



Laboratorio Nacional
de Materiales y Suelos y Rocas



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

IG-08-15

REVISIÓN DE PILOTES PRE-EXCAVADOS E
INFORME DE VISITA DE CAMPO

PROYECTO: INTERCAMBIO DE PASO ANCHO



Elaborado por:
Ing. Ana Lorena Monge S, M.Sc

Setiembre 2015

REVISIÓN DE PILOTES PRE-EXCAVADOS E INFORME DE VISITA DE CAMPO

I. Introducción

En el presente documento se indican una serie de comentarios acerca de la información proporcionada por el personal de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, que incluye el “Informe puntual de la verificación de la calidad de los pilotes de la intersección de Paso Ancho” así como el documento “Supervisión del diseño de los muros de pilotes preexcavados y anclados” de la empresa GINPROSA, los informes # 1072A-15, 2754-15, 3684-15 de la empresa INSUMA, así como una serie de informes de la empresa M y V con resultados de ensayos de integridad a pilotes y de velocidad de pulso realizados a cilindros de concreto, todo acerca de la fabricación de los pilotes pre-excavados del proyecto “Intercambio de Paso Ancho”.

Además, en el presente documento se comentarán algunos aspectos generales del proyecto, observados en la visita de campo realizada el miércoles 5 de agosto del 2015.

II. Revisión de la información de la pantalla de pilotes

Los documentos principales a revisar son aportados por la empresa Ginprosa, tanto el documento “Supervisión del diseño de los muros de pilotes preexcavados y anclados” como el “Informe puntual de la verificación de la calidad de los pilotes de la intersección de Paso Ancho”.

En el primer documento se muestran los planos constructivos aportados por la empresa MECO acerca de la pantalla de pilotes como obra alternativa de los muros de suelo cosido presentados como propuesta inicial para el sostenimiento de las paredes de suelo del viaducto. Cabe destacar que el día de la visita de campo (5 de agosto de 2015), en el sitio no se encontraron los planos constructivos de esta alternativa, situación preocupante pues en sitio deberían estar los planos de diseño para que se pueda trabajar en sitio según las indicaciones del diseñador y además deberían estarse corrigiendo para generar los planos finales de construcción de la obra, tomando en consideración situaciones especiales que se vayan presentando cambios durante la construcción.

En el documento “Informe puntual de la verificación de la calidad de los pilotes de la intersección de Paso Ancho” se menciona que la propuesta de la pantalla de pilotes se presentó en el mes de febrero del 2015, y se inicia la ejecución el día 26 de febrero del 2015. Es por ello que la ausencia de los planos en el sitio de trabajo el día de la visita es de extrañar, pues la propuesta de la alternativa se dio a conocer 6 meses atrás, iniciándose los trabajos días después de conocida la propuesta.

Cabe destacar que posterior a la visita de campo, se hizo la solicitud formal por parte de la unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR de las memorias de cálculo, planos y documentos que justifiquen la recomendación del cambio de la obra de estabilización de las paredes de la excavación del paso a desnivel, pues no se contaba con esta información incluso habiéndose entregado documentos para su revisión antes de esta fecha. No es sino hasta el 3 de setiembre que se cuenta oficialmente con la

información acerca de la propuesta alternativa de la pantalla de pilotes en el documento “Supervisión del diseño de los muros de pilotes preexcavados y anclados”.

Entre la información suministrada para su revisión, se puede observar que MECO únicamente aporta tres informes acerca de los pilotes. Estos informes son emitidos por la empresa INSUMA, acerca de los ensayos de integridad realizados a algunos pilotes correspondientes a los bastiones del puente y a la pantalla alternativa a los muros.

Por último, se cuenta con unos informes emitidos por la empresa M y V acerca de unos ensayos no destructivos realizados a cilindros de concreto, solicitado por la empresa ITP. La finalidad de estos ensayos es de conocer la velocidad de pulso del concreto muestreado al momento de colar algunos pilotes de los muros. Esta información es utilizada posteriormente por la empresa M y V al momento de realizar los ensayos de integridad de los pilotes de los bastiones del puente del proyecto, sin embargo se desconoce si es los ensayos de la velocidad de pulso se realizaron con la finalidad de utilizar los resultados en los ensayos de integridad.

A continuación, se comentará en detalle algunos aspectos importantes encontrados en la revisión de la información.

II.1 Documento “Supervisión del diseño de los muros de pilotes preexcavados y anclados”

En este documento de la empresa Ginprosa se indica que hasta el 18 de mayo de 2015, se cuenta con un juego completo de los planos finales de diseño de la pantalla de pilotes, obra alternativa de los muros de suelo cosido presentados inicialmente, sin embargo se han llevado a cabo una serie de entregas y revisiones parciales de algunas secciones de estas pantallas, por lo que se han podido conocer detalles de la misma antes de esta fecha.

Sin embargo, al respecto de estas fechas, llama la atención que a pesar de que esta propuesta es conocida desde el mes de febrero de 2015 (según informe de inspección de Ginprosa) no es hasta el 18 de mayo que se cuenta oficialmente con el plano completo de las pantallas. Parece ser que se trabaja durante 3 meses con información parcial cuya fecha de aprobación por parte de la administración aún se desconoce, pues en ningún documento se hace referencia a la misma.

En este documento se incluyen los planos de la pantalla de pilotes así como sus especificaciones, en el anexo 1. Adicionalmente, en el anexo 3 se encuentra la memoria de cálculo de Geofortis acerca del diseño. El dato curioso es que la memoria de cálculo tiene fecha de marzo de 2015, a pesar de que la construcción de la pantalla inició el 26 de febrero de 2015 (según el informe de inspección de Ginprosa).

II.1.1 Anexo 1: Planos entregados el 18 de mayo de 2015

En el anexo 1 se encuentran los planos constructivos de la pantalla de pilotes alterna a ciertas zonas de la obra inicialmente presentada que eran los suelos cosidos.

A continuación se presenta una tabla resumen de los detalles más importantes que se observan de la revisión de los planos aportados por la empresa MECO:



Tabla 1. Resumen de la información de las pantallas de pilotes tomada de los planos

Tipo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Acero longitudinal	Acero transversal	Ubicación
1	600	12.5	13 #6	Aros #4 @ 25 cm y @ 15 cm confinamiento	Muro norte central Muro norte este 01 Muro norte oeste 01 Muro sur este 01 Muro sur oeste 01
2	600	12.5	13 #6	Aros #4 @ 25 cm y @ 15 cm confinamiento	Muro sur central
3	600	12.0	11 #6	Aros #4 @ 25 cm y @ 15 cm confinamiento	Muro norte oeste 02 Muro norte este 02 Muro sur oeste 02 Muro sur este 02
4	500	11.0 ⁽¹⁾	12 #6	Aros #3 @ 20 cm y @ 9 cm confinamiento	Muro sur oeste 03 Muro sur este 03 Muro norte oeste 03 Muro norte este 03
5	400	9.0	8 #5	Aros #3 @ 16 cm y @ 8 cm confinamiento	Muro norte oeste 04 Muro norte este 04 Muro sur oeste 04 Muro sur este 04

(1): La longitud de la pantalla para los pilotes del muro norte este 02 es de 12.0 m

Dada la ubicación de las pantallas de pilotes en la Tabla 1, se puede inferir que los muros norte A, norte G, norte H, norte I, sur J, sur K, sur Q y sur R, continúan exhibiendo la configuración de muros de suelo cosido tal como se habían aportado tanto en los planos como en la memoria de cálculo de la recomendación inicial del "Diseño y construcción del Intercambio Paso Ancho de la Carretera de Circunvalación, Ruta Nacional N° 39" presentado por la empresa MECO.

Existen además de estos datos extraídos de los planos, que son los que deben ser verificados de la memoria de cálculo del diseño de la pantalla de pilotes, se encuentran detalles de índole constructivo como zonas de empalmes y zonas de confinamiento para los aceros longitudinales y transversales para las armaduras de cada tipo de pilote, también existen notas de especificaciones para el concreto reforzado de los pilotes, entre otros.

Cabe destacar que la lámina 6.4B muestra las especificaciones técnicas para las estructuras de concreto reforzado que conciernen la propuesta de diseño alternativa de la pantalla de pilotes. En el cuadro llamado "Especificaciones técnicas para pilotes pre-excavados" en su último párrafo dice: "28. Acero en barras corrugadas ASTM A615. Todas las varillas, grado intermedio (GR 60) esfuerzo mínimo de fluencia: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ". Este párrafo además de mostrar una redacción confusa, puede generar mal entendidos pues un cuadro de esta misma lámina donde se muestran especificaciones para "varillas de acero para las armadura" y el resto de las láminas donde se observan las "Notas para concreto reforzado", muestra que debe ser acero ASTM A 706.

Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta en esta lámina de especificaciones, es que se indica que el cemento que se debe utilizar es del tipo Portland que cumpla los requisitos de la norma

ASTM C 150-07. El asunto con este tipo de cemento, es que al menos las cementeras del país, no producen cemento tipo Portland a excepción de pedidos especiales. En este caso en particular, es mejor corroborar si efectivamente se está haciendo uso del cemento especificado, pues sino no se estaría cumpliendo con los requisitos de la obra.

Vale la pena rescatar el punto 13 de las “Especificaciones técnicas para pilotes pre-excavados”, donde se indica que las armaduras deben protegerse contra la oxidación. El día de la visita se observó el acero al descubierto en la zona de almacenaje, con una importante capa de oxidación visible. A pesar de que el ACI 318S-14, en el apartado 26.6.1.2 del capítulo 26 “Documentos de construcción e Inspección” indica que no se debe rechazar el uso de una barra de acero por tener oxidación, es importante prever la protección para estas barras según lo indicado en las especificaciones del proyecto y cumplir con ellas, de modo contrario se puede tener problemas posteriores de reducciones de área por el excesivo óxido en la superficie de las barras.

II.1.2 Anexo 2: Memoria de cálculo: Diseño de anclajes activos – Paso a desnivel, Paso Ancho

El anexo 2 muestra la memoria de cálculo donde se diseñan los anclajes activos que se deben colocar en la viga de amarre para las pantallas de pilotes, la cual fue preparada por la empresa Geofortis.

En el apartado de “Descripción de la obra” se indica que el primer requisito que deben cumplir los anclajes es la capacidad, la cual debe ser de 18 toneladas para los anclajes que se encontrarán en la zona de pilotes de 600 mm de diámetro, y de 13 toneladas para los anclajes que estarán en la zona de los pilotes de 500 mm y 400 mm de diámetro.

El revisar la memoria de cálculo del anexo 3, donde se hace el diseño de las pantallas de pilotes, no se puede observar, al menos de manera clara y explícita, estos valores de capacidad de los anclajes para dichas pantallas. Es importante que se aclare de qué parte del cálculo se obtuvieron estos valores de capacidad del anclaje, ya que se parte de estos como premisa de diseño.

En cuanto a los mecanismos de revisión de falla del sistema anclado, en la memoria de cálculo se indican tres modos de falla, a saber:

1. Falla en la interfase inyección-suelo
2. Falla del tendón de acero
3. Falla en la interfase inyección-acero

En el documento llamado “geotechnical engineering circular” de la Federal Highway Administration (FHWA), ejemplar #4 titulado “Ground anchors and anchored systems”, en el apartado 4.2 se indican los mecanismos de falla de un sistema de anclaje y efectivamente se incluyen los 3 modos de falla mencionados en la memoria de cálculo de Geofortis, pero estos forman parte del mecanismo de falla del anclaje al terreno, y además existen otros dos que no fueron mencionados, que son la falla de la viga de arrioste y la falla del revestimiento (si aplicase). Adicionalmente, en los mecanismos de falla del anclaje al terreno falta la falla de la masa del suelo. La empresa Geofortis se encuentra familiarizada con este documento pues lo referencian en la otra memoria de cálculo aportada.

A pesar de que este último es probable que no se presente pues la masa de suelo es grande y además el anclaje se encuentra embebido en una capa de un material de buena calidad, es mejor comprobar que este mecanismo no será un problema al implementar este sistema.

Adicionalmente, parece recomendable verificar el comportamiento de los anclajes en el concreto propiamente. A pesar de que la metodología del FHWA no lo indique explícitamente, en el ACI 318S-14 en su apartado 17.3 se indican cuáles son los requisitos que debe cumplir el anclaje en la estructura de concreto. En este apartado, en la tabla 17.3.1.1 se indican cuáles son los mecanismos de falla a revisar, en el anclaje como tal, así como en su comportamiento en grupo en el concreto. Además, en la figura R17.3.1 se muestran estos modos de falla a manera de ilustración para que estos mecanismos sean claros para el diseñador.

Igualmente, es probable que estos mecanismos de falla en la viga de concreto no se presenten, pero parece ser recomendable hacer la revisión del caso.

En cuanto al anclaje en si, en la memoria de cálculo se indican algunas de las propiedades pues son necesarias para el análisis de capacidad, sin embargo en el apartado de "Especificaciones" de la memoria de cálculo, no se indican las características que debe cumplir el torón, no se indica el tipo, la norma ASTM que lo rige, el grado, la longitud, entre otros. Esto si aparece detallado en las láminas 6.6 y 6.8 de los planos entregados por la empresa MECO, pero no en las láminas donde se hacen las especificaciones generales de las obras del proyecto. Se recomienda se solicite una aclaración al respecto.

11.1.3 Anexo 3: Memoria de cálculo: Diseño estructural pantalla pilotes – Paso a desnivel, Paso Ancho

En el anexo 3 la empresa Geofortis muestra de una manera más clara el diseño tanto geotécnico como estructural de la pantalla de pilotes planteada como diseño alternativo a los muros de suelo cosido. En esta memoria se indica más claramente la metodología empleada para el diseño la cual se basa en criterios de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos.

Cabe destacar que para el diseño de los pilotes se emplean apropiadamente las combinaciones de carga que establece el Código Sísmico de Costa Rica 2010, a pesar de que en las metodologías empleadas no se indique.

Además del empuje del terreno sobre la pantalla, la fuerza sísmica inercial y el empuje dinámico del medio, se ha tomado en cuenta una sobrecarga de 1 T/m^2 , equivalente y concordante a los 10 kN/m^2 que se habían tomado en cuenta para el diseño inicial propuesto de los muros de suelo cosido, que representa la sobrecarga de vehículos que transitarán en la vía. Este dato es importante tenerlo presente, pues para el diseño de la pantalla de pilotes tipo 2 este valor cambia. Esto se comentará más adelante.

Como parte del diseño de la pantalla, se diseña la viga de arriostre en la cual se colocarán los anclajes activos mencionados en el apartado anterior. Es de esta memoria de cálculo, de donde deberían obtenerse claramente las cargas de diseño para los anclajes, sin embargo no se encuentran, al menos de manera explícita los valores de carga a tomar en cuenta.



Se establecen 5 tipos de pantallas de pilotes, cada una se diseña con un modelo geotécnico del sitio donde lo que es distinto son los espesores y no el tipo de materiales encontrados, pues el estudio de suelos revela que los materiales del medio son una primer capa de material de relleno, la segunda capa de una arcilla, luego una tercer capa de limo arcilloso y la última capa establecida en el modelo es de limos arenosos. En este caso a pesar de que los pilotes se buscan lleguen a la capa de limos arenosos para alcanzar la condición de empotramiento supuesta en la metodología de diseño, la capa de limo arcilloso, para los tipos 1 y 2, y la capa de arcilla, para los tipos 3, 4 y 5, son las que se consideran para simplificar el diseño de los pilotes.

El resultado del proceso de diseño de los 5 tipos de pantallas de pilotes se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2. Característica de los 5 tipos de pantallas de pilotes

Tipo	Diámetro (mm)	Longitud (m) ⁽¹⁾	Acero longitudinal	Acero transversal	Deformación (mm)	Ubicación
1	600	12.5	13 #6	Aros #4 @ 25 cm y @ 15 cm confinamiento	6.0	Muro norte central Muro norte este 01 Muro norte oeste 01 Muro sur este 01 Muro sur oeste 01
		8.85				
2	600	12.5	15 #6	Aros #4 @ 25 cm y @ 15 cm confinamiento	7.0	Muro sur central
		9.25				
3	600	12.0	11 #6	Aros #4 @ 25 cm y @ 15 cm confinamiento	4.0	Muro norte oeste 02 Muro norte este 02 Muro sur oeste 02 Muro sur este 02
		8.00				
4	500	11.0	12 #6	Aros #3 @ 20 cm y @ 9 cm confinamiento	5.5	Muro sur oeste 03 Muro sur este 03 Muro norte oeste 03 Muro norte este 03
		7.50				
5	400	9.0	8 #5	Aros #3 @ 16 cm y @ 8 cm confinamiento	5.5	Muro norte oeste 04 Muro norte este 04 Muro sur oeste 04 Muro sur este 04
		6.00				

(1): Los valores de la segunda celda es la longitud de diseño del pilote.

Al comparar los datos de la Tabla 2 con los de la Tabla 1, se puede observar que el acero longitudinal del pilote que compone la pantalla tipo 2, no son iguales en cantidad. Este hallazgo se indica en el cuerpo del documento emitido por Ginprosa "Supervisión del diseño de los muros de pilotes preexcavados y anclados".

La longitud de diseño del pilote, es la longitud que se considera necesaria para que se cumpla la premisa de diseño de esta pantalla de pilotes, que al fin y al cabo tiene un modelo apoyado en la zona de la viga de arriostre y empotrado en la base. Es por esto que se considera de suma importancia que esta longitud se alcance, es por ello que se le debe prestar la debida atención.

Adicionalmente en la Tabla 2 hay una columna adicional, la cual muestra los resultados de la revisión de la máxima deformación de los pilotes. Estos valores se comparan gráficamente con el valor correspondiente a $L/750$ para cada tipo de pantalla de pilotes y se observa que todos los valores se encuentran en una zona admisible de deformación.

Un aspecto importante es que a pesar de que la memoria de cálculo de cada diseño de los pilotes del tipo de la pantalla muestra claramente las cargas tomadas en cuenta para el diseño, no se muestra de manera explícita cómo se obtienen las cantidades de acero longitudinal. Existe un diagrama de interacción, donde se realiza la revisión de la cantidad de acero longitudinal con el transversal (como se hace con una columna) pero no está tan claro cómo se obtiene dicha cantidad y tipo de varillas.

El ACI 318S-14 en los apartados 9.5.2.1y 9.5.2.2, se indica que si la capacidad a la compresión del concreto supera el 10% de la carga axial a la que se ve sometido un elemento que se comporta como una columna (como lo puede ser un pilote), el elemento se puede diseñar como una viga, lo cual pudo haber facilitado el diseño del elemento. Sin embargo, el diseño como un elemento tipo columna no está mal, solo que no aparece el diseño del elemento en la memoria de cálculo. Es recomendable, solicitar una aclaración al respecto, a pesar de que se está consciente de que la cantidad fue revisada y es apropiada para las solicitudes de carga calculadas.

El diseño de la pantalla de pilotes parece apropiado. Sin embargo es importante que se haga la aclaración de por qué para la pantalla tipo 2 se utiliza como sobrecarga debida al tránsito vehicular, el valor de 0.5 T/m^2 , el cual corresponde a la mitad del valor utilizado para el diseño del resto de los tipos de las pantallas de pilotes. Es preocupante el uso de este valor, pues este pilote es el que tiene mayor cantidad de varillas de acero longitudinal y por lo tanto es el que parece ser el más cargado. También en este caso es recomendable solicitar la aclaración de esta decisión de diseñar este tipo de pantalla de pilotes con una menor carga vehicular.

II.1.4 Comentarios generales

Al realizar la revisión de la información, a pesar de que se recomienda solicitar algunas aclaraciones, parece que el diseño de las pantallas de pilotes con los anclajes es una obra apropiado para el tipo de proyecto, sobretodo porque implica una mayor facilidad constructiva y acorta el tiempo de ejecución de la misma.

Sin embargo, queda un poco de incertidumbre en cuanto a la interacción de la viga de arrioste con los anclajes, pues no se hizo la revisión de este mecanismo de falla. Una vez que se cuente con esta revisión por parte de la empresa diseñadora, se podrá emitir el criterio pertinente.

Un asunto importante es que para que el principio o premisa del método de diseño elegido para este tipo de pantallas se cumpla, se debe alterar lo menos posible el terreno de la zona de la subrasante hacia abajo, y conformar de manera apropiada las distintas capas de la estructura del pavimento, esto con el fin de dar confinamiento apropiado al pilote en su base.

No está de más mencionar que este último comentario, es beneficioso no solo para la pantalla de pilotes, sino para la estructura para la que fue concebido este proyecto que es la carretera.



Por otro lado, es importante indicar que en los planos se deben utilizar unidades del SI pues es un decreto nacional el que lo exige, por lo que la resistencia de los concretos, del acero y la dimensión de los recubrimientos, deben cambiarse.

Por último, es importante que se trabaje con los códigos, normas y documentos de especificaciones en su versión vigente, como lo son las normas ASTM y el ACI, pues en algunas referencias indican versiones anteriores.

II.2 Informe de inspección Ginprosa

En el cuerpo del informe de Inspección de la empresa Ginprosa, se indica que la empresa MECO propone un diseño alternativo en el paso subterráneo. En esta propuesta se hace el cambio de la construcción de los muros de suelo cosido por la construcción de pantallas de pilotes pre-excavados en mayor parte de los tramos del viaducto. Específicamente, los muros de suelo cosido que serán sustituidos por pantallas de pilotes pre-excavados son:

Tabla 3. Muros sustituidos por diseño alternativo de pantalla de pilotes

ZONA	MURO					
Norte	B	C	D	E	F	G
Sur	C	D	E	F	G	H

Como se mencionó anteriormente, esta solicitud de la empresa MECO se realiza en el mes de febrero del 2015 y es el 26 de febrero del 2015, cuando se inicia con la ejecución de la pantalla en la zona norte central. Cabe destacar que en ninguna parte de este documento, se indica la fecha en que esta propuesta es aprobada por la administración.

En este informe se resume la información de los diferentes tipos de muro de pantallas de pilotes que constituyen esta alternativa presentada, que es la siguiente:

Tabla 4. Características de las pantallas de pilotes como alternativa a los muros de suelo cosido

Tipo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Acero colocado
1	600	12.5	13 #6, aros #4 @ 15-25 cm
2	600	12.5	15 #6, aros #4 @ 15-25 cm
3	600	12.0	11 #6, aros #4 @ 15-25 cm
4	400	11.0	12 #6, aros #3 @ 9-20 cm
5	400	9.0	8 #5, aros #3 @ 8-16 cm

La información de la Tabla 4, que resume las características de los tipos de pantallas de pilotes que se encuentran inspeccionando la empresa Ginprosa, concuerda totalmente con lo indicado en la Tabla 2, mostrada en el apartado II.1.3 del presente informe.

Por otro lado, también se indica el tipo de pilotes para la cimentación de los bastiones de los puentes. Estos tienen un diámetro de 800 mm y una longitud total de 11.5 m.

En este informe la empresa Ginprosa indica que como parte de la inspección de la construcción de los pilotes, se hace un control de las armaduras, se verifica las coladas de concreto tanto visualmente durante el colado, así como con la toma de muestras como parte de verificación de calidad, lo cual es realizado por la empresa Castro y de la Torre; además se revisa la geometría de los pilotes una vez que fueron colados y se verifica la integridad de 10 pilotes que forman parte de la cimentación de los bastiones de los puentes y a 3 pilotes que forman parte del muro suroeste de la pantalla de pilotes alternativa, realizado por la empresa M y V Soluciones, también como parte de la verificación de calidad.

Es importante mencionar que a pesar de que la empresa Ginprosa es la que tiene la tarea de realizar la inspección de las obras, no indican en el cuerpo del informe el cumplimiento de las obras contra las especificaciones del proyecto, a excepción de que se hace un levantamiento de no conformidades, que constituyen problemas que no se subsanaron a nivel constructivo. Se comentará de esto más adelante.

Ginprosa indica en su informe, que realizaron una inspección continua en el proceso constructivo de los pilotes colados hasta el momento de la redacción del informe, esto tanto para los muros como para la cimentación de los puentes. En los anexos 1 y 2 se pueden observar las copias de las actas de inspección levantadas durante el proceso. Más adelante se comentará lo observado del anexo 1, no se tienen comentarios acerca del anexo 2.

Adicionalmente, la empresa Ginprosa realiza una verificación de calidad paralela al autocontrol de calidad que realiza la empresa MECO. Los resultados de esta verificación de calidad se adjuntan en el anexo 3. Igualmente, Ginprosa realiza la verificación de calidad de la integridad de los pilotes de los bastiones del puente y a los pilotes del muro suroeste. En el anexo 4 del informe de Ginprosa se presentan los resultados de estos ensayos de campo para los bastiones noreste y sureste, en el informe MV-IN-0410-15. Adicionalmente, se encuentran los informes MV-IN-0627-15, MV-IN-0814-15 y MV-IN-09332-15, donde se muestran los resultados de las pruebas de integridad para los pilotes en los bastiones suroeste y noroeste, así como para los pilotes del muro suroeste. Cabe comentar que se considera pocos ensayos de verificación para los pilotes de los muros, dada la extensión de estos en el proyecto.

Finalmente, en el anexo 5 se cuenta con el levantamiento de "Informes de no conformidad" en los cuales se muestran no conformidades para 5 pilotes de la pantalla de los muros. Esta información de las no conformidades se complementa con la información presentada en el anexo 1 de las inspecciones realizadas durante los colados de concreto.

II.2.1 Anexo 1: Reportes diarios y petición de control de la inspección

Este anexo es la parte más extensa del informe de Ginprosa. En este se muestran las bitácoras y documentos de inspección que se han realizado desde diciembre del 2014 hasta finales de abril de 2015. En estos se describen las inspecciones realizadas a las armaduras de los pilotes, su colocación en la perforación y el colado del concreto.

En general, se puede observar que Ginprosa realiza su labor de inspección según las especificaciones dadas en planos. Adicionalmente, realizan campañas de verificación de calidad en toma de muestras de concreto y en ensayos de integridad a pilotes, de manera más intensa en los pilotes de los



bastiones de los puentes, que en las pantallas de pilotes. Sin embargo, como se comentará más adelante, se cuentan con más ensayos de integridad por parte de la empresa MECO, que quizás es por esta razón que se ha mermado la frecuencia de las verificaciones de calidad en cuanto a los ensayos de integridad de los pilotes por parte de Ginprosa.

Para la redacción de las observaciones del presente documento, se revisaron a detalle todo lo anotado en los documentos de inspección, que en la numeración oficial de las páginas del informe de Ginprosa corresponde a las páginas 00015 a la 000206. De lo revisado se tienen específicamente los siguientes comentarios:

1. En la página 000044, en la descripción de trabajos, se indica que el concreto del pilote # 47 del muro sur central tiene un "revenimiento" de 40,47 cm. Cabe destacar que cuando se trata de concreto autocompactable, como es el caso del concreto de los pilotes en cuestión, se mide el flujo de asentamiento, el cual se debe indicar en milímetros y con una precisión de 10 mm. Esto se indica en la norma ASTM C1611. Lo que es de extrañar es con qué equipo realizaron esta medición para que se pudiese tomar con una precisión de 0.01 cm, si las cintas métricas, que son las que generalmente se utilizan para este tipo de ensayos, tiene una precisión de 1 mm, es decir 0.1 cm.
2. En la página 000055, en la nota 2 se indica que este día de colado no se tomaron muestras por parte de la empresa MECO ya que alegaron que contaban con muchas muestras de concreto y que no era necesario. Sin embargo, el cartel indica que se deben tomar muestras de concreto en al menos un día de colado. No se cuenta con información adicional de qué medidas se tomaron por la decisión arbitraria de la empresa MECO de no cumplir con lo estipulado en las especificaciones técnicas del cartel del proyecto.
3. En la página 000058 se indica que al momento de colar el pilote #39 del muro sur este, sale mucha agua de la perforación. Ginprosa indica que se debe realizar una prueba de integridad a este pilote, sin embargo en la información que fue suministrada no se encuentra ninguna prueba de integridad realizada a este pilote específico. Además, no se cuenta con información de qué medidas se tomaron al no realizar esta prueba de integridad recomendada por la inspección.
4. En la página 000062, se tuvo problemas con el colado del pilote #23 del muro norte central, pues esta se completó 1.25 horas después de haber iniciado el colado ya que hizo falta concreto, probablemente por el ensanchamiento de alguno de los pilotes colados que requirió mayor cantidad de concreto, y se tuvo que solicitar más cantidad a la planta. El problema con esto es que se pueden generar juntas frías que pueden perjudicar la integridad del pilote. Para este caso, Ginprosa no recomendó pruebas de integridad. Sin embargo, se considera que cuando esto sucede si deberían de realizarse a estos pilotes en específico. Al revisar los informes aportados por la empresa MECO de los ensayos de integridad realizados por INSUMA, se encuentra que el pilote #23 del muro norte central fue evaluado en el informe #2754-15 del 14 de mayo de 2015. En este informe se indica que el pilote resulta clase A y que por lo tanto es un pilote cuya integridad estructural es sana.
5. En la página 000073 en el colado del pilote #24 del muro norte central, sucede lo mismo que con el pilote del punto 3 anteriormente comentado. En este caso Ginprosa tampoco recomendó se realizaron pruebas de integridad específicas a este elemento. Sin embargo, al

revisar los informes aportados por la empresa MECO de los ensayos de integridad realizados por INSUMA, se encuentra que el pilote #24 del muro norte central fue evaluado en el informe #2754-15 del 14 de mayo de 2015. En este informe se indica que el pilote resulta clase A y que por lo tanto es un pilote cuya integridad estructural es sana.

6. En la página 000113 se realiza la inspección de las armaduras de los pilotes # 14, 15, 16 y 17, y observan que se encuentran oxidadas por lo que Ginprosa recomienda aplicar un antioxidante y limpiar el polvo del herrumbre que se está soltando. Lo curioso es que ni en este ni en otros casos donde se realiza la inspección de las armaduras, se recomienda realizar ensayos al acero para verificar si sus propiedades se han visto afectadas por la oxidación. Se considera recomendable, realizar campañas de verificación de calidad de los aceros colocados en las armaduras ya que la oxidación puede perjudicar el área nominal del acero.
7. En la página 000131 al momento de colar el concreto del pilote 33 del muro sur este 01, se contamina una lechada que se va hacia la estructura de este pilote, se limpió el área pero la lechada no. No hay indicaciones adicionales a esto, ni se menciona qué medidas se toman al conocer que el concreto eventualmente se pudo haber contaminado de la lechada en cuestión. Además cuando se vierte el concreto del pilote 9 del muro sur este 02, se encuentran objetos en el concreto como varillas y piedras de gran tamaño, que lo contaminan. Tampoco hay indicaciones de lo que se hizo al respecto. Revisando los informes aportados por MECO, a estos dos pilotes no se les realiza ensayos de integridad. Sin embargo, si se tiene alguna duda de que estos eventos pueden afectar al pilote, se considera recomendable realizar las pruebas de integridad.
8. En la página 00145 se comenta acerca de un pilote con el que se tuvo una gran cantidad de problemas al momento de colarlo. Acerca de este pilote también se comentará en la sección de la visita de campo al proyecto. El pilote es el #1 del muro norte este 04. En el informe de Ginprosa se comenta que al momento de realizar el colado, probablemente hubo un problema al momento de colocar la tubería que provocó que el concreto se vaciara muy lentamente. Se saca la tubería para arreglar el problema pero esto atrasa el colado del concreto aún más y se considera que el concreto empieza a fraguar. Entonces para evitar juntas frías, se trata de extraer la armadura para luego demoler el concreto fraguado, pero ya el concreto estaba endurecido por lo que dificultó la extracción de la armadura y de hecho esta se daña en la parte superior (los primeros tres aros). Este pilote hasta la fecha de la visita de campo realizada el 5 de agosto de 2015 se encuentra en la misma condición que la descrita en el documento de inspección del día 19 de abril de 2015, es decir la empresa MECO no ha brindado la solución al problema. Adicionalmente a este pilote, hay otro problema con el pilote #4 del mismo muro, pues este se desplaza aparentemente y lo verificarán topográficamente. Sin embargo, esto no se pudo constatar en el anexo 2 del informe de Ginprosa pues la información que se aporta de los levantamientos topográficos de los pilotes es hasta el 6 de abril de 2015 y estos pilotes fueron colados el 19 de abril del 2015.
9. En la página 000157 se indica que en el concreto de la colada de los pilotes # 22, 19, 16 y 13 del muro sur oeste 01 sale hielo. Sin embargo, no se indica nada más, no se sabe si esto constituye un problema o si se verificará la integridad de los pilotes posteriormente. Adicionalmente, revisando los informes aportados por MECO, a estos dos pilotes no se les realiza ensayos de integridad. Sin embargo, si se tiene alguna duda de que estos eventos pueden afectar al pilote, se considera recomendable realizar las pruebas de integridad.

10. En la página 000179 en el colado del pilote #3 del muro sur oeste 02, se indica que probablemente se ha generado una junta fría por la tardanza del colado del concreto. Sin embargo, no se indica que se debe hacer un ensayo de integridad del pilote, ni si se tomará una medida adicional para subsanar dicho problema. Sin embargo, si se considera necesario realizar ensayos de integridad cuando se presentan condiciones como esta. Se revisa la información aportada por la empresa MECO acerca de los ensayos de integridad realizados por la empresa INSUMA y se observa que en el informe #3684-15 del 14 de junio del 2015, el pilote en cuestión si es ensayado y da como resultado un pilote clase A, que lo que significa es que es un pilote estructuralmente sano. Por su parte, Ginprosa realiza la verificación de calidad de este pilote con la empresa M y V y en el informe MV-IN-0932-15 también da como resultado un pilote bueno.
11. En la página 000198 al momento de colar el pilote #19 del muro sur oeste 03, cae una cadena del equipo de perforación dentro del concreto que estaba siendo colado. Para este caso tampoco se indica que se deba hacer un ensayo de integridad del pilote o bien cuál será la medida a tomar si es que se considera que existirán problemas posteriores. Sin embargo, se revisan los informes aportados por la empresa MECO y se observa que en el informe #3684-15 del 14 de junio de 2015 de la empresa INSUMA, se tiene encuentra esta pilote como uno de los ensayados. El resultado de la prueba de integridad da como resultados un pilote clase A, demostrando que el pilote cuenta con una integridad estructural sana.

En general, se puede observar que efectivamente la inspección se realiza, pero no se hacen indicaciones de ciertas medidas que deban ser tomadas en caso de que la empresa constructora no tome en cuenta las recomendaciones dadas por la empresa Ginprosa.

Tampoco se aporta información de que lo recomendado por la inspección sea efectivamente realizado. Esto es importante conocerlo para verificar que sobre la marcha se subsanan las no conformidades que se van encontrando durante la inspección.

II.2.2 Anexo 3: Informes de laboratorio

Como parte de sus labores de inspección, la empresa Ginprosa realiza campañas de verificación de calidad de las coladas de concreto, tanto con toma de muestras para revisión de temperatura del concreto así como para la elaboración de especímenes cilíndricos para su posterior ensayo de resistencia a la compresión.

En este caso, la empresa Castro y de la Torre, es la empresa subcontratada por Ginprosa para realizar la verificación de calidad del concreto. El laboratorio Castro y de la Torre, se encuentra debidamente acreditado en los ensayos de toma de muestras (ASTM C 172), la práctica de moldeo de especímenes en campo (ASTM C 31) y el ensayo de resistencia a la compresión especímenes de concreto (ASTM C 39). Se mencionan únicamente estos ensayos porque son los que se indican en sus informes aportados en el anexo 3.

Sin embargo, se debe hacer la aclaración correspondiente de que a pesar de que este laboratorio no menciona cómo determina el asentamiento del concreto y moldea los especímenes con lo indicado por la norma ASTM C 31, existen métodos que son aplicables para el concreto autocompactable. Los métodos que corresponden son la norma ASTM C 1611, para medir el flujo de asentamiento (con una



precisión de 10 mm), y la norma ASTM C 1758, para el moldeo de los especímenes. Esto debe ser tomado en cuenta por dicho laboratorio no incurra en errores o confusiones posteriores.

En los informes presentados por el laboratorio Castro y de la Torre, donde se toma muestra únicamente para temperatura, se indica que el procedimiento y plan de muestreo se realiza a solicitud del ingeniero. No es que no se pueda hacer de esta forma, sin embargo para el concreto autocompactable si es aplicable la norma ASTM C 172, procedimiento que tienen acreditado y que por lo menos se pueden seguir las pautas generales para la toma de la muestra. La frecuencia si sería definida por el ingeniero encargado de la inspección del proyecto, en este caso. Además respecto a este punto, es importante solicitar a Castro y de la Torre que a pesar de que el procedimiento y plan de muestreo sea "a solicitud por el ingeniero" debe explicarse en alguna parte del informe como se realizó para que se conozcan las condiciones del muestreo del concreto. Para los informes de ensayos de resistencia del concreto, si se indica que el muestreo se realiza utilizando la norma ASTM C 172.

Cuando se hace la indicación del resultado del revenimiento de las muestras de concreto, lo hacen en centímetros, cuando es bien sabido que para el método aplicable (norma ASTM C 1611) se debe realizar el reporte de este resultado en milímetros y con una precisión de 10 mm.

En las tablas donde se muestran los resultados de las resistencias de los concretos, para las edades de 7 y 14 días, muestran una columna donde indican un valor de esfuerzo a la compresión probable a 28 días. Esto es una especie de proyección de resultados. La duda de este dato es cuál es el factor de proyección utilizado para presentar estos resultados. Estos factores de proyección generalmente se obtienen a partir de una campaña de investigación previa pues un valor generalizado de un concreto convencional podría no ser el más apropiado, sobre todo tratándose de un concreto autocompactable cuyas características difieren, al menos en su estado fresco, a las de un concreto convencional, y además su composición puede ser diferente. El recomendable solicitar la aclaración de cuál valor es el que utilizan como factor de proyección para cada una de las fechas indicadas y cómo se obtuvo.

Adicionalmente, la norma ASTM C 39, que es la correspondiente a la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, claramente indica que se debe reportar el tipo de falla del espécimen de concreto. Esto es importante para comprobar si la distribución de esfuerzos en el concreto supuesta para algunos diseños es la correcta o que el comportamiento del concreto es normal. Sin embargo, en ninguna de las tablas de los informes de Castro y de la Torre donde muestran los resultados de la resistencia a la compresión del concreto, se indica el tipo de falla, y aún más se coloca un "NA", que suponiendo significa "No Aplica", manifestando que se cuenta con concepto errado de lo que solicita la norma. Si es que no se obtiene alguno de los 6 modos de falla que se muestran en la norma, se deben realizar los dibujos correspondientes y reportar estos como los modos de falla.

Por medio de la información de los planos y las memorias de cálculo anteriormente discutidas, se conoce que el concreto debe cumplir con una resistencia mínima de 280 kg/cm², lo cual corresponde a 27.45 MPa. Sin embargo, en los informes de Castro y de la Torre, se indican los valores de 279 kg/cm² y 27.40 MPa, que a pesar de que se trata de una diferencia mínima, puede generar problemas al momento de hacer la aceptación de un concreto que se encuentre cercano a estos valores. Es importante recalcar que se deben trabajar con los valores indicados en los documentos de especificaciones técnicas del proyecto y no con valores aproximados al antojo de quien los esté reportando o analizando.

Finalmente, de todos los elementos muestreados, se puede concluir que la resistencia del concreto cumple a cabalidad con los valores especificados en planos (que es la información con la que se cuenta).

Vale la pena rescatar que entre la información con la que se cuenta para revisar la integridad de este proyecto, no se cuenta con ningún informe emitido por la empresa ITP, que es el laboratorio que se está encargando de realizar el control de calidad del proyecto por parte de la empresa MECO. Es recomendable solicitar esta información para verificar cómo se encuentra el control de calidad en general del proyecto.

II.2.3 Anexo 4: Informe de continuidad de pilotes

En cuanto a los informes aportados por Ginprosa acerca de la verificación de calidad de la integridad estructural de los pilotes, se comenta que en el informe de inspección solamente se contaba con un informe de resultados de estos ensayos realizados por la empresa M y V Soluciones, el informe MV-IN-0410-15. Sin embargo, posteriormente cuando se solicitó la información de los diseños de las pantallas de pilotes, fueron entregados 3 informes adicionales de M y V, los cuales son MV-IN-0627-15, MV-IN-0810-15 y MV-IN-0932-15.

De todos los informes entregados, únicamente el informe MV-IN-0932-15 cuenta con ensayos realizados a los pilotes correspondientes a las pantallas alternativas a los muros de suelo cosido. El resto de los informes corresponden a ensayos realizados a los pilotes de los bastiones de los puentes.

No está mal que se sea riguroso al verificar la integridad de los pilotes de los puentes, pues puede ser que sean los que tengan mayores prestaciones de carga. Sin embargo, la pantalla de pilotes es una obra significativa en cantidad de pilotes y en metros lineales de terreno a retener, por lo que no se le debe restar importancia.

Es recomendable realizar una mayor cantidad de ensayos de integridad a los pilotes de las pantallas, como parte de las campañas de verificación de calidad realizadas por la empresa Ginprosa.

A pesar de lo anterior, los resultados que se observan de todos los pilotes ensayados, es que se catalogan como "Pilotes buenos", lo cual genera un alivio en cuanto a la integridad estructural de los mismos. Sin embargo, un dato importante que debe ser rescatado de estas pruebas y al que se le debe prestar atención es el dato de las velocidades de pulso utilizadas para analizar la integridad de los pilotes.

En la información adicional a los informes entregados por la empresa Ginprosa, se encuentran una serie de informes que muestran los resultados de los ensayos de velocidades de pulso realizados a especímenes cilíndricos de concreto muestreados de los colados del concreto de los pilotes (su identificación se indica en el apartado II.3.1). Estos ensayos fueron solicitados por la empresa ITP, pero se desconoce su finalidad. Lo importante, es que de estos informes se pudo extraer información para determinar las velocidades de pulso a utilizar en los ensayos de integridad de pilotes, ya que es un dato necesario para verificar el comportamiento de la propagación de la onda del impulso dado en la cabeza del pilote a lo largo de su longitud.



Para el informe MV-IN-0410-15 se utilizó una velocidad de pulso del concreto de 3417 m/s, pues es un valor resultante de los ensayos realizados a los especímenes cilíndricos de concreto proporcionados por ITP. Sin embargo, para el resto de los informes, se utiliza un valor de velocidad de pulso de 3600 m/s y no se conoce la razón del cambio de valor, pues no se indica en ninguna parte de sus informes.

Al observar los resultados de los ensayos de todos los informes de velocidad de pulso del apartado II.3.1, se cuentan con velocidades de oscilan entre 3200 m/s a 3400 m/s, con algunos datos, sobre todo los del informe MV-IN-0560-15, entre 3500 m/s a 3600 m/s, pero con pocos datos iguales o superiores a 3600 m/s. Se desconoce la elección de este valor, por lo que se recomienda solicitar la aclaración respectiva.

II.2.4 Anexo 5: Informes de no conformidad

En el anexo 5 se muestran las no conformidades que se levantaron durante el proceso de construcción de los pilotes de los bastiones y los pilotes de las pantallas alternativas a los muros de suelo cosido. Estas no conformidades constituyen hallazgos que no fueron subsanados en revisiones posteriores.

En la Tabla 5 se muestran los pilotes correspondientes a las no conformidades y las razones por las cuales se llegaron a estas no conformidades.

Tabla 5. No conformidades

No conformidad	Pilote	Razón
1	#23 – muro central norte	Se interrumpe el colado por 1.25 horas
2	#1 – muro norte este 04	Fracaso en el colado del concreto por la mala colocación de la tubería. Daño en la armadura al tratar de sacar pilote
3	#4 – muro norte este 04	Armadura no sujeta apropiadamente, al momento del colado se desplaza aproximadamente 12 cm
4	#19 – muro sur oeste 03	Se interrumpe el colado por 1.75 horas debido a que cae cadena de la máquina perforadora. Ginprosa recomienda se realice ensayo de integridad del pilote
5	#10 – muro norte oeste 04	Se interrumpe el colado por 2.5 horas. Ginprosa recomienda se realice ensayo de integridad del pilote

Como puede observarse en Tabla 5, la empresa Ginprosa recomienda realizar ensayos de integridad a los pilotes #23, #19 y #10 de los muros correspondientes. Sin embargo, según lo comentado en los apartados anteriores, solamente se realizaron ensayos de integridad a los pilotes #23 y #19. En este informe de no conformidades no se indica nada al respecto de cuando no se realizan ensayos de integridad a pesar de que se haya recomendado.

Afortunadamente, para los pilotes #23 y #19 los resultados de los ensayos de integridad son positivos, sin embargo no se conoce nada acerca del pilote #10 que es el que tuvo una mayor tardanza en el

colado del concreto y en el que se considera que la junta fría formada pueda afectar a la integridad estructural del pilote. Se recomienda realizar esta prueba a este pilote.

II.2.5 Comentarios generales

En general, se observa que el informe de de la empresa Ginprosa es bastante detallado al respecto de las descripciones de los hallazgos en las inspecciones realizadas. En algunos casos, se hacen recomendaciones que no son efectivas para este proyecto, conclusión a la que se llega por la falta de información donde se muestre que si se hace algo al respecto.

Y es que lejos de ser recomendaciones que si no se toman o no, no afecta la funcionalidad del proyecto, se podría dejar pasar que no se sigan. Sin embargo, muchas de ellas tienen sustento técnico, son lógicas o de sentido común y si no se siguen, se podría poner en duda la integridad del proyecto, como lo son las recomendaciones de las pruebas de integridad que no se hicieron a algunos pilotes que ellos sugirieron, las recomendación de la colocación del antioxidante a las armaduras de los pilotes, que se desconoce si se hizo o no, entre otras.

Otro aspecto importante que se observa en este informe, es la ausencia por parte de Ginprosa en solicitar ensayos a las varillas de refuerzo del concreto. Al realizar la visita de campo, se puede observar que las varillas se almacenan a la intemperie, permitiendo la oxidación. Ginprosa en algunas de las inspecciones de las armaduras, indican que existe oxidación y hasta se ha llegado a solicitar limpieza y uso de antioxidantes, pero no se observa que se haya solicitado algún ensayo al acero. Se recomienda realizar ensayos de verificación de calidad a estas varillas aunque se cuente con certificaciones del fabricante.

Por último y considero lo más importante, es que no hay ninguna documentación donde se indique qué medidas se deben tomar al momento en que se incumpla alguna de las especificaciones del proyecto, pues a lo largo del documento se observan que no se cumplen algunas especificaciones, pero tampoco se indica cuál medida se toma en el momento para subsanar dicha falta.

II.3 Informes adicionales aportados por la empresa MECO

Entre los informes que no corresponden a los redactados y presentados por la empresa inspectora Ginprosa, se encuentran una serie de informes que se comentarán a continuación.

II.3.1 Informes de velocidad de pulso del concreto

La empresa ITP solicita a la empresa M y V Soluciones, realice una serie de ensayos de velocidad de pulso a especímenes cilíndricos de concreto muestreado de los pilotes colados, tanto de los bastiones como de la pantalla de pilotes. Sin embargo, se desconoce su finalidad pues no se cuenta con ningún informe aportado por ITP donde se realicen conclusiones al respecto. Estos informes son: MV-IN-0093-15, MV-IN-0149-15, MV-IN-0184-15, MV-IN-0411-15, MV-IN-0494-15, MV-IN-0560-15 y MV-IN-0592-15.

Lo que si se nota es que estos resultados se utilizaron para los ensayos de integridad de los pilotes, tanto por la empresa M y V Soluciones así como la empresa INSUMA.

A pesar de que los resultados en su mayoría oscilan entre 3200 m/s a 3400 m/s, algunos otros (los del informe MV-IN-0560-15) de 3400 m/s a 3500 m/s, y muy pocos mayores a 3600 m/s.

II.3.2 Informes de integridad de pilotes

Se cuenta con los informes de integridad de los pilotes realizados por la empresa INSUMA y solicitados por la empresa MECO. Estos informes son el 1072A-15, el 3684-15 y el 2754-15. Estos informes incluyen ensayos de integridad realizados a pilotes de los bastiones de los puentes y a la pantalla de pilotes.

La empresa INSUMA indica que utiliza una velocidad de pulso tomada de los informes de M y V soluciones mostrados en el apartado II.3.1, sin embargo finalmente utiliza una velocidad de 3500 m/s, la cual corresponde solamente con la información suministrada por el informe MV-IN-0560-15. A pesar de que se considera que la mayoría de los datos de velocidad de pulso van de 3200 m/s a 3400 m/s, se puede tomar como aceptable la suposición de utilizar esta velocidad de onda por existir algunos datos que lo respaldan.

En su mayoría, los ensayos de integridad realizados arrojan resultados de pilotes clase A, lo cual indica que la integridad estructural de los pilotes es sana. Solo existe un resultado de la prueba de integridad del pilote #8 del muro sur oeste 03 que arroja una clase C, lo que indica que puede existir un posible defecto en el pilote.

Al respecto de este resultado, en el informe INSUMA recomienda que al momento de la excavación del viaducto, se realice la inspección del mismo para observar si presenta algún tipo de problema. La recomendación es la más apropiada por el momento a realizar hasta el momento para este elemento.

III. Visita de campo

El día 5 de agosto del 2015 y a solicitud de la unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, se realizó una visita técnica de campo para observar en general el estado del proyecto "Intercambio de Paso Ancho", pero más en específico observar la pantalla de pilotes, el estado del acero en el sitio y algunos otros aspectos que se consideraran de interés en el momento de la visita.

Lo primero que se observa, es un material que han colocado en una rampa y que se desconoce su finalidad en el proyecto. Si este material se va a utilizar como material de relleno, es observable que el tamaño máximo del mismo a simple vista es mayor que el estipulado en las especificaciones (ver Fotografía 1), por lo que había que verificar la conveniencia de su uso mediante ensayos de laboratorio.



Fotografía 1. Material colocado en rampa del proyecto

Posteriormente se conversó con el ingeniero encargado de la obra de la empresa MECO e indicó que todavía no se había establecido su uso en el proyecto, pero que no sería utilizado como material de relleno, por lo tanto aún no se habían realizado los ensayos de calidad correspondiente.

Lo siguiente que se observó es el estado de almacenamiento de las varillas que se utilizan para el refuerzo de los concretos del proyecto en general, pero más aún para las armaduras de los pilotes. Estas se encuentran a la intemperie, a pesar de que en las especificaciones se indica que se deben tomar las medias del caso para resguardar el acero de refuerzo de las condiciones atmosféricas que puedan resultar adversas.

A pesar de que en las varillas cierto grado de oxidación es permitido, y aunque en las normas de especificación se es muy claro en que no la oxidación no puede ser un motivo de rechazo de un lote, siempre es recomendable aplicar algún método de resguardo para no se genere oxidación excesiva en el acero, para evitar que se provoquen daños tan profundos como la alteración de las propiedades de las corrugaciones de las varillas, o aún más preocupante la disminución del área nominal de la barra, que es uno de los parámetros más importantes a salvaguardar por las suposiciones que se realizan al momento de diseñar el refuerzo de las estructuras. Acerca de este tema, ya se han escrito varios memos por parte del Programa de Ingeniería Geotécnica a la unidad de Auditoría Técnica.

Al momento de la visita, las varillas se encontraban oxidadas, por lo que se recomienda realizar ensayos a muestras tomadas al azar para verificar sus propiedades, y es recomendable también sugerir algún tipo de reguardo para estas varillas, tal como colocarles plástico negro sobre ellas para evitar una mayor oxidación.

Posteriormente se observó la pantalla de pilotes en todos los muros que estaban construidos hasta el momento. La pantalla de pilotes a simple viste se observa bastante bien. No existen anomalías visibles en los propios pilotes o en las pantallas en sí que puedan afectar su integridad. Algunos de los pilotes se

han ensanchado por el propio proceso constructivo, pero no ha sido por mucho por lo que se considera que esto no va en detrimento de la integridad del proyecto (ver Fotografía 2).



Fotografía 2. Pantalla de pilotes

Se considera que puede afectar eventualmente el diseño si su diámetro aumenta significativamente y esto puede generar cambios en las contribuciones de cargas que aporta el elemento al medio (ver memoria de cálculo de la empresa Geofortis del Anexo 2 del documento de revisión del diseño de pantalla de pilotes de Ginprosa). Pero los cambios que se han presentado en las pantallas en general del proyecto, no se consideran que afecten apreciablemente la integridad de la obra.

La viga de arriostre se observa bien, sin embargo en unas zonas no se encuentra terminada (ver Fotografía 2) aunque en la pantalla de pilotes aledaña si está terminada la viga (ver Fotografía 3).



Fotografía 3. Pantalla de pilotes contigua a la de la Fotografía 2

También, se pudo observar el proceso de perforación de un cable de anclaje de la pantalla de pilotes. Esta perforación se hizo sin problema alguno y se utilizó el equipo apropiado para ello.



Fotografía 4. Perforación de anclaje a la viga de arriostre

Los planos de estas perforaciones eran los únicos que se encontraban en el sitio el día de la visita de campo. Cabe mencionar que es importante que en el sitio se encuentren todos los planos del proyecto para que no se generen confusiones de ningún tipo al realizar algún tipo de obra definida en el proyecto.

Además, se puede apreciar como se está trabajando en la instalación de los puentes metálicos. Se comentó de realizar ensayos a la soldadura, los cuales pueden realizarse mediante varios métodos como lo son la utilización de líquidos penetrantes para observar algún tipo de grieta, los de películas magnéticas para ello se debe aplicar un campo magnético al cordón de la soldadura, el método de ultrasonido que en la actualidad se está realizando con mayor frecuencia por la seguridad ocupacional que conlleva, y el método de rayos X o gama, que se conocen como los mejores para detectar problemas en la soldadura, sin embargo son los más riesgosos por la exposición a estos tipos de rayos.



Fotografía 5. Colocación de los puentes metálicos

Se recomienda realizar alguna prueba al acero de los puentes metálicos mediante probetas para verificar la calidad del acero colocado. Sin embargo, esto puede quedar a criterio del Ingeniero Estructural que haga la revisión del mismo para la unidad de Auditoría Técnica.

También se observó el pilote #1 del muro norte este 04, que es el que la empresa MECO quedó de presentar una solución desde abril de 2015 y hasta la fecha se encuentra en el mismo estado.



A. Vista desde la parte superior de la pantalla



B. Vista frontal de la pantalla

Fotografía 6. Pilote 01 del muro norte este 04

Como se puede observar, el daño en la armadura es evidente sobre todo en los primeros tres aros, además la armadura se encuentra adherida al concreto que se coló en abril.

Es esencial que la empresa MECO entregue la solución de este problema, pues conforme pasa el tiempo puede aumentar la vulnerabilidad de la pantalla de pilotes al faltarle un elemento, y además sin este pilote no es posible hacer el colado de la viga de arriostre, que para el avance del proyecto es importante que se cuele pronto y así avanzar con la excavación del viaducto.

Cabe mencionar que la solución de este pilote faltante sea más compleja de lo que se espera, al tener el elemento que formar parte integral de la pantalla par que esta pueda funcionar como un todo. Por lo tanto, también se debe ser cuidadoso al momento de diseñar la solución. Sin embargo, se considera a pasado suficiente tiempo como para que ya se cuente con dicha propuesta.

Un aspecto a tomar en cuenta en la construcción de este proyecto, es que se encuentran muchos frentes de trabajo empezados pero no terminados, dando una sensación de desorden en la construcción del mismo. Esto además de aumentar el riesgo de cometerse errores y confusiones en la construcción de las distintas obras, le da una apariencia de pobre programación para un proyecto de esta índole.

El último comentario que se tiene al respecto de la construcción de este proyecto es que si la fecha de entrega de este proyecto continua siendo octubre del 2015, con el avance presentado el día de la visita, se considera no se va a poder entregar a tiempo pues aunque el día de la visita se estaban colocando algunas estructuras de los puentes metálicos, todavía falta excavar y colar pantallas de pilotes, falta construir los muros de suelo cosido que aún permanecen como parte del proyecto, la excavación del viaducto, la construcción de la estructura de pavimento y la construcción de las obras de drenaje y obras menores. Es recomendable indicar a la Administración que se prepare para no recibir a tiempo el proyecto y además para que empiece a pensar en las medidas caso a tomar.

IV. Bibliografía consultada

1. American Concrete Institute. ACI 318S-14 "Requisitos de Reglamento para concreto estructural", 2014.
2. American Society for Testing and Materials. ASTM D 5882 "Standard test method for low strain impact integrity testing of deep foundations", 2013.
3. American Society for Testing and Materials. ASTM C 1611 "Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete", 2014.
4. Federal Highway Administration. "Geotechnical Engineering circular #4: Ground Anchors and Anchored Systems", 1999.
5. Ginprosa. "Supervisión del diseño de los muros de pilotes preexcavados y anclajes", 2015.
6. Ginprosa. "Informe puntal de la verificación de la calidad de los pilotes de la intersección de Paso Ancho", 2015.
7. INSUMA. Informes 1072-A, 2754-15, 3684-15, 2015.
8. M y V Soluciones. Informes MV-IN-0093-15, MV-IN-0149-15, MV-IN-0184-15, MV-IN-0411-15, MV-IN-0494-15, MV-IN-0560-15 y MV-IN-0592-15, 2015.