

Pasantía de investigación como apoyo para la revisión, ajuste y presentación de una propuesta para el reforzamiento estructural de puentes viga cajón de grandes luces construidos por voladizos sucesivos en Colombia.

Beverley Roa Diaz

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Alvaro Viviescas Jaimes

Ingeniero Civil, PhD en Ingeniería Estructural

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, mis hermanos, mi familia, y a todos aquellos compañeros que son estudiantes, pero también soñadores y emprendedores que luchan día a día para cumplir con esta meta. "Cuanto mayor es el obstáculo, más gloria hay en superarlo." – Molière.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por ser mi guía en cada paso que doy, a mi madre por impulsarme siempre a continuar, a mis compañeros de carrera y a mis amigos por tantas experiencias gratas en esta etapa de mi vida, a todos mis profesores, a cada persona que me apoyó, y especialmente agradezco a mi director por creer en mí y permitirme trabajar con él por tantos semestres, gracias por su invaluable apoyo y por todas sus enseñanzas que me permitieron crecer tanto en lo personal como en lo académico. Gracias también mi alma máter, es un orgullo para mi poder decir que soy Ingeniera Civil de la Universidad Industrial de Santander.

Tabla de contenido

	Pag.
Introducción	8
1. Objetivos	11
1.1 Objetivo General	11
1.2 Objetivos Específicos.....	11
2. Metodología	12
2.1 Primera fase: revisión de la propuesta y portafolio VIE 2023.....	12
2.1.1 Generalidades de la convocatoria VIE 2023.....	12
2.1.2 Resumen de la propuesta	13
2.1.3 Objetivos de la propuesta.....	14
2.1.4 Marco teórico de la propuesta.....	15
2.1.5 Impacto esperado	15
2.1.6 Problemas identificados en la propuesta.....	16
2.1.7 Observaciones de los evaluadores	18
2.2 Segunda fase: Ajuste del contenido de la propuesta.....	19
2.2.1 Elementos con mayor necesidad de mejora.....	19
2.2.2 Enriquecimiento de la propuesta.....	21
2.3 Tercera fase: Presentación de la propuesta al portafolio VIE 2024.....	26
2.3.1 Generalidades de la convocatoria VIE 2024.....	26
2.3.2 Presentación de la nueva propuesta a la convocatoria VIE 2024	27
3. Resultados.....	28

4. Conclusiones.....	32
5. Recomendaciones	33
Referencias.....	34

Lista de Tablas

Tabla 1 Resultados de evaluación propuesta convocatoria VIE 2023	17
Tabla 2 Criterios organizados de menor a mayor puntuacion	20

Lista de Figuras

Figura 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible.	12
Figura 2 Pirámide de Bloom.....	22

Resumen

Título: Pasantía de investigación como apoyo para la revisión, ajuste y presentación de una propuesta para el reforzamiento estructural de puentes viga cajón de grandes luces construidos por voladizos sucesivos en Colombia.*

Autor: Beverley Roa Diaz**

Palabras Clave: reforzamiento, voladizos sucesivos, puentes de grandes luces.

El objetivo principal de esta pasantía de investigación fue reformular una propuesta para el reforzamiento estructural de puentes viga cajón de grandes luces construidos por voladizos sucesivos en Colombia para ser presentada a la convocatoria 2024 de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander. Se ajustó una propuesta que había sido presentada en una convocatoria anterior, cuyas causales de rechazo incluían la falta de validación experimental, la necesidad de un reajuste de los objetivos y de la metodología para un incluir un componente de innovador, entre otros. En respuesta, la nueva propuesta incluyó en la metodología el uso de pruebas experimentales con prototipos de puentes viga cajón reforzados con FRP y pretensado externo, así como una modificación a los objetivos, metodología, presupuesto y alcance del proyecto, junto con una reestructuración del marco teórico y las referencias bibliográficas. A pesar de estas mejoras, los evaluadores esperaban ver una propuesta más disruptiva y con un enfoque más innovador, capaz de generar un impacto significativo en el campo del reforzamiento estructural, y aunque la propuesta abordaba un problema relevante, y fue valorado su potencial, nuevamente resultó sin financiación.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Prerado en Ingeniería Civil. Director: Alvaro Viviescas Jaimes. Ingeniero Civil, PhD en Ingeniería Estructural.

Abstract

Title: Research internship as support for the review, adjustment and presentation of a proposal for the structural reinforcement of box girder bridges of large spans built by successive cantilevers in Colombia.*

Author: Beverley Roa Diaz**

Keywords: reinforcement, successive cantilevers, bridges with large spans.

The main objective of this research internship was to reformulate a proposal for the structural reinforcement of large span box girder bridges built by successive cantilevers in Colombia to be submitted to the 2024 call of the Vice-Rector of Research and Extension of the Industrial University of Santander. A proposal that had been presented in a previous call was adjusted, whose grounds for rejection included the lack of experimental validation, the need for a readjustment of the objectives and the methodology to include an innovative component, among others. In response, the new proposal included in the methodology the use of experimental tests with prototypes of FRP-reinforced box girder bridges and external prestressing, as well as a modification to the objectives, methodology, budget, and scope of the project, along with a restructuring of the theoretical framework and bibliographic references. Despite these improvements, the evaluators expected to see a more disruptive proposal with a more innovative approach, capable of generating a significant impact in the field of structural reinforcement, and although the proposal addressed a relevant problem, and its potential was assessed, it again resulted without funding.

*** Degree Project**

**** Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Degree in Civil Engineering. Director: Alvaro Viviescas Jaimes. Civil Engineer, PhD in Structural Engineering**

Introducción

El reforzamiento estructural de puentes viga cajón es un tema de gran relevancia en la infraestructura vial, especialmente en países como Colombia donde la topografía montañosa y las condiciones climáticas variables exigen soluciones técnicas que garanticen la seguridad y durabilidad de estas estructuras (W. A. Hernández, Á. Viviescas Jaimes y C. A. Riveros-Jerez, 2021).

Los puentes viga cajón de grandes luces presentan a menudo deflexiones excesivas debido a factores como el envejecimiento de los materiales, el aumento del tráfico vehicular y el desgaste causado por las condiciones ambientales adversas. (Daniela Patricia Tavera Diaz, 2017). Por esta razón, a lo largo de los últimos años se han explorado diversas técnicas de reforzamiento estructural a nivel internacional, como el uso de polímeros reforzados con fibra (FRP) y el pretensado externo, entre otras. Estas soluciones han demostrado ser eficaces en la prolongación de la vida útil de los puentes y en la reducción de los costos de mantenimiento en países desarrollados (2018), sin embargo, la adaptación de estas técnicas a las condiciones geográficas y climáticas de Colombia presenta desafíos importantes que requieren investigación adicional.

Dada la necesidad de evaluar la viabilidad de estas técnicas en el contexto colombiano, se ajustó y se presentó una propuesta de investigación a la convocatoria interna de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de analizar su efectividad en la reducción de las deflexiones y la mejora de la estabilidad estructural de los puentes viga cajón de grandes luces en Colombia, considerando también los aspectos económicos y prácticos de la implementación de estas soluciones para así proporcionar recomendaciones para su aplicación a nivel nacional.

La versión original de la propuesta, presentada en 2023, se fundamentó en la identificación de técnicas internacionales de reforzamiento a partir de la cual se construirían modelos numéricos detallados que se aplicarían a casos de puentes nacionales.

A pesar de abordar un problema relevante, los evaluadores de la convocatoria señalaron que los objetivos no reflejaban un desarrollo disruptivo en el campo de estudio, pues la propuesta presentaba una revisión bibliográfica insuficiente, con la ausencia de referencias recientes que posicionaran la investigación en el contexto actual. La metodología tampoco se alineaba adecuadamente con los objetivos planteados, lo que generaba incoherencia entre las etapas del proyecto y los resultados esperados. La falta de pruebas experimentales para validar los modelos propuestos y la inviabilidad de implementar las técnicas de reforzamiento dentro del presupuesto y el tiempo disponible también fueron limitaciones que impidieron que la propuesta resultara financiada.

En virtud de las observaciones previamente expuestas, se identificó la necesidad de realizar esta pasantía, que permitió el reajuste de aspectos clave y puntos críticos con el objetivo de optimizar la presentación de la propuesta para una nueva convocatoria VIE en 2024. Este proceso permitió llevar a cabo una revisión exhaustiva de la literatura actual, y un ajuste de la metodología para asegurar su alineación con los objetivos establecidos.

La validación experimental es fundamental en este tipo de investigaciones, ya que permite observar el comportamiento real de las técnicas de reforzamiento cuando se aplican en prototipos bajo condiciones controladas. Por esta razón se incluyó este componente para obtener una mejor relación de los modelos y técnicas propuestas, y dar mayor credibilidad del proyecto.

En este informe se documenta el proceso de reajuste de la propuesta, y se exponen las acciones realizadas para el cumplimiento de los requisitos de la misma, así como los resultados obtenidos y las razones por las cuales, a pesar de las mejoras, no se obtuvo financiamiento. Este análisis no solo busca entender los motivos detrás del rechazo, sino también proporcionar recomendaciones para mejorar futuras propuestas de investigación.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Reformular una propuesta de investigación para el reforzamiento estructural de puentes viga cajón de grandes luces construidos por voladizos sucesivos en Colombia, para ser sometida al portafolio VIE 2024.

1.2 Objetivos Específicos

Realizar una revisión de las propuestas anteriores, sus resultados obtenidos y los informes de los pares evaluadores.

Fortalecer la propuesta en los elementos críticos para incrementar su puntaje de evaluación.

Ajustar la propuesta de investigación para que cumpla con los requisitos la convocatoria del portafolio VIE 2024.

2. Metodología

2.1 Primera fase: revisión de la propuesta y portafolio VIE 2023.

En esta fase se identificaron los requisitos de la convocatoria VIE 2023, contenido de la propuesta presentada al portafolio y las observaciones de los pares evaluadores.

2.1.1 Generalidades de la convocatoria VIE 2023

El propósito de la convocatoria fue apoyar investigaciones orientadas al alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), alineadas con los focos y misiones estratégicas de la Misión Internacional de Sabios (MIS), y en coherencia con el Plan de Desarrollo Institucional. La figura 1 muestra los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, con la propuesta presentada alineada con el ODS 9. Industria, Innovación e infraestructura.

Figura 1.

Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Nota. Listado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible adoptados por la ONU en 2015. (Organización de Las Naciones Unidas, 2015)

A través de la modalidad de Investigación aplicada, o desarrollo experimental, se esperaba financiar un total de 15 propuestas de un banco de elegibles que obtuvieran un mínimo de 75 puntos, con un monto de hasta \$55.000.000. (Vicerrectoría de Investigación y Extensión, 2023)

2.1.2 Resumen de la propuesta

La propuesta presentada en la convocatoria VIE 2023 para el reforzamiento estructural de puentes viga cajón de grandes luces tenía como objetivo principal “Proponer una técnica de reforzamiento para el control de deflexiones a largo plazo en puentes de grandes luces construidos por voladizos sucesivos en Colombia”.

Primero, se seleccionarían los modelos más representativos para evaluar deflexiones en función de su uso en normativas o literatura científica. Luego, tras elaborar un inventario de puentes en Colombia, se seleccionarían 3 puentes representativos de la tipología de voladizos sucesivos (Puentes El Ramo, Pujamanes, El Tablazo), los cuales han demostrado tendencia a deflexiones excesivas.(L. Rincón, 2020)

En paralelo, se llevaría a cabo un estudio comparativo de técnicas de reforzamiento para identificar las más efectivas, seguido por la creación de modelos numéricos utilizando software especializado. Se calibrarían estos modelos mediante pruebas de vibración ambiental y se aplican las técnicas de reforzamiento modeladas en los puentes seleccionados. Finalmente, se generarían recomendaciones basadas en los resultados y se documentan hallazgos en artículos y documentos finales, que se presentarán en eventos científicos y en revistas indexadas para su difusión.

2.1.3 Objetivos de la propuesta

General

Proponer una técnica de reforzamiento para el control de deflexiones a largo plazo en puentes de grandes luces construidos por voladizos sucesivos en Colombia.

Específicos

Seleccionar los modelos más representativos en función de su uso en normativas y/o literatura científica para la evaluación de las deflexiones a largo plazo en puentes de voladizos sucesivos.

Evaluar las deflexiones a largo plazo en 3 puentes representativos de la tipología de voladizos sucesivos para el caso colombiano.

Identificar las técnicas de reforzamiento en puentes de voladizos sucesivos para el control de deflexiones a largo plazo, de mayor uso según la evidencia de la literatura científica.

Seleccionar la técnica de control de deflexiones más adecuada de acuerdo con la mejor respuesta en los puentes de la muestra seleccionada, considerando además los costos y la facilidad constructiva

2.1.4 Marco teórico de la propuesta

El estado del arte de esta propuesta se centró en la evolución y aplicación de la técnica de construcción por voladizos sucesivos en puentes, desde el comienzo de su desarrollo en el siglo XIX y destacando su uso desde la década de 1930 (A. G. Padilla, 2018). Se mencionó el primer puente construido con esta técnica y cómo la llegada del pretensado en la década de 1940 permitió el avance en su utilización, lo que llevó a la construcción de varios puentes notables en Europa y en Colombia, adaptando esta técnica a terrenos complejos (R. Valle Pascual, N. F. Carvajal Monsalve y J. C. Botero Palacio, 2017). Además, se describieron las características del sistema constructivo, y se abordaron las patologías comunes en estas estructuras, identificando factores causantes de fallas y la importancia de la monitorización estructural.

Finalmente, se presentaron diversas técnicas de reforzamiento, para abordar problemas de deflexiones y mejorar la durabilidad de los puentes construidos mediante esta metodología.

2.1.5 Impacto esperado

La propuesta anticipaba un impacto positivo significativo en la infraestructura vial de Colombia. Al aplicar técnicas de reforzamiento en los puentes de viga cajón construidos por voladizos sucesivos, se esperaba mejorar la durabilidad de estas estructuras, reducir los costos de mantenimiento a largo plazo y, lo más importante, garantizar la seguridad de las personas que dependen de estas vías para su movilidad diaria.

Este impacto se alineaba con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas, particularmente con el ODS 9, que se centra en la construcción de infraestructuras resilientes y sostenibles.

2.1.6 Problemas identificados en la propuesta

Si bien la propuesta original se destacó por su enfoque en la adaptación de técnicas internacionales, los evaluadores señalaron varias áreas que necesitaban mejoras significativas para que la propuesta fuera aceptada. Uno de los problemas principales fue la falta de originalidad. Aunque la propuesta identificaba correctamente las técnicas de reforzamiento que habían tenido éxito en otros países, los evaluadores argumentaron que la propuesta parecía más una aplicación directa de conocimientos preexistentes que un esfuerzo por desarrollar nuevas soluciones o adaptar de manera única las técnicas internacionales al contexto colombiano.

Además, se destacó la necesidad de realizar una revisión bibliográfica más profunda y actualizada. Los evaluadores consideraron que la propuesta no hacía suficiente referencia a estudios recientes, lo que limitaba su potencial para generar aportes significativos a la comunidad científica.

La Tabla 1 muestra el puntaje recibido por dos pares en cada uno de los criterios de la convocatoria, con una calificación de 1 a 5 puntos.

Tabla 1

Resultados de evaluación propuesta convocatoria VIE 2023.

Criterios por evaluar	Par 1	Par 2
Título		
Explicativo por sí solo (Representa la esencia de la investigación en pocas palabras).	4	5
Describir el contenido de forma específica, clara y concisa.	4	5
Marco teórico		
Actualidad y vigencia del tema.	5	4
Originalidad de la propuesta de investigación y lo novedoso de los resultados.	3	3
Planteamiento de la pregunta o problema de investigación		
Pertinencia y actualidad del estado del arte.	5	5
Claridad en la descripción de la pregunta o problema.	3	4
Actualidad y vigencia de los planteamientos expuestos.	4	4
Objetivos		
Concordancia con el problema o pregunta.	4	4
Metodología		
Pertinencia de la metodología para el logro de los objetivos.	3	4
Cronograma		
Correspondencia con las exigencias teóricas y metodológicas.	3	4
Calidad e impacto de los resultados esperados en:		
La generación de nuevo conocimiento o nuevos desarrollos tecnológicos.	4	5

El fortalecimiento de la comunidad científica.	4	4
La apropiación social del conocimiento.	3	5
Presentación de la propuesta		
Redacción y ortografía.	5	3
Bibliografía		
Pertinencia y actualidad.	3	4
Presupuesto		
Pertinencia de los rubros.	3	5
Concordancia con los resultados planteados.	3	5
Cumplimiento de los lineamientos establecidos en los términos de referencia de la convocatoria.	4	4
Idoneidad del equipo investigador		
Nivel y formación académica de los investigadores.	4	5
Calidad y trayectoria o potencial del (los) grupo(s) proponente(s).	5	5

Nota. En esta tabla se sintetizan los resultados de los informes obtenidos por los pares evaluadores.

(Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, 2023)

2.1.7 Observaciones de los evaluadores.

A pesar de que la propuesta ofrecía una base sólida para abordar los problemas de los puentes viga cajón, los evaluadores identificaron varias razones clave para su no aceptación. En primer lugar, se mencionó que los objetivos no eran lo suficientemente ambiciosos para una propuesta de investigación de esta magnitud. Si bien la propuesta abordaba un problema relevante, los evaluadores esperaban ver un mayor enfoque en el desarrollo de nuevas técnicas de reforzamiento o en la innovación en la metodología utilizada.

Además, la metodología, aunque detallada, no estaba completamente alineada con los objetivos planteados. Los evaluadores señalaron que, si bien se identificaban varias técnicas de reforzamiento, no se explicaba con suficiente detalle cómo estas técnicas serían probadas y validadas en el contexto colombiano. La falta de una validación experimental clara fue otro punto débil importante que contribuyó a la decisión de rechazo.

Por último, se identificaron problemas relacionados con el presupuesto y los recursos disponibles. Los evaluadores consideraron que la propuesta subestimaba el tiempo y los costos necesarios para implementar las técnicas de reforzamiento en los puentes seleccionados. Esto generó preocupaciones sobre la viabilidad del proyecto dentro de los límites establecidos por la convocatoria.

2.2 Segunda fase: Ajuste del contenido de la propuesta.

2.2.1 Elementos con mayor necesidad de mejora

Una vez recopilada la información de las evaluaciones, se calculó el promedio de cada criterio entre los dos evaluadores, con el fin de identificar, según su relevancia, los aspectos prioritarios a modificar y mejorar. Estos criterios clasificados de menor puntaje, a mayor puntaje se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.*Criterios organizados de menor a mayor puntuación.*

Criterios	Puntaje
Originalidad de la propuesta de investigación y lo novedoso de los resultados.	3
Claridad en la descripción de la pregunta o problema.	3
Pertinencia de la metodología para el logro de los objetivos.	3
Correspondencia con las exigencias teóricas y metodológicas.	3
Pertinencia y actualidad.	3
La apropiación social del conocimiento.	4
Pertinencia de los rubros.	4
Concordancia con los resultados planteados.	4
Redacción y ortografía.	4
Actualidad y vigencia de los planteamientos expuestos.	4
Concordancia con el problema o pregunta.	4
El fortalecimiento de la comunidad científica.	4
Cumplimiento de los lineamientos establecidos en los términos de referencia de la convocatoria.	4
Explicativo por sí solo (Representa la esencia de la investigación en pocas palabras).	4
Describir el contenido de forma específica, clara y concisa.	4
La generación de nuevo conocimiento o nuevos desarrollos tecnológicos.	4
Nivel y formación académica de los investigadores.	4
Actualidad y vigencia del tema.	4
Pertinencia y actualidad del estado del arte.	5
Calidad y trayectoria o potencial del (los) grupo(s) proponente(s).	5

Nota. En esta tabla se organizaron de menor a mayor los puntajes obtenidos por los pares evaluadores.

Los aspectos de mayor importancia incluyeron la originalidad, la claridad en la formulación del problema de investigación, la pertinencia de la metodología para alcanzar los objetivos propuestos, la coherencia entre las actividades metodológicas y la relevancia y actualidad del enfoque.

2.2.2 Enriquecimiento de la propuesta

Con base en los conceptos finales, se planteó una solución puntual para cada aspecto de la propuesta.

2.2.1.1 Ajuste de los objetivos. La Taxonomía de Bloom es una herramienta para estructurar los procesos de aprendizaje, abarcando desde la comprensión inicial hasta la creación de nuevas ideas o soluciones según los niveles de complejidad de los objetivos y las actividades.

La versión original consta de seis niveles, que van desde las habilidades cognitivas más simples (recordar) hasta las más complejas (crear). (Carmen Giorgiana Bonaci*, Razvan V. Mustata and Alin Ienciu, 2013)

Tal como se presenta en la Figura 2, los verbos "seleccionar", e "identificar", utilizados en los objetivos específicos de la propuesta, tienden a estar relacionados con niveles de pensamiento más bajos, como la comprensión y el análisis, que se centran en la recopilación y revisión de información existente.

Figura 2*Pirámide de Bloom.*

Nota. Esta pirámide categoriza los verbos para la redacción de objetivos específicos dependiendo del grado de complejidad de la investigación. (Nájera, 2024)

Con el fin de elevar el nivel de complejidad y ambición del proyecto, se modificaron los objetivos específicos y se incluyeron verbos como "aplicar", "validar" y "analizar", que se asocian con niveles más altos de la taxonomía, como la síntesis y la evaluación.

Se incluyó la aplicación de modelos normativos reconocidos como AASHTO, EUROCÓDIGO, ACI para evaluar deflexiones de manera estructurada, se introdujo un análisis multicriterio para seleccionar técnicas de control de deflexiones, y se incorporó la aplicación de técnicas en un modelo de elementos finitos para facilitar una evaluación más detallada de la respuesta en un puente representativo.

Un aspecto clave del ajuste de estos objetivos fue la introducción de la validación experimental a través de la utilización de un prototipo en un laboratorio, lo que agregó un componente práctico que orientó la propuesta hacia un nivel de creación de nuevo conocimiento y soluciones aplicables, a diferencia del enfoque más descriptivo y teórico de la versión anterior. Así pues, los objetivos ajustados se presentan a continuación:

General

Proponer una técnica de reforzamiento para el control de deflexiones a largo plazo en puentes de grandes luces construidos por voladizos sucesivos en Colombia.

Específicos

Evaluar las deflexiones a largo plazo en un puente representativo de la tipología de voladizos sucesivos para el caso colombiano, aplicando los modelos existentes en normativas de referencia (AASHTO, EUROCODIGO, ACI).

Identificar las técnicas de reforzamiento en puentes de voladizos sucesivos para el control de deflexiones a largo plazo, de mayor uso según la evidencia de la literatura científica.

Seleccionar las 3 técnicas de control de deflexiones con mayor posibilidad de aplicación al caso colombiano, a partir de un análisis multicriterio.

Aplicar las técnicas seleccionadas a un modelo de elementos finitos del puente representativo con el fin de evaluar su respuesta.

Validar experimentalmente la técnica para el control de deflexiones de mejor respuesta en el modelo numérico, mediante su aplicación en un prototipo de viga cajón a escala reducida construido en el laboratorio de estructuras de la UIS.

2.2.1.2 Actualización del estado del arte y referencias bibliográficas.

Teniendo en cuenta las observaciones de los pares se realizaron ajustes significativos al marco teórico de la propuesta. En primer lugar, se eliminó la información sobre la historia y generalidades de esta tipología de puentes, y se enfocó el contenido en aspectos más técnicos y específicos relacionados con el fundamento principal del proyecto.

En lugar de proporcionar un contexto histórico, el nuevo marco se centró en la definición de fallas, la importancia del mantenimiento de las estructuras, incremento en la vida útil y las técnicas y materiales utilizados para su reforzamiento. (G. Zhang, Y. Liu, J. Liu, S. Lan y J. Yang, 2022)

Un hallazgo clave de esta revisión fue que muchos países, especialmente en Europa y Norteamérica, habían logrado extender significativamente la vida útil de sus puentes mediante la implementación de programas de mantenimiento preventivo y técnicas de reforzamiento proactivas (Federal Highway Administration, 2018). Así pues, se demostró que estas técnicas, si bien efectivas en sus contextos originales, necesitaban ser adaptadas a las particularidades de Colombia incluyendo las condiciones sísmicas climáticas y materiales disponibles.

Así mismo, para la actualización de la bibliografía se tuvieron en cuenta solo los documentos con una ventana de tiempo no mayor a 5 años, presentes en las bases de datos de SCOPUS, y en revistas especializadas reconocidas.

2.2.1.3 Ajuste de la metodología

A raíz del ajuste en los objetivos, una nueva metodología de la propuesta incluyó la revisión de literatura científica para identificar modelos de evaluación y técnicas de reforzamiento según normas como AASHTO, EUROCÓDIGO y ACI.

Se propuso el inventario de puentes en Colombia, para seleccionar un caso representativo en el que se realizaría un modelado numérico de deflexiones utilizando el software MIDAS CIVIL®. Posteriormente, se ejecutarían pruebas de vibración ambiental para validar los modelos y se llevaría a cabo un estudio comparativo de las principales técnicas de reforzamiento en el que se modelarían numéricamente las tres más aceptadas en la literatura, evaluando su respuesta estructural. Del mismo modo, se validaría experimentalmente la técnica más eficaz de los modelos en un prototipo de viga cajón y se elaboraría un documento orientativo con recomendaciones para el reforzamiento de puentes afectados por deflexiones excesivas, junto con la divulgación de los hallazgos en eventos científicos y publicaciones en revistas indexadas.

La transición hacia esta nueva metodología implicó un enfoque más estructurado y detallado: mientras que en la versión original se realizaba una revisión general de literatura y se seleccionaban tres puentes representativos para un estudio comparativo de técnicas de reforzamiento, la versión actual se centró en normas específicas como AASHTO, EUROCÓDIGO y ACI, y optó por seleccionar un solo puente representativo.

La inclusión de una validación experimental en esta segunda propuesta fue el cambio más importante respecto a la primera entrega. La construcción de un prototipo a escala en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Industrial de Santander permitiría simular las condiciones reales a las que estarían expuestos los puentes en su entorno natural, pero dentro de un contexto controlado donde se pudieran medir y analizar de manera precisa los resultados.

2.2.1.4 Ajuste del presupuesto

Dada la necesidad de incluir la validación experimental, se incluyó en el rubro de Reactivos y materiales de laboratorio los materiales a utilizar para la validación experimental de la técnica de reforzamiento en el prototipo de puente, además de la actualización del rubro de Avisos e Impresos con los valores actualizados de procesamiento para publicación de artículo en revista internacional indexada A1, entre otros.

2.3 Tercera fase: Presentación de la propuesta al portafolio VIE 2024

2.3.1 Generalidades de la convocatoria VIE 2024

La convocatoria Reto y agendas de investigación UIS buscó promover el cumplimiento del reto institucional establecido en la Misión 6.0, enfocándose en propuestas que contribuyeron a las agendas de investigación de la institución.

Estas agendas abarcaban cinco áreas clave: la creación de sinergias entre el campo y la ciudad para cerrar brechas; la sostenibilidad de alimentos y agua; la transición energética y la diversificación productiva sostenible; la promoción de una educación de calidad, la salud y la convivencia en democracia; y la reconciliación entre los seres humanos y la naturaleza.

Esta vez, a través de la modalidad de Investigación aplicada o desarrollo experimental, se esperaba financiar un total de 10 propuestas de un banco de elegibles que obtuvieran un mínimo de 75 puntos, con un monto de hasta \$60.000.000. (Vicerrectoría de Investigación y Extensión & Universidad Industrial de Santander, 2024)

2.3.2 Presentación de la nueva propuesta a la convocatoria VIE 2024

La propuesta de investigación ajustada para su presentación en la convocatoria VIE 2024, se presentó bajo la Agenda de Investigación “Sinergias campo - ciudad: cerrando brechas”, y para su presentación definitiva se confirmó la lista de chequeo con todos los aspectos de información general de la propuesta, requisitos habilitantes del documento, requisitos habilitantes del equipo investigador, financiación y duración, y causales de rechazo.

3. Resultados

Tras la presentación de la propuesta y la publicación de los resultados del banco preliminar de elegibles, se conoció que la propuesta no consiguió superar el puntaje de 75 puntos requerido para llegar a la fase de financiación.

Dada la posibilidad de recibir de aclaraciones a la publicación del banco de elegibles, se solicitaron las evaluaciones de los pares para conocer las áreas de mejora de esta nueva propuesta, así como los criterios de evaluación.

El proceso de evaluación de esta convocatoria de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, indico que aquellas propuestas que cumplieran con los requisitos habilitantes serian sometidas a evaluación por parte de 2 pares externos en modalidad de evaluación a ciegas, donde se les asignaría un puntaje de 0 a 100 puntos.

Si existiera una diferencia mayor a (30) puntos entre las dos evaluaciones, se requeriría de una evaluación por otro par externo, evento que se presentó en esta ocasión.

La primera evaluación, con fecha del 27 de mayo de 2024, recibió calificaciones entre los 90 y 100 puntos, por lo que su promedio final fue 94.28. El evaluador 1 consideró que el proyecto fue relevante y ofrecía un aporte técnico para buscar solución a problemas actuales de la infraestructura vial del país. Destacó que, dado que se seleccionaba un solo puente como modelo para el análisis, se necesitaría un estudio detallado de los materiales del modelo experimental asegurando que fueran coherentes con las características y resistencias presentes en el puente elegido. También recomendó incluir un análisis del tráfico al inicio de la operación y sus

proyecciones durante la vida útil del puente, para definir adecuadamente las cargas que se utilizarán en el modelo de laboratorio.

La segunda evaluación, y la más severa, con fecha del 29 de mayo de 2024, obtuvo un promedio de 47.85 puntos. Este resultado generó preocupación, pues el objetivo del ajuste de la propuesta fue mejorar y enriquecer su contenido, y con este puntaje se reflejarían fallas importantes que debían haber sido subsanadas en la fase de ajuste.

En las observaciones el par 2 indicó que la propuesta carecía de un planteamiento concreto, ya que no incluía cifras de la literatura ni estudios previos del grupo de investigación. Además, criticó que el planteamiento del problema, los objetivos y la metodología eran demasiado generales y ambiguos.

Los resultados esperados parecían imprecisos y difíciles de alcanzar, ya que no estaba claro cómo se lograrían, la metodología no especificaba la normativa a seguir y presupuesto era demasiado general, sin contemplar todas las actividades descritas. Por último, mencionó que la bibliografía no se utilizó de manera efectiva en la propuesta.

Dada una diferencia de 46 puntos entre las dos evaluaciones, se tuvo que acudir a un tercer evaluador externo cuya revisión realizada el 11 de junio de 2024 arrojó un resultado promedio de 81.42 puntos.

Este último concepto destacó consistencia en el proyecto “desde el título hasta los resultados proyectados”, señalando un potencial altamente positivo dentro del sistema de infraestructuras del departamento. Sin embargo, también señaló que el ítem de estado del arte no posibilitó evidenciar un criterio o indicador que apoyara la selección del método a emplear. Su

recomendación para futuros ejercicios fue emplear herramientas software que permitieran validar de forma objetiva la selección de la solución propuesta.

En la Tabla 3 se muestran los puntajes detallados de cada ítem y cada par evaluador.

Tabla 3

Resultados de evaluación propuesta convocatoria VIE 2024.

Crterios	Par 1	Par 2	Par 3
1. Planteamiento de la pregunta o problema de investigación			
1.1. Pertinencia y actualidad del estado del arte	90	50	80
1.2. Claridad en la descripción de la pregunta o problema	90	50	90
1.3. Actualidad y vigencia de los planteamientos e50puestos	90	50	90
2. Objetivos			
2.1 Concordancia con el problema o pregunta	90	50	80
3. Metodología			
3.1 Pertinencia de la metodología para el logro de los objetivos	90	50	90
4. Cronograma			
4.1 Correspondencia con las exigencias teóricas y metodológicas	100	50	80
5. Calidad e impacto de los resultados esperados en:			
5.1 La generación de nuevo conocimiento o nuevos desarrollos tecnológicos	90	40	80
5.2 El fortalecimiento de la comunidad científica	90	40	90

5.3 Apropriación social del conocimiento	100	40	100
6. Presentación de la propuesta			
6.1 Redacción y ortografía	90	60	90
7. Bibliografía			
7.1 Pertinencia y actualidad	100	40	90
8. Presupuesto			
8.1 Pertinencia de los rubros	100	50	90
8.2 Concordancia con los resultados planteados	100	50	90
8.3 Cumplimiento de los lineamientos establecidos en los términos de referencia de la convocatoria	100	50	NN

Nota. Información tomada del informe de evaluación por pares evaluadores. (Universidad Industrial de Santander, 2024)

Así pues, el promedio final obtenido por la calificación de los 3 pares fue de 74.28 puntos, un valor menor al necesario para resultar elegible.

4. Conclusiones

Con el ajuste de objetivos, metodología y contenido de la propuesta para su segunda presentación en la convocatoria VIE 2024 se concluyó que la revisión y clarificación de los objetivos permitió enfocar de manera más precisa el alcance del proyecto, lo que resultó en una comprensión más clara de su propósito y relevancia. Además, la inclusión de validación experimental facilitó un enfoque más riguroso y sistemático, lo que aumentó la credibilidad y viabilidad del proyecto en su conjunto.

Los resultados de la evaluación recibida por el segundo par fueron los que más afectaron a la propuesta, pues se señalaron deficiencias importantes, como la falta de un planteamiento claro, la ausencia de datos concretos y un análisis insuficiente de la metodología. Esto sugiere que, aunque se abordaron algunas críticas y se intentó ofrecer mayor claridad, el enfoque o la implementación de los ajustes realizados en la fase 2 de este trabajo no fueron suficientes para satisfacer las expectativas del evaluador.

Como aspecto favorable, los resultados obtenidos por las calificaciones de los pares 1 y 3 fueron positivos, y muy similares entre sí. Con las observaciones obtenidas de estos dos evaluadores se pudo confirmar el valor y el potencial del proyecto.

Esta situación destaca la importancia de un proceso de evaluación que considere diversas perspectivas y enfatiza la necesidad de seguir trabajando en la precisión del contenido de la propuesta.

La experiencia adquirida no solo es valiosa para mejorar la propuesta actual, sino que también ofrece lecciones significativas para futuras convocatorias. Así pues, aunque los resultados no hayan sido los esperados, el reconocimiento de aspectos positivos sugiere que hay un camino claro para la mejora continua y el desarrollo del proyecto.

5. Recomendaciones

A partir de la experiencia en la pasantía, se recomienda asegurar que los objetivos de una nueva propuesta de investigación busquen alcanzar niveles altos de complejidad cognitiva que promuevan un análisis crítico y una aplicación práctica del conocimiento. Se sugiere también que la metodología no se base solo en valores de modelos teóricos, sino que se incluya la validación experimental, así como las normativas pertinentes para aumentar la validez del enfoque.

Es fundamental integrar datos cuantitativos y cualitativos que respalden las afirmaciones del documento, junto con una bibliografía sólida que los respalde.

Con respecto al presupuesto, es recomendable incluir cotizaciones detalladas de cada elemento, lo que permitirá justificar cada rubro de manera más efectiva.

Finalmente, es esencial buscar la inclusión de tendencias actuales en investigación, tales como la tecnología y la sostenibilidad. Para ello, se sugiere establecer alianzas con otras facultades o escuelas que puedan aportar conocimientos y recursos complementarios que pueden enriquecer la propuesta, incorporando enfoques emergentes que mejoren el impacto del proyecto y brinden un componente más innovador.

Referencias

A. G. Padilla. (2018). *EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DEL PUENTE PEDRO DE VALDIVIA.*

Asociacion Colombiana para el Avance de la Ciencia. (2023). *Informe de Evaluación CTO777-2023 Convocatoria de proyectos de Investigación U. Santander.*

Carmen Giorgiana Bonaci*, Razvan V. Mustata and Alin Ienciu. (2013). Revisiting Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. *The Macrotheme Review.*

Daniela Patricia Tavera Diaz. (2017). *PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LAS PATOLOGÍAS, TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO, REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PUENTES EN CONCRETO CONSTRUIDOS POR EL MÉTODO DE LOS VOLADIZOS SUCESIVOS PARA GRANDES LUCES PARA GRANDES LUCES EN COLOMBIA: ESTADO DEL ARTE.*

Federal Highway Administration. (2018). *Bridge Preservation Guide, Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility.*

G. Zhang, Y. Liu, J. Liu, S. Lan y J. Yang. (2022). Causes and statistical characteristics of bridge failures: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9(3), 388–406.

L. Rincón. (2020). *Estimación de patologías asociadas a efectos reológicos a largo plazo en puentes viga-cajón en Colombia.*

M. M. K. b. S. H. c. M. B. D. H. c. S. M. d. J. W. d. H. W. d. M. K. d. P. K. M. e. L. D. O. f. Tevfik Terzioglu a,. (2018). Nondestructive evaluation of grout defects in internal tendons of post-tensioned girders. *NDT & E International*, 99, 12.

Nájera, M. S. J. (2024, August 5). *Organiza tus clases con la Taxonomía de Bloom*. Observatorio / Instituto para el Futuro de la Educación. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/organiza-tus-clases-con-la-taxonomia-de-bloom/>

Organizacion de las Naciones Unidas. (2015).

R. Valle Pascual, N. F. Carvajal Monsalve y J. C. Botero Palacio. (2017). Evolución de los parámetros geométricos de diseño en puentes construidos con voladizos sucesivos in situ,. *Revista UIS Ingenierias*, 16(1), 85–100.

Universidad Industrial de Santander. (2024). *Formulario de evaluacion propuesta de investigacion 0203*.

Vicerrectoría de Investigación y Extensión. (2023). *Convocatoria de investigación básica y articulada con el entorno: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), Misión Internacional de Sabios (MIS) y Plan de Desarrollo Institucional (PDI)*.

Vicerrectoría de Investigación y Extensión & Universidad Industrial de Santander. (2024). *Convocatoria: Reto y agendas de investigación UIS*.

W. A. Hernández, Á. Viviescas Jaimes y C. A. Riveros-Jerez,. (2021). Caracterización dinámica de puentes de grandes luces de sección viga cajón construidos por voladizos sucesivos. *Scien[1]Tia et Technica*, 26(3), 354–370.