



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-EIC-PIG-I-0012-2021

Informe de visita de campo: Proyecto intersección rotonda de La Bandera



Fuente: UNOPS

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

San José, Costa Rica
Abril, 2021





1. Informe LM-EIC-PIG-I-0012-2021		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe de visita de campo: Proyecto intersección rotonda de la Bandera		4. Fecha del Informe 22 abril 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 Ninguno		
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 de intersección de la rotonda de La Bandera en el año 2021.</i> <i>En general se puede verificar que la construcción de las obras se ha realizado de manera adecuada. Sin embargo, se considera recomendable prestar atención al manejo de las aguas cercanas al muro de relleno reforzado del Eje 6-0.11 D que se realizará para evitar problemas futuros, así como la adecuada selección y colocación de los materiales de relleno. Así mismo la corrección de los espacios entre bloques para evitar la pérdida de material y conformación del material de relleno del muro del Eje 1-0.07 D. Por otro lado, respecto al muro de micropilotes, es importante solicitar la aclaración de cómo se tratarán los elementos desalineados al momento de colocar la fachada. Por último, es importante verificar la condición del concreto de los pilotes de la pantalla en la zona del paso a desnivel a través de los ensayos de integridad, esto con el fin de comprobar que la técnica de eliminación del concreto sello perturbado fue adecuada durante el colado, y a su vez si se logra alcanzar la profundidad de colocación que permite contar con el elemento completo con la calidad del concreto requerida.</i>		
8. Palabras clave Pilotes, perforaciones, movimientos de tierra, señalización, muros de retención, concreto, materiales para relleno	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 14
11. Preparado por: Ing. Laura Solano Matamoros Fecha: 22/abril/2021		
12. Revisado y Aprobado por: Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica Fecha: 22/abril/2021		



Contenido

I. Introducción	4
II. Comentarios acerca del muro de relleno reforzado: MSR Eje 6-0.11 D.....	4
III. Comentarios acerca del muro de micropilotes ubicado en el Eje 4: rampa San Pedro- La Bandera..	7
IV. Comentarios acerca del muro de suelo reforzado: MSR Eje 1-0.07 D	9
V. Comentarios acerca del colado de pilotes ubicado en el Eje 2: rotonda La Bandera	10
VI. Comentarios finales.....	13
VII.Referencias	14



Informe de visita de campo: Proyecto intersección rotonda de la Bandera

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra un resumen de la visita de campo realizada al proyecto de la intersección de la rotonda de La Bandera, el 13 de abril del presente año. Se comentan algunos aspectos observados en los muros de relleno reforzado (sistema de tierra armada) ubicados en los ejes 6 y 1, para proporcionar estabilidad al talud que conforman la margen del río Torres y la marginal de acceso a la UCR respectivamente. Adicionalmente, se comentan aspectos observados en el muro de micropilotes ubicado en el eje 4 y finalmente se observó el proceso de colado de los pilotes que conforman la estructura de retención del paso a desnivel de la Rotonda La Bandera. Se emiten los comentarios y recomendaciones al respecto de estas obras.

II. Comentarios acerca del muro de relleno reforzado: MSR Eje 6-0.11 D

Durante la visita, en general, se observa que están siendo aplicadas buenas prácticas constructivas en los movimientos de tierras y construcción de muros de relleno reforzado. Esta estructura consiste en un muro de relleno reforzado en la zona de salida del Viaducto del paso inferior de La Bandera, tiene 54.00 m de longitud y altura máxima de 13.50 m.

Se observa la escollera de protección revestida de concreto terminada en el nivel actual del terreno, aproximadamente a unos 3 m de margen del río e iniciando su colocación en este punto, como se observa en la Figura 1. Dicha geometría no se muestra en el documento "*Proyecto de diseño de detalle: Tomo 6 – Planos*", ya que la escollera estaba prevista con 1 m de espesor. Además, no es posible determinar el nivel al cual se construyó la cimentación del muro MSR Eje 6-011D, el cual, según el diseño en planos, debe estar 3 m por debajo de la base de la escollera.

Las variaciones en el nivel de cimentación del muro, así como del espesor de la escollera colocada, puede representar variación en las cargas a las que es sometido el muro, se recomienda solicitar el diseño del muro de suelo reforzado construido y las dimensiones de la escollera colocada con mortero de concreto para su debida revisión, de manera que se garantice que el diseño cumpla con los estándares de seguridad, calidad y especificaciones del proyecto

Informe LM-EIC-PIG-I-0012-2021	abril , 2021	Página 4 de 14
--------------------------------	--------------	----------------



Figura 1. Parte superior del muro MSR-Eje 6-011 D

Sin embargo, al inspeccionar el material de préstamo utilizado para el relleno del muro, se percibe que el material dispuesto en sitio es fino y cuenta con una humedad considerable, tal que al tomar una pequeña muestra con la mano y manipularla, parece tener cierto grado de plasticidad. De acuerdo con la Subsección 704.10 del Manual de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010, se indica que el material de relleno granular selecto debe ser un material granular y fino, libre de exceso de humedad, lodo, raíces, semillas y otros materiales deletéreos. Debe cumplir con el límite líquido de 30 máximo y un índice de plasticidad menor que 6, un ángulo de fricción mayor que 34° y la granulometría especificada que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Granulometría Préstamo selecto

Tamiz	%pasando por peso
100 mm	100
425 μ m	0-60
75 μ m	0-15

Mencionado esto, en la Figura 2 se puede observar como el material de relleno acarreado no aparenta estar libre de exceso de humedad, por esta razón se considera apropiado realizar un muestreo de este material para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas del mismo.



Figura 2. Material de préstamo selecto

Adicionalmente, en esta misma zona de trabajo, se realizaron cortes del talud que conforma la rampa de acceso de la rotonda de La Bandera hacia Guadalupe. Como se observa en la Figura 3, el talud cortado a pesar de ser estable por sí solo, presenta flujo de agua que proviene de la tubería que atraviesa por completo el tronco de la carretera. Esta tubería, según indican los encargados del proyecto, será reubicada, por lo que las condiciones actuales del talud son temporales. Sin embargo, durante la visita se pudo observar un flujo de agua proveniente de la tubería cortada que está causando problemas de erosión en el talud, y no se está realizando el manejo de la escorrentía adecuado. Dependiendo del período de tiempo que se mantenga esta situación, puede que se considere más conveniente tratar el talud bajo una condición de presencia de agua permanente y así realizar los trabajos pertinentes que eviten inestabilidad del talud. Esta recomendación se puede tornar más conveniente cuando se observa que hay personas trabajando en esa zona y el talud conforma la margen del carril por el que actualmente transita maquinaria del proyecto. Una posible inestabilidad de este talud puede ocasionar atrasos y gastos no contemplados en el plan de obra. Por lo tanto, se recomienda dar un adecuado manejo del flujo de agua, así como proteger la superficie del talud de la erosión que produce el agua.

Finalmente en la Figura 3, se incluye un acercamiento al afloramiento del agua en la base del mismo talud, esta agua se puede asociar al nivel freático del medio, a pesar de que al conversar con los encargados del proyecto se indica que en esa zona no se espera encontrar el nivel freático. Se recomienda tomar las previsiones necesarias para el manejo de este afloramiento de agua en el talud durante la construcción de estructuras en esa zona para evitar problemas de saturación, erosión y socavación de los materiales.



Figura 3. Talud izquierdo rampa de acceso rotonda de La bandera- Guadalupe

III. Comentarios acerca del muro de micropilotes ubicado en el Eje 4: rampa San Pedro-La Bandera

En general, el nivel de las excavaciones en la zona del muro de retención se encuentra cercano al nivel de pavimento como se observa en la Figura 4, por lo que es posible observar la condición final de colado de cada elemento que compone el muro.



Figura 4. Nivel de excavación de muro de retención de micropilotes

La mayoría de los micropilotes que conforman el muro, muestra una condición adecuada, con una alineación dentro de las tolerancias aceptables para este tipo de estructuras. Sin embargo, se observaron algunos elementos desalineados respecto a la línea transversal de fachada del muro. Esta condición de muestra en la Figura 5. Se considera recomendable solicitar el plan de manejo de estos pilotes desalineados al momento de colocar la fachada del mismo.



Figura 5. Alineación del muro de micro-pilotes

Adicionalmente, en esta misma zona se observa al final del muro, colindando con la excavación del talud cercano al ingreso a la UCR, el espacio de un pilote faltante, es evidente que fue removido. Se observa una tubería y la clara evidencia de problemas constructivos del mismo, tal como se muestra en la Figura 6. Se recomienda solicitar la aclaración de lo sucedido con dicho micropilote y el plan de reparación de esa zona del muro, ya que en este tipo de estructuras se requiere la continuidad de los elementos que conforman el sistema, y adicionalmente al encontrarse este tramo con un espaciamiento mayor, puede permitir la descompresión del terreno a través de esa zona. Esto podría desencadenar problemas de infiltraciones y estabilidad del terreno en diferentes magnitudes a lo largo del muro, comprometiendo la fachada del mismo.



Figura 6. Sección del muro de micro-pilotes con pilote faltante.

Cabe aclarar que es posible que el problema en el colado de este elemento sea la presencia de una masa de concreto en el terreno. Sin embargo, se considera importante realizar la correspondiente consulta y solicitar el plan de reparación que se realizará.

IV. Comentarios acerca del muro de suelo reforzado: MSR Eje 1-0.07 D

Durante el recorrido se observó el muro de relleno reforzado ubicado en la margen derecha de la carretera, el cual es parte de la rampa de acceso a la UCR. Se trata de un muro de relleno reforzado con fachada de bloques de mampostería (sistema Keystone) en la zona de entrada del viaducto sobre el acceso a la UCR, el cual tiene 117,00 m de longitud y altura máxima de 7,84 m.

El muro fue construido según lo indicado en planos, el material de préstamo utilizado para el relleno no presenta exceso de humedad y se compone de un material granular y fino, el cual no aparenta presentar plasticidad. Lo anterior cumple con lo establecido para material de relleno granular selecto que indica el Manual de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010, y descrito en el apartado II de este informe.

Sin embargo, como se muestra en la Figura 7, la colocación de los elementos que componen la fachada del muro, se observan desalineados y en algunos casos desgastados en sus bordes. Esto causa que el material de relleno se movilice a través de los espacios de los bloques, lo que puede permitir la eventual descompresión del relleno armado y por ende el incumplimiento con los porcentajes de compactación del mismo.

Se recomienda verificar la compactación del relleno y tomar las medidas pertinentes tanto en los bloques como con el material de relleno, para evitar la pérdida de material. Estas medidas se deben de tomar en el corto plazo, ya que la vibración del paso de maquinaria y excavaciones que se requieren realizar en el proyecto, pueden incrementar la pérdida de material y aumentar los espacios entre los bloques.



Figura 7. Espacios entre bloques de fachada del muro de suelo reforzado

V. Comentarios acerca del colado de pilotes ubicado en el Eje 2: rotonda La Bandera

Durante la visita se observaron aspectos relevantes respecto al colado de los pilotes. Uno de ellos se relaciona con la aceptación del concreto a colar. Se presenciaron algunas deficiencias en el procedimiento de ejecución de los ensayos de temperatura y asentamiento del concreto, así como en la toma del volumen de concreto designado para dichos ensayos.

En primera instancia, la muestra de concreto se tomó del primer concreto que se vertió del camión automezclador para realizar los ensayos de aceptación del mismo. Según lo indicado en la norma INTE C17 (ASTM C172), la toma de la muestra para los ensayos de aprobación del concreto se debe hacer una vez se haya descargado un 10% del volumen total y antes de descargar el 90%, y deben ser al menos dos porciones para formar la mezcla compuesta.

Adicionalmente, al tomar la temperatura, no se cumplió con lo indicado en la norma INTE C43 (ASTM C1064), en la cual se indica que el dispositivo de medición de temperatura debe sumergirse de manera que al menos se cubra 75 mm a todo su alrededor. En la Figura 8 puede observarse que no es posible que en la posición en la que se encuentra el termómetro puedan cumplirse con los 75 mm a todo su alrededor.

Es importante resaltar la importancia de respetar y ejecutar los procedimientos de ensayo del concreto según se indican en las normas, para garantizar la calidad del concreto que se está colocando en las estructuras y por ende la calidad y correcto desempeño de dichas estructuras.



Figura 8. Pruebas de aceptación del concreto para pilotes.

Finalmente, al hacer el ensayo de asentamiento, el volumen de concreto para llenar el cono no fue suficiente, ya que, al enrasar, el cono quedó con una deficiencia de concreto, que no permitió llegar a la altura total del cono. Al retirar el cono, la superficie sobre la cual se asienta no es lo suficientemente grande para que el concreto fluya de manera natural, si no que este se desborda por los límites de la placa base. Aunado a esto, la medición del asentamiento no se realizó en el centro desplazado sino más bien al lado, tal y como se muestra en la Figura 8, la línea roja muestra donde se encontrada el centro desplazado del concreto.

El segundo aspecto observado durante el colado de pilotes fue el agua en las excavaciones. Si no es posible garantizar que la excavación esta seca a la hora de colar el concreto de los pilotes, se debe considerar que la metodología se realice según los procedimientos de colado de concreto bajo el agua, de modo que se forme un sello de concreto disturbado para que, con la colocación subsecuente de concreto, no se alteren las propiedades del mismo. Para garantizar que el concreto sello perturbado haya sido desplazado por completo de la zona del elemento que se está colando, al final del colado del pilote, se considera recomendable continuar con el colocado de concreto hasta que en la superficie se pueda observar concreto sin perturbar.

Esta condición no logró verificarse en el colado del pilote en sitio, pues no observa la salida del concreto perturbado hasta que el concreto aparente ser el material sin perturbar, al momento de la extracción de la tubería Tremie, según se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Colado de pilotes con tubería Tremie

Al conversar con los encargados del proyecto sobre esta condición de colado, se indica que el procedimiento que se sigue es el que se visualiza en la Figura 10, el cual consiste en extraer el concreto sello perturbado, con el uso de una herramienta cónica, hasta alcanzar el nivel en el que se encuentre el concreto sin perturbar.

Esta práctica parece carecer de fundamento técnico para su aplicación, pues no es una técnica conocida en el medio “concretero” y “pilotoero”. Sin embargo, podría resultar de utilidad para eliminar el sello de concreto perturbado que se forma durante el proceso de colado, pero se debe garantizar que efectivamente fue eliminado dicho sello y que la misma técnica no perturba el concreto sano del cuerpo del pilote, pues vale la pena resaltar que con el uso de esta cuchara cónica (diseñada para la extracción de lodos que conforma el sello de concreto perturbado), no se puede garantizar que no sea un facilitador para incrementar la profundidad de material perturbado, ya que al insertar el cono se pueden generar vórtices que mezclen los lodos contaminados con el concreto sin perturbar. Esto provocaría una reducción de la longitud efectiva del pilote de concreto con las características de resistencia esperadas.

En la Figura 10 se muestra el acabado final del colado, en el que claramente se puede observar que aún hay presencia de lodos que pueden ser producto de la presencia del concreto perturbado y este se encuentra en la zona que conformará la cabeza del pilote.

La eliminación completa del sello de concreto perturbado se podría verificar si, como se observa en la Figura 10, al verterse el material recolectado en el cono se logra observar que se trata de concreto sin perturbar.



Figura 10. Procedimiento de extracción de agua y concreto contaminado en la parte superior del pilote recién colado

Se considera recomendable que los lodos sean eliminados por completo, ya sea con el uso de la herramienta para la extracción de los mismos, o como se recomienda en los procedimientos tradicionales de colado con tubería Tremie, colando de manera continua hasta que el flujo en la corona de la perforación se observe concreto sin perturbar.

Adicionalmente considera recomendable que, al contar con el ensayo de integridad del pilote, se revisen los resultados en la parte superior del pilote, para determinar si el concreto cuenta con las características de uniformidad esperables. Si no se refleja esta condición en los resultados, se recomienda tomar medidas de limpieza o de uso estricto de procedimientos de colocación de concretos bajo el agua.

VI. Comentarios finales

Después de realizar la gira al proyecto del paso a desnivel en la intersección de rotonda de La Bandera, se pudo concluir que el trabajo se está realizando de manera adecuada.

Se deberá prestar atención a la adecuada selección y colocación de los rellenos de los muros de relleno reforzado y en general de cualquier relleno colocado en el proyecto, en especial a los que conforman la base sobre la que se conformará la superficie de rodamiento; como fue el caso observado con la colocación del material de relleno del muro de relleno reforzado que conforma la rampa de salida de la rotonda de La Bandera hacia Guadalupe.

Además, se considera oportuno recomendar brindar la protección de los taludes y materiales expuestos, en especial por la presencia de fuertes precipitaciones debido a la época lluviosa en la que se encuentra el país. El manejo adecuado de las aguas de escorrentía superficial puede evitar eventuales inestabilidades debido a la presencia de materiales sobresaturados o por procesos erosivos importantes.

Por último, se considera importante seguir, en la medida de lo posible, las directrices de la colocación del concreto bajo el agua, ya que existen técnicas especializadas para evitar que el concreto se perturbe y se vea afectada su resistencia y composición, lo cual facilita que la construcción del pilote sea de calidad y que en los ensayos de integridad se obtengan resultados adecuados. Si se llegase a obtener algún resultado que muestre que la integridad del pilote no es adecuada, sobre todo si se trata de la



punta, es posible que se deba a la técnica de colocación de concreto. Adicional a esto, es importante observar si los resultados de la cabeza del pilote también son adecuados, ya que con ello se puede avalar que la técnica del uso del cono invertido para eliminar el concreto perturbado es adecuada.

VII. Referencias

1. Euroestudios. “*Proyecto de las intersecciones de la Bandera y Guadalupe. San José (Costa Rica). Proyecto de diseño de detalle: Tomo 1 – Memoria.* San José, 2015.
2. Euroestudios. “*Proyecto de las intersecciones de la Bandera y Guadalupe. San José (Costa Rica). Proyecto de diseño de detalle: Tomo 3 – Estructuras (1).* San José, 2015.
3. Euroestudios. “*Proyecto de las intersecciones de la Bandera y Guadalupe. San José (Costa Rica). Proyecto de diseño de detalle: Tomo 4 – Estructuras (2).* San José, 2015.
4. Euroestudios. “*Proyecto de las intersecciones de la Bandera y Guadalupe. San José (Costa Rica). Proyecto de diseño de detalle: Tomo 6 – Planos.* San José, 2015.