



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte  
Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional

**INFORME DE ASESORÍA TÉCNICA**

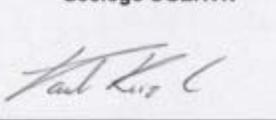
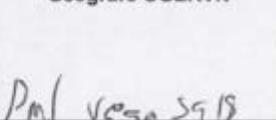
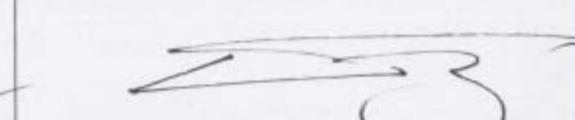
LM-PI-UGERVN-005-2015

**CARRETERA SIFÓN – LA ABUNDANCIA**

San José, Costa Rica  
Mayo, 2015

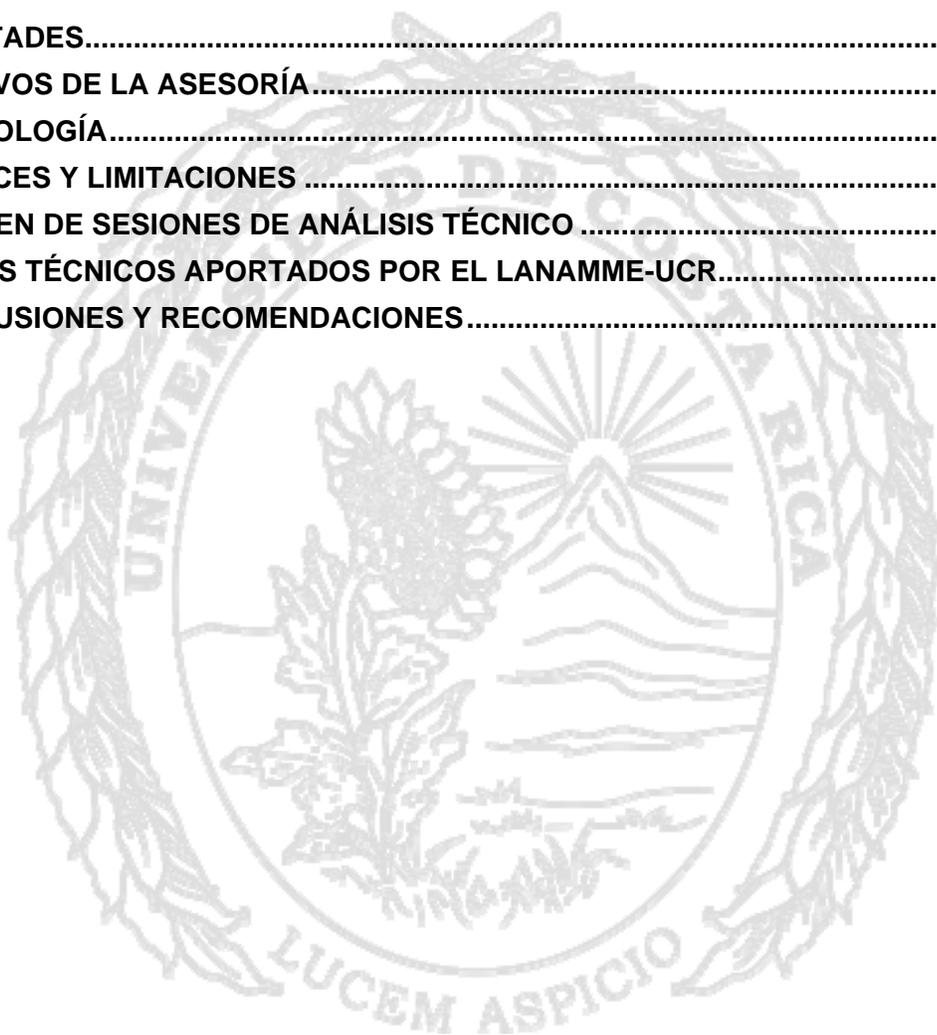


Documento generado con base en el artículo 6, inciso g) de la Ley 8114 y lo señalado en el capítulo 4, artículo 48 del Reglamento al artículo 6 de la precitada ley.

<b>1. Informe</b> LM-PI-UGERVN-005-2015		<b>2. Copia No.5</b>	
<b>3. Título</b> INFORME DE ASESORÍA TÉCNICA AL VICEMINISTRO DE INFRAESTRUCTURA Y CONCESIONES CARRETERA SIFÓN – LA ABUNDANCIA		<b>4. Fecha del Informe</b> Mayo 2015	
<b>7. 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>8. Notas complementarias</b> No aplica			
<b>9. Resumen</b> <i>El Viceministro de Infraestructura y Concesiones, mediante el oficio DVI-0686-2014, solicitó al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica formar parte de una comisión técnica para realizar una asesoría sobre las condiciones geotécnicas particulares del proyecto de carretera entre Sifón de San Ramón y La Abundancia de San Carlos. Funcionarios de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR, participaron en calidad de asesores técnicos en las sesiones de trabajo de la comisión conformada, dicha asesoría estuvo orientada al análisis de la naturaleza de los problemas geotécnicos encontrados en varios sectores de la carretera. Adicionalmente, en lo que corresponde, el LanammeUCR puso a la orden de la Administración del proyecto información topográfica geo-referenciada de alta precisión, la cual cubre un área de 38 km<sup>2</sup>, así como curvas topográficas resultado del escaneo con LIDAR terrestre del puente sobre el río Laguna y las zonas aledañas. Finalmente se presentaron una serie de recomendaciones generales para la atención futura de las zonas analizadas en la comisión.</i>			
<b>10. Palabras clave</b> Carretera nueva a San Carlos, tramo Sifón – La Abundancia, Asesoría Técnica, Geotecnia, Hidráulica, taludes, deslizamiento, infraestructura vial, puentes.		<b>11. Nivel de seguridad:</b> Bajo	<b>12. Núm. de páginas</b> 22
<b>13. Preparado por:</b>			
Ing. Ronald Naranjo Ureña Ingeniero Civil UGERVN 	Geól. Pablo Ruiz Cubillo Ph.D. Geólogo UGERVN 	Ing. José Garro Mora M.Sc. Ingeniero Civil UGERVN 	Geóg. Paul Vega Salas M.Sc. Geógrafo UGERVN 
Fecha: 29/5/2015	Fecha: 1/6/2015	Fecha: 21/05/2015	Fecha: 29/5/2015
<b>15. Revisado por:</b>		<b>16. Aprobado por:</b>	
Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR 	Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador UGERVN 	Ing. Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA 	
Fecha: 1/1	Fecha: 29/05/2015	Fecha: 1/1	

## TABLA DE CONTENIDOS

1. POTESTADES.....	4
2. OBJETIVOS DE LA ASESORÍA.....	4
3. METODOLOGÍA.....	5
4. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	5
5. RESUMEN DE SESIONES DE ANÁLISIS TÉCNICO .....	6
6. INSUMOS TÉCNICOS APORTADOS POR EL LANAMME-UCR.....	13
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19



## 1. POTESTADES

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales es una dependencia de la Universidad de Costa Rica, especializada en la Ingeniería Civil. La ley N°8114, en sus artículos 5 y 6, encomienda al LanammeUCR una serie de funciones en materia de evaluación, fiscalización, asesoría y capacitación, entre otras, para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en la reconstrucción y conservación de la red vial costarricense.

Se elabora el presente Informe de Asesoría Técnica en virtud de la solicitud del señor Viceministro de Infraestructura y Concesiones, mediante el oficio DVI-0686-2014, en el cual solicitó al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica formar parte de una comisión técnica para realizar una asesoría sobre las condiciones geotécnicas particulares del proyecto de carretera entre Sifón de San Ramón y La Abundancia de San Carlos.

## 2. OBJETIVOS DE LA ASESORÍA

El objetivo principal del presente informe es brindar apoyo técnico al Viceministerio de Infraestructura y Concesiones, dentro del ámbito de la ingeniería vial. Facilitando espacios para la discusión técnica de varios de los problemas geotécnicos que se han presentado en el proyecto de la nueva carretera a San Carlos, específicamente en el tramo Sifón – La Abundancia.

Brindar insumos para el análisis de las condiciones particulares que se presentan en los diferentes sitios considerados en esta asesoría, mediante el suministro de información topográfica georeferenciada de alta precisión al Consejo Nacional de Vialidad, dicha información fue obtenida por el LanammeUCR mediante la tecnología LIDAR.

Adicionalmente, colaborar en el monitoreo del puente sobre el río Laguna y las zonas aledañas mediante escaneos periódicos con equipo LIDAR terrestre, equipo de alta tecnología que en el país únicamente está disponible en el LanammeUCR, con el fin de obtener información de los

movimientos que se pueden estar presentando en este sitio y colaborar con insumos para la toma de decisiones por parte de la Administración del proyecto.

### 3. METODOLOGÍA

Para brindar la asesoría objetivo de este informe, funcionarios del LanammeUCR han analizado varios informes y estudios geotécnicos suministrados por la Administración del proyecto, así como observaciones directamente en el sitio, con el fin de contar con criterios técnicos sobre las condiciones presentes en el sitio y las propiedades de los materiales que afectan el comportamiento de los taludes y los terraplenes que han presentado evidencia de deterioro o inestabilidad.

Se ha participado en las sesiones de análisis técnico en las que han estado representantes de la Gerencia Ejecutiva del proyecto, el Director Ejecutivo del CONAVI, funcionarios de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR y varios contratistas del CONAVI especializados en los temas de interés.

Adicionalmente, se diseñó un plan de monitoreo topográfico de precisión, que incluye el escaneo de la zona del puente sobre el río Laguna, con equipos de escaneo digital para el levantamiento espacial de las estructuras presentes y el terreno cercano a este sitio. El monitoreo incluye el levantamiento de mojones con una estación total y asignación de coordenadas geográficas con GPS de precisión, con el fin de permitir el monitoreo a lo largo del tiempo para determinar si se presentan desplazamientos.

### 4. ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente informe se realiza desde una perspectiva de asesoría técnica, dirigida a la Administración del Estado costarricense encargada del desarrollo de la infraestructura vial, no se consideran temas exclusivamente administrativos, legales o financieros de los hechos relacionados con la construcción de esta carretera.

Mediante la asesoría técnica se busca brindar orientación general en los procesos de análisis especializado, con base en las mejores prácticas de ingeniería, con el fin de facilitar la toma de decisiones de carácter técnico por parte de la Gerencia del proyecto.

Los aspectos técnicos tratados se enfocan en las condiciones geológicas y geotécnicas propias de la zona que atraviesa la ruta, así como los problemas de deterioro e inestabilidad que se han presentado en los taludes.

Los tramos que han sido analizados en las sesiones que se han realizado, fueron establecidos principalmente por la Gerencia del proyecto, según su criterio, experiencia y conocimiento del proyecto. Otras zonas han sido incluidas por sugerencia de contratistas especializados y representantes de la Regencia Ambiental.

Quedan fuera del alcance del estudio los diseños y especificaciones de las estructuras de pavimento, la capacidad operativa de la radial, la seguridad vial, el diseño geométrico u otras obras hidráulicas mayores.

## 5. RESUMEN DE SESIONES DE ANÁLISIS TÉCNICO

### Sesión N°1.

Fecha: 6 de febrero 2015

Participantes:

Ing. Mauricio Salom, Director Ejecutivo CONAVI

Ing. Gastón Laporte, Regencia Ambiental

Ing. Pablo Torres, Gerencia de Proyecto

Ing. Roy Barrantes, LANAMMEUCR

Ing. Ronald Naranjo, LANAMMEUCR

Principales temas tratados.

Se comentó por parte del ingeniero Gastón Laporte sobre la decisión que se tomó, luego de los primeros deslizamientos que se presentaron en el proyecto, donde se hace una propuesta de ángulos de corte (no se detalla el nombre del o los responsables) de continuar con los mismos

ángulos de corte para otros puntos del proyecto, asumiendo homogeneidad en las características de los materiales.

Se mencionó la presencia de cerca de 83 escombreras.

Se mencionó la presencia de inestabilidades globales no identificadas.

Se mencionó la presencia de materiales hidrotermalizados en varios puntos del proyecto.

Se mencionaron problemas de estabilidad en los kilómetros 18 y 13.

Se mencionó la presencia de una grieta reciente en el kilómetro 20, que habría que estudiar con mayor detalle.

Se mencionó la presencia de un muro de gaviones en el kilómetro 13 donde se detecta, según el criterio del ingeniero Gastón Laporte, peligro de inestabilidad.

## **Sesión N°2.**

Fecha: 5 de marzo del 2015

Participantes:

Ing. Mauricio Salom, Director Ejecutivo CONAVI

Ing. Gastón Laporte, Regencia Ambiental

Ing. Pablo Torres, Gerencia de Proyecto

Ing. Roy Barrantes, LanammeUCR

Ing. Ronald Naranjo, LanammeUCR

Geóg. Paul Vega, LanammeUCR

Geól. Pablo Ruiz, LanammeUCR

Geól. Carlos Chávez, Geomekca

Ing. Marco Tapia, Geomekca

Ing. Marlon Jiménez, Geomekca

Principales temas tratados.

Puente sobre el río Laguna.

Se comentó sobre los desplazamientos que han sufrido el bastión y la pila número 2 de esta estructura, según los registros del control topográfico realizado por la empresa FONVAR entre junio del 2013 y octubre del 2014.

Se propuso instrumentar la zona sin especificar el alcance o la ubicación de los equipos. También se propuso realizar escaneos periódicos con el fin de determinar el comportamiento actual de los desplazamientos.

Revisar desde el punto de vista estructural la condición actual de las estructuras.

Kilómetro 36+800.

Se acordó que Geomekca presente ante la comisión los estudios realizados en este tramo de la carretera.

Coordinación general.

Se acordó sistematizar las reuniones de la comisión. Otros tramos con problemas geotécnicos serán incluidos según se avance en las próximas reuniones.

### **Sesión N°3.**

Fecha: 12 de marzo del 2015

Participantes:

Ing. Mauricio Salom, Director Ejecutivo CONAVI

Ing. Gastón Laporte, Regencia Ambiental

Ing. Pablo Torres, Gerencia de Proyecto

Ing. Abraham Sánchez, Ingeniería del Proyecto

Ing. Roy Barrantes, LanammeUCR

Ing. Marlon Jiménez, Geomekca

Principales temas tratados.

Puente sobre el río Laguna.

Se comentó sobre los desplazamientos que han sufrido el bastión y la pila número 2 de esta estructura.

El Ing. Gastón manifestó sus dudas sobre la verdadera naturaleza de los desplazamientos, la extensión de la zona afectada y sus implicaciones con respecto a la solución planteada por Geomekca, la cual incluye la construcción de pilotes en la zona de la pila número 2. Se acordó que Geomekca realice una propuesta para la instrumentación en este sector.

Kilómetro 36+800.

Geomekca presentó el estudio realizado para este punto. Se discutió la propuesta y se avanzó en la formulación de un drenaje tipo gaveta al pie del talud, con el fin de disminuir la carga

hidrostática en este sector. Se acordó contratar a Geomekca para realizar un diseño detallado de la solución definitiva.

#### **Sesión N°4.**

Fecha: 15 de abril del 2015

Participantes:

Ing. Mauricio Salom, Director Ejecutivo CONAVI

Ing. Gastón Laporte, Regencia Ambiental

Ing. Pablo Torres, Gerencia de Proyecto

Ing. Abraham Sánchez, Ingeniería del Proyecto

Ing. Michael González, Ingeniería del Proyecto

Ing. Roy Barrantes, LanammeUCR

Geóg. Paul Vega, LanammeUCR

Ing. José Garro, LanammeUCR

Ing. Ronald Naranjo, LanammeUCR

Ing. Marlon Jiménez, Geomekca

Ing. Marco Tapia, Geomekca

Principales temas tratados.

Puente sobre el río Laguna.

LanammeUCR indica que se han realizado tres escaneos en esta zona, desde finales de febrero y hasta principios de abril. Se debe continuar con este monitoreo para poder concluir sobre la naturaleza de los movimientos, si aún se están presentando, preliminarmente se observa que la pila número dos no se ha desplazado con respecto a la estructura que en el sector del bastión 1, ni ha variado su inclinación. Se continuarán los escaneos al Puente Laguna y los alrededores con los especialistas del LanammeUCR. La próxima medición se realizará el jueves 23 de abril del 2015.

La Ingeniería de Proyecto entregará los puntos de referencia topográficos que tiene el proyecto en toda la zona del Laguna y la línea centro de la carretera en ese sitio, para referenciar las mediciones a esos puntos.

El jueves 23 de abril 2015 se reunirán funcionarios del LanammeUCR y la oficina de cálculo del Proyecto para aclarar cualquier duda sobre las referencias y mojones de la zona del Laguna.

Coordinar la realización de dos perforaciones en el sitio propuesto por Geomekca. Valorar la posibilidad de la compra de un inclinómetro para las perforaciones.

Entrega de plano en 3D con extensión DWG, de la forma actual en que se encuentra toda la estructura del puente actualmente de acuerdo con las mediciones del escáner que se han realizado por parte del LanammeUCR.

Coordinar con ingeniero estructural de Puentes para revisión de estado actual de la estructura y posibilidad de construcción del puente. Entrega de información al ingeniero para su valoración.

Geomekca indica la necesidad de realizar una instrumentación que permita detectar los movimientos a mayor profundidad.

Kilómetro 36+800.

Este aspecto fue informativo mediante una explicación por parte de la Ingeniería del Proyecto del avance en este aspecto. Fue entregada la cotización de Geomekca e inmediatamente esta fue enviada a costos del CONAVI para revisión. Se está a la espera de su aprobación. Geomekca aclara que la distribución de tiempos y asignación de especialistas se envió el 27 de marzo de 2015. Sin embargo, aún no reciben la orden de inicio para proceder con los análisis detallados y el diseño de la solución.

Grietas kilómetro 18 y 20.

Se expone avances en los estudios que se realizan por parte de Geomekca. Se continuara según cronograma. Geomekca indica que se realizaron los reconocimientos geológicos y geotécnicos, la investigación geotécnica con geofísica y el cartografiado geológico. No obstante, no se ha recibido el insumo de topografía solicitado, el cual puede estar basado en los levantamientos LIDAR realizados por el LanammeUCR y es requerido para continuar la fase de modelaje geotécnico y los análisis de estabilidad de las escombreras. El LanammeUCR aclara que la información fue enviada al CONAVI y se coordina para entregarla a la Ingeniería del Proyecto de forma directa.

Matriz de estabilidad de Taludes.

Continuar con la realización de la Matriz hasta su conclusión.

Puente Espino.

La ingeniería de proyecto enviará informe de suelos y estudio geotécnico realizado en el puente Espino para la valoración por parte de todos los especialistas de la necesidad de la colocación de pilotes en zona del Bastión 1 del Puente Espino.

Los especialistas de geotecnia revisarán estudio y emitirán unas pequeñas conclusiones o recomendaciones de la revisión encaminadas a determinar si es necesaria la construcción de los mismos.

Coordinación general.

Proponer una fecha de sesión de trabajo entre especialistas LanammeUCR - Ingenieros Proyecto para realizar documento de soporte y trazabilidad de las sesiones de trabajo realizadas hasta la fecha. Realizar propuesta de documento y pasar a todos los integrantes de la comisión.

#### **Sesión N°5.**

Fecha: 29 de abril del 2015

Participantes:

Ing. Mauricio Salom, Director Ejecutivo CONAVI

Ing. Gastón Laporte, Regencia Ambiental

Ing. Pablo Torres, Gerencia de Proyecto

Ing. Ronald Naranjo, LanammeUCR

Ing. José Garro, LanammeUCR

Geóg. Paul Vega, LanammeUCR

Ing. Marlon Jiménez, Geomekca

Ing. Carlos Fernández, Consultor estructural independiente

Principales temas tratados.

Puente sobre el río Laguna.

Se continuarán los escaneos al Puente Laguna y los alrededores con los especialistas del LanammeUCR.

La Ingeniería de Proyecto entregará nuevos puntos de referencia topográficos que tiene el proyecto en la zona del Laguna, mojones y poligonales, para referenciar las mediciones a esos puntos.

El Ing. Fernández comenta que están en el proceso de revisión de la información, indica que la pila y el bastión se pueden utilizar con la condición actual, además si se determina la naturaleza y dirección de los movimientos actuales se puede modificar el puente para asumir estos desplazamientos con proyecciones a futuro.

Geomekca indica que ya envió la cotización para el suministro e instalación de equipos para el monitoreo de esta zona, comentan que otra empresa puede realizar las perforaciones e instalar los equipos, ellos realizarían el monitoreo y procesamiento de los datos.

El Ing. Laporte recomienda instrumentar la pila y la zona del bastión. Así como tomar en cuenta que en estas zonas se van a realizar trabajos que pueden dañar los equipos que se van a instalar.

Kilómetro 36+800.

Geomekca dará inicio con los diseños definitivos para este sitio.

Grietas kilómetro 18 y 20.

Este sitio corresponde con las escombreras 13 y 13A.

Geomekca indica que empezaron a trabajar en el modelaje geotécnico y geológico. Las soluciones irán enfocadas a modificar la geometría de las escombreras mediante el movimiento de tierras.

La Gerencia del Proyecto comenta que ayudaría adelantar información de los estudios que están realizando para ir coordinando algunas actividades con el contratista. Verán la posibilidad de utilizar otras escombreras.

LanammeUCR recomienda realizar estudios de estabilidad para las escombreras que sean consideradas para recibir el nuevo material.

El Ing. Laporte recomienda monitorear la topografía de la zona que será intervenida antes y después de la implementación de las soluciones.

Chocozuela.

El Ing. Laporte recomienda realizar lecturas periódicas de las coordenadas de los mojones de esta zona. El LanammeUCR colaborará con la obtención de estos datos.

Matriz de estabilidad de Taludes.

Continuar con la realización de la Matriz hasta su conclusión.

Puente Espino.

El Ing. Laporte cuestiona la ejecución de la perforación por parte de la empresa Vieto y Asociados, lo que incluye la obtención de la muestra. Indica que la geofísica no corresponde con los resultados de las perforaciones. Comenta que se debió proteger más el bastión incluso después de que se presentara la falla.

Geomekca indica que en el estudio de Vieto no se justifica técnicamente la recomendación de realizar la sustitución de material en el bastión y coincide con el Ing. Laporte en que en las perforaciones no se muestreó adecuadamente.

## 6. INSUMOS TÉCNICOS APORTADOS POR EL LANAMME-UCR

El LanammeUCR mediante el oficio LM-IC-D-0268-15, con fecha del 25 de marzo del 2015 realizó la entrega de la información generada mediante la tecnología LIDAR para este proyecto.

El sistema LIDAR obtiene información topográfica geo-referenciada de alta precisión, mediante el uso de un escáner láser aerotransportado.

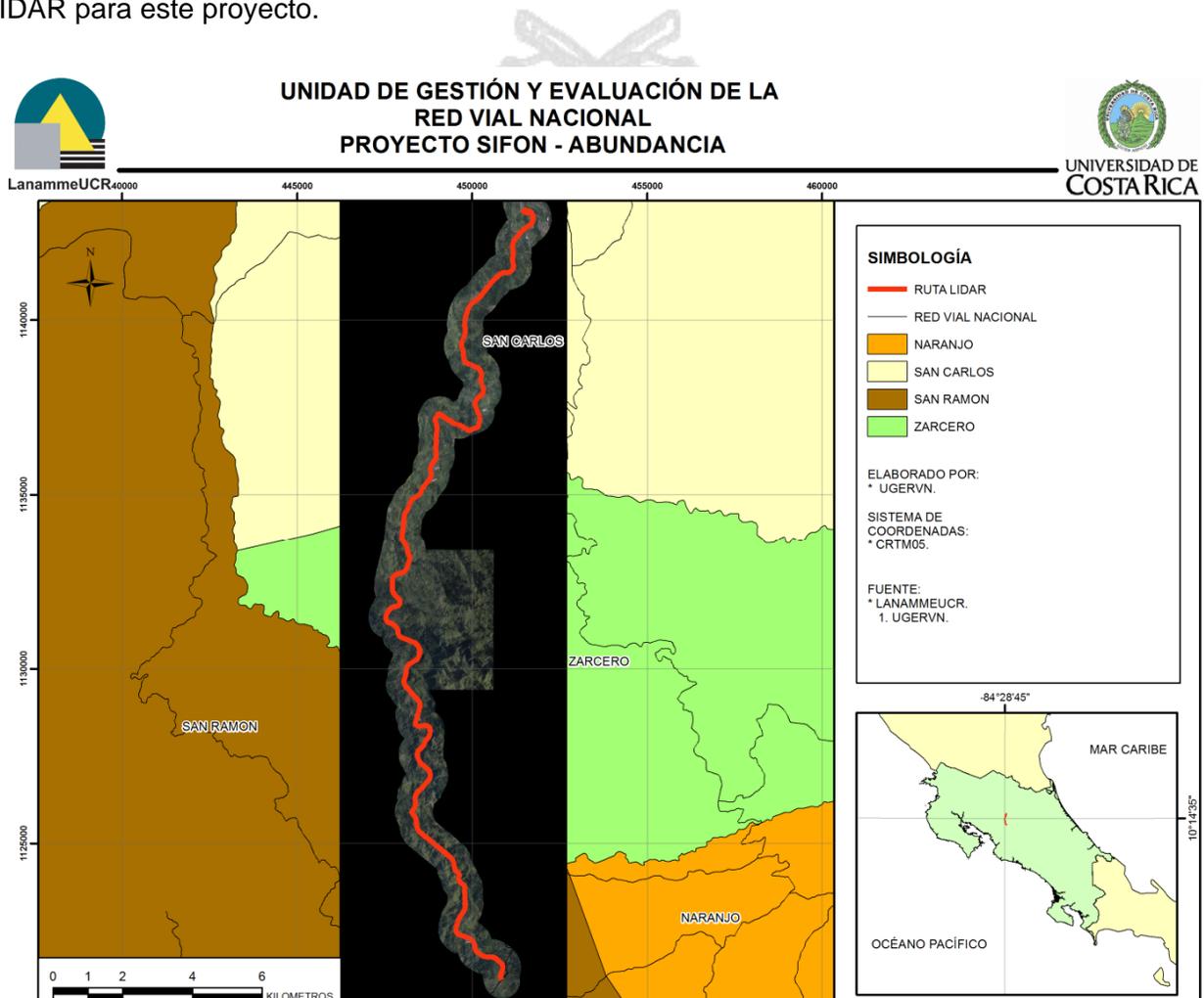
La información de la carretera Sifón – La Abundancia suministrada al CONAVI incluye el levantamiento topográfico de un total de 38 km<sup>2</sup>, constituyendo una fuente importante de información para la gestión del proyecto.

Los discos entregados al Director Ejecutivo del Consejo Nacional de Vialidad contienen la siguiente información:

- Datos de vuelo.
- Levantamiento LIDAR, archivos y modelos de elevación digital de superficie y del terreno.
- Orto imágenes aéreas procesadas en el sistema de coordenadas CRTM05.
- Altimetría para análisis CAD.
- Topografía.

- Informe Técnico sobre el vuelo, puntos de apoyo, aerotriangulación, modelo de elevación, ortofotos.
- Video obtenido con los datos LIDAR.

En la siguiente imagen se presenta la localización del área escaneada mediante el sistema LIDAR para este proyecto.



**Figura No.1 Localización del área escaneada mediante el uso de tecnología LIDAR.**

Esta información es un insumo muy importante que permite entre otras cosas el estudio de la topografía actual de las zonas que presentan problemas de estabilidad, como el que se presenta en el kilómetro 25+300, cerca del puente sobre el río Arena, tal como se observa en la siguiente figura.

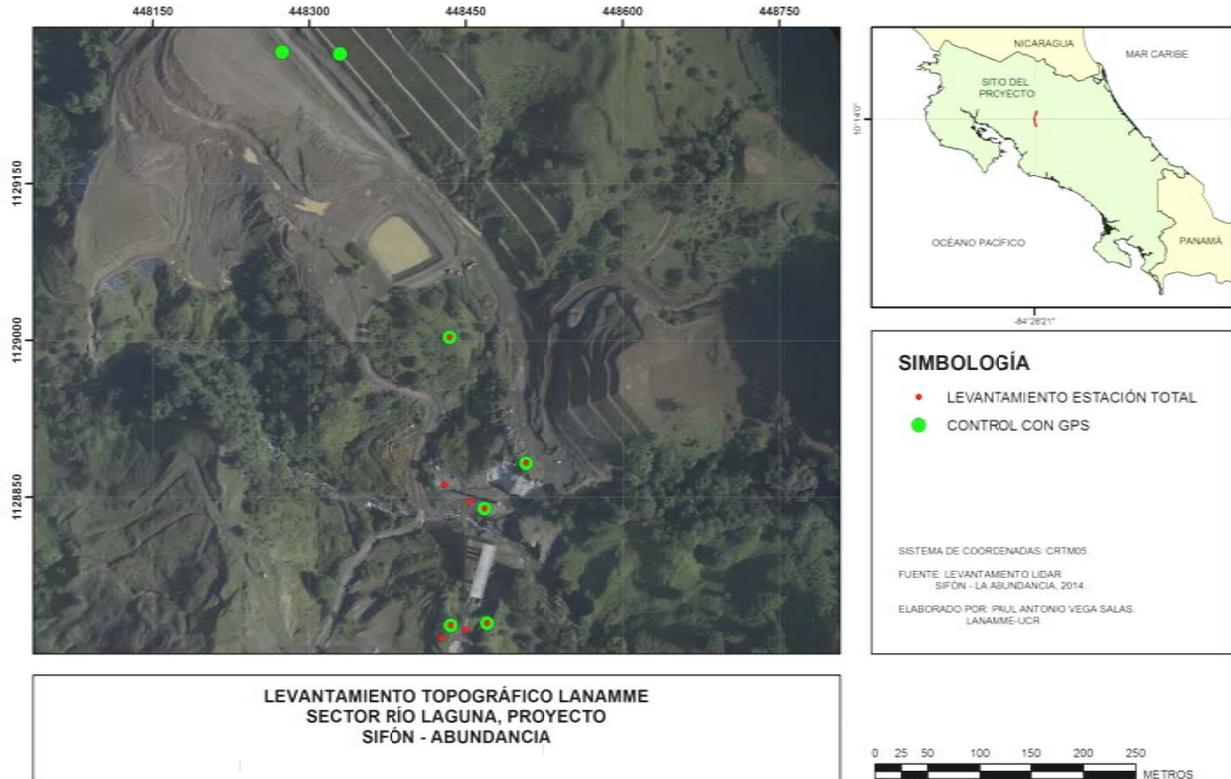


**Figura No.2 Imagen del deslizamiento en el kilómetro 25+300 generada con la tecnología LIDAR y suministrada a la Administración del proyecto.**

Esta información se utiliza para generar Modelos de Elevación Digital (MED), los cuales están georeferenciados y en este caso cuenta con una precisión de  $\pm 12$  cm.

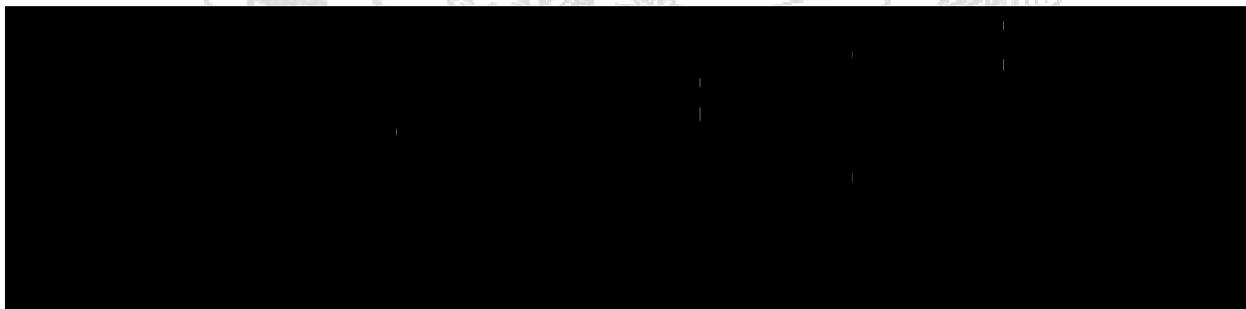
La asesoría incluye la implementación de un plan de monitoreo topográfico de la zona del puente sobre el río Laguna, mediante el uso del escáner LIDAR terrestre del LanammeUCR, junto con el levantamiento de mojones con una estación total y asignación de coordenadas geográficas con GPS de precisión, con el fin de permitir el monitoreo a lo largo del tiempo para determinar si se presentan desplazamientos.

En la siguiente figura se presenta la ubicación de los mojones utilizados por el LanammeUCR para la georeferenciación de los escaneos.



**Figura No.3 Localización de los levantamientos con estación total y control con GPS.**

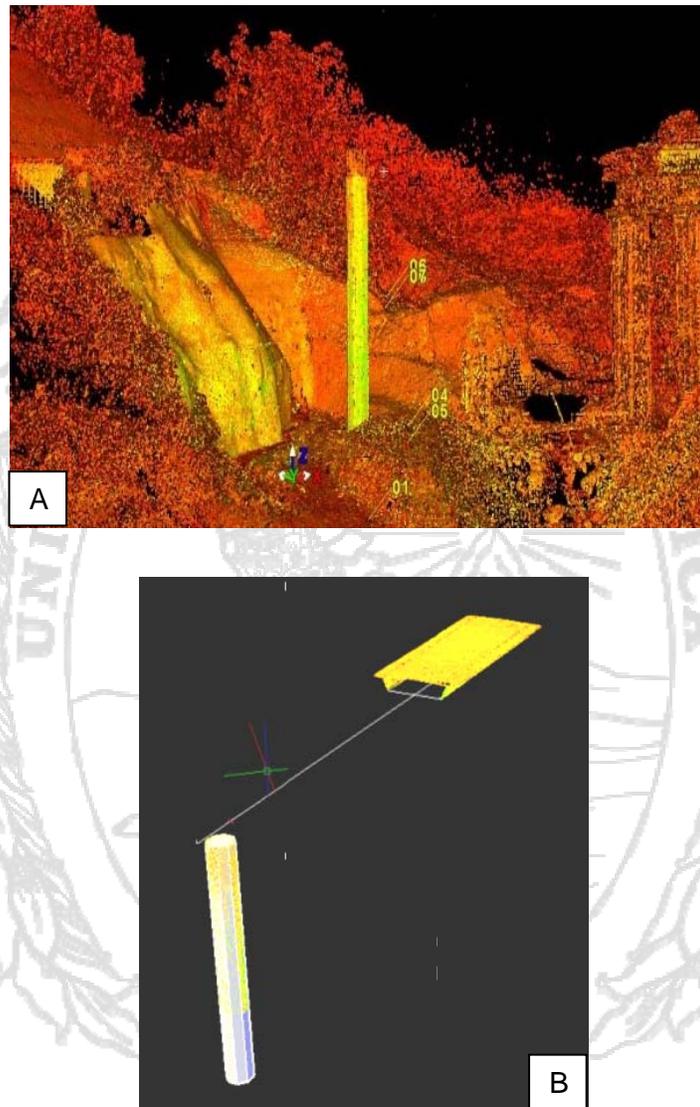
Las coordenadas geográficas y métricas de los mojones levantados con la estación total se presentan en el siguiente cuadro:



El escaneo de esta zona busca también estudiar los movimientos que podría estar presentando la pila número 2 de este puente, ya que controles topográficos anteriores le han atribuido desplazamientos importantes. Además los estudios geofísicos han determinado la existencia de una anomalía en el subsuelo que en el estudio se atribuye a una zona de falla, cercana a

esta pila, por lo que el estudio de su comportamiento es fundamental para determinar la condición de estabilidad de las estructuras y las acciones correctivas que sean implementadas.

En las siguientes figuras se presenta un detalle de los resultados obtenidos hasta ahora del escaneo realizado en este elemento estructural.



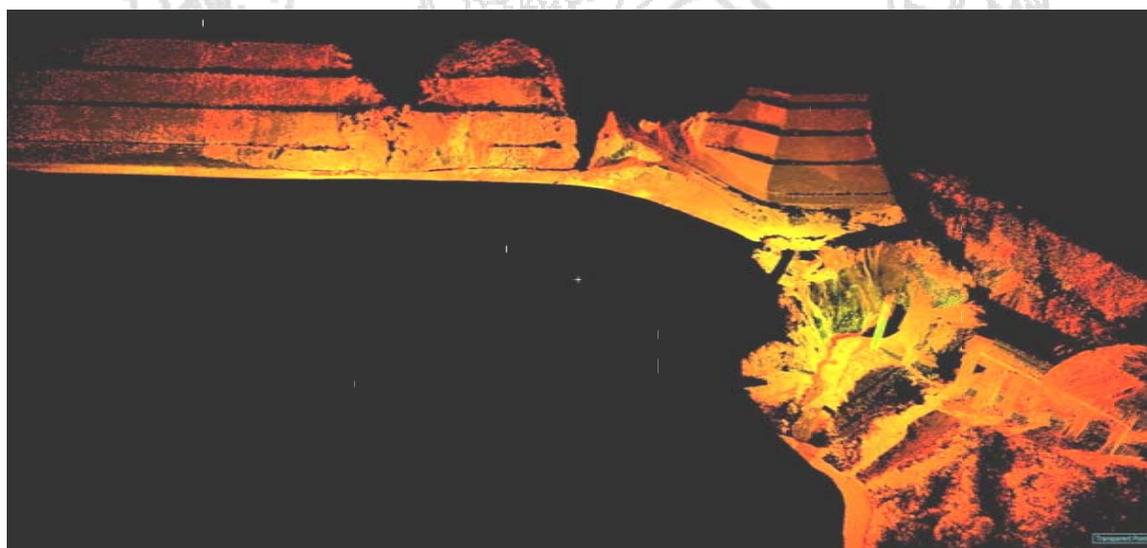
**Figura No.4 Resultados de los escaneos realizados a las estructuras del puente sobre el río Laguna. A) Vista general de la zona, B) Detalle del estudio realizado en la pila número 2.**

Con base en los resultados de los primeros escaneos realizados, se ha obtenido la siguiente información:

- La pila está inclinada en dirección noreste.
- Inclinación total es de 26 centímetros desde el nivel de terreno (La altura de la pila media desde el suelo es de 23 metros).
- El ángulo de inclinación es de  $0.642^\circ$ .
- El desplazamiento total desde la base con respecto al eje central del puente construido es de 50.7 cm.
- Fecha de levantamiento 18/02/2015.

En el más reciente levantamiento de información realizado el 23 de abril del 2015, se ha ampliado la zona del escaneo para incluir la zona del kilómetro 20, en la cual se han detectado grietas de gran longitud que requieren monitoreo para determinar su actividad.

En la siguiente imagen se muestra una vista del área escaneada en este sector de la carretera.



**Figura No.5 Vista general del puente sobre el río Laguna y la zona aledaña, generada con el equipo láser del LanammeUCR.**

El monitoreo de este tramo continuará siendo realizado por el LanammeUCR, como parte de las funciones ordinarias de evaluación de la red vial nacional establecidas en la Ley 8114, con el fin de brindar información precisa para colaborar en la toma de decisiones.

Los resultados de este monitoreo serán presentados en informes posteriores a la Administración del proyecto.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusión General.

La asesoría brindada a la Administración activa del proyecto de la carretera nueva a San Carlos, tramo Sifón – La Abundancia, ha facilitado espacios para la discusión de varios problemas geotécnicos que se han presentado en esta importante obra vial.

Como parte de este proceso se brindó a la Dirección Ejecutiva del CONAVI y a la Gerencia del Proyecto, información topográfica georeferenciada de alta precisión (LIDAR), para todo el tramo desde Sifón en San Ramón hasta La Abundancia en San Carlos. Dicha información es un valioso insumo para el análisis de la condición actual del terreno en las zonas que han presentado problemas de estabilidad.

Producto del monitoreo periódico que se ha venido realizando en la zona del puente sobre el río Laguna, mediante el escaneo con equipo láser de las estructuras actuales y la zona aledaña al kilómetro 20, se ha determinado con precisión la inclinación y desplazamiento con respecto al eje de la superestructura que ha experimentado la pila 2 de este puente. La información recopilada junto con los futuros escaneos permitirán determinar cambios en la posición de estas estructuras y movimientos en el terreno a lo largo del tiempo de monitoreo, información que será suministrada oportunamente a la Administración del proyecto para el análisis correspondiente.

El LanammeUCR considera importante mencionar, luego de la ejecución de esta asesoría, que toda decisión que se tome en el proyecto, relacionada con la solución de los problemas geotécnicos en el proyecto Sifón – La Abundancia es responsabilidad única y exclusiva de la

Administración activa; así mismo, y dada la complejidad de muchas de las soluciones planteadas y el nivel de inversión de cada una de ellas, se debe valorar y registrar el nivel de riesgo asociado con la decisión planteada, considerando factores de seguridad apropiados y una estricta vigilancia de las buenas prácticas de la ingeniería en la ejecución de cada una de ellas.

Dada la complejidad de los problemas presentes en el proyecto, va a ser necesario implementar sistemas de control y monitoreo permanente, con el fin de reaccionar de forma oportuna a cualquier situación producto de la inestabilidad de los terrenos intervenidos.

Adicionalmente se concluye que, a la fecha de emisión de este informe, no existe una verdadera certeza sobre la fecha de finalización de todas las obras del proyecto, lo cual debería llevar a replantear el concepto de “proyecto terminado” por parte de la Administración, definiendo como proyecto la integralidad de todo el tramo Sifón – la Abundancia.

### **Conclusiones Específicas.**

#### **Sobre la comisión técnica.**

La creación de comisiones técnicas de alto nivel, estructuradas de forma metódica y sistemática resulta ser un apoyo sustancial para la Administración, facilita la toma de decisiones, el registro formal de las mismas y promueve la sana discusión de aspectos técnicos. Existe a nivel de la Administración MOPT-CONAVI una positiva disposición a ejecutar procesos de discusión como el realizado durante esta asesoría, sin embargo, la falta de personal de planta calificado en distintas áreas de la ingeniería, la carencia de recursos tecnológicos, la pérdida de memoria institucional y registros históricos, así como graves problemas de índole organizacional y de comunicación asertiva, dificultan su ejecución, situación que conlleva a la necesidad de solicitar apoyo externo como el de la presente asesoría.

#### **Sobre el puente del río Laguna y las grietas de los kilómetros 18 y 20.**

Las condiciones geológicas y geotécnicas existentes en zona en la cual se localiza este puente han sido analizadas mediante varios estudios que incluyen métodos geofísicos, los cuales han

determinado la existencia de una zona con propiedades diferenciadas, hecho que ha sido catalogado como una falla geológica muy cercana a la zona del bastión 2 y la pila 2. Así mismo, la zona ha sido intervenida mediante movimiento de tierras y muros anclados, sin embargo no está claramente definido el efecto que estas intervenciones han tenido en el mejoramiento de la estabilidad de la zona. Tal como ha sido señalado por el Ing. Gastón Laporte en las sesiones de la comisión. Recomendamos continuar con los estudios específicos para este sector, e incluir el uso de equipos como los inclinómetros y los piezómetros para el monitoreo geotécnico.

Determinar la naturaleza, dirección, extensión y profundidad de la zona que se está deslizando tendrá consecuencias directas sobre el tipo de intervención requerida para garantizar la estabilidad de las obras a largo plazo. Consideramos fundamental determinar si existe relación entre los desplazamientos observados cerca del puente y las grietas de los kilómetros 18 y 20, ya que esto modifica la dimensión del problema y las soluciones que se puedan generar.

El monitoreo que el LanammeUCR está realizando en este sector brindará en el mediano plazo información valiosa que será suministrada oportunamente a la Administración del proyecto para el análisis correspondiente.

#### **Sobre el deslizamiento del PK36+800.**

Este sector ha sido especialmente sensible a los cambios generados por el movimiento de tierras realizado para la construcción de la carretera. Se presenta una combinación de materiales meteorizados con altos niveles freáticos que provocan saturación del terreno y deslizamientos constantes que muestran indicios de continuar activos.

Recomendamos continuar con el desarrollo de propuestas que logren abatir de forma efectiva el nivel del agua dentro del terreno, combinado con la modificación del nivel de subrasante y la adición de peso en las zonas que los estudios detallados recomienden realizar.

#### **Sobre los deslizamientos de menor tamaño.**

La Administración del proyecto trabaja actualmente en la creación de un inventario de deslizamientos considerados de menor tamaño, con el fin de definir el tipo de intervención requerida en cada caso. Recomendamos continuar con esta labor y para cada solución propuesta realizar estudios geotécnicos básicos y análisis de estabilidad que permitan establecer los factores de seguridad contra la falla de estos puntos de interés. Para todos los

casos recomendamos considerar el diseño e implementación de sistemas para el manejo de agua de escorrentía y protección superficial del talud estabilizado, mediante sistemas de control de erosión que pueden incluir la siembra de vegetación para los casos que así lo requieran.

