



Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: EIC-Lanamme-INF-1017-2022

Informe de visita de campo al Proyecto de Circunvalación Norte



Preparado por:

Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, D.Sc.
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Agosto, 2022





1. Informe EIC-Lanamme-INF-1017-2022	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Informe de visita de campo al Proyecto de Circunvalación Norte	4. Fecha del Informe 03/08/2022	
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>Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra los aspectos geotécnicos observados durante la visita realizada el 21 de julio al proyecto de Circunvalación Norte. Después de realizar la gira al proyecto se puede inferir que, de manera general, el trabajo se está realizando de forma adecuada, sin embargo, todavía es necesario prestar atención a algunos aspectos que se comentan a continuación. En primer lugar, se recomienda implementar medidas integrales de mitigación de la escorrentía superficial, así como también dar seguimiento a todas las actividades y obras construidas para el control de la erosión y escorrentía superficial. Fueron observados algunos problemas de acumulaciones de grandes volúmenes de agua e inestabilidad de taludes en el sector de la intersección de Calle Blancos con el final del anillo de circunvalación (ruta 39). También se observó que aún se encuentra sin intervención el talud inestable localizado entre la calle 17 y la calle 25 (Calle Blancos), entre las pilas 56 y 57. En el caso del muro de suelo cosido en la pila 56, próximo a la tapia de una casa que se encuentra en la corona del talud, se recomienda que el contratista realice una revisión y una evaluación del funcionamiento de los "lloraderos" para determinar si estos elementos están trabajando de forma adecuada. Se sugiere solicitar nuevamente los detalles de las propuestas de las actividades que serán realizadas en el sector de MACOPA, con la finalidad de evaluar su idoneidad. Finalmente, se recomienda prestar atención y verificar la resistencia alcanzada del concreto en la parte superior de los pilotes que se están colando entre la calle 17 y la calle 25 (Calle Blancos), puesto que, de acuerdo con lo observado en sitio, al quedar el nivel del pilote por debajo de la excavación, podría no garantizarse que todo el concreto de sello perturbado haya sido desplazado por completo en esta zona del elemento.</i>		
8. Palabras clave Taludes, estabilización, muro de pilotes, escorrentía superficial.	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 16
11. Preparado por: Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, D.Sc. Ingeniero PIG Fecha: 03 / 08 / 2022		
12. Revisado y aprobado por: Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica Fecha: 03 / 08 / 2022		



Contenido

I.	Introducción	4
II.	Unidad funcional II-B: Puente sobre Quebrada Rivera (León XIII)	4
III.	Unidad funcional V: Intersección de Calle Blancos con el final del anillo de circunvalación, ruta 396	9
IV.	Unidad funcional V: Sector de Calle Blancos, sector localizado entre la calle 17 y calle 25	15
V.	Comentarios finales	16
VI.	Referencias	16

Informe de visita de campo al Proyecto de Circunvalación Norte

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra los aspectos geotécnicos observados durante la visita realizada el 21 de julio al proyecto de Circunvalación Norte. Durante esta gira se realizó la visita a las siguientes unidades funcionales:

- Unidad funcional II-A y II-B: Quebrada Rivera
- Unidad funcional V: Calle Blancos

A continuación, se presentan algunos comentarios relacionados con lo observado en sitio.

II. Unidad funcional II-B: Puente sobre Quebrada Rivera (León XIII)

Como se ha mencionado en informes anteriores, las obras construidas en la zona de Quebrada Rivera en León XIII están terminadas. Sin embargo, tal y como se ha alertado en informes anteriores, se han observado algunos problemas con el control de la escorrentía superficial en algunos sectores. En esta ocasión, se observaron algunos problemas en el bastión oeste del puente sobre Quebrada Rivera. Como se puede observar en la Figura 1a, existen evidencias de la escorrentía superficial próximas a la base del bastión del puente y por debajo del mismo. El color verde indica la presencia de un volumen de humedad considerable durante un tiempo suficiente que ha permitido el crecimiento de musgo en este sector. Por otra parte, se observó la presencia de pequeñas cárcavas en este mismo sector que indican el flujo de un volumen importante de agua. Este flujo de agua puede estar generando pequeñas inestabilidades en los taludes próximos al bastión (ver Figura 1b), lo cual debe ser atendido de forma oportuna para evitar mayores problemas futuros.



Figura 1. Evidencias de escorrentía superficial e inestabilidad de taludes próximos al bastión oeste del puente.

En la Figura 2, se muestra otro ejemplo de la inestabilidad observada en este mismo sector, aunque en este momento son leves, con la presencia de un agrietamiento en la corona del talud, se debe tener en consideración que la inestabilidad de un talud es un proceso progresivo y que requiere de una intervención en etapas tempranas para evitar problemas mayores que eventualmente podrían afectar la seguridad del bastión del puente. Debido a esto se recomienda evaluar las condiciones actuales del talud

y tomar las medidas correspondientes para la protección contra la erosión y estabilidad del talud observado.



Figura 2. Problemas de inestabilidad en el talud próximo al bastión oeste del puente.

Por otro lado, como se ha mencionado en informes anteriores, las obras construidas en la zona de Quebrada Rivera en León XIII están terminadas. Sin embargo, tal y como se ha alertado repetidamente en los informes anteriores, se continúa observando la falta de actividades de mantenimiento en las contracunetas y obras de drenaje para el control de la escorrentía superficial de algunos de los taludes construidos (ver Figura 3). En este caso, se observa que en las contracunetas se presenta un crecimiento importante de vegetación, lo cual puede aumentar con el transcurso del periodo de lluvias y que eventualmente, no permitirá una adecuada evacuación de las aguas provenientes de la lluvia y a la postre se podría agravar la erosión y posibles inestabilidades superficiales de los taludes.



Figura 3. Crecimiento de vegetación próxima a las contracunetas y obras para el control de la escorrentía superficial.

Como se observa en la Figura 4, en algunos sectores la vegetación colocada para control de erosión superficial no tuvo el proceso de maduración suficiente, por lo que, con las fuertes precipitaciones de los meses lluviosos, las plantas menos desarrolladas se pueden perder en conjunto con el material del talud erosionado. Teniendo esto en consideración, se recomienda implementar una solución generalizada para el control de la erosión y la estabilidad de los taludes, así como también para el manejo de aguas de escorrentía superficial de esta unidad del proyecto, ya que como se ha indicado en informes anteriores, el problema es recurrente en época seca y se intensifica en época lluviosa.



Figura 4. Sectores con vegetación para control de erosión superficial con maduración insuficiente.

III. Unidad funcional V: Intersección de Calle Blancos con el final del anillo de circunvalación, ruta 39

Durante la visita realizada, se observó la presencia de una acumulación de un volumen importante de agua en el fondo de la excavación realizada en el sector de la intersección de Calle Blancos con el final del anillo de circunvalación (ruta 39), en las proximidades del Walmart de Guadalupe (ver Figura 5). Según lo observado en sitio, la extensión de este sector es de aproximadamente 60 metros de longitud, y de las mediciones realizadas en el sitio, en su punto más bajo (próximo a la parada de autobuses) fue posible medir hasta una profundidad de 1,5 metros, aproximadamente.

Como se puede apreciar, en el lado izquierdo se observa la falta de confinamiento lateral de la estructura del pavimento existente, por lo que se consideran oportunas y adecuadas las medidas adoptadas por el contratista de restringir el tránsito por el carril más próximo a la excavación.

No obstante, se sugiere que el contratista tome en consideración el suministro de medidas para el control de los niveles de agua mediante sistemas de bombeo o drenaje de las aguas observadas en el sitio. Caso contrario, la diferencia de niveles topográficos, la presencia del agua acumulada en el sitio y la permeabilidad de los materiales granulares que conforman la base y la subbase de la estructura del pavimento, pueden estar facilitando un proceso de infiltración y formación de una red de flujo, que está aflorando directamente en la superficie del pavimento de la ruta 39 del anillo de circunvalación (ver Figura 6). Dicha situación se considera altamente desfavorable, en virtud de que la presencia de agua disminuye de manera significativa la capacidad de resistencia al corte de los materiales subyacentes a la capa asfáltica, lo cual, sumado al peso de los vehículos podría favorecer problemas de durabilidad de la superficie de ruedo, resistencia de las capas de apoyo, así como también deformaciones o asentamientos en la superficie del pavimento existente. En el caso de que con el abatimiento de este nivel de agua de la excavación, aún se sigan observando evidencias de agua en la superficie de ruedo de la ruta 39, se sugiere evaluar otras posibles causas del origen y la presencia de estos flujos de agua.



Figura 5. Acumulación de volumen importante de agua en el fondo de la excavación



Figura 6. Presencia de agua en la superficie del pavimento sobre la ruta 39 (anillo de circunvalación)

Finalmente, se considera importante destacar que la presencia de este volumen de agua, además de afectar la superficie del pavimento, también está afectando la estabilidad de los taludes a la derecha de la excavación, así como también la capacidad de soporte de las bases del apoyo de la señal informativa elevada multicarril sobre la ruta 39 (ver Figura 7). Lo anterior, se debe a que, desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los suelos (deformabilidad y resistencia), la presencia del agua en el terreno puede modificar la presión de poros en el suelo y, consecuentemente, el estado de esfuerzos efectivos (que corresponde a la diferencia entre los esfuerzos totales y la presión de poros), por lo que el suelo puede sufrir deformaciones y cambios de volumen ante las cargas aplicadas, así como una reducción importante de su resistencia y, por ende, afectar la estabilidad de los taludes, la capacidad de soporte y por lo tanto, el desempeño esperado.



Figura 7. Problemas de inestabilidad observados en los taludes de la excavación y vulnerabilidad en la base del apoyo de los rótulos sobre la ruta 39

Por otro lado, tal y como se había indicado en el informe EIC-Lanamme-INF-0615-2022, correspondiente a la visita del 4 de mayo, se había observado que, durante la excavación por lo menos en dos pilotes, se había encontrado la presencia de una tubería de agua. De esta tubería de agua, a la fecha de esta última visita (21 de julio) todavía se desconoce su origen y el de las aguas que acarrea, de tal manera que no ha sido posible establecer si se trata únicamente de aguas pluviales o bien, si corresponde a algún sistema de alcantarillado que pasa por el lugar. Por este motivo, tal y como se observa en la Figura 8, aún no se ha hecho la perforación, ni el colado del concreto de los pilotes correspondientes. Por consiguiente, se sugiere darle seguimiento a este sector para conocer cómo y cuándo se hará la construcción de los pilotes faltantes, así como también las medidas a tomar para conducir adecuadamente el agua sin afectar el funcionamiento del muro.



Figura 8. Tubería de agua encontrada durante la excavación de los pilotes

IV. Unidad funcional V: Sector de Calle Blancos, sector localizado entre la calle 17 y calle 25

Tal y como se ha comentado en informes anteriores, se desconoce el acabado final que se le dará a los taludes en la zona de las pilas 54 y 55, puesto que la inclinación vertical de los cortes realizados es mayor que la inclinación natural de los taludes.

Aunque los estudios presentados por el contratista indican que estos taludes presentan una condición estable, la falta del acabado superficial y la nueva pendiente podría no mantenerse estable naturalmente y desencadenar deslizamientos, especialmente debido a las precipitaciones durante la época lluviosa. Lo anterior, se puede observar en la Figura 9, donde se puede apreciar que la escorrentía superficial está comenzando a afectar gradualmente el acabado superficial de la cara del talud y esto podría eventualmente afectar la estabilidad de los taludes. Por estas razones, se recomienda implementar alguna medida de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara del talud y el control de la escorrentía superficial, así como también, implementar soluciones integrales para evitar problemas de estabilidad de los taludes de esta zona, ya que esto se puede convertir en un problema recurrente a lo largo de los años de la vida útil del proyecto.



Figura 9. Evidencias de la escorrentía superficial en la cara de los taludes de zona de las pilas 54 y 55

Por otro lado, en informes anteriores se han hecho varios comentarios sobre diferentes factores relacionados con el suelo cosido en la pila 56, próximo a la tapia de una casa que se encuentra en la corona del talud. En esta ocasión, se hace necesario hacer una nueva observación relacionada con el flujo de agua de observado. Como se pudo notar en la visita de campo, existe un flujo de agua que aflora en la base del muro suelo cosido (ver Figura 10), lo cual indica que detrás del muro se encuentra la presencia de una cantidad importante de agua. No obstante, a través de los drenajes que fueron colocados en el muro (también llamados “lloraderos”) no se observa la salida de agua, lo cual podría indicar que la funcionalidad de estos lloraderos no está siendo eficiente. Lo anterior, eventualmente puede generar un empuje hidrostático que puede afectar la estabilidad del muro de suelo cosido, o bien, desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los suelos (deformabilidad y resistencia), la presencia del agua en el terreno puede modificar la presión de poros en el suelo y, consecuentemente, el estado de esfuerzos efectivos (que corresponde a la diferencia entre los esfuerzos totales y la presión de poros), por lo que el suelo puede sufrir deformaciones y cambios de volumen ante las cargas aplicadas y, por ende, afectar la estabilidad del talud. Es por ello, que se considera aconsejable que el contratista realice una revisión y una evaluación de la condición de los “lloraderos” para ver si estos elementos están trabajando de forma adecuada o si se requiere de algún tipo de intervención actual o a futuro.



Figura 10. Presencia de flujo en la base del muro de suelo cosido, pila 56

En el caso de la zona entre la pila 56 y 57, desde antes del 20 de mayo se había observado la falla del talud de este sector. Sin embargo, hasta la fecha de la visita realizada, como se observa en la Figura 11, no se han llevado a cabo ningún tipo de obra de intervención en dicho talud, salvo la colocación de un plástico de construcción que, por lo observado en sitio, no es eficaz y adecuado para atender la problemática observada. Ante la falta del acabado superficial y la falta de estabilidad observada, es posible que se puedan seguir produciendo deslizamientos, especialmente debido a las precipitaciones de la época lluviosa. Por estas razones, se considera recomendable implementar alguna medida de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara del talud y el control de la escorrentía superficial, así como también, implementar soluciones integrales para evitar problemas de estabilidad de los taludes próximos a esta zona, especialmente teniendo en consideración la proximidad de estructuras en la corona del talud. De esta manera, se sugiere solicitar información acerca de la propuesta y medidas que serán implementadas para la respectiva protección de este talud y los taludes próximos para evitar problemas mayores de estabilidad, así como también problemas futuros de erosión de la cara del talud.



Figura 11. Problemas de estabilidad en la zona entre la pila 56 y 57

Como se comentó anteriormente en el informe EIC-Lanamme-INF-0615-2022, en el sector de MACOPA se desconocen las propuestas para su intervención. Como se comentaba en dicho informe este sector presenta mucha heterogeneidad de materiales, posiblemente materiales de algún relleno, sin una compactación ni diseño adecuado, la presencia de alcantarillas sin sistemas de entrega de agua apropiados, además se comentaba de la presencia de muros de retención existentes en mal estado que puede generar problemas de estabilidad si no son adecuadamente analizados por el diseñador y el contratista del proyecto. Como se observa en la Figura 12, aún no se tiene claro qué tipo de actividades serán ejecutadas. Por ejemplo, en la Figura 12a, se observa que se colocaron algunos escombros en la salida de un tubo de una alcantarilla, probablemente para reducir la erosión a la salida del tubo. En el caso de la Figura 12b, se observa el desfogue de dos tuberías hacia una única tubería. En ambos casos, las intervenciones observadas se pueden suponer que corresponden a obras temporales, puesto que no corresponden a soluciones técnicas con una durabilidad y desempeño considerado adecuado. No obstante, se sugiere solicitar nuevamente los detalles de las propuestas que serán realizadas en este sector, con la finalidad de evaluar su idoneidad.



(a)



(b)

Figura 12. Obras observadas en el sector de MACOPA

En la visita, también se observó que en el talud norte de la excavación que entronca con la calle 25 (Calle Blancos) ya se han estado realizando las actividades de perforación y colado de la pantalla de pilotes. Sin embargo, no fue posible observar el proceso de colocación del concreto de los pilotes. Aunque no fue posible conversar con los encargados del proyecto, se presupone que el procedimiento de colado sigue la metodología de colado de concreto bajo el agua, es decir, se busca que se forme un sello de concreto disturbado el cual es desplazado sucesivamente con la colocación subsecuente de concreto, esto con la finalidad de que no se alteren las propiedades de este.

Con este método, para garantizar que el concreto sello perturbado haya sido desplazado por completo de la zona del elemento que se está colando, al final de la colación de concreto del pilote, es necesario que continúe hasta que en la superficie se pueda observar concreto sin perturbar. Cuando esto sucede, es posible ver fácilmente en sitio, en la parte superior y la superficie adyacente al pilote una “mancha” producida por el concreto disturbado desplazado. No obstante, en el momento de la visita no fue posible observar esta condición en algunos de los pilotes (ver Figura 13), porque la altura final requerida del pilote se encuentra por debajo de ese nivel y que más bien, la parte superior debe ser conformada posteriormente para la colocación de la viga de amarre de la pantalla del muro de pilotes. Aunque lo anterior, puede ser considerado adecuado, se considera recomendable prestar atención y verificar la resistencia alcanzada del concreto en la parte superior de estos pilotes, puesto que, al quedar el nivel o acabado del pilote por debajo de la excavación, podría no garantizarse que todo el concreto de sello perturbado haya sido desplazado por completo en esta zona del elemento.



Figura 13. Acabado en la parte superior de pilotes en el talud norte de la excavación que entronca con la calle 25 (Calle Blancos)

Se considera recomendable llevar a cabo los correspondientes ensayos de integridad de los pilotes para determinar si el concreto cuenta con las características de uniformidad esperables. Si no se refleja esta condición en los resultados, se recomienda tomar las medidas correspondientes.

Como se mencionó anteriormente, no fue posible observar el proceso de colado de los pilotes, sin embargo, si fue posible ver el proceso de excavación de uno de estos. La Figura 14 muestra el proceso de excavación observado. Específicamente, en la Figura 14a se muestra el equipo de perforación utilizado (perforación rotativa con cazo o “*bucket auger boring*”) y en la Figura 14b se observa el tipo y la condición del material que es extraído del fondo de la excavación. Como se puede observar, el material presenta una condición altamente saturada, lo cual podría indicar la presencia de un nivel freático por encima del nivel de perforación definido para el pilote. Esta condición podría generar una serie de inconvenientes e inestabilidad en las paredes de la excavación y, por ende, una sobreexcavación de la perforación, ya que se pueden empezar a desprender zonas de suelo que se encuentra afectado por la saturación del medio debido a la presencia del exceso de agua. Así pues, se considera adecuado tomar las medidas necesarias para realizar la evacuación de las aguas producto de la posible existencia de niveles freáticos y así evitar caídos en las paredes. Aunado a lo anterior, estas medidas preventivas, se debe tener en consideración la presencia de agua en la perforación debido a las lluvias que, aunque puede no afectar la estabilidad de las paredes de la excavación, en el momento del colado de concreto, puede afectar las características de este.



Figura 14. Equipo de perforación y material encontrado en las perforaciones en el talud norte de la excavación que entronca con la calle 25 (Calle Blancos)

Finalmente, como se había comentado en el informe EIC-Lanamme-INF-0615-2022 la pared en el costado este de la excavación, la cual corresponde con el entronque con la calle 25 (Calle Blancos), se evidenció el afloramiento de un nivel freático ubicado en la base de la excavación del talud, este mismo flujo de agua fue observado nuevamente en esta visita y se muestra en la Figura 15a. Dicho afloramiento de agua, la excavación existente y las precipitaciones recientes repercuten en un alto grado de saturación de los materiales en el fondo de la excavación (ver Figura 15b). Debido a esto, se recomienda solicitar al contratista información relacionada con las acciones y trabajos que serán realizados en este sector a fin de garantizar una condición de humedad acorde con el proyecto. Caso contrario, la presencia de agua puede disminuir de manera significativa la capacidad de resistencia al corte de los materiales subyacentes a la capa asfáltica, lo cual, sumado al peso de los vehículos podría favorecer problemas de durabilidad de la superficie de rudo, reducción de la resistencia de las capas de apoyo, así como también deformaciones permanentes o asentamientos en la superficie del pavimento existente. Por su parte, en el caso de los muros de pantalla de pilotes, la presencia de estos niveles freáticos puede generar presiones hidrostáticas en los muros que, si no fueron consideradas adecuadamente en el diseño, puede afectar el desempeño y comportamiento esperado de los muros.



Figura 15. Condición del afloramiento de nivel freático en la base del talud este de la excavación con entronca con la calle 25 (Calle Blancos)

V. Comentarios finales

Después de realizar la gira al proyecto Circunvalación Norte, se puede inferir que, de manera general, el trabajo se está realizando de forma adecuada.

Se destaca que actualmente el proyecto se encuentra en la estación lluviosa, por lo que se pueden esperar más lluvias en la zona. Por esta razón, se considera recomendable implementar medidas integrales de mitigación de la escorrentía superficial, así como también dar seguimiento a todas las actividades y obras construidas para el control de la erosión y escorrentía superficial. En algunos sectores se considera adecuado implementar planes de mantenimiento periódico de los sistemas existentes. De esta manera, si no se toman las medidas apropiadas se pueden generar problemas de estabilidad en los diferentes taludes y excavaciones observadas en sitio. Algunos ejemplos observados con algunos problemas asociados con la época lluviosa fueron advertidos en puntos próximos a la intersección de Calle Blancos con el final del anillo de circunvalación (ruta 39), otro fue localizado en el sector localizado entre la calle 17 y la calle 25 (Calle Blancos) donde se observaron problemas de acumulaciones de grandes volúmenes agua y deslizamientos en la cara del talud, respectivamente.

En el caso del muro de suelo cosido en la pila 56, próximo a la tapia de una casa que se encuentra en la corona del talud, se considera recomendable que el contratista realice una revisión y evaluación del funcionamiento de los “lloraderos” para determinar si estos elementos están trabajando de forma adecuada, ya que se evidenció un flujo de agua importante en la base del muro, pero ninguno propiamente en los “lloraderos” colocados.

Se sugiere solicitar nuevamente los detalles de las propuestas de las actividades que serán realizadas en el sector de MACOPA, con la finalidad de evaluar su idoneidad

Finalmente, se recomienda prestar atención y verificar la resistencia alcanzada del concreto en la parte superior de los pilotes que se están colando en la Unidad Funcional V en Calle Blancos, puesto que, de acuerdo con lo observado en sitio, al quedar el nivel del pilote por debajo de la excavación, no podría garantizarse que todo el concreto de sello perturbado haya sido desplazado por completo en esta zona del elemento.



VI. Referencias

1. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme-0130-2022 Informe de visita al Proyecto Circunvalación Norte**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
2. Programa de Ingeniería Geotécnica (2022). **EIC-Lanamme-0615-2022 Informe de visita al Proyecto Circunvalación Norte**. LanammeUCR. San José, Costa Rica.