Puente  
By Pass San José

**Solicitante:** SERVIAM - CSI

**Febrero 2017**

## ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA

Solicitante: SERVIAM - CSI  
Proyecto: Puente  
By Pass a San José  
Ubicación: Arroyo San José  
Informe N°: 1118/16

---

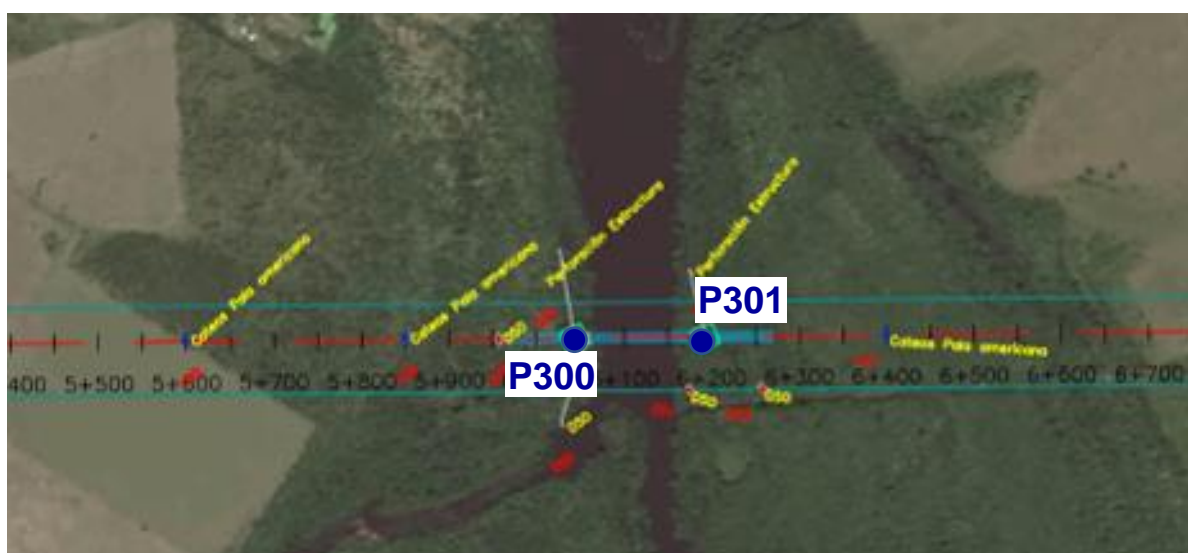
### 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe da cuenta de los trabajos realizados para la caracterización geotécnica de la estratigrafía del subsuelo en la traza del puente proyectado sobre el Arroyo San José incluido en el proyecto del By Pass a San José.

Se realizaron 2 (dos) perforaciones cuyas ubicaciones fueron determinadas por el solicitante y se ilustran en el croquis de la Figura 1.



Ubicación general de los puntos de perforación en el área del proyecto



Ubicación de los puntos de perforación en la traza del proyecto

**Figura 1. Croquis de ubicación de los puntos de estudio**

## 2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En respuesta a la solicitud planteada los objetivos del estudio fueron:

- reconocimiento de los diferentes estratos presentes en el subsuelo;
- verificación directa de la existencia de napa freática y/o techo de roca, y localización en profundidad de los mismos, con respecto a la boca de perforación;
- recomendaciones sobre las alternativas para las fundaciones, incluyendo las tensiones y cargas admisibles.

## 3. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

El sitio de estudio se ubica en una zona rural, próximo a las márgenes del Arroyo San José. El emplazamiento del puente está enmarcado en la planicie de inundación del arroyo, cubierta por monte nativo de vegetación espesa. La Figura 2 muestra una vista del emplazamiento del punto P301, correspondiente al estribo norte.



**Figura 2. Vista de la vegetación existente en la zona de estudio**



El subsuelo del sitio está constituido por sedimentos y rocas sedimentarias. Los sedimentos forman parte de las unidades geológicas del Cuaternario, conformadas por arcillas y arenas no consolidadas, que presentan espesores del orden de los 10m y descansan sobre rocas sedimentarias de granulometrías gruesas, cementadas, pertenecientes a la Formación Raigón.

#### 4. TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo fueron realizados los días 8 y 22 de febrero de 2017; se trabajó en 2 puntos de estudio, realizándose perforaciones con equipo rotativo manual y ensayos SPT a cada metro de avance de la perforación.

Dadas las condiciones de acceso a los puntos de sondeo, se optó por la utilización de equipos de perforación manual; el acondicionamiento de las picadas de acceso y los sitios de trabajo fue realizado por la empresa SERVIAM. La Figura 3 muestra el punto de sitio de trabajo correspondiente al punto P300.



**Figura 3. Vista de la ubicación del punto P300**

Durante el proceso de perforación se realizaron las siguientes tareas:

- caracterización de los suelos presentes en el perfil a partir de la descripción táctil-visual de los materiales resultantes en el proceso de perforación,
- determinación directa de la eventual existencia de niveles de napa freática y techo de roca, y localización de los mismos en profundidad con respecto a la boca de la perforación,
- determinación de N(SPT) a cada metro de avance de la perforación,
- recolección de muestras alteradas para análisis de laboratorio.

La Tabla 1 presenta las coordenadas de los puntos, expresadas en el sistema UTM WGS84 Z21, junto con las profundidades relevantes de los puntos de perforación. Se consideró como nivel de referencia en nivel de terreno natural de los puntos al momento de los trabajos de campo.

**Tabla 1. Coordenadas y profundidades relevantes**

Punto de exploración	Coordenadas UTM WGS84		Profundidad de napa freática (m)	Profundidad máxima alcanzada (m)
	E	S		
<b>P300</b>	529.237	6.198.316	1,00 2,70 (filtración) 8,00 (filtración)	13,45
<b>P301</b>	529.294	6.198.455	2,50 4,50 (filtración)	13,45

## 5. TRABAJOS DE LABORATORIO

Sobre el total de las muestras recolectadas, fueron escogidas un total de 24 para los análisis de laboratorio. Las muestras procesadas fueron seleccionadas con el objetivo de caracterizar los diferentes estratos encontrados en los procesos de perforación de cada punto de estudio. Dichos estratos fueron identificados en el campo a través de la descripción táctil-visual de los materiales resultantes del proceso de perforación.

Las muestras seleccionadas fueron analizadas a través de los siguientes ensayos: determinación de humedad natural, ensayos de análisis granulométrico y determinación de límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico). A partir de la información obtenida a través del análisis granulométrico y las determinaciones de límites de Atterberg, se realizó la clasificación de cada muestra procesada mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

La Tabla 2 resume los resultados obtenidos, en el Anexo se incluyen las curvas granulométricas correspondientes a las muestras analizadas.

**Tabla 2. Resumen de resultados de los trabajos de laboratorio**

Punto de Estudio	Muestra	Prof (m)	W <sub>NAT</sub> (%)	LP	LL	Pasa #200 (%)	Pasa #40 (%)	Clasificación de suelos (SUCS)
<b>P300</b>	M1	1,0	23,5	16	35	77,0	89,8	Arcilla de baja compresibilidad-CL
	M2	2,0	26,9	19	37	58,3	73,0	Arcilla de baja compresibilidad-CL
	M3	3,0	22,1	13	27	18,1	25,0	Arena arcillosa - SC
	M4	4,0	15,0	-	-	0,5	2,6	Arena mal graduada - SP
	M5	5,0	24,8	-	-	0,6	3,1	Arena mal graduada - SP
	M6	6,0	6,9	-	-	0,3	2,9	Arena mal graduada - SP
	M7	7,0	14,7	-	-	0,2	3,4	Arena mal graduada - SP
	M8	8,0	6,8	-	-	0,4	4,8	Arena mal graduada - SP
	M9	9,0	14,1	-	-	0,3	2,4	Arena mal graduada - SP
	M10	10	15,8	-	-	0,3	4,5	Arena mal graduada - SP
	M12	12	30,3	20	43	43,9	50,4	Arena mal graduada - SP
<b>P301</b>	M1	1,0	22,5	12	20	42,2	96,3	Arena arcillosa - SC
	M2	2,0	25,3	11	22	44,7	87,7	Arena arcillosa - SC
	M3	3,0	16,8	-	-	3,5	12,0	Arena mal graduada - SP
	M4	4,0	6,8	-	-	1,5	5,9	Arena mal graduada - SP
	M5	5,0	18,4	-	-	2,0	9,1	Arena mal graduada - SP
	M6	6,0	29,4	-	-	0,3	10,8	Arena mal graduada - SP
	M7	7,0	9,4	-	-	0,6	9,2	Arena mal graduada - SP
	M8	8,0	6,5	-	-	0,3	7,2	Arena mal graduada - SP
	M9	9,0	8,6	-	-	0,1	2,6	Arena mal graduada - SP
	M10	10	15,5	-	-	0,1	0,8	Arena mal graduada - SP
	M11	11	15,7	-	-	0,1	1,6	Arena mal graduada - SP
	M12	12	16,4	-	-	0,1	1,3	Arena mal graduada - SP
	M13	13	5,1	-	-	1,3	4,0	Arena mal graduada - SP



## **6. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUBSUELO**

En este capítulo se describen los perfiles estratigráficos obtenidos en cada una de las perforaciones realizadas, ubicadas a cada margen del arroyo.

### **Perfil estratigráfico relevado en P300**

El perfil detectado en P300 se puede describir de manera sucinta según la siguiente secuencia:

- 0,00 – 2,50m : arcilla arenosa de color negro, de consistencia muy firme, con materia orgánica
- 2,50 – 5,50m : arena gris oscuro a gris, medianamente densa, mal graduada, de granulometría media, con arcilla
- 5,50 – 11,00m : arena amarillenta, densa a muy densa, mal graduada, de granulometría media, con cantos rodados
- 11,00 – 13,45m : arena arcillosa marrón claro a rosado, muy densa, de granulometría media a gruesa

Se detectaron dos niveles de filtración abundante ubicados a 2,70m y 8,00m de profundidad; mientras que el nivel de equilibrio de la napa freática dentro del pozo se ubicó a 1,00m de profundidad, con respecto a la boca de perforación.

### **Perfil estratigráfico en P301**

La estratigrafía encontrada en el punto P301 presenta la siguiente secuencia de estratos:

- 0,00 – 3,00m : arena arcillosa de color negro, suelta, con restos de raíces
- 3,00 – 10,00m : arena gris a gris oscuro, muy suelta a suelta, mal graduada, de granulometría media
- 10,00 – 12,00m : arena amarillenta, densa, mal graduada, de granulometría media
- 12,00 – 13,45m : arena gris oscuro, densa, mal graduada, de granulometría media, con abundante presencia de cantos rodados centimétricos

En P301 se detectó un nivel de filtración a 4,50m de profundidad, mientras que el nivel de equilibrio de la napa freática dentro del pozo se ubicó a 2,50m de profundidad, con respecto a la boca de perforación.

### **Perfil general en la traza del puente**

En función de los resultados obtenidos y considerando que ambas perforaciones se ubicaron en la planicie de inundación, el perfil estratigráfico de la zona de influencia del puente podría describirse de manera esquemática compuesto por la siguiente secuencia de materiales:

- un estrato superficial de arcillas con arena (CL) y arenas arcillosas (SC) de color negro y gris oscuro, con un espesor variando entre 3,0m y 3,5m, en el cual se verifica la presencia del nivel de equilibrio de la napa freática;
- estratos de arenas mal graduadas (SP), de coloraciones variadas entre gris y amarillo, de espesor variable entre 7,5m y 10m; en estos estratos se encuentran niveles de filtraciones abundantes, ubicadas a profundidades variables;
- un estrato de arena muy arcillosa (SC), de color marrón claro a rosado, de granulometría media a gruesa, muy densa; este estrato se encuentra inmediatamente por debajo de los estratos de arena (SP), habiendo sido perforado en el punto P300 y encontrándose indicios del mismo en los cantos rodados presentes al final de la perforación P301.

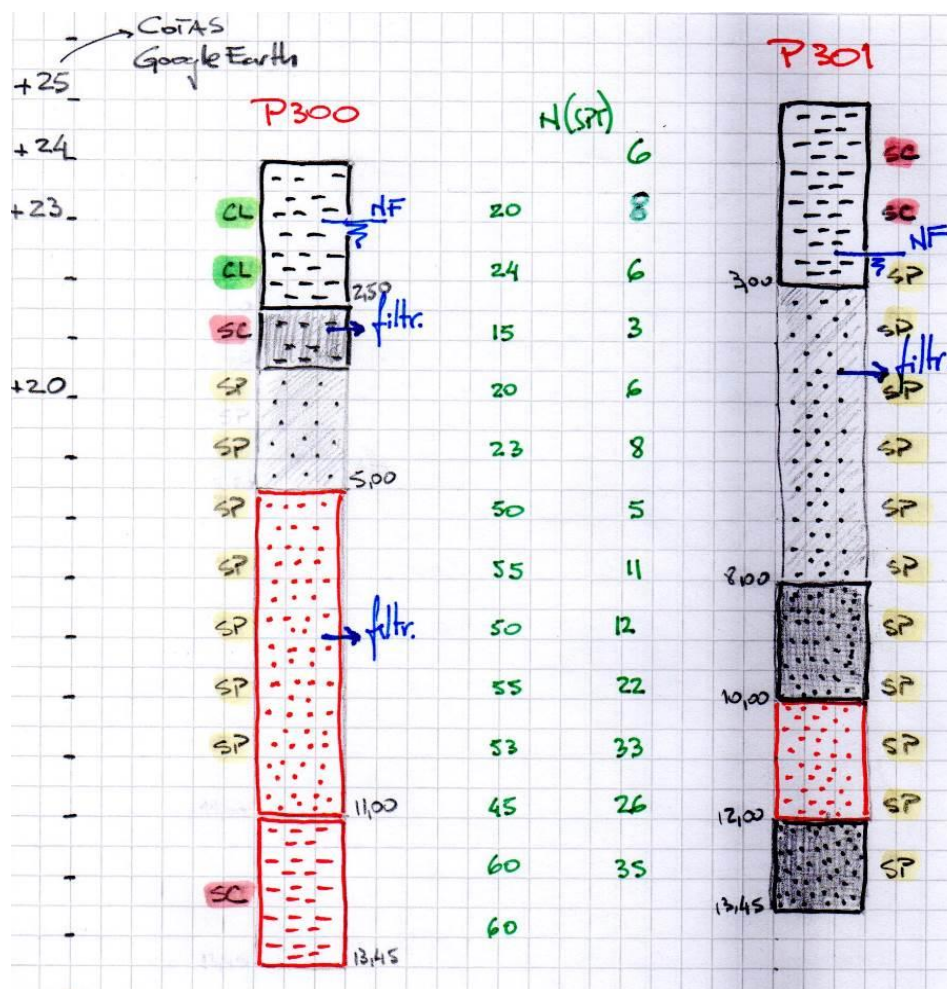
Con respecto a los estados consistencia o densidad relativa relevados:

- en el punto P300, ubicado al sur del cauce, los suelos presentan una densidad mayor debido a que el punto se ubica más próximo al borde de la cuenca, y en consecuencia los suelos cuentan con un grado de empaquetamiento mayor en ese punto;
- mientras que el punto P301, ubicado al norte del cauce, se encuentra al centro de la planicie de inundación, por lo cual el grado de empaquetamiento de los estratos de suelo es menor, lo que determina

estados de densidad relativa más sueltos (sobre todo en los estratos superiores).

Con relación a la presencia de napa freática, en ambas márgenes se registró un comportamiento similar, ubicándose el nivel de equilibrio próximo a la superficie, a profundidades del orden de los 3m, y con ocurrencia de filtraciones ubicadas a diferentes profundidades en los estratos de arena mal graduada (SP).

La Figura 4 presenta un resumen esquemático de las características estratigráficas determinadas en las perforaciones realizadas.



**Figura 4. Resumen esquemático de las características estratigráficas determinadas en las perforaciones realizadas**

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A la luz de los resultados obtenidos es posible formular las siguientes conclusiones y recomendaciones:

### **7.1 Condiciones de Excavabilidad**

En función de la densidad relativa de los suelos encontrados, las tareas de excavación podrán ser realizadas con equipos de mediano a gran porte hasta los 8,00m de profundidad.

Dadas las condiciones hidráulicas y geotécnicas encontradas (presencia de niveles freáticos y suelos desmoronables) será necesaria la utilización de entibamientos y bombeos para las excavaciones de obra.

### **7.2 Fundaciones Directas**

Teniendo en cuenta las condiciones geotécnicas e hidráulicas encontradas: niveles de filtración importantes, ubicados a poca profundidad, en presencia de suelos desmoronables, no se considera recomendable la alternativa de fundaciones directas.

Si fuera necesario fundar estructuras secundarias o elementos temporarios en la etapa de obra, es posible utilizar tensiones de 100 KPa ( $1,0 \text{ kg/cm}^2$ ) a 2,00m de profundidad.

### **7.3 Fundaciones Mediante Pilotes**

Considerando las características de la estructura a proyectar y las condiciones geotécnicas encontradas, se comentan las alternativas de fundación mediante

pilotes analizando dos opciones: pilotes de hınca de tubo y pilotes excavados con encamisado recuperable.

Como solución general se consideran pilotes de 12,00m de longitud media de fuste media, a partir de 1,50m del nivel actual con una penetración de 1,00m en estratos de arena muy densa con cantos rodados. En la estimación de las cargas se despreció el aporte de resistencia lateral de los primeros 3m del fuste, para considerar los posibles efectos de socavación.

En estas condiciones las cargas admisibles verticales de compresión de referencia a nivel de anteproyecto son:

Pilotes Hınca de Tubo de 52cm de diám.:  $Q_{adm} = 1200 \text{ kN (120 ton)}$

Pilotes Perforados Entubados de 60cm de diám.:  $Q_{adm} = 900 \text{ kN (90 ton)}$

Pilotes Perforados Entubados de 80cm de diám.:  $Q_{adm} = 1400 \text{ kN (140 ton)}$

Las cargas indicadas corresponden a las siguientes tensiones unitarias medias:

Pilotes Hınca de Tubo:  $\tau_{adm}^{lat} = 30 \text{ kPa}$  ;  $\sigma_{adm}^p = 3,5 \text{ MPa}$

Pilotes Perforados Entubados:  $\tau_{adm}^{lat} = 20 \text{ kPa}$  ;  $\sigma_{adm}^p = 2,0 \text{ MPa}$

Para la estimación de los coeficientes de reacción horizontal se sugiere la adopción la expresión [1] :

$$K_h = 1000 \times z / D \quad [1]$$

donde,

$K_h$  es el coeficiente de reacción horizontal en  $t/m^3$ ,

$z$  es la profundidad,

$D$  es el diámetro del pilote