innova Precast, S.L.

Pretec

ESTRUCTURAS INDUSTRIALIZADAS DE HORMIGON

PUENTE RÍO YPANE

TRAMO: PUNTA RIEL – BELEN (38+873,77)

REPUBLICA DEL PARAGUAY

DISPOSICIÓN DE VIGAS TRANSVERSALES

DICIEMBRE 2023

REV.0

Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente, ni transmitirse por ningún procedimiento, incluso electrónico.

No podrá prestarse, alquilarse o ceder su uso sin permiso previo y por escrito de Innova Precast, S.L

Revisión	Fecha emisión	Comentario	Referencia
00	15/12/2023	Elaboración documento	2221 Puente río Ypane – vigas transversales_00

1. INTRODUCCIÓN

Se emite la presente como técnica para dar respuesta al informe recibido como resultado de la Auditoría Técnica Externa del Proyecto “Mejoras en la conectividad física del Departamento de San Pedro” realizada por FOCEM.

Esta documento tiene por objeto la descripción de algunas de las ventajas del diseño de la superestrucutura de un puente formado por vigas prefabricadas tipo I sin vigas tranversales o arriostramientos, así como la justificación de que dicho diseño verifica los distintos estado límite últimos y de servicio que debe satisfacer la estructura.

2. VENTAJAS DE EJECUCIÓN SIN ARRIOSTRAMIENTOS TRANSVERSALES

Una de las principales ventajas que presenta la construcción de puentes mediante vigas prefabricadas es la industrialización del proceso, pudiéndose garantizar unos mayores niveles de calidad al reducir los trabajos a realizar en sitio. Asimismo se consigue una mayor rapidez de ejecución en todo el proceso constructivo, obtenidose así un ahorro enconómico y reduciendose también los riesgos inherentes a la ejecución de trabajos en obra.

Sin embargo, de optar por la ejecución de las vigas transversales, dichas ventajas competitivas se ven mermadas en gran medida debido al incremento de tiempos de ejecución, de costes, de un menor nivel de acabados y de la siniestralidad en obra.

Imagen 1. Tablero vigas I sin riostra

Imagen 2. Tableros vigas I sin riostra

Para evitar los trabajos asosciados a la ejecución de las vigas transversales, que commo hemos visto restan parte de las ventajas descritas, hace décadas que las normativas de referencia a nivel internacional (Eurocódigos, AASHTO y otras normativas nacionales basadas en las anteriores, como es el caso del Manual de Carreteras del Paraguay), permiten el diseño de este tipo de estructuras sin la incorporación de vigas transversales.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELIMINACIÓN DE LAS VIGAS TRANSVERSALES

La función principal de las vigas de arriostramiento es la de mejorar el reparto transversal de cargas entre las diferentes vigas que componen el tablero. Esto se consigue en buena medida para cargas centradas en el tablero. En cambio, el reparto para cargas excéntricas no es tan significativo, siendo las vigas laterales las que siguen soportando un alto porcentaje de la carga aún existiendo la viga de arriostramiento.

En cuanto al diseño de la losa y en función del número de vigas transversales dispuestas, dichas vigas soportan en mayor o menor medida la flexión transversal general del tablero, al incrermentar la rigidez transversal de los mismos. Por lo tanto, en un tablero con suficientes vigas transversales, la losa del tablero se diseña para únicamente resistir la flexión transversal local.

En consecuencia, los puentes que no dispongan de vigas de arriostramiento transversal deben ser diseñados mediante un modelo de cálculo (sea un emparrillado plano o un modelo de elementos finitos) que permita obtener de manera precisa los esfuerzos máximos para cada viga con esta configuración estructural. A partir de dichos esfuerzos se podrá verificar que las vigas satisfacen todos los estados límite ultimos y de servicio, incluido el de fatiga.

En el caso de la estructura que nos ocupa, el dimensionamiento completo de los tableros está recogido en la memoria de cálculo titulada "*2221-01-000 MEMORIA DE CÁLCULO. PUENTE RIO YPANE*". En dicho documento se han planteado los modelos de cálculo necesarios que permiten obtener los esfuerzos para la configuración propuesta sin vigas de arriostramiento transversal.

Se muestran a continuación algunas capturas de pantalla del modelo de elementos finitos desarrollado con el programa CSI Bridge:

Imagen 3. Vista del alzado longitudinal del modelo de elementos finitos

Imagen 4. Perspectiva del modelo de elementos finitos

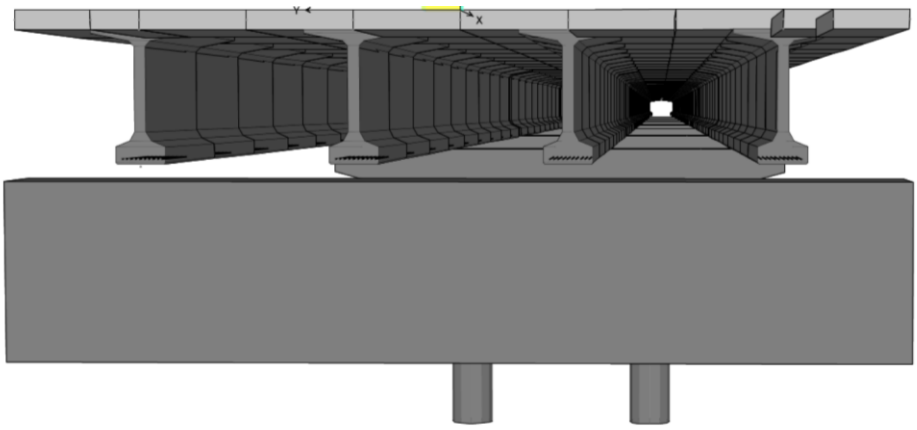

Imagen 5. Vista transversal del modelo de elementos finitos

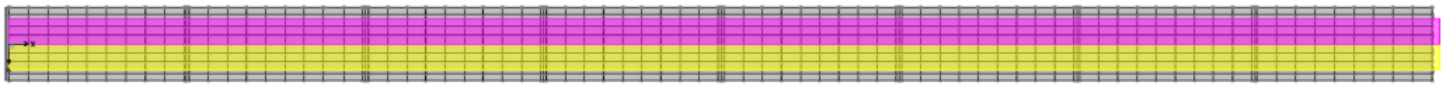

Imagen 6. Vista en planta de los carriles de carga sobre los tableros

Asimismo, los modelos desarrollados también permiten la obtención de los esfuerzos generados en la losa por las cargas de diseño y que, debido a la no disposición de las vigas transversales, deberán considerarse tanto los propios de la flexión transversal local como los debidos a la flexión transversal general.

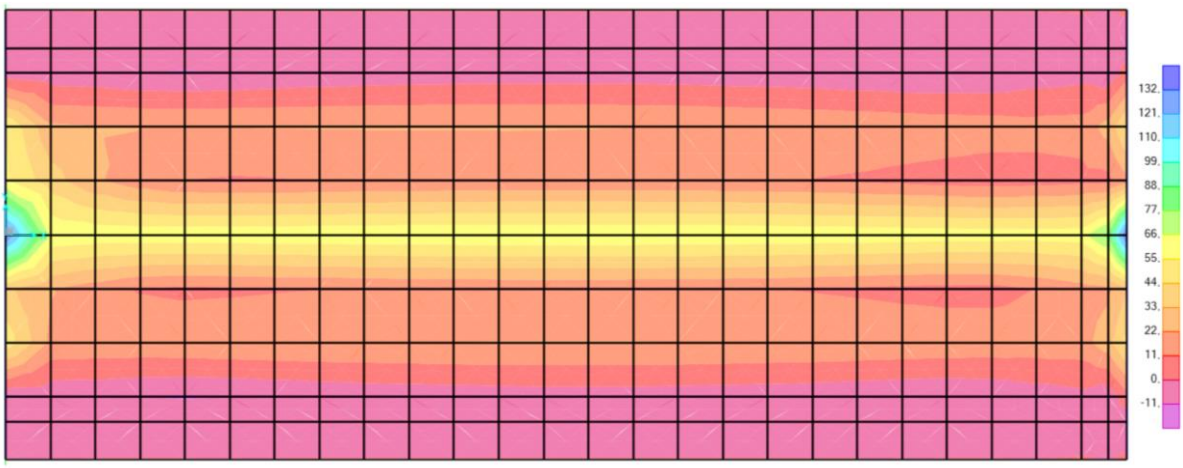

Imagen 7. Vista en planta de los esfuerzos generados sobre la losa

Mediante esta metodología se han desarrollado los cálculos y diseñado los tableros de vigas del puente sobre el río Ypane. Tanto el modelo de emparrillado plano como el modelo de elementos finitos elaborados y recogidos en el memoria de cálculo citada anteriormente, reportan los diferentes esfuerzos que tanto las vigas como la losa deben resistir sin la presencia de vigas transversales.

En dicho documento de cálculo también se recoge, en el apartado de verificación de los aparatos de apoyo, al igual que las se ha realizado en el caso de las vigas y la losa, el dimensionamiento para los esfuerzos máximos resultantes de modelar la estructura sin vigas transversales.

Como última cuestión a comentar en este apartado, si bien es cierto que la presencia de vigas de arriostramiento transversal pueden servir de punto de elevación de los tableros en trabajos de manteninimiento y sustitución de los aparatos de apoyo, en los tableros en los que no hay presencia de dichas vigas se procede a la colocación de gatos de elevación de menores dimensiones, pudiéndose coordinar la diposición de varios gatos para elevar las vigas de forma sincronizada o verificando que, mediante la elevación puntual de algunas de las vigas los esfuerzos locales generados por el descenso de apoyo producido son perfectamente asumibles por la losa y no afectan a la integridad estructural de los tableros.

Se adjunta esquema de la ubicación en estos casos:

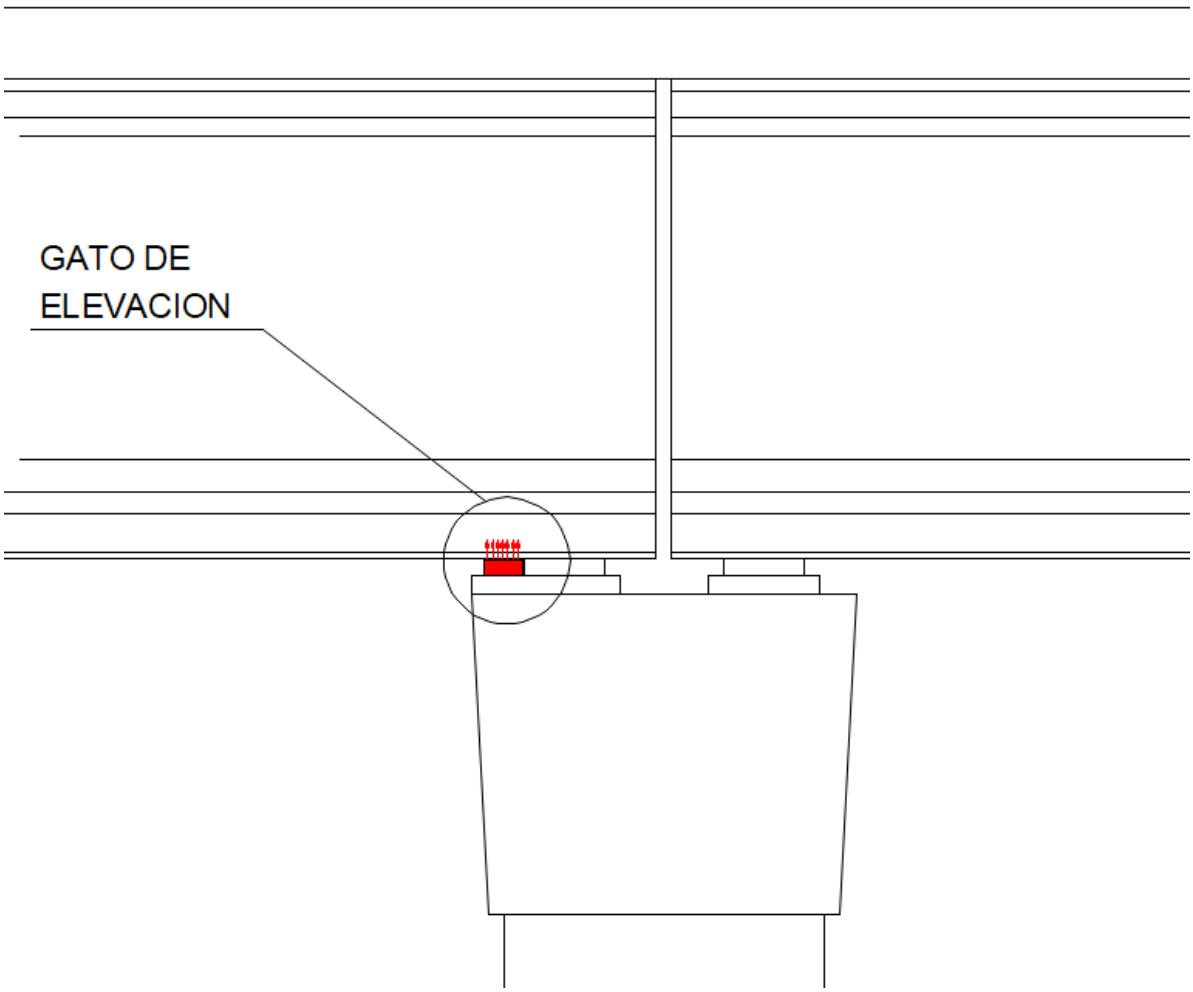

Imagen 7. Alzado longitudinal del tablero en pila

4. CONCLUSIÓN

Desde hace varias décadas es habitual que en la ejecución de puentes formados por vigas prefabricadas de sección en I no se dispongan vigas de arriostramiento transversal, ni en sus secciones sobre apoyos ni en sus secciones intermedias.

Actualmente se siguen manteniendo este tipo de elementos en aquellas estructuras que están sometidas a elevadas acciones transversales, como por ejemplo puentes ubicados en zonas sísmicas. Aunque se ha demostrado que el comportamiento diafragmático de la losa frente a esfuerzos horizontales no los haría estrictamente necesarios, se disponen para facilitar la ubicación los elementos de retención longitudinal y transversal que se necesitan para un correcto desempeño sísmico de los tableros.

La mayoría de normativas de referencia permiten la construcción de este este tipo de soluciones siempre que se verifiquen adecuadamente los esfuerzos resultantes a partir de un modelo de cálculo que simule de forma veraz la geometría real del puente, tal y como se ha hecho en el proyecto constructivo de esta estructura.

De dicho modelo de cálculo se extraen los esfuerzos máximos a los que se verá sometida la estructura y que se emplearán para el dimensionamiento de los distintos elementos, de forma que se satisfagan todos los estados límite último y de servicio de diseño.

Para la elevación del tablero durante las operaciones de sustitución de los aparatos de apoyo en este tipo de tableros se deben emplearse gatos de elevación cuyas dimensiones permitan su ubicación bajo las vigas prefabricadas.