



MEMORANDO MEMO-UP- 0009-2023

PARA: Ing. Francisco Fonseca Ch., Unidad de Auditoría Técnica

DE: Ing. Francisco Rodríguez B., Unidad de Puentes, PIE

Ing. Julian Trejos V., Coordinador Unidad de Puentes, PIE

ASUNTO: Respuesta a los oficios POE-09-2023-0079 de CONAVI y UNOPS-90413-20230316-025-DF de UNOPS los cuales responden a las observaciones realizadas al proyecto “Ampliación y rehabilitación del puente existente sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional No. 32”.

FECHA: 25 de abril de 2023

cc: Ing. Daniel Johanning C.
Ing. Rolando Castillo B.
Ing. Wendy Sequeira R.

Estimado Ing. Francisco Fonseca:

Por este medio nos referimos a los oficios UNOPS-90413-20230316-025-DF y POE-09-2023-0079, mediante los cuales se da respuesta a las observaciones realizadas al proyecto “Ampliación y rehabilitación del puente existente sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional No. 32”.

Respecto al **punto n.º 1** del oficio UNOPS-90413-20230316-025-DF, en el cual se indica:

“...las verificaciones seccionales de acero longitudinal en el diseño de los pilotes y bajo combinaciones de carga Strength y Sísmicas muestran para todos los casos valores de resistencia a flexocompresión superiores a los esfuerzos actuantes.”

Se adjunta una captura de pantalla en la cual se puede observar que la memoria de cálculo indica un incumplimiento en la revisión del acero longitudinal de los pilotes, esto en la página 1042 de la memoria de cálculo (ver figura n.º 1).

Conclusion									
Shear Reinforcing	OK	OK	OK						
Longitudinal Reinforcing	FAILED	FAILED	FAILED						

Figura n.º 1. Incumplimiento de acero longitudinal mostrado en página 1042 de memoria de cálculo del proyecto “Ampliación y rehabilitación del puente existente sobre el Río Virilla en la Ruta Nacional No. 32”





Conforme lo anterior, se detectó que una posible razón por la que se indica falla en el acero longitudinal de los pilotes en la página 1042 de la memoria de cálculo, es por haber introducido cargas axiales positivas en la hoja de cálculo (*a tracción*), cuando en la página 1041 el mismo caso de carga, se determina una carga axial negativa (*a compresión*) (ver figuras n.º 2 y n.º 3).

Input Data									
Bending moment, Mu	kN-M	2205.0	2972.0	2975.0					
Shear force, Vu	N	898000	957000	1078000					
Axial force, Nu (+ if tensile)	N	362000	1070000	2290000					
Web width, bv	mm	1200.00	1200.00	1200.00					
Shear depth, dv	mm	864.00	864.00	864.00					
Mild steel reinf. area, As	mm ²	114.075	114.075	114.075					
Conc area on tension side, Ac	mm ²	565486.7	565486.7	565486.7					
Area of stirrups, Av	mm ²	398	398	398					
Stirrup spacing, s	mm	200	200	200					

Figura n.º 2. Datos de entrada de la hoja de cálculo mostrada en la página 1042 de la memoria de cálculo

Action forces / Efficiency:												
No.	AP	P	Bending and axial force				Shear forces and torsion			eff(V,T) [-]	Complete CS eff(M,N,V,T) [-]	
			N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	eff(M,N) [-]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]			
1	AP4		-2446.0	215.0	-	0.08						
2	AP4		-970.0	246.0	-	0.05						
3	AP4		-2290.0	2975.0	-	0.60						
4	AP4		-1509.0	3162.0	-	0.70						
5	AP4		-1456.0	627.0	-	0.11						
6	AP4		-1923.0	551.0	-	0.10						
7	AP4		-2393.0	438.0	-	0.10						
8	AP4		-986.0	283.0	-	0.05						
9	AP4		-1961.0	1921.0	-	0.36						
10	AP4		-1509.0	3895.0	-	0.89						

- : Calculation with uniaxial bending (neutral axis is horizontal)!!

Figura n.º 3. Datos de salida mostrados en la página 1041 de la memoria de cálculo

Por lo anterior, se solicita que el contratista valide lo expuesto con el fin de que se corrija la información introducida en la hoja de cálculo mostrada en la página 1042 de la memoria de cálculo, con el fin de enmendar la inconsistencia presentada.

En cuanto al **punto n.º 2** del oficio UNOPS-90413-20230316-025-DF de respuesta donde se indica:

“Si en alguna parte de la memoria de cálculo se hace referencia a una versión de la normativa anterior a esta, se trata de una errata forma de escritura, debiendo hacer referencia para todos los casos a la norma AASHTO 2017”

Se considera debe modificarse dicha errata, corroborándose que las ecuaciones corresponden con las indicadas en la guía de diseño AASHTO LRFD 2017, caso contrario,





deben realizarse de nuevo las verificaciones de diseño y modificarse los planos de ser necesario.

Respecto al **punto n.º 3** en la que se indica:

“Se procederá a modificar los planos para que todas las longitudes de ganchos cumplan con lo establecido en la norma AASHTO LRFD 2017”.

Esta Unidad está conforme con el proceder que se menciona en el oficio UNOPS-90413-20230316-025-DF.

Con respecto al **punto n.º 4** del oficio UNOPS-90413-20230316-025-DF de respuesta en la que se menciona lo siguiente:

- *“...El coeficiente de importancia sísmica utilizado en el diseño de la rehabilitación del puente antiguo es de $I=1.00$ correspondiente a una estructura esencial no crítica...”*
- *“...Desde un punto de vista técnico, la normativa nacional está indicada para estructuras nuevas y no contempla de forma explícita una situación como la del proyecto de Rehabilitación del puente antiguo sobre el río Virilla RN32...”*
- *“...Es importante recalcar además, que no existe normativa a nivel internacional dirigida a estructuras existentes donde deba hacerse un acondicionamiento sísmico de la misma...”*

Se tienen los siguientes comentarios:

El Capítulo 5 de los Lineamientos de Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2012), se enfoca en la rehabilitación de puentes. Adicionalmente, la Federal Highway Administration (FHWA) cuenta con un manual denominado “Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1 – Bridges” (FHWA, 2006), el cual se enfoca en la rehabilitación y reforzamiento de puentes existentes ante cargas de sismo y en el cual se basan los Lineamientos de Diseño Sismorresistente de Puentes.

Por otra parte, la sección 5.4 de los Lineamientos de Diseño Sismorresistente de Puentes (CFIA, 2012), se define el sismo de diseño para rehabilitación como *aquel sismo con un periodo de retorno de aproximadamente 1000 años*, lo que es equivalente a utilizar un factor de importancia $I=1.0$ en los espectros desarrollados a partir del capítulo 2. Por lo anterior, se da por justificada la utilización de un factor de importancia de 1,0 en el diseño de la rehabilitación del puente en cuestión.

De tal forma, se considera necesario incluir en la memoria de cálculo esta justificación del sismo de diseño utilizado para la rehabilitación del puente.





Respecto al **punto n.º 5** del oficio UNOPS-90413-20230316-025-DF donde se indica:

“...Se procederá a realizar los ajustes necesarios en los planos del proyecto; específicamente en las notas generales y tablas de despieces donde se requiera...”, esta Unidad está conforme con dicho proceder.

Por último, para el **punto n.º 6** donde se indica:

“se solicita que se indique claramente qué información o comprobación adicional es requerida.”

Se recalca que en los puntos 2.1 a 2.25 del Cuadro 7 del informe EIC-Lanamme-INF-0208-2023, se enlista lo que se debe incluir la memoria de cálculo para que exista evidencia del cumplimiento de toda la normativa de diseño aplicable al proyecto, la cual se indica en el informe citado.

Dicho listado se muestra en el Cuadro 1 a continuación:

Cuadro 1. Recomendaciones finales derivadas de la revisión de la memoria de cálculo

Recomendación		Observaciones asociadas	
2.	2.1.	Justificar el uso de una carga vehicular amplificada en un 25 % para efectos puntuales de carga sobre losa del tablero.	6.A.1
	2.2.	Aclarar si se cargó más de un carril de diseño simultáneamente en los modelos de análisis, aplicando los factores de presencia múltiple y de amplificación dinámica.	6.E.10
	2.3.	Indicar en qué sección de la memoria se muestran los cálculos de efectos secundarios por el postensado en la superestructura de viga cajón. En caso de que no esté en la memoria, se recomienda que el diseñador presente la información en un documento aparte.	6.B.8
	2.4.	Aclarar cuáles fueron las combinaciones de carga que se utilizaron para el diseño de cada elemento del puente.	General





Cuadro 1. Recomendaciones finales derivadas de la revisión de la memoria de cálculo

Recomendación		Observaciones asociadas	
2.	2.5.	Demostrar que las columnas de las pilas cumplen los requerimientos de esbeltez según el Artículo 4.5.3.2.2 y 5.6.4.3 de AASHTO LRFD 2017, o justificar si no es necesario considerarlos.	6.B.15, 6.E.24
	2.6.	Justificar el motivo por el cuál no se hizo uso de los factores de carga por ductilidad, redundancia o importancia operacional.	6.E.8, 6.E.2
	2.7.	Justificación del uso de factores de reducción de la resistencia en los cálculos de capacidad de algunos elementos (AASHTO LRFD 2017 5.5.4.2 y 5.6.2.1).	General
	2.8.	Revisiones de detallado (recubrimiento, aceros mínimos, longitudes de desarrollo, empalmes, ganchos estándar, cuantías de acero, etc.) (AASHTO LRFD 2017 Artículos 5.11.4.3, 5.11.4.1.6, 5.11.4.1.1, 5.11.4.1.3, 5.10.8.1, 5.10.8.2, 5.12.9.1, 5.10.8.4 o 5.12.9.2)	General
	2.9.	Justificación del uso de factores modificadores de carga por ductilidad, redundancia o importancia iguales a 1.	General
	2.10.	Cálculo de las deflexiones de las losas de tablero y de las entrelosas según AASHTO LRFD 2017 Artículo 9.5.2.	6.E.3
	2.11.	Revisión de deslizamiento en la base de las cimentaciones de pilas (AASHTO LRFD 2017 Artículo 10.6.3.4).	6.B.19
	2.12.	Revisiones de deflexiones en losas y prelosas (Artículo 9.5.2 de AASHTO LRFD 2017).	6.E.3





Cuadro 1. Recomendaciones finales derivadas de la revisión de la memoria de cálculo

Recomendación		Observaciones asociadas	
2.	2.13.	Revisiones de transferencia de cortante entre tablero y barreras de contención vehicular, y entre el tablero y las vigas de concreto de las superestructuras tipo viga (5.7.4 de AASHTO LRFD 2017)	6.E.5, 6.E.17
	2.14.	Revisión de tensiones adicionales por cortante producido por el presfuerzo en los elementos principales de las superestructuras (AASHTO LRFD 2017 Artículo 5.7.3.5).	6.E.14
	2.15.	Revisión de longitud de asiento en todas las subestructuras (Artículo 4.7.4.4 de AASHTO LRFD 2017).	6.H.8
	2.16.	Interacción entre cuerpos de pilas y cabezales de pilas y entre cuerpos de pilas y cimentaciones (Artículo 5.12.8.8 y 5.7.4 de AASHTO LRFD 2017).	6.E.28
	2.17.	Revisión de los desplazamientos inelásticos de la estructura a partir de los desplazamientos elásticos del análisis (Artículo 4.7.4.5 de AASHTO LRFD 2017).	6.H.2
	2.18.	Provisión de una memoria de cálculo completa para el diseño de los apoyos, tomando en cuenta los anclajes, longitud de asiento y combinaciones de fuerzas (14.6.5.3 y 14.7.5.3.7 de AASHTO LRFD 2017).	6.H.6, 6.H.7, 6.H.8
	2.19.	Revisiones de detallado de cuantías mínimas y máximas de acero, separaciones de refuerzo longitudinal y transversal, revisión de confinamiento en zonas donde se requiere.	General
	2.20.	Justificación de no considerar cargas de viento en las subestructuras del puente.	6.E.23





Cuadro 1. Recomendaciones finales derivadas de la revisión de la memoria de cálculo

Recomendación		Observaciones asociadas
2.	2.21. Justificación de no considerar los efectos de esbeltez en columnas de pilas	6.E.24
	2.22. Revisión de fuerzas axiales en columnas según AASHTO LRFD 2017 Artículo 5.11.4.1.3 para verificar la contribución a cortante del concreto	6.H.3
	2.23. Revisión del deslizamiento en la base de todas las cimentaciones según AASHTO LRFD 2017 Artículo 10.6.3.4.	6.B.19
	2.24. Justificación del uso de un factor de sistema de 1 en vigas cajón.	6.B.11
	2.25. Indica si los tendones de presfuerzo en vigas tipo I son adheridos o desadheridos y justificar el valor de reducción de resistencia a flexión utilizado.	6.B.9

Atentamente,

Ing. Francisco Rodríguez Bardía
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural

Ing. Julian Trejos Villalobos
Coordinador, Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural

