

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: EIC-Lanamme-INF-0824-2022

Informe de revisión de estudios geotécnicos y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales lotes 2b

INFORME FINAL



Fuente: IDOM-DEHC

Preparado por:

Ing. Laura Solano Matamoros
Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, DSc.
Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Julio, 2022





1. Informe EIC-Lanamme-INF-0824-2022		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Informe de revisión de estudios geotécnicos y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales lotes 2b		4. Fecha del Informe 04 de julio de 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, Por solicitud de la unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica a los documentos de los estudios geotécnicos y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales lotes 2b, proyecto que se encuentra en auditoría por parte del LanammeUCR. Al concluir la revisión de los documentos se encuentra que la información aportada es adecuada para la etapa de diseño preliminar. Sin embargo, se debe complementar la información y subsanar observaciones realizadas en cuanto a el establecimiento de los parámetros geomecánicos y dimensionamiento de los elementos para la cimentación de la estructura. Se considera apropiado solicitar una revisión de los factores de reducción y seguridad utilizados en las metodologías de análisis. Aunado a esto se sugiere incluir análisis de socavación y licuación para los bastiones del puente sobre el río Torres, así como considerar eventos con períodos de retorno de 500 años en las consideraciones hidráulicas e hidrológicas. Finalmente se recomienda solicitar los diseños finales de las estructuras, ya que, al hacer la revisión de los documentos y de planos geométricos y estructurales, se encuentran láminas que corresponden a fechas del 2019 así como las versiones del 2022. Por lo tanto, se considera apropiado revisar la información correspondiente a los diseños en su versión más actualizada</i>		
8. Palabras clave Factores de reducción, parámetros geomecánicos, socavación.	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 24
11. Preparado por:		
Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, DSc. Programa Ingeniería Geotécnica Fecha: 04 / 07 / 2022		Ing. Laura Solano Matamoros. Programa Ingeniería Geotécnica Fecha: 04 / 07 / 2022
12. Revisado y aprobado por:		
Ana Lorena Monge Sandí, MSc. Coordinadora Programa Ingeniería Geotécnica Fecha: 04 / 07 / 2022		



Contenido

I.	Introducción	4
II.	Comentarios generales	4
III.	Contrato	5
IV.	Especificaciones técnicas.....	5
V.	A54_MEM_04_Geotecnia	6
V.1	Metodología.....	7
V.2	Puentes.....	7
V.2.1	Intercambio Circunvalación	7
V.2.2	Puente sobre el río Torres.....	8
V.3	Movimiento de tierras	9
V.3.1	Intercambio Circunvalación	9
V.3.2	Puente sobre el río Torres.....	9
V.3.3	Planos.....	10
V.3.4	Anexo I: Informe – prospecciones de campo.....	10
V.3.5	Anexo II: Prospección geofísica. Sísmica pasiva MAM	11
V.3.6	Anexo III: Informe – resultados de laboratorio	11
VI.	A54_MEM_07_Hidrología y drenaje	11
VII.	A54_MEM_08_Estructuras existentes	12
VIII.	A54_MEM_09_Estructuras.....	12
VIII.1	Nuevo Puente Río Torres.....	12
VIII.2	Estructura Colectora Norte.....	13
VIII.3	Estructura Colectora Sur	14
VIII.4	Muros.....	15
IX.	Planos geométricos y estructurales	16
X.	Informes de la supervisión.....	17
X.1	Marzo 2021.....	17
X.2	Abril 2021.....	17
X.3	Mayo 2021	18
X.4	Junio 2021	18
X.5	Julio 2021	19
X.6	Agosto 2021	19
X.7	Setiembre 2021	19
X.8	Octubre 2021	20
X.9	Noviembre 2021	20
X.10	Diciembre 2021	20
X.11	Enero 2022	20
X.12	Febrero 2022.....	21
XI.	Comentarios Finales.....	22
XII.	Referencias bibliográficas	22



Informe de revisión de estudios geotécnicos y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales lotes 2b

I. Introducción

Por solicitud de la unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica a los documentos de los estudios geotécnicos y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales lotes 2b, proyecto que se encuentra en auditoría por parte del LanammeUCR. Adicionalmente se revisan los informes mensuales de la supervisión correspondientes a las fechas de marzo 2021 a febrero 2022.

Los documentos revisados para este informe son:

- **Contrato**
- **Especificaciones técnicas**
- **A54 MEM 04 Geotecnia**
- **A54 MEM 07 Hidrología y drenaje:** Manejo de aguas de escorrentía
- **A54 MEM 08 Estructuras existentes:** Detalles de cimentación
- **A54 MEM 09 Estructuras:** Detalles de cimentación y propuesta de muros
- **Planos geométricos y estructurales:** Detalles de cimentación y muros de retención
- **Informes de la supervisión**

A continuación, se muestran los comentarios al respecto de la revisión de los documentos considerados.

II. Comentarios generales

El presente informe consiste en una revisión de la información aportada por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR referente a los estudios geotécnicos y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales lotes 2b. Tanto el intercambio Circunvalación como el puente sobre el Río Torres se encuentran sobre la Ruta Nacional 1, carretera General Cañas, la cual es la principal vía de comunicación de las provincias de Alajuela y Heredia con San José.

Inicialmente se revisan los documentos “Contrato de diseño y construcción de las OBIS del Lote N°2” e “Informe 01 – normas de diseño y especificaciones técnicas”, para conocer los lineamientos legales y especificaciones técnicas en lo relacionado con aspectos geotécnicos que se deben cumplir como mínimo en las investigaciones y análisis correspondientes a la revisión de la información que conforma la etapa de anteproyecto.

Al finalizar con la revisión de los documentos aportados por la unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se puede considerar que el trabajo geotécnico es adecuado para los diseños preliminares de las cimentaciones de las estructuras. Sin embargo, se sugiere analizar con mayor profundidad aspectos como socavación, licuación, ejecutar análisis de estabilidad, además de aclarar las dimensiones de los elementos que corresponderán al diseño final, así como esclarecer la obtención de los parámetros de resistencia para el dimensionamiento de los elementos.

En los siguientes apartados, se realizarán comentarios pertinentes a cada uno de los elementos revisados.



III. Contrato

Se revisa el documento “Contrato de diseño y construcción de las OBIS del Lote N°2”, en el cual se especifica que el Contratista se compromete ante el contratante, por medio de lo dispuesto en dicho contrato a diseñar y construir la obras, y a reparar sus defectos de conformidad con las disposiciones del contrato.

Por lo tanto, en la revisión de los documentos de anteproyecto se espera encontrar información geológica-geotécnica suficiente para la ejecución de las fases de diseño y construcción de las obras respectivas. En general, no se tienen comentarios adicionales en este apartado pues parece adecuada la información suministrada.

IV. Especificaciones técnicas

Se revisa el documento “Informe 01 – normas de diseño y especificaciones técnicas” para conocer la normativa aplicable en lo referente a investigación, diseño y construcción de las estructuras en las que intervengan aspectos geotécnicos. Para este proyecto las actividades a realizar consisten en diseño y construcción de:

- Demolición del puente existente sobre el Río Torres y sus conexiones, para la construcción de un nuevo puente ampliado a 8 carriles
- Intercambio circunvalación

Para el cumplimiento de los objetivos de diseño y construcción de las obras, se especifica en el documento la normativa aplicable en cuanto a aspectos geotécnicos, la cual consiste en:

- El Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-2010) y sus actualizaciones o última versión vigente.
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR), edición 2009 o última versión vigente.
- Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica, ACG, 2015.
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 8th Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2017.

El estudio de suelos debe incluir lo indicado según SETENA en el Decreto N° 32712-MINAE, Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)-PARTE II, Anexo No 5, Protocolo técnico para el Estudio de ingeniería básica del terreno, Sección II, Datos geotécnicos de capacidad soportante o de cimentación para la obra civil, y con la Resolución N° 719-2017-SETENA.

La revisión de los respectivos documentos consiste principalmente en verificar el cumplimiento de la información geotécnica mínima indicada en las especificaciones técnicas del proyecto, tanto en cantidad como en calidad y veracidad. Esta información corresponde a los requerimientos mínimos solicitados al contratista y se resume en los siguientes puntos:

- Para todas las estructuras de puentes se requiere de estudios de amenaza sísmica del sitio, que incluya espectros de diseño para una vida útil de 75 años.
- Las características ingenieriles de los suelos en cuanto a sismicidad deberán estar acorde con el Mapa de Zonificación del Código de Cimentaciones de Costa Rica 2da Edición 2009.
- Para la cimentación de los puentes se debe basar en mediciones de onda cortante con ensayos de propagación de ondas in situ, para lo cual se deben incluir como mínimo los primeros 30 m de profundidad en cada uno de los apoyos de los puentes.
- Por cada bastión y pila que componen el puente debe realizarse una perforación exploratoria.
- La socavación de la cimentación de puentes sobre ríos deberá ser con base a una avenida máxima de 500 años de período de retorno



- Donde haya problemas de estabilidad de laderas o taludes, se deberá realizar un estudio geológico – geotécnico.
- Deberá indicar como mínimo la inclinación de los taludes, ancho de las bermas y estructuras de drenaje necesarias y de prevención contra la erosión.
- Para soluciones geotécnicas especiales como muros de gaviones, pilotes, tablaestacas u otros, se deberá aportar la memoria de diseño y análisis de estabilidad detallados.
- Se debe contar con información geológica del sitio que incluya levantamientos geológicos e hidrogeológicos, fotografía aérea, caracterización de la roca, mapeo de manantiales y cauces, definición del marco geológico regional y local, identificación de posibles problemas geotécnicos asociados a las características geológicas.
- Se deberán efectuar perforaciones a cada 250 m como mínimo, la densidad de los sondeos puede variar con la debida justificación y con el aval de la Administración.
- Se debe contar con los siguientes ensayos de laboratorio: Descripción del material, clasificación de los materiales recuperados, clasificación de suelos (SUCS), análisis granulométrico con sus curvas respectivas, humedad y densidad natural, límites de Atterberg, peso específico, valores de cohesión y fricción interna, resistencia a la compresión confinada.
- Para las rocas se deberá indicar el valor RQD, porcentaje de recuperación, clasificación geológica, resistencia a la compresión simple, estado de las discontinuidades.
- Se deberá especificar a detalle el cálculo de la capacidad de soporte estimada, nivel de desplante y cota socavable según corresponda.
- Se deberá evaluar la estabilidad de los taludes mediante el método de equilibrio límite evaluando el Factor de Seguridad (FS) para la condición de carga estática, dinámica e incluyendo nivel freático (NF).
- Se deberán indicar las acciones correctivas que se implementarán para asegurar la estabilidad, para todos los casos se deben indicar las obras de manejo de aguas de escorrentía y protección superficial para evitar erosión de los taludes existentes o conformados.

Con respecto a las especificaciones técnicas del proyecto se considera que los requisitos mínimos solicitados al contratista son adecuados. Sin embargo, cabe resaltar que para la exploración geotécnica y obtención de suficiente información del medio para un diseño completo de las cimentaciones de las diferentes estructuras, se sugiere no limitar la determinación de la cimentación a los ensayos de onda cortante in situ ya que se considera apropiado acompañar estos análisis con metodologías de ensayo que permitan construir un perfil estratigráfico con parámetros geomecánicos del sitio, tales como perforaciones exploratorias, trincheras, entre otros.

De igual manera, se sugiere no limitar a una única perforación exploratoria el diseño de cada bastión y pila de las estructuras de puentes, ya que la información puede resultar escasa debido a la heterogeneidad de los suelos en Costa Rica, por lo tanto, solicitar al menos una perforación exploratoria puede resultar apropiado y dar como resultado una mejor interpretación del suelo.

Finalmente se sugiere no dejar la redacción de las especificaciones técnicas a la posible interpretación del lector por lo que, se considera apropiado ser más específico en los requerimientos en cuanto a cantidad y ubicación de las exploraciones y recolección de información específica del sitio. Para el caso específico de los sondeos exploratorios se sugiere indicar que las perforaciones se deben realizar a lo largo de la longitud del eje de trazado de la carretera.

V. A54_MEM_04_Geotecnia

Se revisa el documento “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B. Proyecto del intercambio circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el río Torres”, elaborado por el consorcio IDOM-DEHC. En este documento, se realiza una descripción de la metodología a utilizar para el diseño de las cimentaciones del puente sobre el río Torres y en el intercambio de circunvalación. Se muestra en detalle



los perfiles geotécnicos para cada sitio, así como la descripción de las consideraciones para determinar el nivel y tipo de cimentación para los mismos. Adicionalmente, el documento cuenta con los planos y los anexos: I. Sondeos, II. Informe de geofísica y III. Ensayos de laboratorio.

Se considera adecuado revisar la palabra “asiento” por “asentamiento” que es el término mayormente utilizado en Costa Rica.

V.1 Metodología

Al revisar este apartado, se considera adecuada la metodología utilizada para el diseño de las cimentaciones, tanto para las cimentaciones superficiales como las profundas (pilotes), en los tres estados límite analizados: último de ruptura, nivel de servicio y evento extremo. Para las cimentaciones superficiales, se hace un análisis de estabilidad global y capacidad de soporte (hundimiento), y para el caso de cimentaciones profundas se realiza un análisis de estabilidad global y capacidad de soporte en tres aspectos: hundimiento, tracción y carga lateral.

Cabe resaltar que, si bien la metodología utilizada es adecuada, se considera apropiado que los factores de seguridad y de reducción cumplan además con los indicado en el Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR), el cual corresponde a la normativa vigente en el país.

V.2 Puentes

En este apartado se describen los análisis realizados para las estructuras proyectadas para el Intercambio Circunvalación y río Torres.

V.2.1 Intercambio Circunvalación

En este apartado se realiza una descripción de los trabajos de exploración realizados anteriormente y la investigación complementaria realizada por el consorcio IDOM – DEHC. Esta se resume en la Tabla 1

Tabla 1 Exploración del intercambio Circunvalación

Getinsa	Euroestudios	Consortio IDOM-DEHC		
Perforaciones	Perforaciones	Perforaciones	Geofísica	Calicatas + DPSH
SE02-T1*: 5,0 m	SPT49*: MD-2,7 m	SE-CIR-1*: 20,40 m	MAM-CIR-1	CPD-CIR-1
SE02-T2*: 7,0 m	SPT50*: MD-8,0 m	SE-CIR-1*: 25,20 m		CPD-CIR-2
	SPT51*: MI-6,3 m			

*SPT

*Perforación a rotación con aplicación de SPT

Según se indica en este apartado, en el caso de los sondeos realizados por Getinsa, no se dispone información de planos, ni coordenadas para la localización de estos puntos de exploración.

Por su parte, es necesario solicitar aclaraciones sobre las coordenadas indicadas en la “Tabla 14. Registro de investigaciones realizadas” para la localización de las perforaciones P49, P50 y P51, realizadas por Euroestudios, puesto que los valores reportados no corresponden con una localización válida para el Sistema CR-SIRGAS (o CRTM05), el cual corresponde con el sistema solicitado en las condiciones del documento de las Especificaciones Técnicas.

Con la información descrita de los ensayos realizados por Getinsa, Euroestudios y el Consorcio IDOM-DEHC, se presenta en el apartado 3.1.1.4 una descripción más geológica que geotécnica para los materiales encontrados en el sitio. En el caso del apartado 3.1.1.9, se muestran los perfiles geotécnicos para las vías colectoras Norte y Sur del Intercambio Circunvalación, así como también se resumen los



parámetros geotécnicos de los diferentes niveles identificados para el dimensionamiento de las pantallas. No obstante, la información suministrada en el documento no permite verificar los cálculos o análisis realizados para la obtención de estos parámetros. Por lo tanto, se considera adecuado solicitar la información pertinente para realizar las verificaciones de los valores obtenidos.

Dada la información suministrada en el documento, parecen adecuados los cálculos de resistencia para los pilotes que se construirían en los bastiones de la estructura del intercambio de Circunvalación. En este sentido, los cálculos realizados emplean la metodología propuesta en el apartado 2.5.1.2 para pilotes con diámetros de 0,8 y 1,2 m. No obstante, se considera adecuado verificar si existe un error en el título de la “Tabla 25. Columna geotécnica de cálculo para los bastiones de la estructura del Intercambio”, puesto que, según la secuencia del documento, debería hacerse referencia a la pila de la estructura del intercambio y no a los bastiones, tal y como se indica en la Tabla 25.

V.2.2 Puente sobre el río Torres

En este apartado se realiza una descripción de la información geológica disponible y la investigación complementaria realizada en la fase de anteproyecto por el consorcio IDOM – DEHC. Esta información se resume en la Tabla 2.

Tabla 2 Exploración del puente sobre río Torres

Getinsa	Euroestudios	Consorcio IDOM-DEHC	
Perforaciones	Perforaciones	Perforaciones	Geofísica
SE02-T1*: 9,0 m	SPT47: MD-4,9 m*	SE-T-1: 18,00 m*	MAM-T-1(2 estaciones)
SE02-T2*: 8,0 m	SPT48: MD-9,9 m*	SE-T-2: 15,00 m*	
	PR-2: MD 18,0 m*		
	PR-1: MD 19,0 m*		

*SPT

*Perforación a rotación con aplicación de SPT

De acuerdo con lo indicado en el apartado 3.2.1.2, no se cuenta con información de plano ni coordenadas para la localización de los sondeos realizados por Getinsa.

En el caso de la ubicación e identificación de los sondeos realizados por Euroestudios para el punto río Torres, se requiere solicitar aclaraciones respecto al sistema de coordenadas utilizado, ya que los valores reportados en la “Tabla 30. Prospecciones identificadas en el estudio de Euroestudios para el puente Río Torres”, no corresponden con una localización válida para el Sistema CR-SIRGAS (o CRTM05), el cual corresponde con el sistema solicitado en las condiciones del documento de las Especificaciones Técnicas.

El apartado 3.2.1.4 “Descripción geológico-geotécnica” consiste en una recopilación de la información disponible para el sitio, a partir de la cual se realiza una descripción de las unidades geológicas que conforman el suelo sobre el que se cimentará el puente sobre el río Torres. La descripción realizada en dicho apartado se basa principalmente en aspectos geológicos y no tanto geotécnicos. Con la información indicada en dicho apartado es posible confirmar con los testigos de los sondeos la caracterización física de los materiales, la cual se considera adecuada. Sin embargo, la “Tabla 31. Resultados de los ensayos de laboratorio realizados para la cimentación del Puente Río Torres.” incluye parámetros geotécnicos de las diferentes unidades geotécnicas identificadas, a partir de los cuales se dimensionan los elementos de cimentación. No obstante, con la información disponible en el documento no es posible verificar el procedimiento para la obtención de dichos valores, por lo tanto, se considera oportuno solicitar la información pertinente para la verificación de los valores indicados.

Dada la información suministrada en el documento y las metodologías de cálculo del apartado 2.5.1.4 para pilotes con diámetros de 1,5 m parecen adecuados los cálculos de resistencia para los pilotes que se construirían en los bastiones del puente sobre río Torres. Sin embargo, la “Tabla 35. Resistencias



unitarias laterales para la estructura del intercambio” no corresponde a esta sección, por lo tanto, se deben revisar los datos suministrados para los cálculos de esta estructura.

V.3 Movimiento de tierras

En este apartado se presentan las recomendaciones realizadas para los movimientos de tierra a realizarse para las zonas de aproximación a las estructuras proyectadas y los resultados de los análisis de estabilidad realizados. A continuación, se hacen los comentarios correspondientes a cada una de las principales estructuras.

V.3.1 Intercambio Circunvalación

En este apartado se identifican las unidades litoestratigráficas que pueden ser afectadas por los cortes y rellenos a realizar. Con base en las investigaciones realizadas y el mapeo geológico, se observa que las inclinaciones de los cortes tengan una inclinación menor de $3H/2V$ (33°), lo cual permitiría una correcta revegetación. Estas recomendaciones se consideran adecuadas.

El resultado del análisis de estabilidad mediante el programa Slide, mediante el método de Morgenstern-Price parece adecuado, dada la información del modelo y a las condiciones estudiadas: estática y pseudoestática con un valor de aceleración de 0.2g. Se obtienen valores de factores de seguridad para ambas condiciones adecuados al comparar con los factores de seguridad del Código Geotécnico de Taludes y Laderas elegidos, dadas las condiciones del proyecto en cuanto a riesgos ambientales y riesgo de vidas. Se considera adecuado realizar la comparación con el factor de seguridad de 1.3 para la condición estática y mayor que 1.0 para la condición pseudoestática, para análisis a corto plazo, o bien, un factor de seguridad de 1.5 para la condición estática y mayor que 1.1 para la condición pseudoestática, para análisis a largo plazo.

Se destaca la observación realizada por el Consorcio IDOM – DEHC, en la cual, de acuerdo con los resultados obtenidos, para las secciones en corte con inclinaciones $3H/2V$ (33°), los cálculos realizados a largo plazo con sismo no cumplen rigurosamente con el factor de seguridad requerido. Sin embargo, según el diseñador los parámetros de corte aplicados se encuentran del lado de la seguridad, ya que la condición actual de los taludes en servicio observados en la RN 1, en el mismo grupo geotécnico, presentan inclinaciones superiores.

Lo anterior se considera suficiente en esta etapa de anteproyecto. Sin embargo, para las etapas de diseños finales, se recomienda realizar nuevos análisis de estabilidad considerando las alturas finales y los estratos de materiales encontrados en sitio durante los cortes y rellenos, puesto que estos valores pueden diferir con los análisis presentados en esta sección del documento.

Finalmente, se considera oportuno resaltar la observación realizada por el Consorcio IDOM – DEHC en la cual se indica la conveniencia de realizar una revegetación inmediata de los cortes para impedir el progreso de disgregación y progreso de erosión hacia el pie del talud, asociados a los ciclos de humedecido-secado de los suelos tipo MH-ML presentes en el sitio.

V.3.2 Puente sobre el río Torres

En este apartado se identifican las unidades litoestratigráficas que pueden ser afectadas por los cortes y rellenos. El terreno natural afectado por el movimiento de tierras a realizar lo constituye la unidad geotécnica identificada como Qv1 que corresponde a lahares con matriz arenosa de cenizas. Con base en las investigaciones realizadas y el mapeo geológico, los taludes de corte actuales son en general de tipo $1H/1V$ (45°), se indica que este diseño puede sufrir inestabilidades localizadas y que no se recomienda inclinaciones superiores a 33° debido a que esta inclinación permite una correcta revegetación. Dicha recomendación se considera apropiada dada la heterogeneidad del material que



conforma la unidad geológica Qvl. En cuanto a las ampliaciones de rellenos se han considerado taludes del tipo 3H/2V (33°) y un escalonado del cimientado al presentar las laderas inclinaciones superiores a 11°.

Para el análisis de estabilidad mediante el programa Slide, se considera adecuadas las condiciones de análisis las cuales fueron realizadas con la metodología de Morgenstern-Price y los parámetros coincidentes con los sondeos exploratorios. Dadas las condiciones estudiadas (estática y pseudo estática), en todos los casos para la propuesta de inclinación de los taludes de relleno (2H/1V), se obtienen valores de factores de seguridad para la condición a largo y corto plazo adecuados de acuerdo con las condiciones del proyecto en cuanto a riesgos ambientales y riesgo de vidas indicadas en el Código Geotécnico de Taludes y Laderas.

Las condiciones analizadas se consideran suficientes para esta etapa de anteproyecto, sin embargo, en etapas posteriores se recomienda realizar los análisis de estabilidad considerando las alturas finales y los estratos de materiales encontrados en sitio para los rellenos, puesto que estos valores pueden diferir con los análisis presentados en esta sección del documento, además se recomienda incluir la revisión de estabilidad de los taludes de corte.

Finalmente, se considera oportuno resaltar la observación realizada por el Consorcio IDOM – DEHC en la cual se indica la conveniencia de realizar una revegetación inmediata de los cortes para impedir el progreso de disgregación y progreso de erosión hacia el pie del talud, asociados a los ciclos de humedecido-secado de los suelos tipo MH-ML presentes en el sitio.

V.3.3 Planos

Se revisan los planos aportados por el consorcio IDOM- DEHC. De estos se puede indicar que los mismos corresponden a:

- A05.4-PLAI-04-01-00-00-000-R00: Diseño geométrico. Planta y Perfil. Ejes principales. Autopista General Cañas conexión Barreal-Castella)
- A05.4-PLAI-04-01-00-00-001-R00: 104. Geotécnica - Mecánica de suelos Plano General. Mapa geomorfológico del GAM
- A05.4-PLAI-04-02-00-00-002-R00: 104. Geotécnica - Mecánica de suelos Plano General. Mapa geológico del GAM
- A05.4-PLA-07-01-01-00-000-R00

Estos planos corresponden a informaciones generales sobre la localización del proyecto desde un punto de vista geológico-geomorfológico, así como una identificación general de la localización de las principales obras que se van a desarrollar y las ubicaciones de los muestreos realizados. Sin embargo, no se presenta información de los perfiles geotécnicos ni los parámetros geomecánicos de los materiales encontrados para el establecimiento de los modelos geotécnicos del sitio.

V.3.4 Anexo I: Informe – prospecciones de campo

Se revisa la información de los resultados de los ensayos de campo y laboratorio realizados por IIG Ingeniería, empresa subcontratada por el consorcio IDOM – DEHC.

Según la información de las exploraciones realizadas, se observa que, por los datos suministrados del SPT realizado en cada nivel indicado, es que se cuenta con información para establecer los espesores de los materiales encontrados.

Se considera que, aunque se trate de una etapa anteproyecto, los resultados aportan informaciones importantes para determinar algunas propiedades físicas importantes de los materiales que se pueden encontrar en el sitio. Sin embargo, es recomendable realizar ensayos de laboratorio adicionales para



corroborar el tipo de material y sus propiedades para los análisis subsecuentes en la etapa de diseño y construcción del proyecto.

V.3.5 Anexo II: Prospección geofísica. Sísmica pasiva MAM

Al revisar este documento, no se tienen comentarios más que se trata de un trabajo completo y claro, con información relevante para el establecimiento del modelo geotécnico del sitio.

V.3.6 Anexo III: Informe – resultados de laboratorio

Al revisar el Anexo III con los resultados de laboratorio, se observa que los resultados en general se encuentran en unidades del Sistema Internacional. El único comentario que se tiene al respecto de los ensayos realizados es que en el ensayo de resistencia a la compresión confinada de roca, le llaman a la resistencia “tensión” y esto puede generar confusión ya que el ensayo realizado aplica fuerzas compresivas y no de tensión, por lo que es conveniente que no se utiliza esa terminología y es mejor que se use la terminología de la norma correspondiente.

VI. A54_MEM_07_Hidrología y drenaje

Se revisa el documento de memoria Hidrología y Drenaje, con el fin de identificar que hayan sido tomados en cuenta en las obras puente sobre río Torres e intercambio circunvalación, los adecuados sistemas de drenaje y manejo de escorrentía superficial para las condiciones hidrológicas de la cuenca del río Torres.

En el apartado 3.5 “*Puente Sobre el Río Torres*” se realiza una descripción de la condición existente del puente, el cual no ha sido afectado por los sedimentos ni la velocidad del flujo estimada para el caudal del río Torres. Los bastiones no presentan evidencia de socavación y los drenajes se encuentran funcionando, a excepción de los del puente, ya que se encuentran obstruidos por restos de asfalto.

Según el diseño de la nueva estructura y el análisis hidráulico del río Torres, la mancha de inundación calculada para un caudal con un período de retorno de 100 años, no alcanzará la ubicación de los bastiones de la nueva estructura. Por esta razón se espera que no haya afectación por socavación.

Se consideran adecuadas las recomendaciones generales de colocar protección a los taludes en las márgenes del río que se encuentran expuestos a procesos erosivos, así como incluir un análisis de socavación de la zona del puente para un caudal asociado a una tormenta con período de retorno de 500 años, siguiendo los requerimientos mínimos para este tipo de análisis indicados en el documento de especificaciones técnicas. A partir de los resultados obtenidos, se podrá determinar si se requiere una protección de los bastiones y se deberá revisar la profundidad de la cimentación de estos.

En cuanto al drenaje longitudinal, en la zona del río Torres, se logra verificar que fueron tomados en consideración aspectos mínimos de diseño para la estimación de la capacidad hidráulica en el drenaje tales como el aporte de la cuenca, de la calzada y de escurrimiento superficial. Se considera apropiado considerar realizar una revisión de la capacidad del drenaje para un evento con un periodo de retorno mayor.

No obstante, en el Intercambio de Circunvalación se sugiere solicitar más informaciones sobre el análisis realizado para determinar la capacidad hidráulica de los sistemas de drenaje actuales y los nuevos sistemas que podrían requerirse con las nuevas obras, puesto que, para los estudios preliminares, no se observaron análisis del aporte de la cuenca, ni de la calzada, ni del escurrimiento superficial para este sector para comprobar si el sistema de drenaje existente tendrá un funcionamiento adecuado una vez que la OBI esté construida.



Finalmente se concluye de manera general que para un diseño preliminar la información aportada es adecuada y suficiente, sin embargo, para el diseño final se deberán realizar las verificaciones con periodos de retorno mayores tanto para el análisis de socavación como para la capacidad hidráulica de los drenajes.

VII. A54_MEM_08_Estructuras existentes

Se revisa el documento de *“Informe 08 - Análisis y diagnóstico del estado actual de los puentes existentes”*, cuyo objetivo es describir el estado actual de la estructura de puente sobre el río Torres y establecer su vida útil remanente. La presente revisión se concentra en aspectos geotécnicos que afectan a la estructura. La información e investigación aportada en este documento se considera adecuada y suficiente para determinar de manera preliminar las recomendaciones para intervención de la estructura, las cuales se consideran apropiadas. Los detalles se comentan a continuación.

Según informes recopilados se concluye que *“La estructura existente ha cumplido su vida útil. La carga viva de diseño es menor que la especificada. La estructura existente no garantiza criterios mínimos de seguridad y serviceabilidad por lo que se recomienda su demolición y reemplazo con un nuevo puente.”* Además, de acuerdo con el informe *“LM-PI-UP-PC04-2012”* del puente sobre el río Torres elaborado por LanammeUCR en 2012, se considera que la estructura se encuentra en estado crítico. En el caso de los bastiones hay evidencia de manchas por filtración de agua.

En el apartado 6 *“Vida útil esperada”* dada la condición física actual del puente se estima que los bastiones del puente sobre el río Torres tiene una vida útil estimada de 623 años, mientras que para el tablero se estima 76 años. Sin embargo, no se cuenta con información detallada del proceso constructivo ni planos de los elementos, por lo que para determinar con exactitud este parámetro se requieren hacer pruebas destructivas al elemento.

Finalmente se concluye de manera general que, con 59 años de vida operativa, la estructura ha alcanzado el 80% de su vida útil. Al no disponer de información documental del proceso constructivo y planos del puente sobre el río Torres, se dificulta el conocimiento de esta. Además, dadas las condiciones de los elementos que conforman la estructura, realizar ensayos destructivos para obtener información necesaria para el adecuado diseño de reconstrucción de la estructura, puede comprometer la integridad de la estructura. Por lo tanto, se considera adecuada la recomendación de demolición de la estructura actual y su sustitución por otra que cumpla con todos los requerimientos.

VIII. A54_MEM_09_Estructuras

VIII.1 Nuevo Puente Río Torres

Se revisa el documento de memoria de cálculo de nueva estructura del puente sobre río Torres, cuyo objetivo es ampliar el número de carriles y disponer de doble vía. En este documento se especifica que los diseños descritos son de carácter preliminar conceptual y no corresponden a diseños definitivos.

Dadas las condiciones de la estructura actual mostradas en el apartado *“1.2 Descripción de la estructura existente”*, se considera adecuada la renovación del tablero existente con uno más ancho y la sustitución de todos los elementos existentes, incluyendo cimentaciones.

Para cimentar el tablero se proyectan bastiones tipo cargadero pilotado con una viga cabezal de 2,50 m de ancho y 1,50 m de canto mínimo. Cada bastión transmite la carga a 12 pilotes de sección circular de 1,50 m de diámetro. Los pilotes tienen una longitud de 15 m con una capacidad de carga mínima de 3900 kN.



En cuanto al diseño de muros se considera adecuadas las consideraciones sísmicas según los indicado en el Código Sísmico de Costa Rica en los lineamientos para el diseño sismorresistente de Puentes y las consultas realizadas al CFIA, en las cuales se han adoptado aceleraciones pico efectivas para un sitio de cimentación S3 y zona sísmica III, con un período de retorno de 1000 años un valor de $a = 0,393$, y para un período de retorno de 2000 años un valor de $a=0,466$.

Adicionalmente el CFIA recomienda para el diseño pseudoestático de taludes y muros un coeficiente sísmico reducido, calculado como el coeficiente "ac" afectado por el factor 2/3, con lo cual se obtienen valores de coeficiente de empuje horizontal de 0,262 y 0,310 para períodos de retorno de 1000 y 2000 años respectivamente. Por la metodología aplicada, los coeficientes de empuje horizontal determinados para períodos de retorno de 1000 y 2000 años son valores obtenidos que se consideran conservadores y por lo tanto seguros para la estructura. Sin embargo, se recomienda solicitar una aclaración de la fuente CFIA que recomienda dicha reducción al coeficiente de aceleración sísmica, ya que esta recomendación no corresponde con los coeficientes de empuje horizontal indicados en las normativas vigentes de Costa Rica: Código de Cimentaciones de Costa Rica, Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica y Código Sísmico de Costa Rica.

En lo que respecta al diseño preliminar de pilotes, se considera apropiada la información aportada y la metodología de cálculo empleada. Así como los factores de reducción aplicados y las verificaciones de capacidad por flexión y cortante. Como se especifica en el documento, la longitud del pilote depende del perfil geotécnico del sitio e influye en el cálculo de resistencia por fuste y por punta de los elementos. Dicho esto, las verificaciones de capacidad son suficientes para un diseño preliminar, sin embargo, se deben hacer las revisiones pertinentes para cada etapa del proyecto.

Finalmente, se considera apropiado incluir dentro de las revisiones para los diseños finales el análisis de potencial de licuación, y socavación del suelo en el que se colocaran los pilotes que soportaran la estructura del puente sobre el río Torres.

VIII.2 Estructura Colectora Norte

Se revisa el documento, donde se indica que la ampliación de la Ruta Nacional 1 conlleva un aumento del ancho del corte existente. Por lo que se proyecta el sostenimiento de la excavación de la traza mediante un muro de pilotes de 0,80 m de diámetro y 20 m de longitud, con separación entre ejes de 1,55 m. Este sostenimiento requiere que se disponga un anclaje contra el terreno de 51 Ton, cada dos pilotes. Por delante de los pilotes se ejecutará un muro de 20 cm de espesor, concretado in situ, de forma que se presentará una fachada (paramento) de acabado vertical y homogéneo.

Por su parte, para el apoyo del tablero, se requiere de un encepado que se soporta en una hilera de pilotes dorsal, formada por 4 unidades de 120 cm de diámetro, y una hilera frontal con 8 unidades de 80 cm de diámetro (la pantalla de pilotes descrita anteriormente). Este encepado tiene 5,30m de ancho, 1,50 m de canto mínimo.

Se dispone de una pila medianera entre las calzadas de la Ruta Nacional RN1, carretera General Cañas, la cual tendrá tres fustes de sección circular. Las cargas se transmitirían al terreno mediante un encepado de seis pilotes de 120 cm de diámetro con una longitud estimada de 18 metros. Al tratarse de un diseño preliminar de pilotes, con la metodología de cálculo empleada, con los factores de reducción aplicados y el perfil geotécnico adoptado, se considera que las verificaciones de capacidad son suficientes para esta etapa de diseño preliminar, sin embargo, se deben hacer las revisiones pertinentes para cada etapa del proyecto.

En lo que respecta al diseño de los muros de contención, se consideran adecuadas las consideraciones realizadas en las cuales se ha aplicado lo indicado en el Código Sísmico de Costa Rica (CSCR), los



Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes y Consultas realizadas al CFIA. Se han adoptado aceleraciones pico efectivas de 0,393 y 0,466, para periodos de retorno de $T=1000$ años y $T=2500$ años, respectivamente. Se ha considerado un sitio de cimentación S3 y una zona sísmica tipo III, según se indica en el CSCR.

Así pues, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) recomienda para el diseño pseudoestático de taludes y muros un coeficiente sísmico reducido, calculado como el coeficiente a_c afectado por el factor $2/3$. Obteniéndose un coeficiente de empuje horizontal (estudio de amenaza de sitio) de 0,262 y 0,310 para los periodos de retorno de $T=1000$ años y $T=2500$ años, respectivamente. Como se mencionó en el apartado VIII.1, estos valores pueden ser considerados conservadores y seguros para la estructura. Sin embargo, no coinciden con los valores de coeficientes de empuje horizontal indicados en los Código de Cimentaciones de Costa Rica, Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica y Código Sísmico de Costa Rica, por este motivo se recomienda solicitar una aclaración al respecto.

Los criterios anteriores se consideran adecuados para la estructura colectora norte. Sin embargo, se considera necesario solicitar aclaraciones sobre la sección típica que se estaría utilizando en los muros pantalla de los bastiones, puesto que se encuentra variaciones en lo que se refiere a la propuesta de la longitud que tendrán los pilotes, esto debido a que en la Figura 4 del documento A54_MEM_09_Estructuras se proyecta la construcción de pilotes de 0,80 m de diámetro y 20 m de longitud, con separación entre ejes de 1,55 m. Pero en el caso de sección 6.4 de este mismo documento, se establece el mismo diámetro y separación entre ejes, pero con pilotes de 18 m de longitud.

VIII.3 Estructura Colectora Sur

Se revisa el documento, donde se indica que la ampliación de la Ruta Nacional 1 conlleva un aumento del ancho del corte existente. Básicamente, lo que se expone en este documento en relación con la estructura colectora sur es esencialmente igual a la estructura colectora norte, lo cual se puede resumir como sigue:

Por lo que se proyecta el sostenimiento de la excavación de la traza mediante un muro de pilotes de 0,80 m de diámetro y 20 m de longitud, con separación entre ejes de 1,55 m. Este sostenimiento requiere que se disponga un anclaje contra el terreno de 51 Ton, cada dos pilotes. Por delante de los pilotes se ejecutará un muro de 20 cm de espesor, concretado en sitio, de forma que se presentará una fachada (paramento) de acabado vertical y homogéneo.

Por su parte, para el apoyo del tablero, se requiere de un encepado que se soporta en una hilera de pilotes dorsal, formada por 4 unidades de 120 cm de diámetro, y una hilera frontal con 8 unidades de 80 cm de diámetro (la pantalla de pilotes descrita anteriormente). Este encepado tiene 5,30 m de ancho, 1,50 m de canto mínimo.

Se dispone de una pila medianera entre las calzadas de la Ruta Nacional RN1, carretera General Cañas, la cual tendrá tres fustes de sección circular. Las cargas se transmitirían al terreno mediante un encepado de seis pilotes de 120 cm de diámetro con una longitud estimada de 18 metros.

En lo que respecta al diseño de los muros de contención, se consideran adecuadas las consideraciones realizadas en las cuales se ha aplicado lo indicado en el Código Sísmico de Costa Rica (CSCR), los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes y Consultas realizadas al CFIA. En los cuales se han adoptado aceleraciones pico efectivas de 0,393 y 0,466, para periodos de retorno de $T=1000$ años y $T=2500$ años, respectivamente. Se ha considerado un sitio de cimentación S3 y una zona sísmica tipo III, según se indica en el CSCR.



Así pues, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) recomienda para el diseño pseudoestático de taludes y muros un coeficiente sísmico reducido, calculado como el coeficiente a_c afectado por el factor 2/3. Obteniéndose un coeficiente de empuje horizontal (estudio de amenaza de sitio) de 0,262 y 0,310 para los periodos de retorno de $T=1000$ años y $T=2500$ años, respectivamente. Como se mencionó anteriormente los valores obtenidos se consideran conservadores. No obstante, se reitera la solicitud de aclaración de la fuente utilizada ante la no correspondencia con la normativa vigente del país.

Los criterios anteriores se consideran adecuados para la estructura colectora sur. Sin embargo, se considera necesario, al igual que en la sección VIII.2, solicitar aclaraciones sobre la sección típica que se estaría utilizando en los muros pantalla de los bastiones, ya que se encuentra variaciones en lo que se refiere a la propuesta de la longitud que tendrán los pilotes en la Figura 4 donde se proyecta la construcción de pilotes de 0,80 m de diámetro y 20 m de longitud, con separación entre ejes de 1,55 m. Mientras que, en el caso de sección 6.4, se establece el mismo diámetro y separación entre ejes, pero con pilotes de 18 m de longitud.

VIII.4 Muros

En el documento se define la siguiente nomenclatura para los muros propuestos en las inmediaciones del intercambio circunvalación:

- Muro 1 – Rampa Directa Noroeste RN1 > RN39: Constituido por una pantalla de pilotes de 220 m y un muro de gravedad en concreto reforzado de 100,68 m
- Muro 2 – Rampa Directa Suroeste RN39 > RN1: Constituido por un muro de suelo reforzado de 50,54 m.
- Muro 3 – entre Aro Suroeste RN1 > RN39 y Rampa Directa Suroeste RN39 > RN1: Constituido por un muro de suelo reforzado de 76,41 m.
- Muro 4 – Rampa Directa Suroeste RN39 > RN1: Constituido por un muro de suelo reforzado de 29,60 m.
- Muro 5 – Ruta Nacional 1 San Ramón > San José: Constituido por una pantalla de pilotes de 76,41 m.
- Muro 6 – Ruta Nacional 1 San José > San Ramón: Constituido por una pantalla de pilotes de 197,23 m.
- Muro 7 – Ruta Nacional 39 Pavas > Uruca: Constituido por un muro de concreto de 112,12 m.

En lo que respecta al diseño de los muros de retención, se consideran adecuadas las consideraciones realizadas en las cuales se ha aplicado lo indicado en el Código Sísmico de Costa Rica (CSCR), los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes y Consultas realizadas al CFIA. En estos se han adoptado aceleraciones pico efectivas de 0,393 y 0,466, para periodos de retorno de $T=1000$ años y $T=2000$ años, respectivamente. Se ha considerado un sitio de cimentación S3 y una zona sísmica tipo III, según se indica en el CSCR.

Así pues, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) recomienda para el diseño pseudoestático de taludes y muros un coeficiente sísmico reducido, calculado como el coeficiente a_c afectado por el factor 2/3.

Los criterios anteriores se consideran adecuados para los muros de contención. Sin embargo, se considera necesario solicitar aclaraciones sobre la magnitud del valor del coeficiente sísmico horizontal utilizado, puesto que el valor que se indica como utilizado es $K_h=0,345$ para un periodo de retorno de $T_r=1000$ años y, por lo tanto, este valor es superior al que se obtendría considerando la indicación del párrafo anterior de utilizar un factor de 2/3 del valor de la aceleración pico efectiva de 0,393, en cuyo caso debería usarse un valor $K_h=0,262$. Adicionalmente, y como se mencionó anteriormente estos



valores no corresponde con los coeficientes de empuje horizontal indicados en las normativas vigentes de Costa Rica, por lo que, se recomienda solicitar la aclaración correspondiente.

No obstante, en el apartado 5. Cálculo de Elementos de contención, en lo que se refiere a las “Comprobaciones en Evento Extremo”, para los cálculos de los muros de concreto, se observa que el valor usado de K_h es igual 0,40.

En el caso de los cálculos de los muros de pantalla no queda claro el valor de K_h utilizado en los cálculos.

Finalmente, en el caso de los muros de suelo reforzado se proyectan varias secciones tipo en función de la altura del muro:

- Para muros con alturas hasta 1,5 m
- Para muros con alturas entre 1,5 m y 3 m
- Para muros con alturas entre 3 m y 4 m
- Para muros con alturas entre 4 m y 5 m
- Para muros con alturas entre 5 m y 6 m
- Para muros con alturas entre 6 m y 7 m
- Para muros con alturas entre 7 m y 8 m

Sin embargo, en lo que se refiere en los cálculos de la estabilidad externa se observa que el valor usado de K_h es igual 0,421.

Debido a lo anterior, se insiste en la necesidad de solicitar aclaraciones sobre la magnitud del valor del coeficiente sísmico horizontal utilizado en los diferentes diseños.

IX. Planos geométricos y estructurales

Se revisa el documento relacionado con el “informe Final Anejo 06.-Estructuras y muros”, con base en la información presentada, se recomienda solicitar aclaraciones con respecto a los modelos y parámetros geotécnicos presentados en este documento, puesto que los mismos difieren con perfiles y los valores presentados en el documento discutido en el apartado V. A54_MEM_04_Geotecnia en lo que respecta a los diseños de los bastiones en el intercambio de Circunvalación.

Con respecto, al detalle del revestimiento de las pantallas de pilotes, se recomienda solicitar la aclaración al respecto, puesto que, en los apartados anteriores, donde se hizo la revisión de la Estructura Colectora Norte y de la Estructura Colectora Sur se indicaba que: “*Por delante de los pilotes se ejecutará un muro de 20 cm de espesor, concretado en sitio, de forma que se presentará un paramento de acabado vertical y homogéneo*”. No obstante, en la revisión de los planos se indica que el revestimiento a utilizarse corresponde un muro de concreto lanzado de 5 cm de espesor y una malla electrosoldada de diámetro de 6 mm @ 0,10 m.

Adicionalmente, según la nota observada en el plano: Bastiones – Def. Geom. (III) Estructura RN39 sobre RN1, E-2, Lámina 7.1.2 (27 de 39) de febrero de 2022, se indica que en el caso de los bastiones: “*Para el cálculo de los pilotes se ha considerado una carga máxima admisible en los mismos de 147.00 t en resistencia y de 92.00 t en evento extremo, con lo que, de acuerdo con el informe geotécnico, resulta una longitud estimada de 21.00 m en bastión 1 y de 24.00 m en bastión 2*”, pero de la revisión realizada con anterioridad al documento A54_MEM_09_Estructuras, se indicaba que la longitud estimada de los pilotes sería de 18 m. De esta manera, se sugiere solicitar aclaraciones sobre estas variaciones entre los planos y el resto de los documentos.



En estos planos adjuntos, con excepción de los muros de los bastiones del Intercambio Circunvalación, no se encuentra ningún detalle de los otros muros a construir en las proximidades del Intercambio Circunvalación. En los planos que fueron revisados, se identificaron 7 secciones típicas de muros, entre las cuales se consideran muros de suelo reforzado, muros de gravedad y muros de pantalla de pilote. Sin embargo, tal y como se indica en los planos, es necesario realizar campañas de caracterización geotécnica en las de fundación, por lo que los detalles y dimensionamiento son preliminares, de esta manera, no se puede hacer comentarios al respecto, hasta no contar con información más específica.

Con respecto, al detalle de los planos correspondientes a la estructura del nuevo puente sobre el río Torres, se considera apropiado solicitar aclaración respecto al dimensionamiento de los pilotes de los bastiones, ya que al realizar la revisión de la Estructura puente sobre río Torres se indica que los pilotes tendrán una longitud aproximada de 15 m y serán de 1500 mm de diámetro, con una viga cabezal de 2500 mm de ancho. Sin embargo, en el archivo "7.1 Viaducto Río Torres" el detalle de los pilotes indica diámetro de 1200 mm y ancho de viga cabezal de 2000 m.

Finalmente, dado que el diseño preliminar de las estructuras tiene como finalidad conceptualizar y presupuestar la obra, se considera apropiado establecer con claridad las dimensiones de los elementos a construir.

X. Informes de la supervisión

X.1 Marzo 2021

En este informe se indica que, a la fecha de su cierre, se tiene un avance de 0% en los diseños de la estructura puente sobre río Torres e intercambio circunvalación. De igual manera el avance de construcción para ambas estructuras es de 0% a la fecha de cierre de dicho informe.

Además, se indica que se encuentra a la espera de que se aporte el documento con la ubicación definitiva de propuesta de sondeos para dar el visto bueno definitivo a la propuesta de campaña de exploración del Lote 2.

Finalmente, se reafirma la importancia y obligación de incluir para todas las estructuras de puentes estudios de amenaza sísmica del sitio en específico, siguiendo los "Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes de Costa Rica" para que sea comentado o agregado en la propuesta de investigación.

X.2 Abril 2021

En el mes de abril, el informe de supervisión indica que se inicia actividades referentes a la fase de diseño de las estructuras, con un avance de 50% en el diseño geométrico y 25% para el mosaico catastral.

En cuanto a la campaña de exploración geotécnica, el Contratista indicó suspensión de los sondeos debido a daños en el martillo. Los retrasos registrados corresponden a una semana en la que no se registró avance en el cronograma de los sondeos debido al daño de una pieza que forma parte del martillo. Sin embargo, la supervisora consideró que este daño pudo haber sido resuelto por el Contratista de una manera pronta evitando que el tiempo avance y no se cuente con resultados.

Por último, la supervisora considera que el mosaico catastral debe presentarse por parte del Contratista lo más completo posible, con toda la información y en caso de no obtenerla, brindar las gestiones realizadas y así documentar lo accionado.



X.3 Mayo 2021

En el informe del mes de mayo, la supervisora resalta que el avance real en la etapa de diseño es de 38,45%, y de acuerdo con el cronograma presentado la fase de diseño debe tener un avance de 76,20% para la fecha de emisión de ese informe. Por lo tanto, el Contratista presenta un desfase de un 37,75% con respecto a lo que se tiene programado para la Fase de Diseño del Proyecto, la supervisora recomienda hacer una revisión de la ruta crítica establecida.

Por su parte la supervisión indica que la información presentada por parte del consorcio H Solís -TPF GETINSA EURO ESTUDIOS en el oficio N°OBIS L2-2021-05-17_041 y sus archivos adjuntos, no es suficiente para emitir un criterio respecto a la viabilidad de la propuesta de un muro tipo terramesh, ya que no se indica interpretación de perforaciones CPT, ni metodología de cálculo para la capacidad por punta de los micropilotes. Además, se indica que la memora de cálculo del muro no fue aportada con los documentos.

Finalmente, la supervisora indica que las actividades de exploración geotécnica están cerca de concluir y que no se cuenta aún con avances de información, por lo que recomienda entregar avances de la información procesada.

X.4 Junio 2021

En este informe se aprueba una ampliación de plazo de la fase de diseño al contratista debido a los atrasos y que el cambio no representa un impacto adverso al plazo contractual. Sin embargo, la supervisora no comparte el criterio del contratista respecto a que los atrasos no son imputables a ellos, además recomienda al contratista iniciar con actividades de movilización, limpieza y campamentos, para mitigar el plazo adicional solicitado.

El informe indica que se revisa el Plan de Manejo de Transito aprobado para la campaña de estudios geotécnicos correspondiente al oficio 210623_obis_l2_2021-06-23_073_subsane_pmt_dgit_v1.1 y oficio DVT-DGIT-ED-2021-1252 Aprobación PMT Estudios Geotécnicos Obras Imposterables (OBIS) Corredor Vial San José- San Ramón y sus Radiales.

Adicionalmente la supervisora indica que es de su criterio que los retrasos del contratista son principalmente por la investigación geotécnica, misma que se le ha solicitado mitigar el atraso con soluciones como ampliar la cuadrilla o subcontratar. Sin embargo, de acuerdo con la supervisora no se ha tomado en consideración lo expuesto y el atraso es evidente, por lo que se está a la espera de las medidas de contención que implementará el Contratista para mitigar el atraso presentado.

Por otro lado la supervisora indica que tras la revisión de los oficios y documentos anexos enviados por parte del consorcio H Solís TPF GETINSA EUROESTUDIOS sobre la propuesta de un muro de retención en el sector del eje 2, lado izquierdo, la memoria de cálculo fue corregida y el diseño se basa en el modelo geotécnico confeccionado en base a perforaciones exploratorias, por lo que la supervisora aprueba la propuesta conceptual planteada.

Finalmente se indica por parte de la supervisora que el informe especial 02-2021 IF-Especial en su versión 2 enviado por parte del Consorcio H SOLÍS – TPF GETINSA EUROESTUDIOS, se presenta un resumen de la exploración geotécnica realizada hasta el momento. Además, en lo que se refiere al análisis de estabilidad de taludes, se indica que los cortes se deben apoyar en la tabla resumen de los parámetros geotécnicos con el fin de verificar que los parámetros utilizados corresponden a los parámetros definitivos para el proyecto, y poder verificar los análisis presentados.



X.5 Julio 2021

En este informe se indica que el contratista presenta un desfase de un 0,43% con respecto a lo que se tiene programado para la fase de diseño del proyecto, por lo tanto, la supervisora recomienda más entregas previo a la fecha límite de presentación con el fin de poder realizar observaciones que se consideren relevantes.

En el área de hidrología e hidráulica se indica que el contratista está a la espera de lo solicitado en el informe P101302-IDM-HRW-9280TRP-RPT-C-000018-p01.05-S3-Inf Revisión a Diseño Hidráulico Lote 2ª, en el que se resaltan aspectos como:

- Respuesta a observaciones en drenajes mayores
- Especificaciones técnicas para entregar a diseñadores
- Pendiente el análisis de socavación del puente sobre el río Torres

En cuanto a las labores de geotecnia, a la fecha de emisión del informe la supervisión indica que se obtuvo una respuesta por parte del consorcio H Solís – TPF GETINSA EUROESTUDIOS sobre el informe geológico – geotécnico en la última versión presentada. Únicamente quedan pendientes de responder las observaciones del informe P101302-IDM-HRW-9280TRP-RPT-C-000024-p0a.03-S3-Inf Rev Avance Campaña Geotécnica Lote 2A. La Supervisión califica como adecuada la información suministrada por el consorcio.

X.6 Agosto 2021

En el mes de agosto de acuerdo con el oficio N°UAP-FSJSR-2021-07-764, se emite el comunicado de aprobación de la Orden de Servicio N°3 “Traslado de la fecha de entrega del diseño constructivo final de las obras” que traslada la fecha de entrega de Diseño Constructivo de las Obras, para el 27 de agosto del 2021. Sin embargo, la supervisión al día 27 de agosto mediante el oficio N°OBIS L2-2021-08-27_132, indica que la información suministrada por el consorcio está incompleta. Recomienda al contratista completar toda la documentación indicada en el Cartel de Licitación y Especificaciones técnicas.

Se indica en el informe que el avance en la etapa de diseño para el mes de agosto es de 87,68% en contraposición con el 100% que debió haber registrado para la fecha de emisión del informe de la supervisión.

En cuanto a hidrología y drenaje la supervisión indica que quedan dudas respecto al área de drenaje de la zona de La Sabana, y no se han resuelto al momento de emisión del informe las observaciones en el tema de drenaje mayor y socavación.

Finalmente, mediante el Oficio N°OBIS L2-2021-08-27_132 el contratista realiza la entrega definitiva del diseño de las estructuras que se realizarán en el proyecto, previo se han revisado informes preliminares a las estructuras del puente sobre el río Torres, Intercambio Circunvalación y los Aros Suroeste del proyecto. La supervisión indica que no fueron adjuntados en el oficio los planos con detalles estructurales. Además, se presenta 4 muros nuevos en los planos esquemáticos, pero de acuerdo con las observaciones de la supervisión no se cuenta con los diseños y memorias de cálculo respectivos.

X.7 Setiembre 2021

En este informe se indica que el contratista presenta los análisis específicos de los datos y su correlación con las unidades del modelo geotécnico establecido, así como la capacidad de los pilotes en lo que respecta a los diseños de las cimentaciones profundas.



Por otro lado, se destaca, que para el oficio N°OBIS L2-2021-08-27_132, la Supervisora detectó algunas omisiones de información que no permiten una adecuada revisión de algunos elementos, así como la necesidad de mejoras algunas de las láminas de los dibujos de planta y perfil geológico-geotécnico de las estructuras. Adicionalmente se destaca la falta de algunas memorias de cálculo de algunos de los muros, lo cual no permite contrastar los parámetros usados contra los definidos en el modelo geotécnico.

X.8 Octubre 2021

En este informe se indica que el Consorcio no ha suministrado información suficiente o aclaraciones en lo que se relaciona con los estudios hidrológicos-hidráulicos el proyecto. De forma tal que, se destaca lo siguiente: no es posible definir si se puede o no desfogar en el sistema de alcantarillado pluvial existente, así también se destaca la necesidad de reubicar la tubería que desfoga la escorrentía de la zona de La Sabana hacia el río Torres, debido a los problemas que se pueden presentar en el proceso constructivo y los cambios requeridos por el bastión del nuevo puente.

En el área de geotecnia, para el mes de octubre, según el informe de supervisión, se indica que en los oficios N°OBIS L2-2021-09-13_148 y N°OBIS L2-2021-10-07_155 (Informe de estado 09-2021 IF). Se aceptaron los agregados de la fuente 4-2010 (Quebradores Puntarenenses MGG S.A.), el cual cumple con las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010.

Por su parte, según la Supervisora el oficio N°OBIS L2-2021-10-07_155 (Informe de estado 09-2021 IF) concluyó que la información presentada cumplía con los requisitos mínimos requeridos.

X.9 Noviembre 2021

Para el mes de noviembre, el informe de supervisión en el área de geotecnia indicó que los anexos enviados por parte del Consorcio H SOLÍS – TPF GETINSA EUROESTUDIOS, de la revisión del documento presentado en el Oficio OBIS L2 2021-11-07_168 cumple los requisitos de presentación. Por otro lado, la Supervisora concluyó que la información presentada en el oficio N°OBIS L2-2021-10-07_155 (Informe de estado 09-2021 IF) cumplió con los requisitos mínimos requeridos en el área de geotecnia.

En este mismo documento se destaca la preocupación que existe en la reubicación del sistema pluvial en los alrededores del río Torres, puesto que la propuesta presentada puede afectar al muro de gaviones por construir, ya que la tubería, de acuerdo con la propuesta, atraviesa dicho muro y no se identifica claramente como se realizará la reubicación de esta.

X.10 Diciembre 2021

Para el mes de diciembre, el informe de supervisión recomienda complementar la información geotécnica con la inclusión de las memorias de cálculo de los muros presentados y la inclusión del nivel de socavación y mejoramiento de la presentación del modelo geotécnico-hidráulico.

Por otro lado, se indica que en el área de geotecnia revisó un oficio relacionado con el informe de estado 11-2021 IF, encontrando que la información presentada en el informe cumplía con lo mínimo requerido en lo que se refiere a su presentación y contenido para el área de geotecnia.

X.11 Enero 2022

Para el mes de enero, el informe de supervisión indicó que la información presentada en el Oficio N°OBIS L2-2022-01-07_179 cumple con los requisitos mínimos de presentación.

Sin embargo, en el documento que contiene el diseño definitivo y presentado en el oficio N°OBIS L2-2022-01-25_183 (pdf), presenta un cumplimiento con la mayoría de los requisitos de presentación de los



planos y documentos de diseño, pero existen algunos ítems que requieren mejoramiento, aclaración o ampliación de información, como por ejemplo informaciones relacionadas con el informe Geológico-Geotécnico o en las memorias de diseño presentadas. En el caso del modelo geotécnico del puente sobre el río Torres se detectó que no se indica el nivel de socavación, y en las diferentes láminas de planos referentes a este puente tampoco se hace la indicación de dicho nivel ni se hace una integración con el modelo geotécnico.

Por su parte, se menciona que en el Informe Geotécnico se indica que se realizó el análisis de estabilidad para las alturas máximas de 4 muros (denominados Muro 1, Muro 2, Muro 3 y Muro 4), pero en las láminas de planos, las alturas son mayores que las analizadas, por lo que se solicita revisar y presentar los análisis para cada uno de los 4 tipos de muros, y una tabla resumen con los factores de seguridad para cada altura de sección de muro.

Finalmente, en este mismo informe de supervisión indicó que los documentos presentados para las fuentes de agregados presentan toda la información requerida desde el punto de vista geotécnico, por lo que las mismas pueden ser usadas en el proyecto.

Desde el punto de vista de los diseños hidráulicos e hidrológicos realizados por el Contratista, el oficio N°OBIS L2-2022-01-25_183, indica algunos cuestionamientos relacionados con errores tipológicos en algunas secciones, falta de inclusión de algunas áreas tributarias que pueden afectar los diseños y planos, así como la ausencia de análisis hidráulicos para comprobar si el sistema de drenaje existente tendrá un funcionamiento adecuado una vez que la OBI esté construida. Desde el punto de vista geotécnico, según se indica por parte de la Supervisora, existen deficiencias en los sistemas de desfogue propuestos, ya que los sistemas planteados terminan en el terreno natural, o bien directamente sobre los taludes, los cual puede generar erosión en el terreno, situación que está prohibida por las especificaciones técnicas del proyecto.

X.12 Febrero 2022

En este informe del mes de febrero de 2022 la Supervisora indicó que la información presentada en el Oficio N°OBIS L2-2022-02-07_187 cumple con los requisitos mínimos de presentación desde el punto de vista geotécnico.

No obstante, se hacen algunas observaciones relacionadas con los muros M1, M2, M3 y M4 del Intercambio de Circunvalación, las cuales en términos generales se puede resumir a continuación:

- Falta de la memoria de cálculo o diseño para algunas de las alturas de muro de las secciones que forman parte del muro.
- En la base de cada sección de los muros se debe indicar la capacidad admisible del suelo (con $FS=3$), aprobado por el especialista de Geotecnia de la Supervisión, debe coincidir con lo usado en el diseño.

Por otra parte, en este mismo documento, se indica que, en términos generales, desde el punto de vista de geología y geotecnia, la Supervisora se encuentra a la espera de algunos subsanes por parte del Consorcio, tales como: indicar cuál de las unidades hidrogeológicas interactúan en el proyecto, presentar las memorias de cálculo para cada una de las alturas de cada sección de los muros presentados, y de la inclusión del nivel de socavación y mejoramiento de la presentación del modelo geotécnico-hidráulico, incluido en los planos de diseño del puente sobre el río Torres.

Al final de la revisión de estos informes de supervisión, se considera que se ha llevado un adecuado proceso de acompañamiento de las revisiones pertinentes para cada etapa del proyecto. No obstante, todavía falta solventar algunas de las solicitudes realizadas por la Supervisora al Contratista, por lo que,



en el momento en que se dispongan estas aclaraciones se harán las evaluaciones y consideraciones correspondientes.

XI. Comentarios Finales

Al concluir la revisión de los documentos se encuentra que la información aportada es adecuada para la etapa de diseño preliminar, sin embargo, se debe complementar la información y subsanar observaciones realizadas en cuanto a el establecimiento de los parámetros geomecánicos y dimensionamiento de los elementos para la cimentación de la estructura.

Se considera apropiado solicitar una revisión de los factores de reducción y seguridad utilizados en las metodologías de análisis, ya que, si bien las especificaciones técnicas son claras en las metodologías aplicables a los diseños, no omiten el cumplimiento de lo indicado en la normativa vigente en Costa Rica por lo que se deberán cumplir.

Aunado a esto se sugiere incluir análisis de socavación y licuación para los bastiones del puente sobre el río Torres, así como considerar eventos con períodos de retorno de 500 años en las consideraciones hidráulicas e hidrológicas, y a partir de los resultados obtenidos, poder determinar la necesidad de diseñar protección de los bastiones, así como la verificación de la profundidad de los pilotes.

Finalmente se recomienda solicitar los diseños finales de las estructuras, ya que, al hacer la revisión de los documentos de planos geométricos y estructurales, se encuentran láminas que corresponden a fechas del 2019 así como las versiones del 2022. Según lo indicado por la supervisión en los informes mensuales el contratista entregó un 87% de avance de la etapa de diseño en agosto de 2021. Se considera apropiado revisar la información correspondiente a los diseños en su versión más actualizada.

XII. Referencias bibliográficas

1. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Anteproyecto. 03 – Especificaciones. Informe 01 – Normas de diseño y especificaciones técnicas”. San José, 2019.
2. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Anteproyecto. 01 – Memoria. Informe 04 – Geotecnia - Mecánica de suelos”. San José, 2019.
3. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Anteproyecto. 01 – Memoria. Informe 07 - Hidrología y Drenaje”. San José, 2019.
4. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Anteproyecto. 01 – Memorias. Informe 08- Análisis y diagnóstico del estado actual de los puentes existentes. 08-01 – Puente sobre el río Torres”. San José, 2019.



5. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Anteproyecto. 01 – Memorias. Informe 09 – Memoria de cálculo de nuevas estructuras. 09-01 – Puente sobre el río Torres”. San José, 2019.
6. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Anteproyecto. 01 – Memorias. Informe 09 – Memoria de cálculo de nuevas estructuras. 09-02 – Estructura colectora norte”. San José, 2019.
7. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Anteproyecto. 01 – Memorias. Informe 09 – Memoria de cálculo de nuevas estructuras. 09-03 – Estructura colectora sur”. San José, 2019.
8. Consorcio IDOM – DEHC. “Estudios y anteproyecto de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2B: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Anteproyecto. 01 – Memorias. Informe 09 – Memoria de cálculo de nuevas estructuras. 09-04 – Muros”. San José, 2019.
9. Consorcio HSolis – TPF Ingeniería. “Diseño Final de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, lote 2: Proyecto del intercambio Circunvalación y de demolición y construcción del puente sobre el Río Torres. Planos geométricos y estructurales”. San José, 2022.
10. IDOM. “Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Marzo 2021”. San José, 2021.
11. IDOM. “Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Abril 2021”. San José, 2021.
12. IDOM. “Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Mayo 2021”. San José, 2021.
13. IDOM. “Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Junio 2021”. San José, 2021.
14. IDOM. “Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Julio 2021”. San José, 2021.
15. IDOM. “Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Agosto 2021”. San José, 2021.



16. IDOM. "Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Setiembre 2021". San José, 2021.
17. IDOM. "Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Octubre 2021". San José, 2021.
18. IDOM. "Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Noviembre 2021". San José, 2021.
19. IDOM. "Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Diciembre 2021". San José, 2021.
20. IDOM. "Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Enero 2022". San José, 2022.
21. IDOM. "Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del contrato de fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Informe mensual. Febrero 2022". San José, 2022.
22. RutaUno. "Contrato de Diseño y Construcción de las OBIS del lote No. 2: Contratación del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del Lote No. 2 del fideicomiso corredor vial San José – San Ramón y sus radiales. Procedimiento 2019PR-000001-0021200244". San José, Noviembre 2020.