

Estudio Patológico para Intervención (Puente Vehicular en Concreto Estructural
Tipo Voladizo Sucesivo)

Presentado por:

Ramiro Ordoñez Millán, Gustavo Alberto Orjuela Agudelo

Asesor:

German Andrés Gutiérrez Pinzón

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en Patología de la Construcción
2025

TABLA DE CONTENIDO

Portada.....	1
Tabla de contenido.....	2
Resumen.....	3
HISTORIA CLÍNICA.....	3
Localización Geográfica del Puente Norte.....	4
Elección del sistema estructural.....	6
METODOLOGÍA.....	7
Tabla 1 - Ensayos propuestos.....	8
Análisis de datos.....	9
Tabla 2 - análisis de datos-puente norte.....	9
DIAGNÓSTICO.....	10
tabla 3 - diagnostico-puente norte.....	10
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	11
Tabla 4 - Propuesta de intervención-puente norte.....	11
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	12
Matriz de Vulnerabilidad Sísmica Cualitativa – Puente Norte.....	13
CRONOGRAMA.....	14
PRESUPUESTO.....	14
RESULTADOS	16
BIBLIOGRAFÍA.....	18
ANEXOS.....	20

RESUMEN

Este trabajo presenta el estudio patológico del Puente Norte vehicular, una estructura de concreto postensado construida por voladizos sucesivos, ubicado en la intersección de la Av. Primero de Mayo con Av. Carrera 68 en Bogotá D.C. El objetivo principal fue diagnosticar las patologías presentes en elementos clave (columnas, dovelas, estribos, topes sísmicos, muros) mediante inspección visual detallada y análisis, considerando las especificaciones de diseño para una vida útil de 100 años. La metodología incluyó el levantamiento de fichas de inspección, análisis de lesiones y sus posibles causas, contrastando con normativas de diseño como la CCP14 y NSR-10. Se identificaron principalmente fisuras leves y superficiales atribuidas a retracción plástica, así como hormigueros y porosidades. Se proponen intervenciones específicas como sellado de fisuras con lechada o resinas epóxicas y reparaciones superficiales con mortero. Este estudio busca mejorar la comprensión de las patologías y definir soluciones viables para el mantenimiento, asegurando la funcionalidad y durabilidad de la estructura.

Palabras clave: Patología estructural, Puentes de concreto, Voladizos sucesivos, Inspección visual, Diagnóstico estructural, Reparación de concreto, Fisuración

ABSTRACT

This work presents the pathological study of the Puente Norte vehicular bridge, a post-tensioned concrete structure built using successive cantilevers, located at the intersection of Primero de Mayo Avenue and Carrera 68 Avenue in Bogotá D.C. The main objective was to diagnose the pathologies present in key elements (columns, segments, abutments, seismic stoppers, walls) through detailed visual inspection and analysis, considering design specifications for a 100-year service life. The methodology included the creation of inspection sheets, analysis of damages, and their possible causes. Mainly, slight and superficial cracks attributed to plastic shrinkage were identified, as well as honeycombing and porosities. Specific interventions are proposed, such as sealing cracks with grout or epoxy resins and superficial repairs with mortar. This study aims to improve the understanding of these pathologies and define viable solutions for maintenance, ensuring the functionality and durability of the structure.

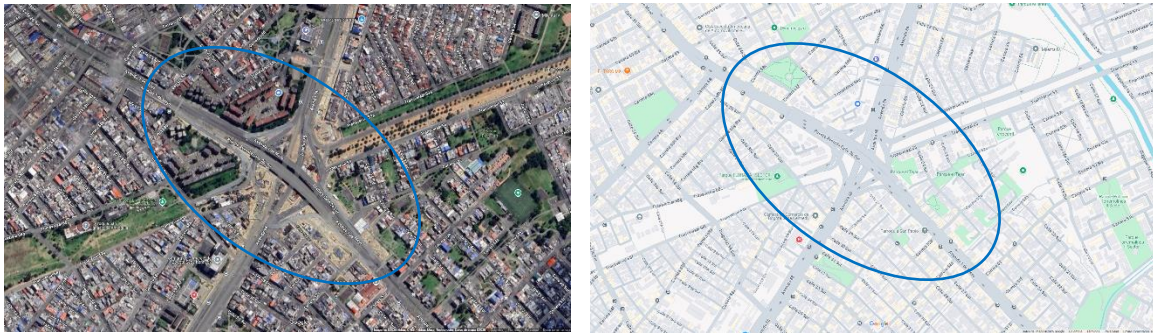
Keywords: Structural pathology, Concrete bridges, Successive cantilevers, Visual inspection, Structural diagnosis, Concrete repair, Cracking

1. HISTORIA CLÍNICA

El Puente Norte objeto de este estudio está ubicado en la ciudad de Bogotá D.C.

Localización Específica: Intersección de la Avenida Primero de Mayo con la Avenida Carrera 68.

Coordenadas Geográficas: Latitud $4^{\circ}36'33''\text{N}$, Longitud $74^{\circ}07'45''\text{O}$. (Esta ubicación corresponde a un nodo crucial del sistema de transporte de la ciudad, actualmente intervenido por las obras de la Primera Línea del Metro de Bogotá y la troncal alimentadora de TransMilenio de la Avenida 68).

Figura 1*Localización Geográfica del Puente Norte*

Nota: Intersección Av. Primero de Mayo con Av. Carrera 68, Bogotá. Imágenes tomadas de Google maps.

Descripción del Entorno, Uso y Cargas de Diseño:

Entorno: El puente se encuentra en un entorno urbano altamente congestionado, con un flujo vehicular constante y denso. Está expuesto a condiciones ambientales típicas de una ciudad. La humedad relativa promedio considerada para el diseño es del 75%, y los cambios de temperatura corresponden a un clima moderado, con un gradiente de temperatura de Zona 2.

Uso: Diseñado para uso vehicular pesado, incluyendo tráfico mixto.

Cargas de Diseño

Pesos Unitarios:

Concreto Superestructura: 25 kN/m^3 .

Concreto Subestructura y barreras de Tráfico: 24 kN/m^3 .

Acero: 76.5 N/m^3 .

Carga Viva: Según CCP-14 (sección 9).

Cargas de Viento: Calculadas para una velocidad de 100 km/h en condiciones de Campo Abierto

Información Disponible del "Paciente"

Para el presente estudio, se cuenta con la inspección visual detallada realizada por los autores, cuyos hallazgos se documentan en las fichas de inspección y el análisis de patologías (ver secciones de Metodología, Análisis de Datos y Diagnóstico de este documento).

Idealmente, se buscaría complementar esta información con:

Planimetría original del proyecto: Planos estructurales, arquitectónicos, de detalles, y especificaciones técnicas.(Ver anexo 1)

Registros de construcción: Resultados de ensayos de materiales durante la construcción.

Año de Diseño y Construcción

El Puente Norte, situado en la intersección de la Avenida Primero de Mayo con la Avenida Carrera 68, constituye una pieza integral de la infraestructura desarrollada para la Primera Línea del Metro de Bogotá. La construcción del puente dio inicio aproximadamente el 2 de marzo de 2023, culminó el 17 de junio de 2024, y su puesta en operación se registró el 21 de junio de 2024.

Vida Útil de Diseño

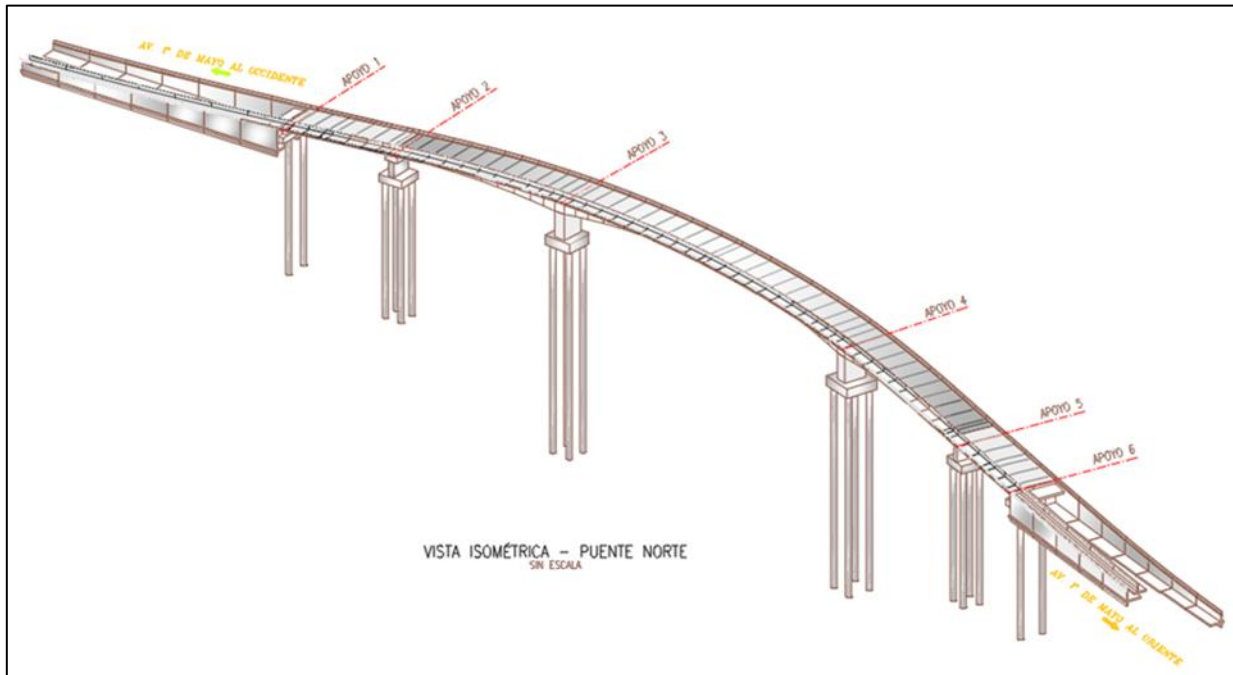
La estructura fue diseñada para una vida útil de 100 años

Configuración Estructural

La configuración del Puente norte está compuesta por 6 apoyos, con cimentación de pilotes profundos, y pilas en las que se soporta la superestructura. Los apoyos centrales (No.3 y No.4) fueron diseñados con una dovela sobre pila, convirtiéndose en una estructura monolítica. La configuración de las luces del puente norte fue definida de la siguiente manera: 29.6m + 50m + 100m + 50m + 29.6m, de esta forma la luz más grande es la de 100 m. De estas luces, las de 50 y 100 m se llevan a cabo mediante carros de avance y las luces de 29.6 m que empalman a los estribos del puente, se realizan mediante cimbra tradicional. Los Apoyos (No.1 y No.6) consisten en estribos, en donde la estructura esta simplemente apoyada, al igual que en los Apoyos No. 2 y No. 5 con pilas que reciben la carga de la superestructura mediante apoyos elastoméricos de neopreno. Ahora, en cuanto a las aproximaciones del puente, estas son aligeradas, con la inclusión de geo bloques de poliestireno como parte de la estructura de relleno.

Figura 2

Esquema-puente norte



Nota: Vista isométrica - puente norte

Elección del sistema estructural

El sistema estructural que se utilizó en este puente fue mediante el sistema de dovelas sucesivas, este sistema es muy eficiente para las luces tan grandes y debido a su ubicación este sistema evita que se realicen apoyos temporales que afecten la movilidad del sector, de igual forma el preesfuerzo permite optimizar la resistencia del concreto.

Características del sistema

La estructura del Puente Norte se distingue por los siguientes aspectos:

Materiales Principales: La superestructura y subestructura emplean principalmente dos materiales. Para los elementos de concreto, se especificó una resistencia a la compresión (f'_c) de 35 MPa para las columnas, $f'_c = 42$ MPa, para las dovelas que conforman los voladizos. El acero de refuerzo utilizado en toda la estructura posee una fluencia especificada (f'_y) de 420 MPa.

Configuración de Luces: El puente presenta un tramo central de 100 metros, flanqueado por dos tramos adyacentes de 50.4 metros cada uno, además de los tramos de acceso.

Altura de Pilas: Las pilas principales, que corresponden a los apoyos 3 y 4, tienen una altura de 6 metros, mientras que las pilas secundarias (apoyos 2 y 5) alcanzan los 4.10 metros de altura.

Cimentación y Condiciones Geotécnicas del Sitio: El diseño de la cimentación del Puente Norte responde a las particularidades del terreno y a las cargas de la estructura, empleando una solución de cimentación profunda con pilotes pre-excavados. Estos pilotes alcanzan una profundidad de 50 metros en la zona de los apoyos centrales, mientras que en los demás apoyos se extienden entre 36 y 40 metros. La necesidad de recurrir a este tipo de cimentación se fundamenta en las condiciones geotécnicas características del subsuelo de Bogotá, el cual se distingue predominantemente por la presencia de depósitos de arcillas blandas y compresibles de origen lacustre. Estos suelos, conocidos por su baja capacidad portante, hacen indispensable el uso de cimentaciones profundas para asegurar la estabilidad y el adecuado desempeño de estructuras de gran envergadura como la analizada.

Criterio estructural y diseño: El diseño estructural del puente se fundamentó en la optimización de la resistencia, ductilidad y rigidez. Estos criterios son esenciales para garantizar la seguridad y el comportamiento adecuado de la estructura tanto frente a cargas gravitacionales permanentes y variables, como ante las sollicitaciones sísmicas esperadas en la región.

Tramos en voladizos: Los tramos construidos mediante el método de voladizos sucesivos fueron diseñados para que el concreto, una vez postensado, tenga la capacidad de resistir eficazmente las tensiones de tracción inducidas por los momentos flectores. El diseño y distribución del preesfuerzo a lo largo de estos tramos son críticos para controlar la fisuración, minimizar las deformaciones a corto y largo plazo, y asegurar la capacidad portante para las cargas vehiculares de diseño.

Hipótesis de Daño Inicial

Considerando la reciente finalización y puesta en servicio de la estructura (operativa desde junio de 2024), la hipótesis principal de daño se orienta hacia la manifestación de patologías tempranas. Estos problemas, característicos del inicio de la vida útil de una obra, suelen estar directamente relacionados con los procesos constructivos, el comportamiento inicial de los materiales o con detalles de diseño que se evidencian en esta primera etapa. Por lo tanto, el presente estudio se enfocará en identificar la naturaleza y determinar el alcance de estas manifestaciones iniciales.

2. METODOLOGÍA

Recopilación de Información: Revisión de antecedentes del puente, planos y documentación existente.

Inspección Visual Detallada: Registro sistemático de daños en fichas de inspección para cada elemento estructural (columnas, dovelas, estribos, topes sísmicos, muros).

Reconocimiento de Patologías: Auscultación de áreas afectadas, registro fotográfico detallado.

Ejecución de Ensayos

Procesamiento de Información y Análisis de Datos: Análisis de la información obtenida en la inspección y ensayos. Identificación de tipos de daño, posibles causas y grado de afectación según Tabla.

Diagnóstico: Evaluación del estado de cada componente, identificación de hallazgos y formulación de recomendaciones preliminares según Tabla.

Propuesta de Intervención: Definición de procedimientos de reparación específicos para las patologías diagnosticadas, detallando objetivos según Tabla

El procesamiento de la información obtenida en la inspección visual se complementará con la elaboración de los siguientes ensayos.

Tabla 1

Ensayos propuestos

Etapas	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Inspección del Elemento Estructural	Inspección visual de la Estructura y sus componentes para identificar y registrar manifestaciones patológicas.	Registros fotográficos, fichas de inspección, distanciómetro, fisurómetro	Levantamiento detallado del estado actual, mapeo de daños, descripción de fisuras (ancho, longitud, patrón), identificación de áreas afectadas. Revisión completa de la Estructura.
Reconocimiento de la Patología	Auscultación y caracterización inicial de las áreas afectadas para comprender la naturaleza	Inspección visual detallada, esclerómetro (para uniformidad, opcional), ultrasonido (para detección de	Identificación y clasificación preliminar de las patologías, delimitación de zonas con diferentes grados

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Etapa	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
	preliminar de los daños	vacíos o delaminaciones, opcional).	de afectación. Reconocimiento completo de todas las patologías.

3. ANÁLISIS DE DATOS

Tabla 2

Análisis de datos-puente norte

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Estado elementos estructurales (Columnas, Dovelas, Estribos, Topes Sísmicos, Muros)	Fichas de inspección visual detalladas por elemento y zona específica: incluyen esquemas de localización precisa, descripción de daños (tipo, dimensiones, severidad, patrón), (Ver anexo Fichas de Inspección)	Inspección visual sistemática (según metodología descrita), procesamiento y análisis de imágenes fotográficas, análisis estadístico básico de dimensiones de daños (si aplica).	Identificación y caracterización precisa de patologías por elemento en fichas (ver anexo de fichas de inspección) Presencia de fisuras, hormigueos y porosidades (Columna, Tope Sísmico, Dovela, Estribo, Muros)
Causas de patologías	Características detalladas del daño registradas en las Fichas (patrón, orientación, etc.). Condiciones ambientales observadas. Posibles causas identificadas preliminarmente	Análisis causa-efecto basado en la evidencia de las fichas. Correlación de los tipos de daño con mecanismos de deterioro conocidos. Comparación con buenas prácticas	Causa probable principal: Retracción plástica, Posible mal curado, Vibración durante vaciado

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
	por el inspector en cada ficha.	constructivas y de diseño.	
Nivel de Afectación	Clasificación de severidad (Leve, Moderada, Alta) y descripción del impacto funcional/estético indicado en cada Ficha de Inspección. Dimensiones y extensión del daño.	Evaluación de la severidad según criterios cualitativos definidos. Análisis del impacto en la durabilidad, funcionalidad y, de forma preliminar, en la seguridad estructural	Mayormente Leve, Afectación Funcional/Aspecto más que estructural

4. DIAGNÓSTICO

Tabla 3

Diagnostico-puente norte

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Columna apoyo 4	Estructura Vertical en Concreto reforzado tipo Cajón.	Microfisuras superficiales, patrón irregular	Limpieza y aplicación de lechada cementicia
Dovelas (Losa Inf.) voladizo 4	Estructura en concreto reforzado y postensado.	Hormigueros y porosidad	Limpieza y resane con mortero de alta densidad
Estribos apoyo 1 y apoyo 6	Elemento estructural en concreto reforzado en Aproxes del Puente.	Fisura transversal	Realizar ensayo de ultrasonido para determinar profundidad y definir intervención
Topes Sísmicos de apoyo 6	Elemento en concreto reforzado para restricción de movimiento	Fisuras superficiales	Limpieza y aplicación de lechada cementicia

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

Muros (Vástago)aperoche occidental.	Elementos en concreto reforzado ubicados en aproches de la estructura para Confinamiento.	Fisura vertical considerable	Realizar ensayo de ultrasonido para determinar profundidad. Si superficial, sellar con resina epóxica (ej. Sikadur 52)
Estado General	Fisuramientos, Porosidades, hormigueros, acabados deficientes.	Patologías mayormente superficiales y leves	Aplicar reparaciones localizadas y realizar seguimiento.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Tabla 4

Propuesta de intervención-puente norte

Área/ componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Columna apoyo 4	Limpieza superficial, Aplicación de lechada cementicia (Agua/Cemento baja relación A/C)	Sellar microfisuras, Mejorar aspecto estético, Proteger superficialmente.
Dovelas (Losa Inf.) voladizo 4	Limpieza superficial, Aplicación de mortero de reparación (Resane alta densidad)	Rellenar hormigueros y porosidades, Mejorar acabado superficial y estético.
Estribos apoyo 1 y apoyo 6	Evaluar profundidad de fisura con ultrasonido. (Intervención posterior según resultado)	Determinar alcance del daño para definir reparación adecuada (Restaurar integridad estructural/superficial).
Topes Sísmicos de apoyo 6	Limpieza superficial, Aplicación de lechada cementicia	Sellar microfisuras, Mejorar aspecto estético.
Muros (Vástago)aperoche occidental.	Evaluar profundidad de fisura con ultrasonido. Si superficial: Limpieza y	Determinar alcance del daño. Restaurar la

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

	sellado con resina epóxica.	capacidad estructural (si aplica) o sellar fisura
--	-----------------------------	---

6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Ubicación	Intersección Av. Primero de Mayo con Av. Carrera 68, Bogotá D.C.
descripción geológica	Bogotá se ubica en una zona de amenaza sísmica intermedia a alta, influenciada por la convergencia de placas tectónicas (Nazca, Caribe, suramericana) y sistemas de fallas geológicas activas cercanas. Los efectos sísmicos pueden ser amplificados por los depósitos de suelo blando de la sabana.
Histórico de sismos	Bogotá ha sido afectada por sismos importantes en el pasado (ej. 1743, 1785, 1826, 1827, 1917). El país sigue la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14 y el Reglamento NSR-10 para consideraciones sísmicas.
Vida Útil de Diseño	100 años
Normativa de Diseño	NSR-10, CCP-14
Vecinos colindantes	Vía en pavimento Asfáltico Avenida Kr. 68.
Sistema constructivo	Puente de concreto postensado construido por voladizos sucesivos
Materiales	Concreto estructural (f'_c hasta 42 MPa), Acero de preesfuerzo (Grado 270, 1860 MPa), Acero de refuerzo ($f_y=420$ MPa)
Cimentación	Pilotes profundos (hasta 50m en apoyos centrales), con capacidades de carga especificadas
sistema estructural	Superestructura tipo viga cajón continuo sobre 6 apoyos. Apoyos centrales monolíticos con las pilas, apoyos extremos y secundarios con aparatos de apoyo elastoméricos.

Figura 3

Matriz de Vulnerabilidad Sísmica Cualitativa – Puente Norte

Parámetro de Vulnerabilidad	Descripción / Criterio de Evaluación	Evaluación para el Puente Norte	Nivel de Vulnerabilidad Cualitativo Atribuido	Justificación
1. Peligrosidad Sísmica de la Zona	Nivel de amenaza sísmica según la zonificación oficial (NSR-10) y estudios de microzonificación para Bogotá.	Bogotá se localiza en una zona de amenaza sísmica intermedia a alta.	Medio-Alto	La ubicación geográfica del puente en Bogotá lo expone inherentemente a un nivel de peligrosidad sísmica considerable. Este es un factor externo a la estructura, pero fundamental para el análisis de vulnerabilidad.
2. Condiciones Geotécnicas del Sitio	Tipo de suelo de cimentación, potencial de licuación, efectos de sitio (amplificación de ondas sísmicas).	Subsuelo caracterizado por depósitos de arcillas blandas y compresibles de origen lacustre, con potencial de amplificación sísmica. Cimentación profunda con pilotes de 36-50m.	Medio	Los suelos blandos de Bogotá son desfavorables y pueden amplificar las ondas sísmicas. Sin embargo, el diseño incluye cimentaciones profundas calculadas para estas condiciones y para una capacidad de carga específica, lo que mitiga parcialmente la vulnerabilidad asociada al sitio. El nivel se considera "Medio" por el desafío inherente del suelo, aunque la cimentación está diseñada para ello.
3. Sistema Estructural y Configuración	Tipo de estructura (materiales, luces), continuidad, regularidad en planta y elevación, redundancia, tipo de apoyos.	Concreto postensado, voladizos sucesivos, viga cajón continua. Luces hasta 100m. Apoyos centrales monolíticos, otros con neoprenos.	Bajo-Medio	La continuidad de la viga cajón es favorable para el desempeño sísmico. Los sistemas de voladizos sucesivos son complejos, pero las técnicas modernas de diseño y el postensado buscan optimizar su comportamiento. La combinación de apoyos monolíticos y elastoméricos es una solución de ingeniería específica. La vulnerabilidad es baja-media considerando la complejidad inherente y el diseño moderno.
4. Código de Diseño y Año de Construcción	Nivel de las especificaciones de materiales (concretos de alta resistencia, acero de refuerzo y presfuerzo) y control de calidad constructivo.	Diseñado bajo la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14 y NSR-10. Construcción finalizada en junio de 2024. Vida útil de diseño: 100 años.	Bajo	El puente fue diseñado utilizando normativas sísmicas colombianas actuales y rigurosas, que incorporan criterios de desempeño y seguridad avanzados. Su reciente construcción asegura la aplicación de estos estándares.
5. Calidad de Materiales y Construcción	Diseño de la cimentación en relación con las condiciones del suelo y las sollicitaciones sísmicas.	Especificaciones detalladas para materiales de alta calidad. Se presume un riguroso control de calidad por ser parte de un proyecto de infraestructura mayor (Metro).	Bajo	El uso de materiales que cumplen con las especificaciones y la expectativa de un proceso constructivo supervisado para un proyecto de esta envergadura sugieren una baja vulnerabilidad asociada a la calidad de materiales y construcción.
6. Tipo y Adecuación de la Cimentación	Presencia de patologías (fisuras, corrosión, degradación) que puedan reducir la capacidad resistente o ductilidad de la estructura.	Pilotes profundos (36-50m) con capacidades de carga axial especificadas para eventos sísmicos (ELE E, ELE MM).	Bajo	La cimentación profunda fue diseñada específicamente para las condiciones geotécnicas de Bogotá y las cargas sísmicas, buscando transferir las cargas a estratos competentes o desarrollar capacidad por fricción adecuada.
7. Estado de Conservación Actual	Relevancia estratégica del puente (parte de la Primera Línea del Metro y corredor TransMilenio), impacto socioeconómico de su falla.	Patologías identificadas como "Pediátricas", leves y superficiales (fisuras por retracción plástica, hormigueros).	Bajo	Las patologías observadas hasta la fecha son menores y no se consideran comprometedoras de la capacidad estructural sísmica global del puente en su estado actual.
8. Importancia de la Estructura		Estructura de alta importancia para la movilidad de la ciudad.	Alta (Requisito de Desempeño)	Si bien la alta importancia no hace al puente más vulnerable físicamente, sí implica que fue diseñado para un mayor nivel de desempeño sísmico y que las consecuencias de su falla serían severas. Este factor subraya la necesidad de que su vulnerabilidad real sea baja. El diseño para 100 años de vida útil y el uso de CCP-14 y NSR-10 reflejan esto.

Nota: Basado en la evaluación de los parámetros anteriores, se puede establecer una vulnerabilidad sísmica general cualitativa para el Puente Norte como **BAJA a BAJA-MEDIA**.

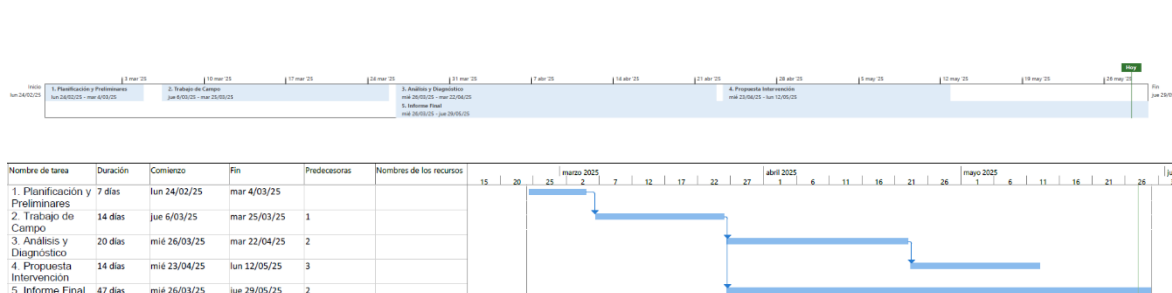
 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

7. CRONOGRAMA

Fase	Actividades Principales
1. Planificación y Preliminares	Recopilación de información existente, Planificación de inspección, Logística.
2. Trabajo de Campo	Inspección visual detallada, Toma de datos, Registro fotográfico, Ensayos (si aplica).
3. Análisis y Diagnóstico	Procesamiento de datos, Análisis de patologías, Evaluación estructural.
4. Propuesta Intervención	Diseño de soluciones de reparación, Especificaciones técnicas.
5. Informe Final	Redacción del documento, Elaboración de planos/detalles, Revisión.

Figura 4

Línea de tiempo y cronograma – Puente Norte



PRESUPUESTO

Ítem	Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (COP)	VALOR PARCIAL (COP)
1	PERSONAL				
1.1	Ingeniero especialista	mes	0.25	12,000,000	3,000,000

1.2	Técnicos	mes	0.5	4,000,000	2,000,000
1.3	Dibujante	mes	0.25	3,000,000	750,000
	Subtotal Personal				5,750,000
2	EQUIPOS				
2.1	Equipos de inspección (cámara, fisurómetro, etc.), Equipos para ensayos (ultrasonido, esclerómetro, etc.).	global	1	2,000,000	2,000,000
	Subtotal Equipos				2,000,000
3	ENSAYOS DE LABORATORIO				
3.1	(Si aplica: Compresión de núcleos, carbonatación, cloruros, petrografía, etc.).	global	1	5,000,000	5,000,000
	Subtotal Ensayos de Laboratorio				5,000,000
4	TRANSPORTE Y LOGÍSTICA				
4.1	Desplazamientos al sitio, Acceso a la estructura (andamios, carro canasta si es necesario).	global	1	1,000,000	1,000,000
	Subtotal Transporte y Logística				1,000,000
5	MATERIALES DE OFICINA				

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	FORMATO ESTRUCTURA CURSO OPCIÓN DE GRADO Especialización Patología de la Construcción
---	--

5.1	Impresiones, Papelería.	global	1	300,000	300,000
	Subtotal Materiales de Oficina				300,000
6	GASTOS ADMINISTRATIVOS				
6.1	(Incluir según corresponda).	global	1	500,000	500,000
	Subtotal Gastos Administrativos				500
				COSTO DIRECTO	14,550,000
				VALOR AIU (25%)	3,637,500
				COSTO TOTAL	18,187,500

8. RESULTADOS

Describe los resultados previstos, como una mejora en la comprensión de las patologías identificadas y soluciones viables de mantenimiento.

Columna

De acuerdo con la propuesta de intervención se prevén resultados tanto estéticos como funcionales enfocados al sellamiento de micro fisuras, teniendo en cuenta los periodos de mantenimiento que se deben realizar al elemento, después de inspección visual este sellamiento garantiza impermeabilización del elemento frente a agentes atmosféricos que pueden generar afectaciones a largo plazo.

Dovela (Losa inferior)

Se observa un buen comportamiento de los procesos realizados encaminados en la subsanación de las oquedades observadas en la Dovela, hasta el momento la aplicación de la metodología de reparación ha sido efectiva y es de suponer que dicho comportamiento se mantendrá por un periodo prolongado.

Estribo

Observando el seguimiento que se realizó a la patología evidenciada en el elemento, concluimos resultados positivos frente a su comportamiento de tipo

pasivo, a pesar de su sometimiento constante a esfuerzos, no obstante, es importante continuar con dicho proceso de revisión en periodos establecidos.

Tope Sísmico

Según la intervención realizada, los resultados son satisfactorios desde el punto de vista estético, dado que estructuralmente el elemento no está comprometido por la patología detectada (micro fisuras), estéticamente se evalúa el acabado mejorado con un aspecto de tranquilidad y de resistencia en el momento que el Tope deba realizar su función estructural.

Muros (Vástago)

Teniendo los resultados obtenidos de prueba de Ultrasonido en el cual se evaluó la profundidad de la fisura localizada en el vástago de la sección del Aproxche, y realizando un seguimiento periódico del comportamiento de esta patología se concluyo y tenemos un resultado positivo desde el punto de vista estructural que es el ítem mas importante a tener en cuenta en todo el proceso de evaluación de la patología.

Dicho resultado según el monitoreo (evolución de fisura) se observa una fisura sin progresión, sin comprometer la capacidad estructural del elemento y según la metodología de reparación aplicada el cual es el proceso de sellado de la fisura, arrojó los resultados esperados por dicha metodología aprobada por las entidades interventoras del proyecto.

9. BIBLIOGRAFÍA

ACI Committee 224. (2001). Control of Cracking in Concrete Structures (ACI 224R-01). American Concrete Institute.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications (4th ed.).

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2020). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications (9th ed.).

American Concrete Institute. (n.d.). Standard Specification for Curing Concrete (ACI 308.1-98).

American Concrete Institute. (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-19).

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2014). Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP-14).

Asociación Española de Normalización. (n.d.). Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón (Norma UNE-EN 1504-10).

ASTM International. (n.d.). Standard Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement (ASTM A706/A706M).

ASTM International. (n.d.). Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete (ASTM A416/A416M). (Se debe verificar el año de la versión específica consultada, ej. A416/A416M-22a).

Concrete Society. (2008). Diagnosis of deterioration in concrete structures (Technical Report No. 54). The Concrete Society.

Doe, J. (2022). Innovations in crack injection techniques for concrete bridge repair. In M. Miller & S. Lee (Eds.), Proceedings of the 5th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS 2022) (pp. 234-241). CRC Press.

Emmons, P. H., Vaysburd, A. M., & McDonald, J. E. (2015). Concrete repair and maintenance illustrated: Problem analysis, repair strategy, techniques (2nd ed.). RSMeans.

Federal Emergency Management Agency. (2020). NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures (FEMA P-2082).

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (n.d.). Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto (NTC 2289).

Instituto de Desarrollo Urbano. (2011). Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público para Bogotá D.C. (IDU-ET-2011).

Instituto Nacional de Vías. (2013a). Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Ministerio de Transporte.

Instituto Nacional de Vías. (2013b). Normas de Ensayo de Materiales. Ministerio de Transporte.

Morgan, D. R., & Vaysburd, A. M. (Eds.). (2016). Durability of Concrete Structures: Investigation, Repair, Protection. CRC Press.

10. ANEXOS

ANEXO PLANOS

ANEXO FICHAS DE INSPECCION