



FORMATO ESTRUCTURA
CURSO OPCIÓN DE GRADO
Especialización Patología de la Construcción

Estudio Patológico para Intervención Muros pantallas Intercambiador vial Calle 72

Presentado por:

Ernesto Alexander Sandoval Arenas

Asesor:

Arq. Mag. German Andres Gutiérrez Pinzon

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Especialización en Patología de la Construcción

2025

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN :	.....	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT :	.....	¡Error! Marcador no definido.
1.HISTORIA CLÍNICA:	.....	4
2.METODOLOGÍA:	.....	11
3.ANÁLISIS DE DATOS	.....	13
4.DIAGNÓSTICO	.....	15
5.PROPOSTA DE INTERVENCIÓN	.....	16
6.ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	.....	17
7.CRONOGRAMA	.....	18
8.PRESUPUESTO	.....	18
9.RESULTADOS :	.....	19
10.BIBLIOGRAFÍA	.....	20

RESUMEN:

La primera línea del metro de Bogotá (PLMB) nace como principal obra para dar solución a la movilidad de la ciudad, consiste en un viaducto de 24 kilómetros que, en su trazado cruza por una importante vía arteria de gran flujo vehicular, como lo es la calle 72 con Av. Caracas, y que para no interrumpir su operación se hizo necesario formular una solución de tránsito, requiriendo la construcción de un deprimido para los carriles de tráfico mixto que circula de oriente a occidente y viceversa por la calle 72, teniendo que soportar cargas de tráfico tanto en su tramo deprimido como en su parte superior donde cruzará tráfico mixto, Transmilenio y estará en operación el viaducto de PLMB (Ver Anexos. Anexo 1- ficha 1 Información General Intercambiador Vial Calle 72).

El diseño estructural plantea la construcción de muros pantalla preexcavados fundidos in situ como principal estructura apoyada por elementos de apuntalamiento placa y vigas puntales inferiores y superiores.

En el momento constructivo para realizar los elementos de apuntalamiento inferiores se descubren las pantallas y se evidencian patologías derivadas de las propiedades del terreno, defectos de calidad y malas prácticas constructivas, evidenciadas por inspección visual, registro fotográfico, fichas de lesiones descartando técnicamente a través de ensayos, que las lesiones no son perjudiciales para el funcionamiento estructural de los elementos sin ser agravantes para el grado de seguridad estructural, estabilidad y durabilidad.

Las patologías evidenciadas son de naturaleza pediátrica debido a la edad de la estructura teniendo la premisa de ser reparado rápidamente por los tiempos contractuales y de puesta a disposición de la comunidad y comercio aferente, por lo cual es imperante dar la solución terapéutica efectiva que minimice los daños en la estructura. A partir de la auscultación del origen de las lesiones, se concluyó que, aunque las lesiones se pueden tratar con un proceso correctivo y estén presentes en la estructura, las mismas no afectan su seguridad, estabilidad, integridad, funcionalidad y durabilidad.

Palabras clave: Muros pantalla preexcavados, intercambiador vial calle 72, juntas, oquedades.

ABSTRACT:

The first line of the Bogotá Metro (PLMB) is conceived as the main project to solve the city's mobility issues. It consists of a 24-kilometer viaduct that crosses an important arterial road with heavy traffic flow, such as Calle 72 with Av. Caracas. To avoid interrupting its operation, a traffic solution was necessary, requiring the construction of an underpass for mixed traffic lanes traveling east to west and vice versa along Calle 72. This underpass must support traffic loads both in its

depressed section and on its upper part, where mixed traffic, Transmilenio, and the PLMB viaduct will operate.

The structural design proposes the construction of pre-excavated diaphragm walls cast in situ as the main structure, supported by plate bracing elements and lower and upper strut beams. During the construction phase, when creating the lower bracing elements, the diaphragm walls were uncovered, revealing pathologies due to soil properties, quality defects, and poor construction practices. These issues were identified through visual inspection, photographic records, damage reports, and technical tests, which confirmed that the damages are not detrimental to the structural functionality of the elements and do not compromise structural safety, stability, or durability.

The identified pathologies are considered pediatric due to the structure's age, with the premise of being quickly repaired to meet contractual deadlines and be made available to the community and nearby businesses. Therefore, it is imperative to provide an effective therapeutic solution that minimizes structural damage through a thorough examination of the origin of the damages. It was concluded that although the damages can be treated with a corrective process, their presence in the structure does not affect its safety, stability, integrity, functionality, or durability.

Keywords: Pre-excavated diaphragm walls, Calle 72 interchange, joints, voids.

1.HISTORIA CLÍNICA:

La intersección mencionada de la calle 72, es importante tanto para el tráfico mixto como para el tránsito de Transmilenio y el tránsito peatonal, en donde adicionalmente quedara ubicada una de la estación de la PLMB integrada con el Sistema Integrado de Transportes Transmilenio, estación denominada Estación 16 una de las más grandes del sistema y que hace necesario soterrar la Calle 72 debajo de la Av. Caracas para que, por encima, en un nivel superior no entorpezca el tránsito de la Av. Caracas y el viaducto de la PLMB; es allí donde nace el proyecto denominado Intercambiador vial de la Calle 72. La estructura, tiene una connotación pediátrica en cuanto empezó su construcción el 17 de septiembre de 2021 y fue puesta al servicio el 17 de febrero de 2025 (29 meses),teniendo como condicionante asegurar el tráfico de los buses de sistema transmilenio sobre la Av. caracas sin interrumpirlo en ningún momento, luego se plantearon diferentes planes de manejo de tráfico (PMT) para poder realizar la construcción en etapas, tanto de las pantallas como de las estructuras de apuntalamiento que constituyen el intercambiador vial. No se tiene datos de antecedentes médicos del paciente ya que su edad no da para que hayan ocurrido en ese lapso eventos extraordinarios que puedan influir en las lesiones. Se realizó una recopilación cronológica de sucesos (ver Anexos. Anexo 1- ficha 2 Información histórica).

Se tienen a disposición los planos arquitectónicos y estructurales (Ver

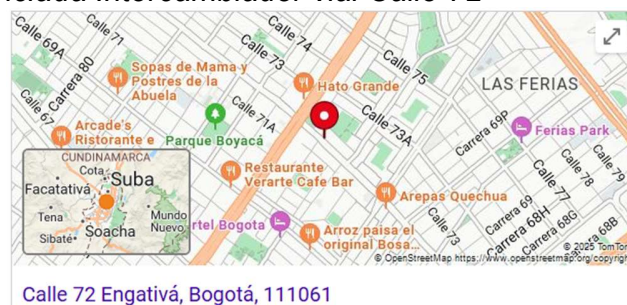
Anexos. Anexo 4. Plano 1. Planos estructurales) así como también el estudio de suelos que se realizó en la zona referida., entonces, en estudio una estructura en concreto reforzado de 4000 PSI, constituido principalmente por elementos trabajando a través de una longitud empotrada en el terreno y su propio peso los muros pantalla y sus apuntalamientos vigas y placa, superiores e inferiores, construidos entre el 6 de Mayo /2022 y el 19 de Junio/24; ubicado en la zona nor oriental de la ciudad de Bogotá, en donde tenemos una altitud de 2680 msnm, el clima es frio y se tiene una velocidad del viento en la zona de 26 Km/h, fue construido bajo la Norma Colombiana Sismorresistente NSR10 y la norma colombiana de diseño de puentes LRFD-CCP14, su uso principal es el tránsito vehicular.

Según la tabla A.2.3.3-2 (NSR-10, 2010), la estructura se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia. Así mismo, se verifica que en el diseño del concreto que se planteó en cuanto a resistencia de 4000 PSI cumple con lo descrito en la norma NSR-10 en la tabla C.4.2.1- CATEGORIAS Y CLASES DE EXPOSICION, clasificando el concreto como un C2, y relacionado a esto en la tabla C.4.3.1 – REQUISITOS PARA EL CONCRETO SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICION podemos ver que la resistencia mínima exigida por la norma en la siguiente tabla es 17 Mpa= 2500 PSI, entonces se está cumpliendo con el diseño de concreto.

En su concepción preliminar, el deprimido tiene una longitud total aproximada de 295 m. Su ubicación se muestra a continuación:

Figura 1

Ubicación georreferenciada Intercambiador vial Calle 72

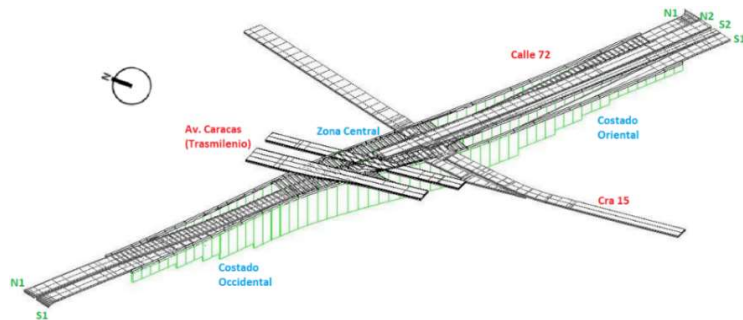


Nota: Adaptado de Google maps [Ubicación Intercambiador vial Calle 72]], Map Data (2025), [Google Maps](https://www.google.com/maps).

Estructuralmente y por condiciones geotécnicas, se plantea un sistema de pantallas preexcavadas con el empleo de apuntalamiento inferior en toda su longitud y superior en donde se tendrá tránsito vehicular (Av. Caracas y Carrera 15) para garantizar un galibo mínimo de 5.5 m, como se observa:

Figura 2

Plano 3D estructural intercambiador vial calle 72, ubicación espacial



Nota: Plano en 3D- Vista general estructural del intercambiador vial Calle 72, elaboración propia.

A la entrada y a la salida del deprimido vehicular Calle 72, hay zonas con una excavación abierta, lograda mediante muros pantalla en voladizo. Como se muestra en la Figura 3 (Ver Anexos. Anexo 4. Plano 2) y Figura 4 (Ver Anexos. Anexo 4. Plano 3) para la zona occidental y oriental, respectivamente, se plantean pantallas de 0.60 m de espesor y de 5.0 m de longitud creciendo esta longitud progresivamente a medida que se va acercando a la zona central con placa y llegando a una longitud de 16 metros (Ver Anexos. Anexo 4. Plano 4).

Todas las pantallas y en específico las que tenemos en estudio costado occidental, cuentan con un apuntalamiento inferior conformado por vigas puntal inferiores se plantea una sección T de 1.00 m de altura, con un ancho de su alma de 0.60 m y una losa superior de 2.50 m de ancho, con un espesor de 0.20 m, separadas cada 2.50 m entre sí, algunas de ellas bajo placa en la zona central y las del estudio y las de la zona oriental están a cielo abierto y en voladizo no poseen puntal ni placa superiores. Sobre la placa de fondo, que forman las vigas puntales inferiores con sección T, se dispone una carpeta asfáltica de 0.10 m de espesor. Este sistema de placa y vigas sirve para controlar el efecto del agua producto del nivel freático (supresora).

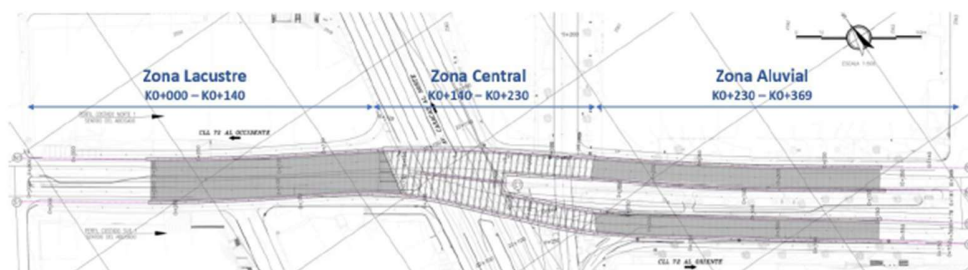
Las vigas puntal superiores, tienen una sección transversal de 0.40 m de base y 1.0 m de altura separadas cada 2.5 m. Las vigas puntal superiores deben ser implementadas cuando se tenga un gálibo mínimo de 7.0 m. Para la zona central que contiene el sistema que mantiene el tráfico sobre la Avenida Caracas y la Carrera 15, la losa superior se considera con un espesor constante de 0.20 m, mientras que las vigas se consideran con una base de 0.40 m y una altura de 0.8 m, para una altura total del sistema placa-y-vigas de 1.00 m, vigas separadas transversalmente 2.50 m. En zonas con luces mayores a aproximadamente 16 m, una pantalla adicional sirve como apoyo intermedio para el sistema placa-y-vigas superior, como se muestra en el plano 4 (Ver Anexos. Anexo 4. Plano 4).

Las pantallas están constituidas por un ancho de 0,60 metros en las zonas sin viga puntales superiores, y de un ancho de 0,80 metros en la zona central.

El estudio geotécnico realizado a la estructura resume que, a través de una caracterización geotécnica de los 10 sondeos realizados ubicados a lo largo del área del intercambiador vial, como se observa en la figura 6 (Ver Anexos. Anexo 4. Plano 5) y no da como resultado unas zonas de caracterización geotécnica, así:

Figura 7

Zonas geotécnicas resultado del análisis geotécnico (Ver Anexos. Anexo 5. Informe 1)



Nota: Adaptado de Figura 46. Zonas geotécnicas – Análisis geotécnicos, de Consorcio Metro Línea 1 (ML1), 2021, Diseño Geotécnico – Deprimido Vehicular Calle 72, AP.

Para el estudio se toma el costado occidental Lacustre, ya que las manifestaciones se tienen registrada para el eje S1, para esta zona se encuentra en el estudio de suelos la siguiente clasificación para la zona lacustre:

Tabla 1

Perfil geotécnico zona lacustre

Material	USCS	γ_s kN/m ³	C_u kN/m ²	ϕ^*	C^* kN/m ²	E kN/m ²	K m/s	e_s	C_c	C_r
1. Relleno compuesto por arcilla arenosa con presencia de gravas	GC	16.5	-	34	1.0	5732	5.65e-10	-	-	-
2. Arcilla limosa con contenido de materia orgánico	CH	12.3	21.1	20	13.1	5370	3.35e-11	4.090	2.202	0.071
3. Arcilla limosa de consistencia blanda	CH	13.4	21.6	17	19.2	5500	2.81e-11	2.090	1.268	0.093
4. Arcilla limosa con contenido de materia orgánico	CH	13.1	14.8	20	13.1	3761	1.96e-11	3.070	1.305	0.084
5. Arcilla limosa de consistencia blanda	CH	13.4	22.3	22	17.5	5694	2.81e-11	2.090	1.268	0.093

Nota: Adaptado de Tabla 22. Tabla resumen parámetros geotécnicos – zona lacustre, de Consorcio Metro Línea 1 (ML1), 2021, Diseño Geotécnico – Deprimido Vehicular Calle 72, AP.

Resultado de esto tenemos que las pantallas están apoyadas principalmente en los primeros 2 metros un suelo (GC) compuesto principalmente de grava pero que también contiene una cantidad significativa de arcilla, además contiene un suelo (CH) el cual tiene una alta capacidad para deformarse sin romperse y generalmente retiene más agua que otros tipos de suelos.

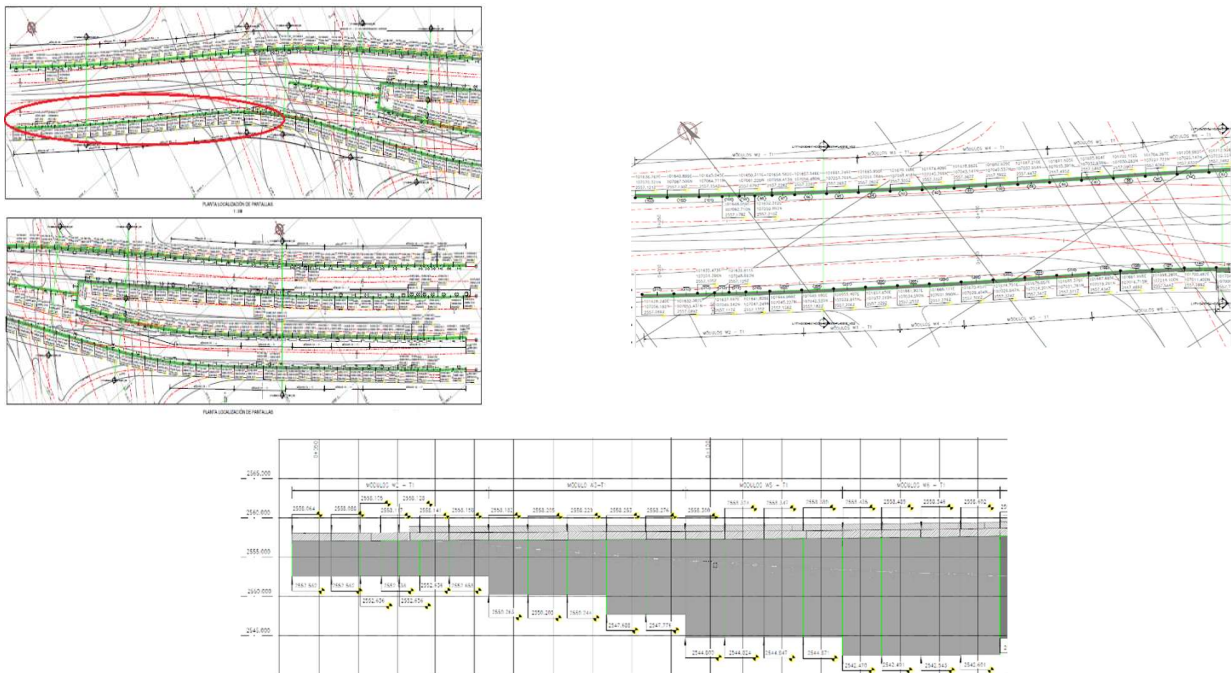
De lo anterior, se tiene que la mayor altura de suelo $A > 3$ metros es la Arcilla

(CH), con lo cual tenemos una clasificación de suelo F3, según la tabla A.2.4-1. Clasificación de los perfiles de suelo (NSR10,2010): arcillas de muy alta plasticidad.

Se escogió para el estudio el costado sur occidental del intercambiador en donde se definió la zona geotécnica del suelo lacustre (Figura 8) que fue el escenario más desfavorable escogido para los correspondientes diseños del intercambiador vial de la calle 72. Para esto se tomaron los módulos de pantalla numerados del 196 a 215 sobre el eje S1 (Ver Anexos. Anexo 2. Plano general de lesiones), como se muestra en la imagen:

Figura 8

Planos planta y corte pantallas en estudio



Nota: Adaptado de Tabla 22. L1T1-2430-541-CON-ED-EST-PL-0003_V02 Planta Localización pantallas, de Consorcio Metro Línea 1 (ML1), 2021, Planos de construcción.

Como se puede observar el estudio se centra en 20 módulos de pantalla entre los cuales se definen 19 juntas constructivas de las cuales 6 juntas constructivas no se excavan luego las vigas y placa quedan a nivel superior de estos módulos pantalla, estos son 215,214,213,212,211,210 y 209 en este último solo la junta occidental la oriental si se puede ver en la excavación de las vigas y placa puntal inferior. Los módulos de pantalla fluctúan en unas profundidades así: Módulos W2-T1= 5,5 mts, W3-T1= 7,91 mts, W4-T1=10,60 mts, W5-T1= 13,50 mts, W6-

T1= 16,00 mts, a continuación, se tiene el registro fotográfico de los daños encontrados en estos módulos:

- Junta entre modulo 195 a 196: se observa la línea de la junta con filtración y ciertas imperfecciones en el cuerpo de la pantalla 195 (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 2)), magnitud del daño: Junta 4 MI x 0,20 mts, cuerpo pantalla= 0,70 x 2 mts= 1,40 m².
- Junta entre módulos 196 y 197: Se observa filtración por la junta con rastros de moho y oxidación del acero de refuerzo, allí mismo se hizo una regata para verificar el recubrimiento mínimo del acero encontrándolo con una longitud de 9 cms, lo cual cumple (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 3), magnitud del daño: Junta 2 MI x 0,40 mts.
- Junta entre modulo 197 y 198: Se observa filtración constante de agua por oquedades en la junta. (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 4), magnitud del daño: Junta 3 MI x 0,30 mts.
- Junta entre módulos 198 y 199: Se observa filtración constante de agua por oquedades en la junta (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 5), magnitud del daño: Junta 3 MI x 0,30 mts.
- Junta entre módulos 199 y 200: Se observa filtración por oquedades en la junta constructiva entre módulos pantalla con rastros de oxidación del acero de refuerzo por acción de goteo de agua (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 6), magnitud del daño: Junta 2,8 MI x 0,30 mts, junta Viga cabezal= 2,0 x 0,20 mts.
- Junta entre módulos 200 a 201: No se observa ninguna deficiencia en las juntas el concreto se ve integro e impermeable.
- Junta entre módulos 201 a 202: Se observa gran chorro de agua en la zona de la junta por oquedades en el concreto de esta zona, así mismo un chorreo de agua en el cuerpo de la pantalla entre el concreto de la pantalla y la viga cabezal, que tienen moho y rastros de oxido por la huella que deja el chorro (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 7), magnitud del daño: Junta 2,8 MI x 0,50 mts, junta Viga cabezal= 0,5 x 0,20 mts.
- Junta entre módulos 202 y 203: Se observa filtración de agua en la junta constructiva entre las pantallas por oquedades del concreto en esta zona (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 8), magnitud del daño: Junta 2,2 MI x 0,30 mts, junta Viga cabezal= 1,3 x 0,30 mts.
- Junta entre los módulos 203 y 204: Se observa gran mancha de humedad tanto en la junta constructiva de los módulos pantalla como en el cuerpo de la pantalla debido a esta filtración de agua resultados de las oquedades en el concreto en

esta zona (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 9), magnitud del daño: Junta 2,0 Ml x 0,60 mts, junta Viga cabezal= 1,2 x 0,20 mts.

- Junta entre módulos 204 y 205: Se observa gran mancha de humedad tanto en la junta constructiva de los módulos pantalla como en el cuerpo de la pantalla debido a esta filtración de agua resultados de las oquedades en el concreto en esta zona (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 10), magnitud del daño: Junta 1,5 Ml x 0,50 mts, junta Viga cabezal= 4,5 x 0,30 mts.
- Junta entre módulos 205 y 206: Se observa gran mancha de humedad tanto en la junta constructiva de los módulos pantalla como en el cuerpo de la pantalla debido a esta filtración de agua resultados de las oquedades en el concreto en esta zona (Ve Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 11), magnitud del daño: Junta 1,3 Ml x 0,30 mts, junta Viga cabezal= 5,0 x 0,20 mts.
- Junta entre módulos 207 a 209: No se observa ninguna deficiencia en las juntas el concreto se ve integro e impermeable.

De la inspección visual realizada, se levantaron unas fichas técnicas de valoración patológica para junta de muro (Ver Anexos. Anexo 1. Fichas 3 a 7) y se levantó además un plano general de lesiones (Ver Anexos. Anexo 2. Plano general de lesiones), que se encuentran principalmente en las juntas constructivas (Media circunferencia) de los muros pantalla preexcavados, y unas pocas en los cuerpos de estos.

En esta caracterización de lesiones principalmente se observan oquedades en el concreto que conforman las juntas, humedad en esta zona por filtración de nivel freático y escorrentías, lo que se materializa en muestras de oxidación del acero de refuerzo y en algunas de las juntas la aparición de moho por un color verde que se hace encima del concreto y sus manchas características negras alrededor, producto de la humedad.

En un gran porcentaje de las juntas constructivas entre módulos de muro pantalla preexcavada, se observa filtraciones por falta de sello impermeable entre ellas y oquedades en el concreto, el cual debía darse con la llave en forma de medialuna que los tubos de junta dan por su geometría y que debía garantizar su continuidad y su impermeabilidad entre la adherencia de los dos concretos (antiguo con nuevo), dado por el proceso constructivos de estos elementos (Ver Anexos. Anexo 4. Plano 6). Dicha filtraciones se manifiestan en goteo y en chorreos con sus correspondientes manchas de humedad a causa de el desperfecto visto en la junta materializado por oquedades en esa zona donde se evidencia la entrada de agua, así mismo en las distintas visitas se evidencio que estas filtraciones crecen cuando hay precipitaciones sobre el terreno exterior de las pantallas, lo que concluye que los efectos de la penetración de esta agua

pueden ir desde meras manchas e humedad en muros ligeramente empañados hasta la penetración en chorro o por goteo, en función de la altura del nivel freático. El nivel freático según las perforaciones realizadas para el estudio de suelo fluctúa entre los 1,4 mts a los 3,0 mts y se tiene un suelo altamente permeable con un espesor de 2 metros que al profundizarse se convierte en arcilloso lo que lo hace muy poco permeable, luego el filtro se encuentra en los dos primeros metros que según el estudio de suelos está definido como un relleno compuesto de acilla arenosa con presencia de gravas. Resultado de las filtraciones se pueden ver juntas con moho color verdoso y con contenido de óxido en las huellas que deja el agua de filtración sobre el cuerpo del muro pantalla.

Se evidencia que las lesiones aparecen al momento de realizar las excavaciones para realizar la construcción de los elementos estructurales de apuntalamiento, placa y vigas puntales inferiores, y que se derivan de malos procesos constructivos así como de la falta de tecnicismo de los materiales utilizados, por un parte del polímero de estabilización al realizar las excavaciones mecánicas de los muros pantalla, el cual debe responder al suelo en el que se realizan los trabajos, y por otro lado la aplicación de un concreto que aunque tiene las propiedades tremie, entre otras fraguar inmerso en agua, no ser susceptible ante los cambios de PH ni a la disgregación de la mezcla y ser autocompactante, debe tener un componente adicional para que puede por mayor densidad desplazar todo el lodo o material de excavación el polímero, que se encuentre en la excavación y que mecánicamente no pueda ser retirado, así como de llegar a todas partes del elemento a construir.

En este orden cronológico o fase del proceso del elemento, en este caso las pantallas, definimos que su fuente genérica son deficiencias o fallos durante el proceso de ejecución o elaboración del producto teniendo como orígenes:

- Deficiente puesta en obra del proyecto: por el no asesoramiento de las condiciones del proyecto en cuanto a las especificaciones del concreto y polímero.
- Alteraciones introducidas en el proyecto, mal resueltas en obra (Empleo de materiales deficientes): no se realizaron consultas técnicas con los fabricantes de los materiales tales como el polímero en aras de colocarlo a punto para su uso en el tipo de terreno que se estaba excavando (densidad, PH, contenido de arena, etc) y que cumpliera su función de estabilización de la excavación, y el concreto para variar las propiedades con el objetivo de densificarlo y que desplazar todo el material y el lodo polímero hacia el exterior llegando a todas las partes del elemento, en este caso a las juntas constructivas o al concreto de los módulos ya fundidos según fuera el caso.

2.METODOLOGÍA:

El procesamiento de la información obtenida tanto de la inspección visual y regatas de verificación se complementarán con la elaboración de los siguientes ensayos y su metodología que será descrita a continuación:

Etapa	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Inspección visual	Observación de campo detallada para identificación preliminar de las patologías	Cámara fotográfica, libreta apuntes	Levantamiento de información preliminar, Fichas técnicas de valoración patológica (Ver Anexos. Anexo 1-Ficha 3 a 7).
Auscultación Física	Regata de verificación: Realizar una corte en el muro aprovechando las oquedades presentes (Ver Anexo 6. Fotografía 1)	Cinzel, Maceta, espátula, escobilla	Inspección visual de los elementos de la pantalla: Distanciamiento, posicionamiento, recubrimiento del acero de refuerzo, calidad del concreto, espesor pantalla.
Información complementaria (Ensayos de Laboratorio)	Extracción de núcleos y ensayo de compresión	Taladro, Broca, agua, máquina de ensayo para resistencia a la compresión.	Verificación de resistencia de diseño, espesores.
	Carbonatación	Fenolftaleína 1%	Verificación integridad, uniformidad y composición del concreto y potencial de corrosión y de aparición de fisuras y grietas
	Velocidad del pulso ultrasónico (VPU)	Generador electroacústico con un par de transductores	Verificación de integridad, resistencia, uniformidad, detección de defectos (Fisuras o Grietas), del concreto
	Potencial de corrosión	Instrumento profometer corrosión.	Probabilidad de ocurrencia y severidad de la corrosión
	Regatas de verificación y observación de	Martillo percutor de baja intensidad,	Estado visual de la integridad concreto, estado del trasdós de la pantalla,

	juntas deficientes (Ver Anexos. Anexo 6. Fotografía 1)	espátula, cincel, observación visual	posición y verificación de recubrimientos del acero.
	Escaneo general del estado de las pantallas	Georadar structureScan Mini XT con 3 antenas según alcance	Auscultación de fisuras u oquedades, posición y distanciamiento del acero de refuerzo, revisión interfaz entre pantalla y suelo (trasdós), estado general del elemento.

3. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de datos parte de los ensayos los cuales fueron tomados de la tabla 3, tabla 5 y tabla 6 (ML1, 2021- Ver Anexos. Anexo 5. Informe 3) y se interpretaron así:

Aspecto analizado	Datos recopilados	Métodos de análisis	Resultados del análisis
Afectación del proceso constructivo, oquedades, humedad, aparición de moho en la integridad y estabilidad de los muros pantalla	Resistencia de diseño del concreto: $f'c=28\text{Mpa}$	Cumplimiento normativo NSR10 Tabla 4.2.2.1- Categoría concreto C1 y en Tabla C.4.3.1- $f'c$ mínimo 17 Mpa	El concreto de diseño cumple por exposición y resistencia.
	Resistencia del concreto $f'c=28\text{Mpa}=4000\text{ PSI}$ Resistencia a la compresión Modulo 33: 39,3- 44,0 Mpa ; Modulo 164: 50,1-55,5 Mpa.	Cilindros fallados a compresión para verificar resistencia del concreto	Las resistencias del concreto están por encima de las esperadas por el diseño.
	Medidas de recubrimiento entre 0,075 mts y 0,013 mts, verificación refuerzo 5/8" y 3/8" horizontal cada 0,20 mts, refuerzo vertical de 5/8" en cara a la vista y de 1" en cara contra el terreno.	Se adelanto regata de verificación y escaneo con georadar,	El refuerzo en ambas caras de la pantalla está bien colocado y protegido por el recubrimiento de concreto, sin signos de corrosión ni daño visible ni en el acero ni en el concreto.
	Integridad y homogeneidad del concreto	Se realiza pulso ultrasónico en los	El concreto en ambas pantallas presenta buena integridad

	<p>Modulo 33:Vp: 3809 - 4401 m/s; Vs: 1936 - 2249 m/s; Modulo de rigidez: 8546.06 - 11580.45 Mpa; Poisson: 0.27 - 0.28</p> <p>Modulo 164:Vp: 4247 - 4316 m/s - Vs: 2103 - 2289 m/s; Modulo de rigidez: 10121.11 - 11853.64 Mpa; Poisson:0.24-0.30</p>	<p>cuerpos de las pantallas.</p>	<p>estructural, con ligeras variaciones aceptables en la homogeneidad del material.</p>
	<p>Revisión del trasdós de los muros pantalla, verificación espesor pantallas y estado interior concreto:</p> <p>Pantalla 164: - Estado general: Buen estado. -No presenta Oquedades ni hormigueos. -Trasdós pantalla: Buen estado. Reparaciones recomendadas: ninguna.</p> <p>Pantalla 201: Estado general: Buen estado. -No presenta Oquedades ni hormigueos. -Trasdós pantalla: Buen estado. -Reparaciones recomendadas: ninguna.</p>	<p>Escaneo con georadar con antenas: XT MINI 2700 MHz, 1600 MHz y 400 MHz, en barridos ortogonales en vertical y horizontal para mapear estado de las pantallas.</p>	<p>Pantallas no presentan daños en la uniformidad del concreto, no presenta hormigueos ni oquedades, el trasdós se encuentra en buen estado, el concreto se visualiza uniforme, por lo cual se resume que no hay daños estructurales importantes en la pantalla y cumple la normatividad NSR10.</p>
<p>Corrosión en el acero de refuerzo producida por la humedad y la filtración de agua por las juntas entre</p>	<p>Carbonatación del concreto $f'c=28\text{Mpa}$</p> <p>Modulo 33: Núcleos: 6 mm Regata: 3 mm</p> <p>Modulo 164: Núcleos: 4 - 7 mm Regata: 4 mm</p>	<p>Se aplica fenolftaleína y se mide la longitud de carbonatación en los núcleos y en las regatas hechas</p>	<p>La carbonatación es mínima en ambas pantallas, lo que asegura la protección del acero de refuerzo frente a la corrosión. El concreto no ha sufrido cambios de PH ante la</p>

muros pantalla			exposición al ambiente y otros factores (CO ₂) muestra buena porosidad y baja permeabilidad.
	Medición de potencial de corrosión del acero Modulo 33: -0,100 V Modulo 164: -0.150 V Modulo 196: +0,050 V	Se midió el potencial en el hierro descubierto por las regatas de verificación con el equipo del ensayo.	Ambos ensayos indican un bajo riesgo de Corrosión en el acero de refuerzo, asegurando la durabilidad de las pantallas.

4. DIAGNÓSTICO

Aspecto analizado	Descripción	Hallazgos	Recomendaciones
Oquedades en las juntas Constructivas entre módulos pantalla	Lesión moderada de tipo físico: humedad por filtración	Presencia de agua en la zona proveniente del exterior: nivel freático, escorrentías y precipitaciones que se materializan en goteos y chorreos	Reparaciones de remplazo del concreto de la zona de la junta, que por la esbeltez de la pantalla crea solicitaciones de flexión que deben ser soportadas por la fibra interna de refuerzo del concreto de remplazo.
Oquedades en las juntas entre módulos pantalla y la viga cabezal y en algunas zonas de los cuerpos de los muros pantalla.	Lesión moderada de tipo físico: humedad por filtración	Oquedades en la zona de adherencia entre los concretos por descabezar los muros pantalla en una cota topográfica y no encontrando concreto sano.	Reemplazo del concreto de la zona, así mismo buenas prácticas constructivas de buscar concreto sano para apoyar la viga cabezal y hacer la estructura monolítica.
Oxidación del acero de refuerzo	Lesión leve de tipo electroquímico : reacción por contacto con la humedad y el medio ambiente resultando una	Color característico de la capa de oxido del acero de refuerzo producto del contacto de este con el agua proveniente de las filtraciones en las juntas constructivas de los muros pantalla.	Devolver el color natural del acero y aplicar producto que evite la aparición de fenómeno nuevamente.

	corrosión en estado pasivo con riesgo de daño despreciable (Tabla 2- criterios de evaluación de potenciales - DURAR).		
Moho en las juntas constructivas de los muros pantalla	Lesión Leve de tipo biológico: presencia de moho.	En las juntas de los muros pantalla se evidencia color verdoso proveniente de la presencia de moho en el concreto de esta zona.	Retiro de este material y selle de la zona para evitar humedad y por consiguiente aparición del moho.

5.PROPUUESTA DE INTERVENCIÓN

Área/ componente	Propuesta de intervención	Objetivo
Juntas constructivas de los muros pantalla, juntas entre muro pantalla y viga cabezal, y en algunos cuerpos de los muros pantalla.	Reemplazo del material de las juntas (Concreto), con las misma o mayor resistencia, reforzado con fibras de metálicas o macro fibras con las siguientes cantidades: Jun-tas= 6.96m ² , Cuerpos de pantalla=1,40 m ² y Junta entre viga cabezal y pantalla= 3,58 m ² según magnitud de daños evidenciados. Lo anterior a partir de la demolición del concreto de la junta dado su dimensionamiento por encontrar concreto sano y firme. Instalación de un mortero de reparación estructural de fraguado rápido para trabajar la reparación en seco, una junta tapón o banda hidroexpansiva para garantizar la impermeabilidad de los muros y un puente de adherencia entre los concretos antiguo y nuevo.	Garantizar la integridad, rigidez, estanqueidad e impermeabilidad las zonas de las juntas, así mismo garantizar la vida útil de diseño.
Oxidación acero de refuerzo en las juntas constructivas	Retiro de capa de oxido del acero a través de la limpieza con grata, lavado con agua y aire a presión	Devolver las características iniciales al acero, sus propiedades de limpieza y

de los muros pantalla	retirando las impurezas y materiales contaminantes, así mismo previniendo el fenómeno a partir de la aplicación de un producto inhibidor de corrosión.	adherencia con el concreto para ser recubierto por el.
Moho en las juntas constructivas de los muros pantalla	Retiro de moho en el concreto a través de la limpieza con lavado de agua y aire a presión retirando las impurezas y materiales contaminantes, así como el remanente de este organismo en la porosidad propia del concreto	Garantizar propiedades del concreto sano sin presencia de fenómenos biológicos y el retiro de las condiciones para que estos se den.

6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Ubicación	Bogotá (Cundinamarca)
Descripción geológica	Según la tabla A.2.3.3-2 (NSR-10, 2010), la estructura se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia. El marco geológico que caracteriza el Deprimido Vehicular Calle 72, está definido por los diferentes procesos que dieron lugar a la secuencia sedimentaria en la Sabana de Bogotá. De acuerdo con lo anterior y según la cartografía oficial (Servicio Geológico Colombiano, 2004) el área de estudio está definida por la Formación Sabana. La clasificación hidrogeológica la define como una unidad del Tipo A (Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular), corresponde a sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional y local.
Histórico de sismos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sismo del 12 de marzo de 2022: Magnitud 4.5, con epicentro cercano a Bogotá, causando leves daños estructurales en algunas edificaciones de Chapinero. 2. Sismo del 8 de julio de 2023: Magnitud 5.2, con epicentro en el departamento de Cundinamarca, perceptible en Chapinero y otras localidades de Bogotá. 3. Sismo del 15 de enero de 2024: Magnitud 4.8, con epicentro en la región central de Colombia, causando preocupación, pero sin daños significativos. <p>Los anteriores sin ningún daño en la estructura luego se siguió estrictamente una metodología de excavación que obligaba siempre a tener rigidizada la estructura en una primera instancia con puntales temporales y luego con los elementos diseñados vigas y placas puntales.</p>
Vecinos colindantes	Hacia el Oriente pasan de edificaciones de 1 piso, de 4 pisos llegando a los mas altos de 11 pisos en el sector sur, con cimentaciones con semisótano y tradicionales. Hacia el occidente, edificaciones tipo bodega doble o triple altura de entrepiso, hasta edificaciones con 6 pisos con cimentaciones profundas.


Sistema constructivo	Muros pantalla en voladizo a la entrada y salida del intercambiador apuntalados en la zona inferior solamente, y muros pantalla apuntalados inferior y superiormente en la zona central donde se recibirá el tráfico vehicular.
Materiales	Concreto $f'c = 28$ Mpa y Acero de refuerzo de $E_f = 420$ Mpa.
Cimentación	Profunda con muros pantalla preexcavados fundidos in situ
sistema estructural	Muro pantalla preexcavados apuntalados con viga y placa puntales, en uno o en dos puntos (superior e inferior), estabilizados por una viga cabezal.

Partiendo de la matriz de vulnerabilidad sísmica construida para el proyecto del intercambiador vial de la calle 72 (Ver Anexos. Anexo 3. Ficha 1. Matriz de vulnerabilidad), se tiene que las patologías encontradas no son un riesgo de colapso para la estructura en general luego posee una viga cabezal que hace monolítica la estructura que aporta estabilidad al sistema evitando que los módulos de pantalla trabajen aislados, así mismo solo se presentan en las juntas mas no en los cuerpos de las pantallas, afectando más la funcionalidad de la estructura ya que no garantiza su impermeabilidad, lo que a través de una reparación adecuada se puede volver a garantizar la integridad e impermeabilidad a la estructura y juntas en general reemplazando el concreto afectado. Así mismo analizando todos los aspectos se tiene una clasificación para la vulnerabilidad sísmica de C3 (Ver Anexos. Anexo 3 Ficha 2. Fichas de análisis de matriz de vulnerabilidad sísmica).

7. CRONOGRAMA:

Cronograma General Tentativo del estudio patológico								
ÍTEM	ACTIVIDAD	DURACION (Días)	Mes 1			Mes 2		
1	Aucultacion e inspeccion visual	3	■					
2	Elaboracion de fichas de valoracion patologica	3	■					
3	Planteamiento hipotesis inicial	1	■					
4	Determinacion de ensayos	2		■				
5	Contratacion firmas para ensayos	5		■	■			
6	Recopilación datos ensayos	9			■	■		
7	Entrega Informe de ensayos	10				■	■	
8	Interpretacion de ensayos	3					■	
9	Analisis de resultados y/o validacion de hipotesis inicial (Informe final)	7					■	
		43						

8. PRESUPUESTO:

PRESUPUESTO ESTUDIO PATOLOGICO INTERCAMBIADOR VIAL CALLE 72							 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SEDE PRINCIPAL	
CAPITULO	SUB CAPITULO	ITEMS	UNIDAD	DEDICACION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	FACTOR PRESTACIONAL	VALOR TOTAL CAPITULO
1		PERSONAL						
	1.1	Ingeniero Director Especialista Patologo	Unidad	1,00	1	\$ 7.500.000	1,20	\$ 9.000.000,00
	1.2	Ingeniero especialista en geotecnia	Unidad	0,34	1	\$ 7.500.000	1,20	\$ 3.034.883,72
	1.3	Ingeniero especialista Estructural	Unidad	0,34	1	\$ 7.500.000	1,20	\$ 3.034.883,72
	1.4	Ingeniero auxiliar	Unidad	0,37	1	\$ 2.500.000	1,20	\$ 1.116.279,07
	1.5	Oficial	Unidad	0,05	1	\$ 2.844.075	1,20	\$ 158.739,07
	1.6	Ayudante	Unidad	0,05	1	\$ 1.985.275	1,20	\$ 110.806,05
2		COSTOS DIRECTOS						
	2.1	OBTENCION DE NUCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO (NUCLEOS DE 3"). Norma técnica: INVE-418-13 NTC-3658-18.	Unidad		3	\$ 207.001		\$ 621.003,00
	2.2	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO (MOLDEADOS O NUCLEOS). Norma técnica: INVE-410-13 NTC-673-21 ASTM C39/C39M-21.	Unidad		3	\$ 8.568		\$ 25.704,00
	2.3	DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACION EN CONCRETO ENDURECIDO Y PUESTO EN SERVICIO. Norma técnica: UNE-112011-11 CPC-18-88	Unidad		5	\$ 54.264		\$ 271.320,00
	2.4	METODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO A TRAVES DEL CONCRETO. (POR ELEMENTO). Norma técnica: NTC-4325-97 ASTM C597-16 (23)	Unidad		5	\$ 142.800		\$ 714.000,00
	2.5	Ensayo de potencial de corrosion	Unidad		2	\$ 975.600		\$ 1.951.200,00
	2.6	LEVANTAMIENTO CON TECNOLOGIA GEORADAR(GPR)- Ground Penetrating Radar. Señal electromagnética de alta frecuencia, barrido con antena. Incluye informe y radargramas	UNIDAD		3	\$ 5.355.000		\$ 16.065.000,00
	2.7	Alquiler camioneta (Personal /Muestras)	Mes		1,43	\$ 5.500.000		\$ 7.883.333,33
		TOTAL COSTOS DIRECTO						\$ 43.987.151,96
		Administracion	%			5%		\$ 2.199.357,60
		Utilidades	%			5%		\$ 2.199.357,60
		TOTAL AIU						\$ 4.398.715,20
		Iva sobre utilidades	%			19%		\$ 417.877,94
		TOTAL COSTOS INDIRECTOS						\$ 4.816.593,14
		TOTAL COSTOS						\$ 48.803.745,10

9.RESULTADOS:

A través Título C de la NSR-10 y la CCP 14, se dio un buen dimensionamiento y diseño a los elementos que constituyen el intercambiador vial de la calle 72, estos responden a los modelados teniendo suelo lacustre luego este material catalogado como CH, suelo con comportamiento complicado durante un sismo su interacción muro-pantalla, considerando previamente : altura libre de la pantalla, estratigrafía, parameros geotécnicos de materiales a contener, presencia de nivel freático, corrientes de acuíferos subterráneos (Estudio Hidrogeológico) y la existencia de edificaciones adyacentes. Se diseño con materiales resistentes a estas condiciones, sin embargo la conclusión del estudio se encamina a un fallo en los procesos constructivos en especial la construcción de los módulos pantallas por un lado no se hizo un estudio analítico del polímero de estabilización de la excavación durante el proceso y por otro lado no se eligió un concreto que por su densidad aumentada (En planta de fabricación) y su auto compactación fuera capaz de desplazar los fragmentos de suelo que por excavación mecánica normal no podían ser retirados y que pudiera llegar a todas las zonas de los módulos de

muro y asegurar así su distribución e impermeabilidad de todo el elemento, para con esto garantizar recubrimientos del concreto y su protección alcalina.

De la escogencia del polímero se tiene que este es un agente de aparición de patologías en los muros, relacionada con su mezcla con el concreto lo que aumenta infiltración de aguas subterráneas desde la masa del suelo comprometiendo la capacidad de recepción de esfuerzos del hormigón (Silva y Bertoldo, 2022).

Se concluye que no a todos los suelos se les puede aplicar un método de construcción estándar luego sus propiedades pueden variar y afectar la estabilidad y la integridad de un elemento que, aunque en este caso del intercambiador es una estructura a la vista generalmente pertenece a la cimentación de las estructuras; en este caso quedan debajo del nivel del suelo sin poder visualizar si existen deficiencia o no, lo que indica que aunque se tengan todas las condiciones de la zona donde se va a construir controlados en los factores de diseño, existen parámetros que no pueden ser previstos y que deben recaer en manos de expertos que no se guíen por la estandarización de procesos sino se preocupen por la calidad de los elementos a construir en cada zona o trabajo específico e innoven en ellos así como en sus herramientas y maquinaria.

Las lesiones descritas en los muros pantalla no comprometieron la estabilidad, integridad y durabilidad de los elementos, en cuanto su concepción en el diseño estructural hace que puedan trabajar aisladas en función de su longitud de empotramiento, su arriostramiento a través de la viga cabezal corrida y las vigas puntales, simplemente disminuyeron su función de confinamiento e impermeabilidad, en la zona de las juntas constructivas, y a través de las intervenciones propuestas se puede proveer nuevamente estas propiedades sin tener mayor afectación estructural.

10. BIBLIOGRAFÍA:

Colombia. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10*. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI).

https://www.andi.com.co/Uploads/Reglamento_colombiano_construccion_sismo_resistente_636536179523160220.pdf

Elguero, A. (2024), *PATOLOGIAS ELEMENTALES*, Editorial nobuko, Argentina.

<https://elibro.net/en/ereader/usta/76281>

Zambrano Alcalá, J (2013), *ESTUDIO SISMICO PRELIMINAR DE MUROS ESTRUCTURALES DE CONCRETO EN COLOMBIA*, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/8eb2b0f1-5849-4efa-b1d9-16abc02476a4/content>

Metro línea 1 (ML1) (2021) , DISEÑO GEOTÉCNICO – DEPRIMIDO VEHICULAR CALLE 72, L1T1-2430-541-CON-ED-GEO-IN-0001, documento de autoría privada.

Monjo Carrió,J; Maldonado Ramos,L (2001). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*.

https://oa.upm.es/45423/1/2001_patologia_MC_opt.pdf

Silva, R.R.C; Bertoldo, C (2022). Simulación de manifestaciones patológicas en muro pantalla mediante propagación de pulso ultrasónico. Revista ALCONPAT Publicaciones de Mayo de 2022.

<file:///C:/Users/user/Downloads/564-Original%20Article%20Text-7544-1-10-20220430.pdf>

The Deep Foundations Institute (2014), NORMAS APLICABLES A LA INDUSTRIA Y LINEAMIENTOS PRÁCTICOS DFI PARA MUROS PANTALLA ESTRUCTURALES, PREPARADO POR EL COMITÉ DFI DE MUROS PANTALLA Y ZANJAS.

manual_dfi .pdf

Olivan fiol,F (2014) . *Manual de patología y rehabilitación de edificios*. Universidad de burgos. Repositorio universidad Santo Tomas.

Lopez,F;Rodriguez,V;Santa cruz,J;Torreño,I;Ubeda,P (2004), *Manual de Patología de la edificación, Departamento de Tecnología de la edificación, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID, TOMO 1*

<ManualPatologiaEdificacion Tomo-1.pdf>

Donini H, (2017), *Análisis de las patologías en las estructuras de hormigón armado*, Ediciones de la U

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), (2025), *Sistema de Información de precios de referencia 20245-I Fase II + M.O.2025*, Visor de precios, Alcaldía Mayor de Bogotá

11. ANEXOS:

Anexo 1. Fichas de información y valoración patológicas.

Anexo 2. Plano general de lesiones.

Anexo 3. Matriz vulnerabilidad sísmica definición de etapa de la vulnerabilidad, clasificación del riesgo y análisis de matriz de vulnerabilidad sísmica.

Anexo 4. Planimetría Intercambiador vial calle 72.

Anexo 5. Informes documentales Intrecambiador vial calle 72.

Anexo 6. Regsitro fotografico de lesiones intercambiador vial Calle 72.