



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-07-19

### Revisión de la propuesta alterna para las cimentaciones de los puentes del Proyecto Limonal - Cañas



Preparado por:  
Ing. Ana Lorena Monge S., M.Sc.  
Coordinadora  
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
Octubre, 2019



<b>1. Informe</b>		<b>2. Copia No.</b>
LM-IG-07-19		1
<b>3. Título y subtítulo:</b>		<b>4. Fecha del Informe</b>
Revisión de la propuesta alterna para las cimentaciones de los puentes del Proyecto Limonal – Cañas.		14 octubre 2019
<b>5. Organización y dirección</b>		
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>6. Notas complementarias</b>		
Ninguna		
<b>7. Resumen</b>		
<p><i>A solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se presenta a continuación la revisión de la solución alternativa propuesta para las cimentaciones de los puentes de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericanas Sección Limonal – Cañas.</i></p> <p><i>La revisión consiste en verificar que en los documentos de la propuesta para las cimentaciones de los puentes cuente con la suficiente información geotécnica para obtener los resultados de capacidad de soporte para las alternativas indicadas.</i></p> <p><i>Las revisiones se realizan para los puentes sobre los ríos Desjarretado, Lajas, Higerón, San Miguel, Salitral y Javillo son adecuados, tomando en cuenta las características de los sitios y los fenómenos que puedan afectar a las cimentaciones de estas obras.</i></p>		
<b>8. Palabras clave</b>	<b>9. Nivel de seguridad:</b>	<b>10. Núm. de páginas</b>
Cimentaciones, capacidad de soporte, pilotes preexcavados, puentes.	-	7
<b>11. Preparado y aprobado por:</b>		
<p>Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica</p>		



## CONTENIDO

I.	Introducción .....	4
II.	Información recopilada de las características de las cimentaciones propuestas .....	4
II.1	Documento “Modificación de subestructura Anteproyectos” .....	4
II.2	Documento “Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares. Proyecto: Ampliación de Carretera Interamericana Norte” .....	5
II.3	Recomendación original presentada en el Estudio de suelos inicial .....	6
III.	Análisis comparativo de las recomendaciones presentadas .....	6
IV.	Comentarios finales .....	7
V.	Referencias .....	7



## REVISIÓN DE LA PROPUESTA ALTERNA PARA LAS CIMENTACIONES DE LOS PUENTES DEL PROYECTO LIMONAL – CAÑAS

### I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, el presente informe muestra el resultado de la revisión de la propuesta alterna para las cimentaciones de los puentes de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericanas Sección Limonal – Cañas, presentado por parte del Contratista a la Administración del Proyecto.

La recomendación inicial para la fundación de los puentes del proyecto era colocar cimentaciones superficiales sobre diversas capas de material competente encontrado en cada sitio. La propuesta alterna es cimentar los bastiones y pilas (cuando aplique) sobre pilotes preexcavados para evitar realizar excavaciones excesivas para llegar a la profundidad de cimentación recomendada.

Esta revisión consiste en el análisis de la información del informe “Modificación de subestructura Anteproyectos”, presentado por el Contratista, y el informe GEOP-ESP-24008-2019 v.04 “Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares. Proyecto: Ampliación de Carretera Interamericana Norte” elaborado por la empresa GEOPASA. Esa información se contrasta con el Estudio de suelos presentado por la empresa CACISA, específicamente el apartado 3.3.3 “Estudios de puentes”.

Así mismo, se realizan una serie de comentarios al respecto de lo encontrado durante la revisión de los documentos.

### II. Información recopilada de las características de las cimentaciones propuestas

Primeramente, se hace un resumen de la información recopilada durante la revisión de los documentos descritos anteriormente para contextualizar la propuesta de la alternativa de las cimentaciones para los puentes.

#### II.1 Documento “Modificación de subestructura Anteproyectos”

Este documento, presentado por el Contratista, muestra la siguiente información geotécnica para la propuesta alterna de las cimentaciones para cada puente. Al parecer por lo descrito en el documento, estas propuestas se basan en un prediseño de cimentación que realizó la empresa INSUMA, utilizando la información del estudio de suelos realizado por CACISA anteriormente.

Para cada sitio, la empresa INSUMA realiza un análisis de capacidad de soporte con distintas longitudes y diámetros de los pilotes. Adicionalmente, en el documento se presenta un análisis de resistencia lateral para dos tipos de diámetros (contemplados en el análisis de capacidad de soporte de INSUMA) y con dos alternativas de espaciamiento entre ellos. Con este último análisis se logra escoger la longitud, diámetro y espaciamiento optimizados del pilote. Los resultados se muestran en la Tabla 1.



Tabla 1. Características de los pilotes preexcavados propuestos por Consorcio Supervisión

Río	Diámetro (m)	Longitud (m) <sup>(1)</sup>	Cota de cimentación	Capacidad última (Ton)	Material	Espaciamiento (m)
Desjarretado	1.0	8.18	+74	511	Brecha lávica	2.50
Lajas	1.0	7.34	+50	690	Brecha	2.05
Higuerón	1.0	8.21	+41	874	Ignimbritas o lavas	2.05
San Miguel	1.0	MI: 6.52 MD: 7.91	MI: +36.5 MD: +35	MI: 851 MD: 772	Ignimbritas	2.50
Sarital	1.0	MI: 3.78 MD: 9.78	MI: +40 MD: +34	MI: 1122 MD: 1129	Lavas	4.60
Javillos	1.0	MI: 7.45 MD: 7.68	+66	942	Ignimbritas muy fracturadas	2.05

<sup>(1)</sup>: A esta longitud se le debe sumar 0.30 m que se encontrará embebida en el cabezal

## II.2 Documento “Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares. Proyecto: Ampliación de Carretera Interamericana Norte”

Se revisa el informe GEOP-ESP-24008-2019 v.04, presentado por la empresa GEOPASA, que muestra la siguiente información geotécnica para la propuesta alterna de las cimentaciones de cada puente. La información utilizada para este análisis se basa en el informe del estudio de suelos realizado por CACISA y en el informe de resultados del ensayo de geofísica realizado por la propia empresa.

Para cada sitio, la empresa GEOPASA realiza un análisis de capacidad de soporte por punta utilizando la teoría de pilotes en roca. Para este tipo de capacidad, solo interesa el diámetro del pilote. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de los pilotes preexcavados propuestos por GEOPASA

Río	Diámetro (m)	Cota de cimentación <sup>(1)</sup>	Capacidad última		Material
			kN	Ton	
Desjarretado	1.0	MI: +75 MD: +74	MI: 6859.90 MD: 8959.42	MI: 699.5 MD: 913.6	MI: Ignimbrita MD: Ignimbrita
Lajas	1.0	MI: +65 MD: +65	MI: 20425.73 MD: 20425.73	MI: 2082.8 MD: 2082.8	MI: Brechas MD: Brechas
Higuerón	1.0	MI: +46.7 MD: +49.5	MI: 15133.77 MD <sub>SJ-L</sub> : 16692.14 MD <sub>L-SJ</sub> : 15133.77	MI: 1543.2 MD <sub>SJ-L</sub> : 1702.1 MD <sub>L-SJ</sub> : 1543.2	MI: Lavas MD <sub>SJ-L</sub> : Ignimbrita MD <sub>L-SJ</sub> : Lavas
San Miguel	1.0	MI: +41 MD: +37.5	MI: 12724.37 MD: 12724.37	MI: 1297.5 MD: 1297.5	MI: Ignimbrita soldada MD: Ignimbrita soldada
Sarital	1.0	MI: +42.5 MD: +43	MI: 12611.99 MD <sub>SJ-L</sub> : 18138.16 MD <sub>L-SJ</sub> : 12611.99	MI: 1286.0 MD <sub>SJ-L</sub> : 1849.6 MD <sub>L-SJ</sub> : 1283.0	MI: Lavas MD <sub>SJ-L</sub> : Ignimbrita soldada MD <sub>L-SJ</sub> : Lavas
Javillos	1.0	MI: +73 MD: +65	MI: 9760.82 MD: 9760.82	MI: 995.3 MD: 995.3	MI: Ignimbrita soldada MD: Ignimbrita soldada

<sup>(1)</sup>: Todos los pilotes se deben empotrar 2 m más profundo que la cota indicada.



### II.3 Recomendación original presentada en el Estudio de suelos inicial

Inicialmente, en el apartado 3.3 del informe del estudio de suelos presentado por CACISA, las recomendaciones originales para las cimentaciones de los puentes son las que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Recomendaciones originales de cimentaciones para los puentes realizadas por CACISA

	Río					
	Desjarretado	Lajas	Higuerón	San Miguel	Sarital	Javillo
Profundidad <sup>(1)</sup>	2 m	3.7 m	3 m	3.5	4.5 m	2.75 m
Bastión MI	76.8 msnm	62.7 msnm	43 msnm	36.5 msnm	40.95 msnm	69 msnm
	Ignimbrita soldada	Brecha	Brecha	Ignimbrita soldada	Lava	Ignimbrita soldada
Bastión MD	76.8 msnm	62.7 msnm	43 msnm	36.5 msnm	37.6 msnm	69 msnm
	Brecha	Brecha	Brecha	Ignimbrita soldada	Brecha	Ignimbrita soldada mala
Pila	-	60.2 msnm	-	-	-	67.75 msnm
		Brecha				Ignimbrita soldada

<sup>(1)</sup>: Sobre nivel de agua del río

### III. Análisis comparativo de las recomendaciones presentadas

Al analizar las propuestas presentadas, lo primero que se considera importante realizar es determinar cuál de las dos informaciones es la que se va a utilizar finalmente en el proyecto para diseñar los pilotes, pues a pesar de que la solución parece ser similar en cada sitio para el nivel de desplante y diámetro del pilote, cuentan con diferencias importantes en materiales sobre los cuales cimentar, y sobre todo en la determinación de la capacidad última de los pilotes dada las metodologías distintas que se utilizaron en ambos documentos.

A modo de ejemplo, a continuación se mencionan diferencias encontradas entre la información del estudio de suelos de CACISA con la propuesta presentada por el Contratista:

1. En el río Desjarretado, la propuesta indica que INSUMA toma como material encontrado en la capa 3 como ignimbrita muy fracturada, mientras que en el informe del estudio de suelos de CACISA la capa 3A dice que es una ignimbrita soldada y la capa 3B es una ignimbrita mejor soldada
2. En el río Higuerón, la propuesta muestra que INSUMA no indica que tipo de material se encuentra en las capas recomendadas para la cimentación por lo que no se tiene claro cuáles propiedades se tomaron para determinar la capacidad de soporte. En el informe de estudio de suelos de CACISA la capa 3 dice que son ignimbritas y la capa 5 son lavas
3. En el río Salital, la propuesta indica que INSUMA recomienda que se cimente sobre la capa 3 que son lavas, pero en el estudio de suelos de CACISA la capa 3 corresponden a ignimbritas soldadas
4. En el río Javillos, la propuesta muestra que INSUMA indica que se cimenta sobre la capa 2a que es ignimbrita muy fracturada, pero en el informe del estudio de suelos de CACISA para el sitio de este río no se encontraron ignimbritas



Cabe destacar un aspecto importante y es que en la propuesta entregada por parte GEOPASA, no considera la resistencia lateral de los pilotes que eventualmente puede ser importante tomarla en cuenta, no tanto para la capacidad de soporte, sino para el comportamiento del pilote que requiera separaciones o longitudes diferentes a las determinadas solo tomando en cuenta las capacidades portantes.

Sin embargo, a pesar de estas discordancias que se considera conveniente aclarar, se puede observar que el proponer un tipo de cimentación alternativa a la recomendada inicialmente conlleva el propósito de facilitar el proceso constructivo de las fundaciones de los puentes, además de simplificar otras soluciones geotécnicas de índole estabilizadoras que se hubiesen requerido al realizar las excavaciones a cielo abierto para alcanzar los niveles de desplante de las cimentaciones superficiales.

Con respecto a los parámetros y metodologías utilizados para generar esta alternativa de cimentación para los puentes, se consideran adecuados ya que se utilizan los mismos parámetros determinados en el estudio de suelos de CACISA, y la base técnica para desarrollar los cálculos de las capacidades soportantes, se encuentran acorde con las metodologías conocidas para pilotes.

Por lo tanto, se considera recomendable, hacer las aclaraciones de las discrepancias mostradas en la propuesta del Contratista y además que la Administración estudie cuál es la propuesta técnica que aceptará para determinar la optimización de la propuesta de pilotes preexcavados.

También se considera recomendable, realizar un análisis presupuestario para verificar si al facilitar las labores constructivas no se está incurriendo en gastos excesivos en el proyecto, y que por lo tanto optar por esta solución genere beneficios.

#### IV. Comentarios finales

Después de realizar la revisión de las propuestas de cimentación en pilotes preexcavados, se puede concluir que ambas propuestas pueden ser técnicamente válidas a pesar de la discrepancia entre ellas.

Sin embargo, se considera sano que la Administración realice las aclaraciones correspondientes para asegurar que la propuesta que finalmente se elija sea una opción técnicamente válida y que genere beneficios adicionales a los constructivos al proyecto, como por ejemplo en la disminución de costos.

#### V. Referencias

1. AZVI (2019). *Modificación de subestructura Anteproyectos*. San José.
2. CACISA (2014). *Informe Final, Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericanas Sección Limonal – Cañas: Estudios Geotécnicos*. San José.
3. GEOPASA (2019). *GEOP-ESP-24008-2019 v.04 "Revisión de capacidad de soporte por punta y estimación de cota de cimentación para pilotes en puentes vehiculares. Proyecto: Ampliación de Carretera Interamericana Norte*. Heredia.