



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-IG-02-2021

Informe de visita de campo: Proyecto OBIS Lote 1

INFORME FINAL



Preparado por:
Ing. Laura Solano Matamoras
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Febrero, 2021



1. Informe LM-IG-02-2021		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe de visita de campo: Proyecto OBIS Lote 1		4. Fecha del Informe 5 de febrero de 2021
5. Organización y dirección 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		
6. Notas complementarias Ninguna		
7. Resumen <i>A solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se presenta a continuación un resumen de la visita de campo realizada para verificar el estado de los trabajos que se están realizando en el Proyecto OBIS Lote 1.</i> <i>Entre los objetivos de esta gira, se encuentra verificar si el trabajo realizado se encuentra acorde con lo planteado en diseño y si los procesos constructivos son adecuados.</i>		
8. Palabras clave Gaviones, concreto, taludes, pilotes., muros de retención	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 15
11. Preparado por: Ing. Laura Solano Matamoros Programa de Ingeniería Geotécnica		
12. Revisado y aprobado por: Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica		



CONTENIDO

I.	Introducción	4
II.	Comentarios acerca de las obras tramo sobre río Ciruelas	4
II.1	Base estabilizada en la ampliación de la carretera	4
II.2	Movimiento de tierras margen izquierda aguas arriba del río Ciruelas	5
III.	Comentarios acerca de las obras tramo sobre río Alajuela	7
III.1	Muro de gaviones y escollera margen izquierda aguas arriba del puente sobre río Alajuela	7
III.2	Pilote margen izquierda aguas abajo del puente sobre río Alajuela	10
III.3	Talud en la margen de la ampliación de la carretera sentido Alajuela-San José	11
IV.	Comentarios acerca de las obras en el Paso a Densivel Firestone	12
IV.1	Colado de pilote N° 30, bastión puente Firestone.....	12
V.	Comentarios finales.....	14
VI.	Referencias	15



INFORME DE VISITA DE CAMPO

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de la visita de campo realizada al proyecto obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor vial San José-San Ramón y sus radiales Lote 1. Se comentan algunos aspectos observados en la construcción de muro de gaviones, excavaciones y colado de pilotes preexcavados que conforman la cimentación de los bastiones de los puentes.

Se realizan recomendaciones basadas en una comparación de las especificaciones establecidas al realizar los diseños de las estructuras basados en los estudios de suelos realizados con lo observado en sitio. Además, se emiten recomendaciones de métodos constructivos y aspectos geotécnicos que podrían ser consideradas por el contratista como parte de la revisión de las condiciones finales de las obras.

II. Comentarios acerca de las obras tramo sobre río Ciruelas

II.1 Base estabilizada en la ampliación de la carretera

Durante la visita, se observó la colocación de la capa de base estabilizada en la margen derecha de la calzada actual, sentido este-oeste.

Se observó el proceso de colocación y compactación de la base estabilizada, en el cual como se muestra en la Fotografía 1, se utiliza el equipo adecuado para la colocación e incorporación del agua a la mezcla colocada.



Fotografía 1. Equipo para extender y humedecer la base estabilizada



Según el CR-2010, se deben completar la compactación y el acabado dentro de un período de una hora desde el momento en que se incorporó el agua a la mezcla, a menos que se utilice un retardador y este período puede ser más largo. Sin embargo, durante la visita se logra constatar que este tiempo no se cumple, pues al llegar a este sitio de obra, se logra observar la extensión y humedecimiento del material en aproximadamente 30 min, para continuar con el proceso de compactación, como se observa en la

Figura 1. Posteriormente, se procede a desplazarse para observar otros sitios de obra. Al regresar obra este punto, habían transcurrido más de 30 min y se observó que aún estaban compactando la superficie.



Figura 1. Base estabilizada extendida y humedecido

Se considera importante resaltar, que se debe procurar colocar las respectivas capas que conforman la superficie de rodamiento según lo indicado en el CR-2010. Tener un control adecuado de la energía de compactación y dosificación del agua, contribuyen a lograr un control adecuado del agrietamiento, así como un proceso constructivo de calidad uniforme a lo largo de toda la superficie.

II.2 Movimiento de tierras margen izquierda aguas arriba del río Ciruelas

Durante la visita se pudo observar que bajo el puente peatonal, aguas arriba en la margen izquierda del río, se realiza un movimiento de tierras para la construcción de las estructuras hidráulicas, las cuales colindan con un muro de mampostería de una propiedad privada, como se observa en la

Figura 2.



Figura 2. Movimiento de tierras para construcción de obras hidráulicas

El muro de mampostería presenta deformaciones, como se observa en la Figura 3. A pesar de que el movimiento de tierras que se está realizando en esta zona, no descubre en su totalidad al muro colindante, puede ocasionar asentamientos o deformaciones del terreno debido a la descompresión del mismo, influyendo en el comportamiento del muro. Incluso, debido a la vibración que transmite la maquinaria pesada que se utilizó tanto para perforar los pilotes de la ampliación del puente, como las compactadoras utilizadas para colocar la base estabilizada de la superficie de rueda, pueden afectar al terreno aledaño al muro. Lo que podría suceder es que estos cambios de esfuerzos en el terreno colindante, pueden generar presiones de empuje para las que el muro no se ha diseñado, lo que ocasiona deformaciones considerables o incluso el eventual colapso de la estructura.

Se debe prestar especial atención a la situación del muro durante el movimiento de tierras y construcción de las respectivas obras hidráulicas, ya que el colapso de la estructura puede comprometer la vida de las personas que se encuentran en la obra. Además, de no tomarse las medidas preventivas necesarias, las afectaciones pueden ocurrir una vez finalizada la obra en cuestión y ocasionar daños considerables a la propiedad privada.



Figura 3. Estado del muro de mampostería de propiedad privada.

Por lo tanto, se considera recomendable implementar medidas como la utilización de refuerzos temporales durante el proceso de movimiento de tierras y construcción de las estructuras. Además, evaluar la estabilidad del muro con el nuevo estado de esfuerzos, e implementar medidas tales como un adecuado relleno o reforzamiento de la estructura de retención, para controlar las deformaciones y garantizar su estabilidad.

III. Comentarios acerca de las obras tramo sobre río Alajuela

III.1 Muro de gaviones y escollera margen izquierda aguas arriba del puente sobre río Alajuela

Al llegar al sitio del puente sobre el río Alajuela, se observan las obras que se están construyendo para la protección de erosión del talud por la velocidad del flujo del río, las cuales a su vez evitan el desbordamiento del río y brindan estabilidad a la plataforma que compone la calzada de acceso al puente.

En general se puede observar que el muro de gaviones construido para la protección de la margen del río, presenta una geometría apropiada. La cara del muro mantiene una buena alineación, sin irregularidades o discontinuidades, lo que indica que el muro no ha sufrido deformaciones prematuras. Esto se puede observar en la Figura 4.



Figura 4. Muro de gaviones sin deformaciones en la cara.

Al ser un muro para la protección de la margen de un río, los materiales utilizados en la construcción del mismo deben ser resistentes a los efectos de la velocidad del flujo del agua del río, por lo que la malla utilizada deberá ser recubierta con PVC. El material de enrocado preferiblemente de formas cúbicas, con bordes angulosos, en bloques sólidos, que no se observen agrietados ni con algún estado de descomposición. En la Figura 5 se puede observar la malla utilizada en este muro está recubierta con PVC, y en general las rocas utilizadas se aprecian bien colocadas, garantizando el entramamiento entre ellas requerido. Presentan forma y tamaño apropiado para la abertura de la malla de los gaviones.



Figura 5. Materiales del muro de gaviones



Según se indicó en campo el d_{50} del material que se utilizó para el relleno de las mallas de gaviones es de 15 cm, al verificar en planos, se indica que los gaviones serán llenados con bloques de entre 10 y 30 cm. De acuerdo con Maccaferri para gaviones de caja con d_{50} de 15 cm, la velocidad crítica es de 4,9 m/s y la velocidad límite es de 5,8 m/s. De acuerdo con el estudio hidráulico las velocidades de flujo durante una creciente se encuentran entre 1,85 y 3,45 m/s, por lo que el tamaño de bloque utilizado para la construcción del muro puede soportar un evento de creciente con periodo de retorno de 100 y 500 años.

Al ser un muro para la protección de la margen del río, este estará expuesto al flujo de agua del cauce del río, por lo que es recomendable colocar alguna protección ante la socavación al pie del muro, para garantizar que el muro se mantenga estable. Durante la visita se observa que se está construyendo un tipo de protección en la fachada del muro, que consiste en una escollera de roca colocada con los vacíos rellenos con mortero de cemento hidráulico.

Al revisar los planos del diseño del muro “Hoja 8.1 Planta y Perfil Muro Río Alajuela”, se observa que la escollera al pie del muro se extiende desde el inicio del muro que corresponde al punto bajo el puente, hasta la estación 26+715, lo que corresponde a las zonas expuestas al flujo del agua del río. Bajo el puente, el cauce del río posee una curvatura natural y en planos se observa que se deberá construir una escollera de transición adicional a la escollera del puente. Sin embargo, al conversar con uno de los trabajadores encargados del proyecto, comentó que la escollera que se colocará no protege toda la cara del muro y que se extenderá únicamente hasta donde se indica en la línea de guía señalada en la Figura 6. Esto deja parte de la cara del muro y la zona de curvatura bajo el puente expuesta a los efectos de socavación.



Figura 6. Línea guía para construcción de escollera

Por tanto, se considera recomendable prestar especial atención a la construcción de la protección y extenderla a lo largo de toda la superficie especificada en planos, ya que a pesar de que el muro de gaviones presenta una geometría y uso de materiales apropiados, la estabilidad del mismo puede verse comprometida por los efectos de socavación.

Finalmente, al recorrer el trasdós del muro (ver Figura 7), se observó que el geotextil ha sufrido daños leves debido a los efectos del intemperismo. Además, se observaron algunas zonas donde la malla está ligeramente hundida debido a la tensión aplicada en los tensores. Esto no se considera que pueda causar afectaciones considerables en el funcionamiento del muro, sin embargo, se



recomienda brindar la protección adecuada al geotextil y colocar el relleno adecuado en el trasdós del muro.



Figura 7. Trasdós del muro de gaviones

III.2 Pilote margen izquierda aguas abajo del puente sobre río Alajuela

Durante el recorrido por la margen izquierda del río, en la zona aguas abajo, se observaron los pilotes que conforman la cimentación del bastión de la ampliación del puente. En general el nivel del concreto en los pilotes era fácilmente identificable, únicamente en un pilote se identificó el nivel de concreto 1,90 m por debajo del nivel del terreno, como se observa en la Figura 8.

Se debe resaltar que la ubicación de las juntas de construcción en cualquier elemento de concreto que así lo requiera, deberá ser previamente diseñada, además se deben evitar en la medida de lo posible en elementos como pilotes, los cuales deben conformar una estructura monolítica. Entre algunos de los aspectos más importantes que se deben tomar en cuenta a la hora de trabajar la junta que se genera debido al colado interrumpido de este pilote son: limpiar adecuadamente la superficie del concreto más viejo, garantizando que el agregado no se desprenda y los bordes no sean quebradizos, realizar el descabezado adecuadamente y utilizar aditivos u otros materiales para garantizar la adherencia del nuevo concreto con la superficie.



Figura 8. Pilote colado hasta 1,90 m por debajo del nivel del terreno

En este caso, al estar la superficie del concreto colado a 1,90 m por debajo del nivel del terreno, el acceso a este punto no es posible desde el nivel del terreno y se resulta difícil realizar el tratamiento adecuado de la superficie de concreto endurecido. Por tanto, lo que se considera recomendable es solicitar y revisar la metodología que se utilizará para garantizar la adecuada limpieza y adherencia del concreto faltante, así como solicitar los respectivos de integridad de este pilote, y motivo por el cual no fue colado en su totalidad de igual manera que el resto de los pilotes que conforman el bastón.

III.3 Talud en la margen de la ampliación de la carretera sentido Alajuela-San José

Al recorrer las obras de ampliación del puente sobre el río Alajuela, se observa que el talud de la Figura 9, no presenta indicativos de posibles inestabilidades. En general la pendiente de corte del talud coincide con la pendiente natural de los taludes cercanos, la obra se encuentra en proceso de movimiento de tierras y se desconoce el acabado final que se le dará al talud.

Sin embargo, se recomienda una vez se concluyan los cortes y movimientos de tierra, colocar la respectiva protección contra erosión del talud, así como las estructuras para el manejo del agua de escorrentía superficial, para evitar la caída de material, o en el peor de los casos un posible deslizamiento producto del cambio de estado de esfuerzos por incremento de presiones intersticiales debido al agua infiltrada por las precipitaciones.



Figura 9. Condición del talud en la margen derecha de la Ruta 1 sentido Alajuela-San José

IV. Comentarios acerca de las obras en el Paso a Desnivel Firestone

IV.1 Colado de pilote N° 30, bastión puente Firestone

En general, los pilotes preexcavados se encuentran ubicados de manera adecuada, las perforaciones se observan limpias, secas y sus paredes estables. El acero de refuerzo se encuentra armado según lo indicado en planos en cuanto a espaciamiento y número de varillas. No se observa corrosión en las varillas ni en los aros de la armadura, esto se puede observar en la Figura 10.

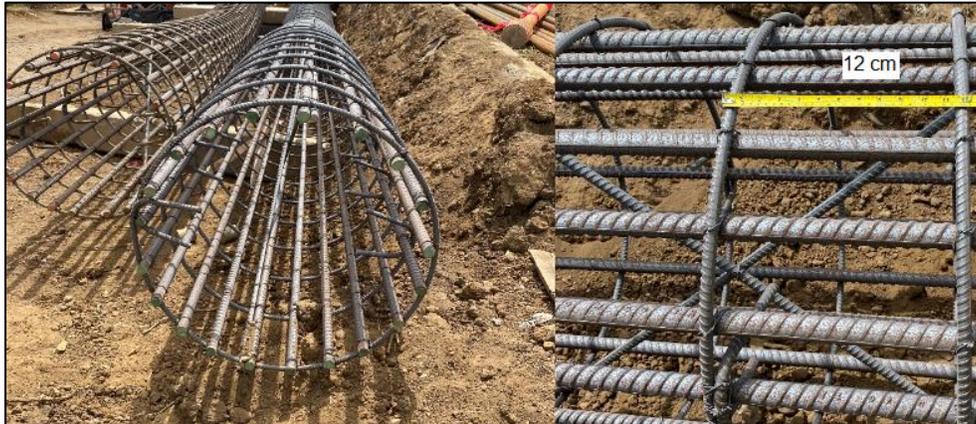


Figura 10. Armadura de pilotes preexcavados

Durante la visita al proyecto se pudo observar el colocado de concreto en uno de los pilotes que componen la cimentación de los bastiones de la ampliación del puente en la ruta N°1, en la zona de la empresa Firestone. Cabe recalcar que el colado se debe realizar de manera que se evite la segregación del concreto. El equipo para colar el concreto de estos pilotes corresponde a una tubería Tremie según se observó en la visita.

El procedimiento debe seguir los siguientes pasos principales: introducir en el interior de la armadura la tubería, se vierte el concreto en la tolva del Tremie para iniciar el llenado del pilote. La boca de la tolva debe quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar el concreto de manera fluida. El conjunto tolva y tubería Tremie, se subirá o bajará durante el proceso de colado, por lo que se debe garantizar contar con el equipo y espacio para efectuar libremente estos movimientos.

Para iniciar con el colocado del concreto, debe llenarse la tubería y levantar ligeramente la boca de descarga para permitir que se genere el sello en el fondo. Una vez que se establece el sello se continúa con el vertido del concreto, el cual debe ser suficientemente fluido para que se distribuya uniformemente por todo el cuerpo del pilote. La boca de descarga debe quedar sumergida al menos de 3,0 m en el concreto fresco. Para facilitar el flujo del concreto se debe desplazar verticalmente hacia arriba y abajo la tubería, con la precaución de que esta siempre se mantenga suficientemente sumergida para que el concreto no se contamine. Conforme se vaya llenando la perforación con concreto, se irá sacando la tubería Tremie hasta concluir el colado del pilote.

En la Figura 11, se muestra el proceso de colado del pilote N°30, en el cual se observó que no se cumple con el procedimiento mencionado anteriormente. En primera instancia la canaleta para el vertido del concreto desde la mezcladora hasta la tolva, no contaba con una pendiente apropiada para garantizar un flujo adecuado del concreto, por lo que los operarios debían empujar el concreto con pala. Realizando esta operación, es muy probable que el concreto sufra segregación. Una vez que se llenó la tubería e incluso la tolva, el concreto se desbordó por encima de la tolva, y esta condición generó que no se contara con las condiciones apropiadas para levantar fácilmente la tubería y poder desplazar el concreto. Una vez que se levantó la tubería, se desplazó el concreto por lo que esta se volvió a introducir hasta el fondo y no se volvió a levantar hasta que se realizó el cambio de tubería.

Dadas estas condiciones de colocado de concreto, se considera recomendable contar con el ensayo de integridad de los pilotes, para que al revisar los resultados se pueda determinar si el concreto cuenta con las características de uniformidad esperables.



Figura 11. Colado del pilote N°30

Adicionalmente, se puede observar en la Figura 11, que los pilotes por cuestiones de diseño se extienden por encima del nivel del terreno, por lo que el colado del elemento se deberá hacer en dos partes generándose forzosamente una junta fría en estos elementos. En estos casos como la junta fría queda a nivel de la superficie del terreno, el tratamiento de la misma es fácilmente verificable. Por lo que para esta condición en específico es aceptable el colado interrumpido de las secciones del pilote. Se recomienda descabezar los pilotes, previo continuar con el colocado posterior del concreto para completar la longitud total.

V. Comentarios finales

Después de realizar la gira al proyecto obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor vial San José-San Ramón y sus radiales Lote 1, se concluye que se debe prestar atención en ciertos aspectos que pueden presentar afectaciones a futuro en el desempeño de las estructuras.

Específicamente se debe prestar atención a la colocación de la base estabilizada, para evitar el agrietamiento excesivo de la carpeta asfáltica.

Se considera importante garantizar que las obras de protección de la cimentación del muro de gaviones se ejecuten de conformidad con el diseño del muro colocado en el radial río Alajuela, así como solicitar los resultados del ensayo de los ensayos de integridad del pilote del bastión aguas debajo en la margen izquierda del puente río Alajuela, y la razón por la cual no fue colado con las mismas condiciones del resto de los pilotes, así como el procedimiento mediante el cual se va a tratar la junta fría para colocar el resto del concreto del pilote.

En el caso de que este no haya sido colado en su totalidad por falta de concreto, se recomienda planificar y prever el volumen de concreto requerido para las diferentes estructuras, ya que esta es una situación que se ha observado anteriormente en este proyecto. Aunado a esto, se debe verificar el rendimiento del concreto que está siendo entregado en obra ya que los colados interrumpidos por



falta de volumen de concreto generan juntas frías en las estructuras que están diseñadas para ser elementos monolíticos.

Finalmente, se recomienda, ejecutar apropiadamente los procesos de colocado concreto en los pilotes que faltan por colar en el proyecto. Un buen colado de estos elementos garantiza que trabajen transmitiendo las cargas adecuadamente, según fueron diseñados.

VI. Referencias

1. Consorcio OBIS Ruta 1 CPC. “*Diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales*. San José (Costa Rica). Planta y perfil muro río Alajuela: Hoja 8.1 – Planos”. San José, 2020
2. Programa de Ingeniería Geotécnica-LanammeUCR. (2020). *LM-IG-03-2020 Revisión de los documentos de estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José-San Ramón y sus radiales*. San José.
3. Programa de Ingeniería Geotécnica-LanammeUCR. (2020). *LM-IG-09-2020 Segunda revisión de los documentos de estudios y anteproyecto de las obras impostergables(OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José-San Ramón y sus radiales: río Alajuela, río Ciduelas y conector Barreal-Castella*. San José.