

**ANÁLISIS EN LA PATOLOGÍA DE UN MURO DE CONTENCIÓN UBICADO EN EL CORREDOR VIAL BOGOTÁ-
VILLETA (HISTORIA CLÍNICA)**

Cindy Paola Victorino Vargas, Miguel Alejandro Cepeda Sánchez, Paula Andrea Zamora Herrera



Programa de Ingeniería civil, Facultad de Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2024

**Análisis en la patología de un muro de contención
ubicado en el corredor vial Bogotá-Villeta
(historia clínica)**

Cindy Paola Victorino Vargas, Miguel Alejandro Cepeda Sánchez, Paula Andrea Zamora Herrera

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero civil

**MsC Ing. Jenny Magaly Pira Ruiz
directora**



**UNIVERSIDAD
La Gran Colombia**

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa académico de Ingeniería civil, Facultad de Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2024

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis padres, por su amor, apoyo constante y por ser mi fuente de inspiración en cada paso que doy, en especial a mi madre por sus grandes esfuerzos. A mis pequeñas Ramona y Federica, por su acompañamiento y alegría durante los momentos de estudio y reflexión.

Y finalmente, dedico este trabajo a mi familia en general y demás personas que, de una forma u otra, me han acompañado en este camino de aprendizaje y crecimiento.

Gracias a todos por formar parte de este viaje.

[Paula Andrea Zamora Herrera]

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, por su amor, paciencia y sacrificio. Gracias por creer en mí y por motivarme a perseguir mis sueños. A mis amigos y seres queridos, por su apoyo emocional, sus palabras de aliento y por estar siempre presentes en los momentos difíciles.

Por último, dedico este trabajo a mis abuelos por el apoyo, constante motivación, por su orientación, su dedicación y su valioso consejo que han enriquecido este trabajo con su sabiduría.

[Miguel Alejandro Cepeda Sánchez]

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi familia, cuya constante y desinteresada ayuda ha sido fundamental para la culminación de este trabajo de grado. A mis padres, por ser mis primeros maestros, por inculcarme el valor del conocimiento. Gracias a todos por estar a mi lado y por brindarme la base emocional y el respaldo necesario para hacer realidad este sueño. Este logro es tan suyo como mío.

[Cindy Paola Victorino Vargas]

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo.

Primero y ante todo, a La Universidad La Gran Colombia por su generoso apoyo académico que hizo posible llevar a cabo esta investigación. Su ayuda fue fundamental para la realización de este proyecto y estamos profundamente agradecidos por la oportunidad que se nos brindó

Agradecemos también a nuestros tutores, Jenny Magaly Pira Ruiz y Miguel Antonio Caro Pallares, por su orientación experta, su paciencia y su compromiso durante todo el proceso de elaboración de esta monografía. Sus conocimientos y consejos fueron invaluable en cada etapa del trabajo.

Un agradecimiento especial a los editores y correctores que revisaron este trabajo, brindando sugerencias y comentarios constructivos que contribuyeron a mejorar su calidad y claridad. No podemos pasar por alto el apoyo incondicional de nuestros amigos cercanos y familiares. Su aliento, comprensión y amor incondicional fueron nuestra mayor fuente de inspiración en los momentos difíciles y su presencia constante hizo que este camino fuera más llevadero.

A todos ustedes, nuestro más profundo agradecimiento por formar parte de este viaje y por su invaluable contribución a este trabajo.

Tabla de contenido

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. MARCO REFERENCIAL	16
3.1 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN:.....	16
3.2 PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES.....	17
3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES:.....	17
3.3.1 Lesiones Físicas:	17
3.3.2 Lesiones mecánicas:	17
3.3.3 Lesiones químicas:.....	17
3.4 TIPOS DE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES:	18
3.4.1 Erosión	18
3.4.2 Fisura	18
3.4.3 Grietas:	18
3.4.5 Filtración:	18
3.4.6 Desplazamiento o deflexión:	19
3.4.7 Vegetación	19
3.4.8 Drenaje insuficiente:	19
3.5 PATOLOGÍAS DEL CONCRETO:	19
3.5.1 Carbonatación:	19
3.5.2 Junta fría en el concreto:.....	20
3.5.3 Segregación del concreto:.....	20

3.5.4 Refuerzos expuestos	20
3.5.5 Eflorescencia:	20
3.6 MURO DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO:.....	20
3.7 PRESIONES HIDROSTÁTICAS:.....	20
3.8 MÉTODO SIMPLE:.....	21
4. GENERALIDADES	22
4.1 ANTECEDENTES.....	22
4.1.1 Condiciones iniciales del muro de estudio:	22
4.1.2 Condiciones de la problemática muro de estudio:	22
4.1.3 Investigación geotécnica y análisis de estabilidad:.....	33
5. JUSTIFICACIÓN.....	38
6. ELEMENTO DE ESTUDIO.....	39
7. METODOLOGÍA	46
7.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN:	47
7.2 VISITA TÉCNICA A CAMPO:	47
7.3 INSPECCIÓN VISUAL (MÉTODO SIMPLE):.....	47
7.3.1	47
7.3.2 Formato de inspección visual general (datos de entrada para la evaluación de daños):	49
7.3.3 Informe de evaluación (diagnóstico de daños):	80
7.3.4 Informe final (reporte de daños):	82
8. DIAGNOSTICO (HISTORIA CLÍNICA).....	84
8.1 INSPECCIÓN VISUAL:	84
8.1.1 Erosión:.....	84
8.1.2 Fisuras:	86
8.1.3 Grietas:	87

8.1.4 Desplazamiento:	89
8.1.5 Filtraciones:	91
8.1.6 Vegetación:	94
8.1.7 Drenajes insuficientes:	96
8.1.8 Drenajes obstruidos:	98
8.1.9 Junta fría:	99
8.1.10 Segregación:	101
8.1.11 Eflorescencia	104
8.1.12 Carbonatación:	105
8.2 INDICADOR DE DAÑOS:	106
8.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS:	109
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	117
LISTA DE REFERENCIA	120
..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
10. ANEXOS	122

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Estructura de contención para diferente tipo de relleno.....	16
Ilustración 2 Proceso de evaluación método simple.....	21
Ilustración 3 Deformaciones en la vía	24
Ilustración 4 Deformaciones en la vía	24
Ilustración 5 Micro fisuras en la vía.....	25
Ilustración 6 Micro fisuras en la vía.....	26
Ilustración 7 Plano pendientes homogéneas	32
Ilustración 8 Resumen de tensionamiento de anclajes y desplomes.....	36
Ilustración 9 Ubicación muro 23D	39
Ilustración 10 Plano topográfico y localización de la zona estudio.....	40
Ilustración 11 Fachada actual construida módulo 1 y su cimentación en pilotes.....	42
Ilustración 12 Fachada actual construida módulo 2 y su cimentación en pilotes.....	43
Ilustración 13 Fachada actual construida módulo 3 y su cimentación en pilotes	44
Ilustración 14 Mapa Ubicación Muro de Contención Analizado	46
Ilustración 15 Formato de registro de daños de taludes y obras de contención	48
Ilustración 16 Formato de registro de daños obras de contención muro 23D	78
Ilustración 17 Formato de registro de daños obras de contención muro 23D segunda página ..	79
Ilustración 18 Resumen proceso de evaluación	81
Ilustración 19 Erosión en el muro 23 D.....	85
Ilustración 20 Erosión en el muro 23 D.....	85
Ilustración 21 Fisuras en el muro 23 D	86
Ilustración 22 Fisuras en el muro 23 D	87
Ilustración 23 Grietas en el muro 23 D.....	88

Ilustración 24 Grietas en el muro 23 D	88
Ilustración 25 Grietas en el muro 23 D	89
Ilustración 26 Desplazamiento en el muro 23 D	90
Ilustración 27 Desplazamiento en el muro 23 D	90
Ilustración 28 Desplazamiento en el muro 23 D	91
Ilustración 29 Filtraciones en el muro 23 D	92
Ilustración 30 Filtraciones en el muro 23 D	93
Ilustración 31 Filtraciones en el muro 23 D	93
Ilustración 32 Vegetación en el muro 23 D	94
Ilustración 33 Vegetación en el muro 23 D	95
Ilustración 34 Vegetación en el muro 23 D	95
Ilustración 35 Vegetación en el muro 23 D	96
Ilustración 36 Drenajes insuficientes en el muro 23 D	97
Ilustración 37 Drenajes insuficientes en el muro 23 D	97
Ilustración 38 Drenajes insuficientes en el muro 23 D	98
Ilustración 39 Drenajes obstruidos en el muro 23 D	98
Ilustración 40 Drenajes obstruidos en el muro 23 D	99
Ilustración 41 Junta fría en el muro 23 D	100
Ilustración 42 Junta fría en el muro 23 D	100
Ilustración 43 Segregación en el muro 23 D	102
Ilustración 44 Segregación en el muro 23 D	102
Ilustración 45 Segregación en el muro 23 D	103
Ilustración 46 Segregación en el muro 23 D	103
Ilustración 47 Eflorescencias en el muro 23 D	104

Ilustración 48 Eflorescencias en el muro 23 D.....	105
Ilustración 49 Carbonatación en el muro 23 D	106
Ilustración 50 Tipos de daños generales en el muro 23D	111
Ilustración 51 Tipos de daños generales en el muro 23D que comprenden capacidad estructural	112
Ilustración 52 Tipos de daños específicos del concreto	113
Ilustración 53 Clasificación de severidad de daños.....	114

Lista de Tablas

Tabla 1	Pendiente en grados de la zona	31
Tabla 2	Valores de peso unitario y compresión simple de las muestras	34
Tabla 3	Tensionamientos de anclajes y desplomes del muro 23D	35
Tabla 4	Niveles de severidad para la erosión	50
Tabla 5	Niveles de severidad para la fisuras y grietas	54
Tabla 6	Niveles de severidad para desplazamientos.....	55
Tabla 7	Niveles de severidad para las filtraciones	58
Tabla 8	Niveles de severidad para la vegetación	60
Tabla 9	Niveles de severidad para los drenajes	62
Tabla 10	Niveles de severidad para juntas frías.....	66
Tabla 11	Niveles de severidad para segregación	70
Tabla 12	Niveles de severidad para eflorescencia	72
Tabla 13	Niveles de severidad para carbonatación.....	75
Tabla 14	Graduación niveles de daño.....	80
Tabla 15	Tratamiento según nivel de severidad	82
Tabla 16	Nivel de severidad según patología presentada.....	106
Tabla 17	Urgencia de intervención.....	108
Tabla 18	Reporte de daños.....	109
Tabla 19	Tratamiento de la patología según su nivel de severidad	115

Resumen

Esta investigación aborda el análisis detallado de la historia clínica de las diversas patologías que afectan a un muro de contención ubicado en la vía Bogotá-Villeta comprendido del tramo 51+000 al 51+100.

Estas patologías representan desafíos significativos para la estabilidad y la seguridad de la infraestructura vial, lo que requiere una evaluación exhaustiva y medidas correctivas adecuadas.

El estudio identifica una serie de patologías comunes, incluidas grietas, desplazamientos, infiltraciones de agua y deterioro del material del muro. Cada una de estas patologías se analiza en términos de sus causas probables, efectos potenciales y posibles soluciones.

Se realizó una evaluación exhaustiva de las causas subyacentes de estas patologías realizando una historia clínica, que incluyen factores geológicos, condiciones climáticas, diseño deficiente, falta de mantenimiento adecuado y cargas externas inesperadas.

Con base en el análisis realizado, se propusieron una serie de recomendaciones y soluciones para abordar las patologías identificadas. Esta investigación ofrece una visión integral de las patologías que afectan al muro de contención en la vía, destacando la importancia de abordar estos problemas de manera proactiva y con soluciones efectivas para garantizar la seguridad y la funcionalidad continua de la infraestructura vial.

Palabras clave: *Patología, evaluación, análisis, seguridad, mejoramiento.*

Abstract

This research addresses the detailed analysis of the clinical history of the various pathologies affecting a retaining wall located on the Bogotá-Villeta road between section 51+000 and 51+100. These pathologies represent significant challenges to the stability and safety of the road infrastructure, requiring a thorough assessment and appropriate corrective measures.

The study identifies a number of common pathologies, including cracks, displacements, water infiltration, and deterioration of the wall material. Each of these pathologies is analyzed in terms of its probable causes, potential effects, and possible solutions.

A thorough assessment of the underlying causes of these pathologies was performed by performing a clinical history, including geological factors, climatic conditions, poor design, lack of adequate maintenance, and unexpected external loads.

Based on the analysis performed, a series of recommendations and solutions were proposed to address the identified pathologies. This research provides a comprehensive view of the pathologies affecting road retaining walls, highlighting the importance of addressing these problems proactively and with effective solutions to ensure the safety and continued functionality of road infrastructure.

Keywords: Pathology, evaluation, analysis, safety, improvement.

1. Introducción

Los muros de contención son estructuras esenciales en la ingeniería civil que se utilizan para contener masas de tierra y proporcionar estabilidad a terrenos con pendientes pronunciadas. Su diseño y construcción son cruciales para garantizar la seguridad de infraestructuras y comunidades cercanas. por ello se realizará una historia clínica de un muro de contención el cual se encuentra en el corredor vial Bogotá - Villeta, más específicamente en el kilómetro comprendido del tramo 51+000 al 51+100 y sus aspectos desde el más relevante que ilustran diferentes enfoques en la construcción de dicho muro de contención en diversas condiciones geotécnicas. A través de esta historia clínica, se pretende proporcionar una guía integral que sirva como base guía para futuros estudios. Este trabajo busca destacar la importancia de este muro de contención y su contribución significativa a la seguridad y estabilidad de la zona.

El kilómetro 51+000 a km 51+100 de carretera entre Bogotá y Villeta presenta condiciones geográficas y topográficas que requieren la construcción de una contención para garantizar la estabilidad de la vía y la seguridad de los viajeros y residentes de esta zona. Este tramo es parte de una vía arteria para la conexión y el transporte de carga entre la ciudad de Bogotá y la región occidental del país, lo cual hace definir que esta carretera debe estar en perfectas condiciones debido a que esta carretera es crucial para la economía y el desarrollo del país.

El muro de contención en este tramo enfrenta distintas situaciones críticas, como las altas pendientes del terreno, la erosión causada por las condiciones climáticas de la zona y la necesidad de mantener la integridad estructural de la carretera.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Formular un diagnóstico e historia clínica, con el cual se puedan determinar los daños o fallas del muro de contención, en el Kilómetro (51+000 al 51+100), y así mismo una posible propuesta de solución.

2.2 Objetivos Específicos

- Recopilar toda la información, antecedentes de información directa y transversal que existe sobre el diseño, proceso constructivo y estado de servicio del muro de estudio
- Revisar el estado actual del muro en sus aspectos estructurales, ambientales y geotécnicos, a partir de una inspección de daños o fallas mediante la realización de un formato de inspección visual.
- Establecer una clasificación de las afectaciones y un planteamiento de niveles de severidad del muro, a través del método simplificado.

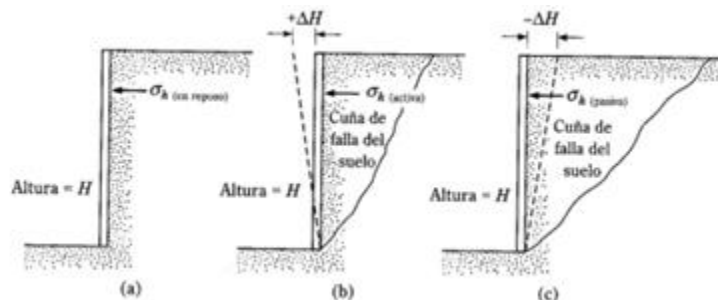
3. Marco Referencial

Las patologías del concreto en estructuras de contención pueden definirse como el estudio de los orígenes, formas y consecuencias que estas pueden tener en la seguridad vial. Estas estructuras pueden sufrir daños tanto en su estructura interna como daños más visibles en el exterior de las mismas, algunas de estas patologías se pueden presentar desde su construcción o a lo largo de su puesta en funcionamiento y vida útil, de igual forma estas también pueden ser generadas por accidentes.

3.1 Estructuras de contención: Un muro de contención, se define como una estructura lineal y vertical construida a modo de pared como un elemento rígido, para el soporte de taludes, suelo y rocas en macizos fracturados, o de arrumes de materiales heterogéneos. Para el diseño de estas estructuras se requiere determinar la presión lateral de la masa de tierra, la cual es función de factores como el tipo y magnitud de los movimientos dinámicos y de presiones estáticas que debe soportar la estructura de contención, de los parámetros de resistencia al corte en los materiales del relleno, del peso unitario del material que se contiene y de las condiciones de drenaje en el relleno, en la siguiente ilustración se puede determinar la estructura;

Ilustración 1

Estructura de contención para diferente tipo de relleno



Tomado de Geotecnia para trópico Andino

3.2 Patologías estructurales: Es la rama de la Ingeniería civil que se encarga de determinar y llevar a cabo todos los estudios pertinentes a una estructura, ya sea una edificación, muro de contención, puente etc., la patología estructural se encuentra normalmente en construcciones las cuales presentan problemas tanto en su estructura como en sus materiales, la cual con el pasar del tiempo pueden afectar la resistencia de esta. Se ha designado la palabra Patología Estructural debido a que es el campo de la Ingeniería que estudia todos los orígenes, formas de manifestación, consecuencias y cualquier otro tipo de mecanismo de ocurrencia de las fallas y sistemas de daños en las estructuras. Es decir, que la patología estructural es el estudio de las deficiencias, accidentes o fallas en cualquier estructura no importa su material, estas fallas pueden ocurrir en algunas fases del proyecto, desde el planteamiento, construcción, materiales, proyecto hasta el uso al que esté sometida dicha estructura.

3.3 Clasificación de las patologías estructurales: Se pueden distinguir tres grandes tipos en función del carácter del proceso patológico, es decir, estas se pueden dividir en físicas, mecánicas y químicas. Ello supondrá un dato de partida importante y una base para el diagnóstico de una patología en cualquier estructura.

3.3.1 Lesiones Físicas: En este tipo se agrupan todas aquellas lesiones de carácter físico, es decir, aquellas su origen está basado en hechos físicos tales como fisuras, grietas, entre otras. Normalmente la causa del origen del daño será también física, y su evolución dependerá de procesos, sin que tenga que haber mutación química de los materiales afectados y de sus moléculas. Sin embargo, puede haber cambio de forma y color, o de estado de humedad.

3.3.2 Lesiones mecánicas: Este tipo de lesiones tiene múltiples variantes en función de las condiciones particulares de cada caso o de cada estructura en específico, relativas al material, a la unidad constructiva, al uso, al tiempo entre otros.

3.3.3 Lesiones químicas: Estas son todas aquellas con un proceso patológico de carácter químico donde el origen suele estar en presencia de sales ácidos o álcalis que reaccionan químicamente para

acabar produciendo algún tipo de descomposición del material el cual provoca a la larga su pérdida de integridad. Afectando por tanto a su durabilidad como a su resistencia.

3.4 Tipos de las patologías estructurales:

3.4.1 Erosión: Se entiende por las reacciones químicas entre distintos elementos constitutivos de los materiales, o entre ellos mismos también influye los compuestos en la atmósfera, sean naturales o artificiales constituyen la base principal en este proceso patológico.

3.4.2 Fisura: Se define como todas aquellas aberturas incontroladas que afectan solamente a la superficie del elemento o a su acabado superficial, estas inician con un tamaño pequeño, pero a medida que la patología evoluciona estas agrandan su tamaño, si no se tratan a tiempo pueden representar un gran peligro para la seguridad de la estructura.

3.4.3 Grietas: Son muchas las causas que originan esta patología del concreto, se tienen dos tipos de grietas que son clasificadas por su origen, las de origen químico, principalmente atribuidas a cambios derivados por las de origen físico. Estos cambios son expansiones y contracciones que se generan en el material, es decir, cuando los elementos del concreto están restringidos la expansión origina esfuerzos de compresión y la contracción origina esfuerzos de tracción generando finalmente una grieta.

3.4.5 Filtración: Los materiales de construcción en este caso el concreto absorben agua proveniente en este caso puede ser producida por las lluvias, condensación de humedad ambiente o de la humedad del terreno que asciende por zonas sin impermeabilizar o con impermeabilización errónea. La captación de humedad del concreto produce alteración de sus características que pueden llegar a su destrucción o deformación plástica.

3.4.6 Desplazamiento o deflexión: Los desplazamientos laterales de estructuras de contención se refiere al movimiento horizontal que experimenta dicha estructura debido a diversas fuerzas y condiciones a las que está sometido se deben a una carga excesiva, fuerzas sísmicas, condiciones deficientes del suelo, acumulación de agua y/o un diseño erróneo. Esta patología tiene varias consecuencias graves en la estructura como lo son; agrietamiento, fisuración de la superficie, asentamiento etc.

3.4.7 Vegetación: Se puede observar el crecimiento de vegetación en el concreto debido a que son producto de grietas que se provocan por fallas constructivas, desprendimiento del material, falta de mantenimiento, entre otras. En la superficie del concreto se pueden alojar semillas ancladas a través del viento o las aves, por lo tanto, la intemperie y las precipitaciones de la zona permiten el aumento y crecimiento desmedido de la vegetación dentro de la estructura.

3.4.8 Drenaje insuficiente: El drenaje insuficiente se refiere a la incapacidad del sistema de drenaje instalado detrás de la estructura de contención para manejar de manera efectiva el agua subterránea y de precipitación. Esto tiene como consecuencia acumulación de agua detrás de la estructura y en su relleno, lo que aumenta la presión hidrostática ejercida sobre él y puede llevar a varios problemas estructurales y de estabilidad como desplazamiento lateral, agrietamientos, fisuras y humedades en el concreto.

3.5 Patologías del concreto:

3.5.1 Carbonatación: Esta patología se da cuando la armadura se oxida. La oxidación del hierro incrementa de volumen y comienza a fisurar el concreto hasta llegar al punto de fracturarse, es decir, que se considera como la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio el cual es alto pH, a carbonato de calcio, el cual tiene un pH más neutral generando las fracturas.

3.5.2 Junta fría en el concreto: Es un plano débil del concreto no tratado causado por la interrupción de suministro de mezcla en el vaciado el cual puede afectar de manera considerable el desempeño de un sistema estructural, este se puede evidenciar de manera visual.

3.5.3 Segregación del concreto: Esta se define como la separación que sufren los diferentes componentes del concreto cuando este aún está fresco. En consecuencia, las partículas más pesadas tienden a quedarse en el fondo de la mezcla y las más livianas suben.

Esta patología se puede identificar fácilmente una estructura en la que el concreto se ha segregado ya que muestra imperfecciones, por ejemplo, capas porosas, costras superficiales, etc.

3.5.4 Refuerzos expuestos: Las estructuras de concreto que se encuentran a la intemperie son las más propensas a padecer estas patologías, donde aparecen daños debidos al desprendimiento del concreto, estas tienen su origen mediante el desprendimiento del concreto de una forma puntual o longitudinal, dejando las armaduras a la superficie, sin protección, por lo tanto, con el tiempo quedan recubiertas por una capa de óxido que se manifiesta mediante la aparición de manchas en la zona afectada.

3.5.5 Eflorescencia: Es un fenómeno que se manifiesta como una capa blanca y polvorienta en la superficie del concreto. Esta patología ocurre cuando el agua que contiene sales disueltas migra a la superficie del concreto y luego se evapora, dejando atrás los depósitos de sales.

3.6 Muro de contención en voladizo: Estos son similares a los muros de contención por gravedad e incluyen un componente de base adicional que proporciona una restricción adicional contra el vuelco y el deslizamiento dado este concreto adicional. Esta forma es más eficaz para resistir las fuerzas activas

3.7 Presiones hidrostáticas: Las presiones hidrostáticas se definen como la presión a la que se somete un cuerpo sumergido en un fluido, debido a la columna de líquido que tiene sobre él. Se debe

iniciar entendiendo que en todos los puntos sobre el fluido se encuentran en equilibrio, la presión hidrostática es directamente proporcional a la densidad del líquido, a la profundidad y a la gravedad.

Por tanto, la presión aumentará a medida que sea más denso el fluido y mayor la profundidad, además, la diferencia de presión hidrostática entre dos puntos de un fluido sólo depende de la diferencia de altura que existe entre ellos. Dependiendo del tipo de investigación, la disciplina, y la metodología utilizada, la estructura y la redacción de este pueden variar. Cada capítulo corresponde a un subtema de investigación y lleva un título que indica su contenido. A partir de acá se recomienda la numeración con números arábigos.

3.8 Método simple: Este método se realiza en tres partes principales. La primera es una inspección a la estructura, en el caso de esta investigación, se realiza a el muro de contención que empalma con la vía principal que conecta Bogotá con Villeta, para esta inspección se diligencia el formato proporcionado por el INVIAS. La segunda consiste en realizar la propia evaluación de daños del muro, y finalmente la tercera es la fase en donde se proporciona un diagnóstico y clasificación de daño, dicha clasificación fue proporcionada por los autores;

Ilustración 2

Proceso de evaluación método simple



Nota: Se observan un gráfico en donde se explica el proceso para la inspección y pronosis de daños

Tomado de Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de armadura, GEOSISA, 2006

4. Generalidades

4.1 Antecedentes

En este sentido y teniendo como referencia, que las causas son diferentes por el tipo de estructura, que se está analizando, se hace necesario realizar el debido estudio integral de los factores que inciden en el tipo de uso del elemento, para determinar con precisión el origen de las patologías y del riesgo que estas puedan llegar a presentar a través del diagnóstico que se obtenga de las mismas.

4.1.1 Condiciones iniciales del muro de estudio:

Se presentan los detalles del diseño de los dados de concreto reforzado para reacción de los anclajes en donde en los planos de construcción se especificó llenar hasta la altura de los anclajes activos, ejecutar las labores de perforación, inyección y tensionamiento y luego proseguir con la conformación de los llenos y se especificó un dado de concreto reforzado para atender el punzonamiento generado por las fuerzas de anclajes.

En los sistemas de drenaje en los planos de construcción se especificó el filtro escalonado en el contacto entre el terreno natural y el material del relleno con material filtrante envuelto en geotextil NT 2500, se especificó además la construcción de drenes sub horizontales con pendientes entre 5 a 10% con diferentes espaciamientos y de diferentes longitudes según las secciones transversales, como complemento se propusieron una serie de gateras de 2.0 m de longitud localizadas a 3.0m longitudinal y verticalmente al tres bolillos.

4.1.2 Condiciones de la problemática muro de estudio:

De acuerdo a los informes obtenidos por el operador del corredor vial Bogotá-Villeta, se evidenciaron registros, en el cual se determinó que la finalización de la construcción de este elemento fue en el año 2016, teniendo las respectivas inspecciones, en las cuales se muestra que este muro

empezó a tener afectaciones en el año 2018, por lo tanto, es importante aclarar que este tipo de afectaciones, se vienen dando, en diferentes estructuras correspondientes a los muros de contención en el corredor vial Bogotá-Villeta, como precedente se han presentado fallas en las estructuras, por tal razón durante los años 2016 al 2018 se presentaron diferentes patologías las cuales serán mencionadas a continuación;

4.1.2.1 Agrietamiento y fisuras en la carpeta asfáltica de la calzada externa y desplazamiento transversal al eje de la vía.

4.1.2.2 Asentamiento longitudinal del relleno de la calzada externa del orden de 10 a 30 cm al lado de la cuneta y de la berma.

4.1.2.3 Desplazamientos laterales del muro, en donde sobresale deflexión lateral de la cresta en el Módulo 2 y la ondulación notoria en el Módulo 1. Es posible que estas deformaciones están relacionadas con los empujes del relleno una vez saturado por aguas de infiltración y por la reacción diferencial de los anclajes, similar a un punzonamiento en las entradas de la ondulación.

Ilustración 3

Deformaciones en la vía



Nota: Se observan las deformaciones presentadas en la vía presentadas en la vía que empalma con el muro, esta es de gran afluencia debido a el paso de tráfico constate, sobre todo tráfico pesado

Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

Ilustración 4

Deformaciones en la vía



Nota: Se observan las deformaciones presentadas en la vía presentadas en la vía que empalma con el muro, esta es de gran afluencia debido a el paso de tráfico constate, sobre todo tráfico pesado

Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

4.1.2.4 Durante el mes de Diciembre de 2017, se evidenció en la instrumentación anomalías en la medición basada en la trazabilidad del último año, para lo cual se instalaron puntos de control topográfico y marcas puntuales en el cabezote del muro tipo New Jersey del costado externo de la calzada, para el mes de febrero de 2018 se reflejaron micro fisuras sobre el pavimento en el carril lento adyacente al muro y un desplazamiento transversal al eje de la vía, inicialmente determinadas por el desgaste producto de la fatiga de la carga del tráfico vehicular como se puede observar en la ilustración 5 y 6.

Ilustración 5

Micro fisuras en la vía



Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

Nota: Se observan las micro fisuras en la vía. Las cuales son probadas por las fuerzas hidrostáticas provocadas por la falta de drenaje en el muro.

Ilustración 6*Micro fisuras en la vía*

Nota: Se observan las micro fisuras en la vía. Las cuales son probadas por las fuerzas hidrostáticas provocadas por la falta de drenaje en el muro.

Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

4.1.2.4 A mediados de febrero de 2018, las fisuras aumentaron de forma significativa producto del inicio de la ola invernal, para lo cual se revisaron los drenes horizontales para realizar limpieza y garantizar el drenaje del mismo. Con lo anterior se revisaron estudios, diseños y proceso constructivo donde se identificaron algunas inconsistencias

4.1.2.5 Deflexiones o deformaciones notables: Según la normativa CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES en el numeral A.5.5.3 las deformaciones admisibles no deben superar los 5 cm, esto teniendo en cuenta que el muro en cuestión es de tipo voladizo, las deformaciones del muro construido alcanzan los 46 cm, teniendo en cuenta lo anterior el muro no cumple con las deformidades aceptables.

El consultor frente a esta problemática manifiesta que las deformaciones exageradas son producto del método constructivo utilizado, de igual forma, menciona que los incrementos en los empujes del vástago del muro por presiones hidrostáticas y la presencia de material arcilloso como lutitas en el relleno del mismo.

Por lo tanto, se observa que, en el muro con las condiciones particulares de material de relleno, carga en anclajes y presencia de agua, se encontraba en el equilibrio límite, esta situación lleva a la

concesión a tomar la decisión de realizar una intervención inmediata antes de que ocurriera un fallo geotécnico en la zona.

4.1.2.6 Empuje de tierras: Se presentan dos tipos de empuje en el muro;

4.1.2.6.1 Empuje estático: En el muro construido la interventoría pudo evidenciar que la restricción al desplazamiento del muro se deriva de las presiones cercanas a el estado de reposo, por lo tanto, según el numeral A.5.7.2.3 del CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES, el consultor debe realizar una verificación, es decir, la interventoría concluye que el diseño original no dio cumplimiento a lo exigido por el CCDSP-95

4.1.2.6.2 Empuje mononobe: El empuje máximo inducido del sismo según el numeral de A.5.5.3 del CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES debe ser calculado con la ecuación $K_h = 1.5 A_a$, según la revisión que realiza la interventoría a el informe presentado por el consultor en donde realiza un ajuste a el diseño estructural del muro concluye que el análisis y diseño del muro en estudio no siguió la recomendación del CCDSP-95, sino el consultor está mezclando criterios con la CCP-14.

4.1.2.7 Espaciamiento de los tensores: Según las recomendaciones de (INVIAS, 1995) la separación entre tensores no puede ser menor de tres veces el diámetro de la zona de anclaje por lo tanto lo construido en el muro de estudio no cumple debido a que para el caso de estudio debería ser de 3.6 la alternativa del refuerzo planteado ya que esta reduce el espaciamiento incumpliendo en lo dispuesto el código.

Por otro lado, el consultor responde a la interventoría comunicando que el numeral del código que habla sobre el tema en cuestión se está cumpliendo, menciona que los diseños del reforzamiento tienen un diámetro en la zona de anclaje es de 4", por lo tanto, el espaciamiento propuesto sería de 2 m en los tensores y en ningún momento es inferior a tres veces el diámetro del bulbo el cual sería de 30.6 m como lo exige el numeral A.5.7.2.3 del código.

De igual forma, la interventoría reitera que la zona de anclaje correspondiente al dado de 1.2 m X 1.2m mediante el cual se transfiere la carga del anclaje del terreno y no a la cuña de 4" X 4" que se coloca sobre éste, por lo tanto, el diseño planteado por la concesión para el reforzamiento tampoco cumple.

Frente a la observación realizada la respuesta por la Concesión sabana de Occidente SAS afirma que por causas del proceso constructivo y teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el estado de carga de los anclajes existentes durante el diseño actual se despreció su aporte como parámetro para las obras de estabilización y reforzamiento planteado, por lo tanto, los anclajes activos propuestos dan el cumplimiento a la normativa en cuanto a la separación entre los mismos, se presenta un extracto del numeral A.5.7.2.3 del código en el cual se evidencia que esta separación de los anclajes estará en función al diámetro de la zona;

Recomendaciones especiales:

- Para muros soportados en arcilla blanda se deben tomar precauciones especiales para evitar el levantamiento de fondo de la excavación.
- La longitud no adherida de los tensores debe ser de por lo menos de 5 metros y se debe extender 1.5 metros o un quinto de la altura del muro Más allá de la superficie potencial de la falla del terreno detrás del muro
- La longitud adherida (longitud de la zona de anclaje) se debe determinar con base en el diámetro de la perforación y en el tipo y características del suelo donde se realiza el anclaje considerando un factor de seguridad de 2.5 para anclajes en el suelo y de 3.0 para anclajes en roca.
- La inclinación de los tensores por debajo de la horizontal debe ser de por lo menos 10" y la zona de anclaje debe estar por lo menos 5 metros por debajo de la superficie del terreno
- El espaciamiento de los tensores no debe ser menor de tres veces el diámetro de la zona de anclaje o 1.2 m.
- Para muros permanentes la protección contra la corrosión de los tensores debe ser objeto de Especial cuidado principalmente y cuando hay presencia de aguas agresivas o de corrientes eléctricas parasitas
- Los tensores deben ensayarse por muestreo para asegurarse de la efectividad Y capacidad del anclaje (INVIAS, 1995, pág. 7)

4.1.2.8 Profundidad de anclajes: El código establece la zona de anclaje debe estar por lo menos a 5 m por debajo de la superficie del terreno este requisito no se cumple en el muro de estudio, por lo tanto, es inviable su aceptación se entiende que la fase de construcción corresponde un muro en voladizo convencional es decir que se requiere el análisis y chequeo del muro en las condiciones debidamente ajustadas al proceso de construcción en donde el constructor debe garantizar el cumplimiento de todos los requisitos de la norma ya presentada anteriormente.

El consultor responde que teniendo en cuenta que la zona de anclaje del tensor propuesto corresponde al bulbo la profundidad en la parte más superficial del mismo es de 5.49 m con respecto a la superficie, por lo tanto, estaría cumpliendo de acuerdo al código en lo que respecta a la profundidad del anclaje

4.1.2.9 Erosión en el relleno: Se evidencia que en las zonas bajo el terraplén de la vía se encuentra con vacíos, esto según la concesión se originó en el uso de lutitas como parte del material que conforma el relleno de la misma, esto implica la necesidad de reconformar en su totalidad dicho terraplén o como otra opción implementar medidas que el consultor debe proponer para la solución de esta problemática.

4.1.2.10 Fisuras: el muro de estudio presenta un patrón de fisuras que hasta el año 2018 no fue abordado por la concesión, a pesar de ser mencionado y observado por la interventoría, el consultor resalta que esto se debe a articulaciones plásticas, es importante resaltar que la estructura del muro de estudio son analizadas y diseñadas para trabajar dentro del rango elástico, por lo tanto, la interventoría resalta que la aceptación por parte de la concesión de articulaciones plásticas que modifican la condición de apoyo del muro es un reconocimiento por parte del concesionario de que este fallo.

De igual forma, la concesión responde manifestando que la formación de una rótula plástica en la estructura que está estáticamente determinada no genera riesgo de colapso, por el contrario, indica que cambiaron las condiciones de apoyo, es decir, que en la unión de la viga muro cambia de una

condición de empotramiento a una condición de articulación, por lo cual, estaría estáticamente determinada y no corre un riesgo de colapso o falta de equilibrio.

El día 1 de mayo de 2018 se realizó una reunión en la cual participaron la concesión y la interventoría, en donde se llegó a la conclusión de que entre las partes que se aceptan las condiciones actuales del muro.

4.1.2.11 Modelo estructural: Como se mencionó anteriormente, el modelo estructural presentado inicialmente por la convención, no considera los parámetros de diseño establecidos por el CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES-95.

De igual forma la concesión aporta un concepto sobre las obras estabilizantes del muro de estudio, este se realiza con el fin de realizar una recolección de información directa de los problemas que afectan dicho muro y la calzada externa de las vías, en donde, se busca conceptuar sobre todas las obras estabilizantes.

En el informe presentado se inicia examinando las muestras obtenidas en las perforaciones No. 3 y No. 4, las cuales se llevaron a cabo por CALDERON JARAMILLO en la berma y cuneta interna de la vía en el sector del muro, para definir las condiciones de las rocas en las cuales se desarrollará el bulbo de anclaje de los anclajes adicionales.

Se incluye un mapa que contiene las pendientes homogéneas en el cual se determinan las áreas correspondientes a los intervalos de pendiente en términos de ángulo horizontal

Tabla 1*Pendiente en grados de la zona*

Pendiente en grados	Color respectivo en la ilustración 7
0 grados a 15 grados	Verde oscuro
15 grados a 30 grados	Verde claro
30 grados a 45 grados	Naranja
Mayor a 45 grados	Rojo

Nota: La tabla representa cómo se determinan las áreas correspondientes a los intervalos pendiente en términos de ángulo horizontal, Tomado de Concesión Sabana de Occidente.

Adaptado de informe Concepto sobre las obras estabilizantes del muro 23D, Concesión sabana de Occidente SAS

Según el informe presentado por la concesión se describe que en general los terrenos con pendiente menor a 15° son planos y sin problemas de inestabilidad o en comparación los más cercanos a los 10° a 15°. Entre los 15° y 30° se hallan las zonas en reptación, es decir, movimiento a tasa promedio menor o igual a 6 cm/año, en flujo de tierras se habla a tasa entre 6 cm/año y 1.5 ml/año o ligeramente mayor, siendo 30° un valor muy frecuente del ángulo de fricción interna de la componente de resistencia al corte de suelos y rocas blandas meteorizadas.

Las pendientes entre 30° y 45° corresponden a suelos densos y firmes y rocas con grado de meteorización bajo, tratándose de rocas arcillosas tan comunes en la región en estudio, como son las lutitas o lodolitas, arcillolitas y limolitas, que reciben el nombre técnico de rocas blandas.

Ilustración 7
Plano pendientes homogéneas

4

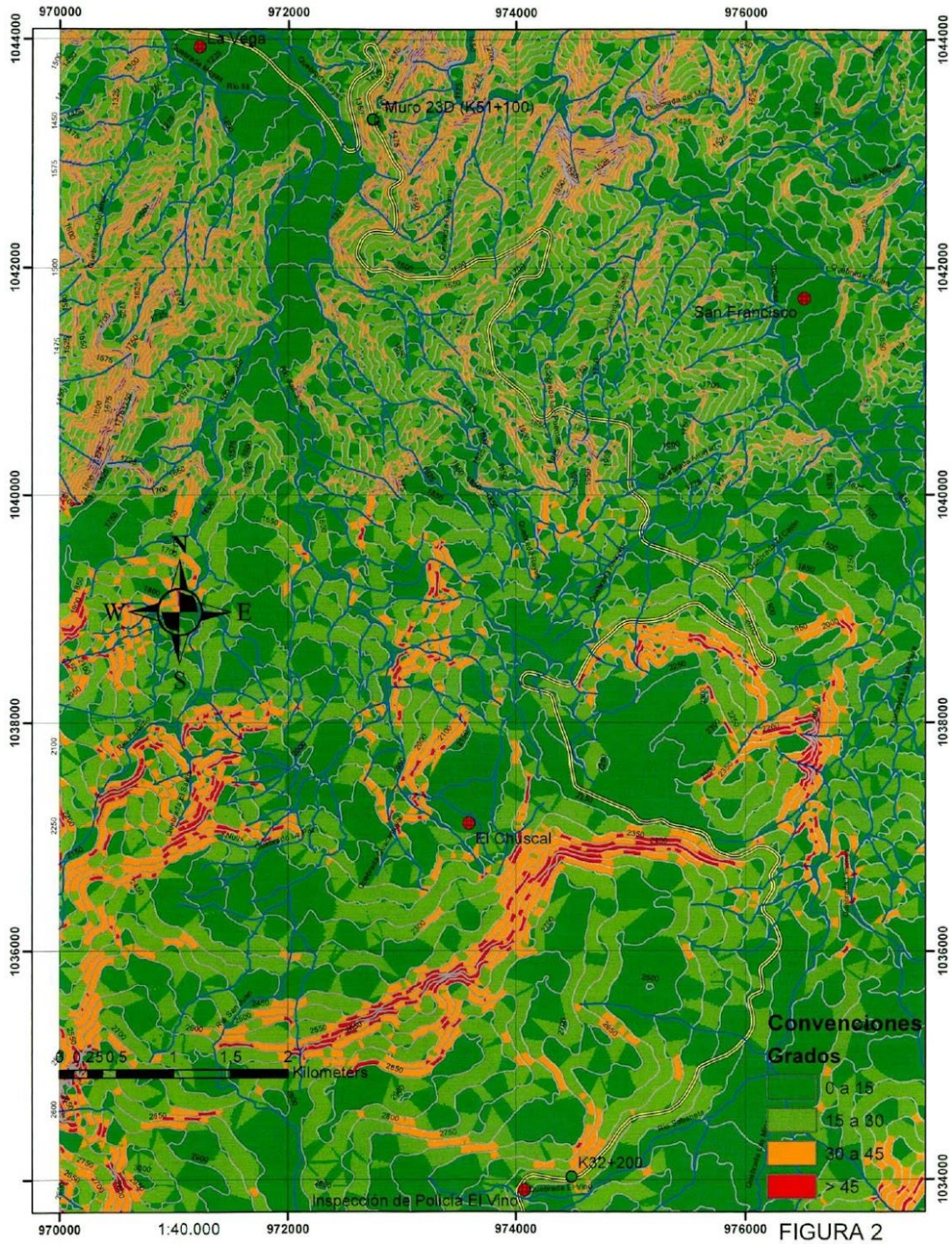


FIGURA 2

Nota: Se observan las pendientes presentadas en el terreno en donde se encuentra el muro en cuestión, esto es de suma importancia debido que se debe conocer de manera exacta la topografía de la zona, esto es un parámetro que la concesión no tuvo en cuenta a la hora de realizar el diseño del muro.

Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

4.1.3 Investigación geotécnica y análisis de estabilidad:

En la información suministrada por la concesión se habla de que para realizar la investigación geotécnica se incluyeron los perfiles estratigráficos de dos sondeos denominados S1 y S2, los cuales fueron efectuados con equipo mecánico Petty por la firma DCM Ingenieros S.A.S. Por la descripción de los materiales explorados se infiere que ambos fueron localizados en la calzada externa, afectada por los problemas de asentamiento del relleno y agrietamiento del pavimento, junto con desplazamientos laterales del muro de estudio, posiblemente desde el fondo de la excavación para retiro parcial del relleno.

El perfil estratigráfico S1 es de fecha 27 de febrero de 2018. Fue localizado en la abscisa K51+030. Se alcanzó una profundidad de 20.50 m y siempre se encontró relleno formado por arenas, gravas, limos, arcillas y en especial por fragmentos de lutita meteorizada, con humedad y plasticidad variable entre ninguna y baja a media. No se detectó un nivel freático. En los primeros 5 a 6 m se realizó el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y sus valores fluctuaron entre 10 y 16 golpes/pie. No se reportaron valores de N a mayor profundidad.

Por otro lado, el perfil estratigráfico S2 correspondiente es de fecha 22 de febrero de 2018 y se llevó hasta 20.0 m de profundidad. Se localizó en la abscisa K51+075. Los materiales hallados son de los mismos tipos de S1, con frecuente presencia de lutita y la diferencia respecto al primer sondeo de que sí hubo puntos con humedad alta. Se realizó el SPT hasta una profundidad de 7.5 m y los valores de N fluctuaron entre 19 y 25 golpes/pie, superiores a los del primer sondeo. Tampoco se halló el nivel freático.

Se destaca de esta exploración que el espesor del relleno es superior a los 20 m y que la existencia de lutita en el relleno ocurre en toda la profundidad explorada. Según las descripciones estratigráficas, estos sondeos no se profundizaron hasta encontrar la roca del substrato, presumiblemente areniscas con intercalaciones de lutitas y limolitas.

De igual manera, se realizaron perforaciones exploratorias en los anclajes del muro, se presentan los resultados de un programa de exploración del subsuelo mediante perforaciones localizadas al lado de la berma-cuneta interna de la vía. Este programa tuvo el propósito principal de conseguir información acerca del substrato rocoso en el cual se puede desarrollar el bulbo de anclaje de una serie de anclajes de refuerzo para el muro. Las perforaciones se efectuaron en abril del 2018.

Los valores de peso unitario y compresión simple de las muestras por perforación fueron los siguientes:

Tabla 2

Valores de peso unitario y compresión simple de las muestras

Perforación #	Tipo de roca	Peso unitario, ton/m³	Compresión simple, kg/cm²
1	Limolita	2.34 – 2.35	24.4 – 25.1
	Arcillolitas y lutitas	2.12 – 2.13	27.0 – 27.5
	Lutitas	2.17	27.0 – 27.1
3	Limolita	2.175 – 2.177	144.3 – 147.6
	Limolita laminada	2.133 – 2.134	70.1 – 78.1
	Limolita y lutita	2.130 – 2.131	103.3 – 107.5
4	Limolita con lutita	1.912 – 1.917	77.9 – 78.4
	Limolita con intercalaciones de lutita	1.854 – 1.857	42.2 – 42.8
	Lutitas	1.788 – 1.789	38.9 – 39.6

Nota: Se observa los resultados de las muestras tomadas en la zona, en donde se encuentra la limolita y la lutita en gran porcentaje en comparación a las arcillolitas en las tres perforaciones.

Tomado de informe Concepto sobre las obras estabilizantes del muro 23D, Concesión sabana de

Occidente SAS

Es importante aclarar que por lo general las limolitas muestreadas aparecieron en capas delgadas, de unos 2 a 4 mm de espesor, por lo cual en los núcleos recuperados tuvieron la apariencia de monedas, como se les designó en los registros de perforación. Las demás rocas también aparecieron con fracturas intensas. Esto hace prever un consumo alto de la lechada en los bulbos de anclaje.

Por otro lado, se generan cargas en los anclajes, se verifica la carga de bloqueo en los 27 anclajes construidos a lo largo del muro 23D. En 23 de los 27 anclajes se registraron cargas de tensionamiento inferiores a la carga de trabajo, es decir la carga de diseño, la cual es de 40 ton/anclaje, se presenta la Tabla de Tensionamiento de Anclajes y Desplomes del Muro de fecha 23 de marzo de 2018. Solo en los anclajes No. 1, 6, 7 y 19 se encontraron cargas de 42.7, 45.2, 49.0 y 44.3 toneladas respectivamente.

Tabla 3
Tensionamientos de anclajes y desplomes del muro 23D

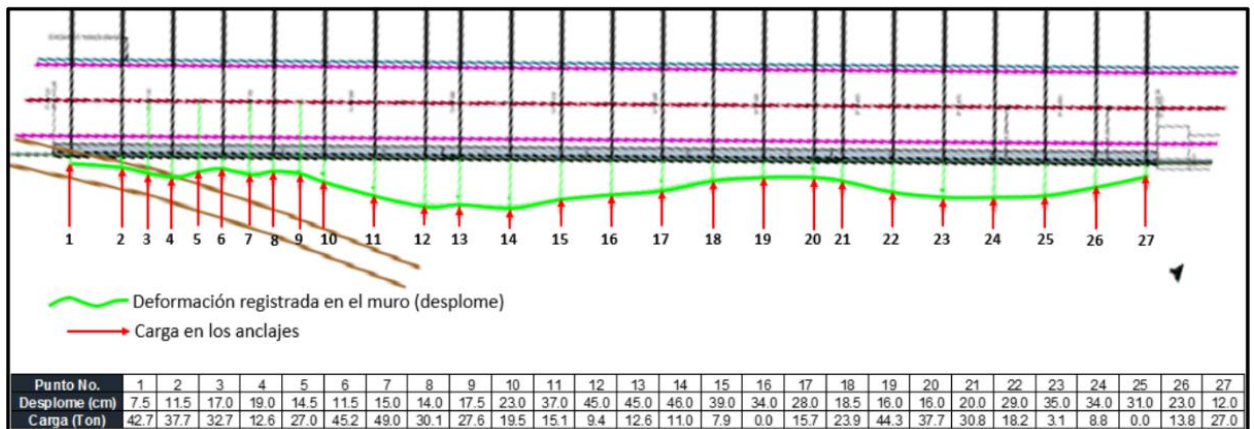
ANCLAJE	PRESIÓN TORÓN 1	PRESIÓN TORÓN 2	PRESIÓN TORÓN 3	PRESIÓN TORÓN 4	PRESIÓN TOTAL (PSI)	CARGA ANCLAJE (Kg)	ALTURA DEL MURO EN ESA SECCIÓN (m)	CARGA ANCLAJE	DESPLOME MURO EN ESA SECCIÓN (m)	Desplome
1	2800	4000	4300	2500	13600	42704	4.1	42.7 Ton	0.075	7.5 cm 2%
2	2600	2400	2400	4600	12000	37880	5.17	37.7 Ton	0.115	11.5 cm 2%
3	2600	2800	2600	2400	10400	32656	6.13	32.7 Ton	0.17	17.0 cm 3%
4	1000	1000	1000	1000	4000	12560	6.84	12.6 Ton	0.19	19.0 cm 3%
5	2000	2400	2400	1800	8600	27004	7.63	27. Ton	0.145	14.5 cm 2%
6	4400	3600	3000	3400	14400	45216	7.3	45.2 Ton	0.115	11.5 cm 2%
7	6000	3600	3000	3000	15600	48984	7.85	49. Ton	0.15	15.0 cm 2%
8	1400	2600	3600	2000	9600	30144	7.85	30.1 Ton	0.14	14.0 cm 2%
9	2200	2000	2000	2600	8800	27632	7.55	27.6 Ton	0.175	17.5 cm 2%
10	0	2000	2000	2200	6200	19468	7.4	19.5 Ton	0.23	23.0 cm 3%
11	1000	1000	1000	1800	4800	15072	7.7	15.1 Ton	0.37	37.0 cm 5%
12	1000	0	1000	1000	3000	9420	7.64	9.4 Ton	0.45	45 cm 6%
13	1000	1000	1000	1000	4000	12560	7.49	12.6 Ton	0.45	45 cm 6%
14	0	1500	1000	1000	3500	10990	7.4	11. Ton	0.46	46 cm 6%
15	500	1000	1000	0	2500	7850	6.58	7.9 Ton	0.39	39 cm 6%
16	0	0	0	0	0	0	6.5	. Ton	0.34	34 cm 5%
17	1000	1000	2000	1000	5000	15700	6.5	15.7 Ton	0.28	28 cm 4%
18	2400	2000	1000	2200	7600	23864	6.83	23.9 Ton	0.185	18.5cm 3%
19	2500	4000	3800	3800	14100	44274	7.17	44.3 Ton	0.16	16 cm 2%
20	3600	2000	3200	3200	12000	37880	7.2	37.7 Ton	0.16	16 cm 2%
21	3000	2400	2200	2200	9800	30772	7.3	30.8 Ton	0.2	20 cm 3%
22	1000	1000	1800	2000	5800	18212	7.4	18.2 Ton	0.29	29 cm 4%
23	0	0	0	1000	1000	3140	7.36	3.1 Ton	0.35	35 cm 5%
24	0	0	1800	1000	2800	8792	6.5	8.8 Ton	0.34	34 cm 5%
25	0	0	0	0	0	0	7	. Ton	0.31	31 cm 4%
26	2400	0	2000	0	4400	13816	6.8	13.8 Ton	0.23	23 cm 3%
27	2600	2000	2000	2000	8600	27004	6.44	27. Ton	0.12	12 cm 2%

Nota: Se observa los resultados de desplome presentado a los anclajes del muro, y se resaltan lo que tienen mayor porcentaje de desplome respectivo a la torción presentada

Tomado de informe Concepto sobre las obras estabilizantes del muro 23D, Concesión sabana de Occidente SAS

Ilustración 8

Resumen de tensionamiento de anclajes y desplomes



Nota: Se observa el punto del desplome relacionado con la carga en toneladas que se proporciona a los anclajes

Tomado de informe Concepto sobre las obras estabilizantes del muro 23D, Concesión sabana de Occidente SAS

Lo que ha conllevado a acciones de reparación y seguimiento como lo son:

4.1.3.1 Instalación de Inclínómetros: Esto se hace para realizar el registro de movimiento, con el fin de tener controlado que el desplazamiento de los muros sea estable, debido, si alguno de los registros llega a presentar anomalías es objeto de análisis para revisar si este se tiene que intervenir o no.

4.1.3.2 Cerramiento de Carril: Esto se hace para evitar que el tránsito de vehículos y su carga acelere las patologías presentadas.

4.1.3.3 Instalación de obras hidráulicas: Esto se hace para el correcto funcionamiento y manejo de aguas, para evitar la saturación y sobrecarga de los muros.

4.1.3.4 Reforzamiento Estructural: En este caso se realiza intervenciones como aumento del área y resistencia del concreto, de los elementos, como lo son anclajes la cual daría estabilidad a la estructura, también se emplean refuerzo en las vigas de cimentación para aumentar su capacidad de resistencia.

Con los datos mencionados anteriormente, es importante exponer este tipo de situaciones que en el país no se les ha dado la importancia adecuada para la debida prevención de dichos casos.

Por lo tanto, ante las afectaciones registradas, el Concesionario operador del corredor vial, adelantó investigaciones, para analizar las posibles causas, riesgos y/o soluciones a las mismas, presentando un informe correspondiente al análisis del riesgo geológico y análisis geotécnico general del sector en el año 2020.

Teniendo en cuenta lo anterior, en dicho estudio se concluyó que la estratigrafía del sector desfavorece, las condiciones de estabilidad de los muros de contención presentes en el sector donde se encontraron las primeras afectaciones, es por ello, que a partir de dichas fechas el concesionario implementó un monitoreo más riguroso, con el fin de evitar problemáticas de mayor envergadura.

5. Justificación

Con base en los argumentos ya mencionado, se resalta que el presente trabajo tiene como fin dar un aporte, a uno de los campos poco conocidos y menos especializados a nivel general en el gremio de la construcción como lo es el tema del estudio de la patología estructural, considerando como herramienta clave la historia clínica de la estructura, junto con los ensayos y análisis pertinentes, que son insumos esenciales para lograr un diagnóstico adecuado. Sin embargo, esto no excluye la importancia de otros factores que también pueden ser útiles para encontrar soluciones a las patologías identificadas, y a su vez plantear posibles soluciones al momento de llevar a cabo las inspecciones y el reconocimiento de problemas que implique la integridad de los componentes de la infraestructura objeto de estudio.

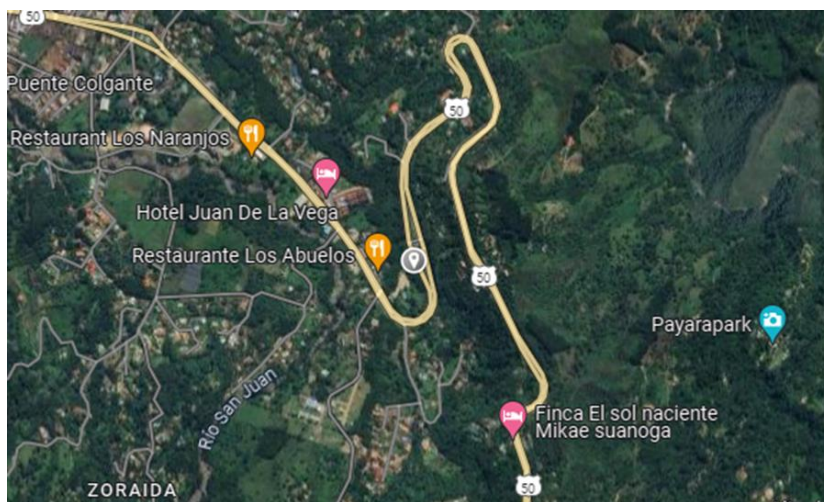
Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación busca determinar si existe algún riesgo de seguridad en las comunidades aledañas y/o a los usuarios que transitan por el citado proyecto a través de una historia clínica y diagnóstico, dado la importancia de la vida humana, el propósito de la ingeniería civil es facilitar y mejorar las condiciones de la misma, en las diversas comunidades de un país o territorio, se hace necesario este tipo de investigaciones, para la adquisición de conocimiento en el análisis de vulnerabilidad del territorio y divulgación del mismo, para la debida prevención de accidentes que puedan ocurrir.

6. Elemento de estudio

El muro de estudio denominado MURO DE CONTENCIÓN 23 D, se encuentra ubicado en la vía Bogotá Villeta, exactamente en el kilómetro 51+000 al 51+100, este permite sostener la tierra para realizar la construcción de vías de comunicación terrestre.

Ilustración 9

Ubicación muro 23D



Nota: Ubicación exacta del muro 23D, se observa la vía Bogotá-Villeta la cual se empalma con el muro

Tomado de Google maps

El muro de estudio está construido como muro de contención tipo voladizo en concreto. Este muro tiene una longitud total de 106,00 metros, se divide en tres módulos, el primer módulo tiene 32,20 metros, el segundo módulo tiene 38,40 metros y el tercero tiene 38,40 metros, este cuenta con 7 metros de altura, la conexión entre el cuerpo de los caissons y el tablero del muro se realiza mediante

una Viga de sección variable entre 0.85 * 1.20 metros y 1.20 * 1.40 metros, los tres módulos ya mencionados están soportados sobre 8 Caissons a 5 m de distancia.

En la ilustración 10 se presenta un plano topográfico a escala 1:40000, en donde se indica la localización del muro en estudio y el tramo de vía con agrietamientos en el pavimento.

Ilustración 10

Plano topográfico y localización de la zona estudio

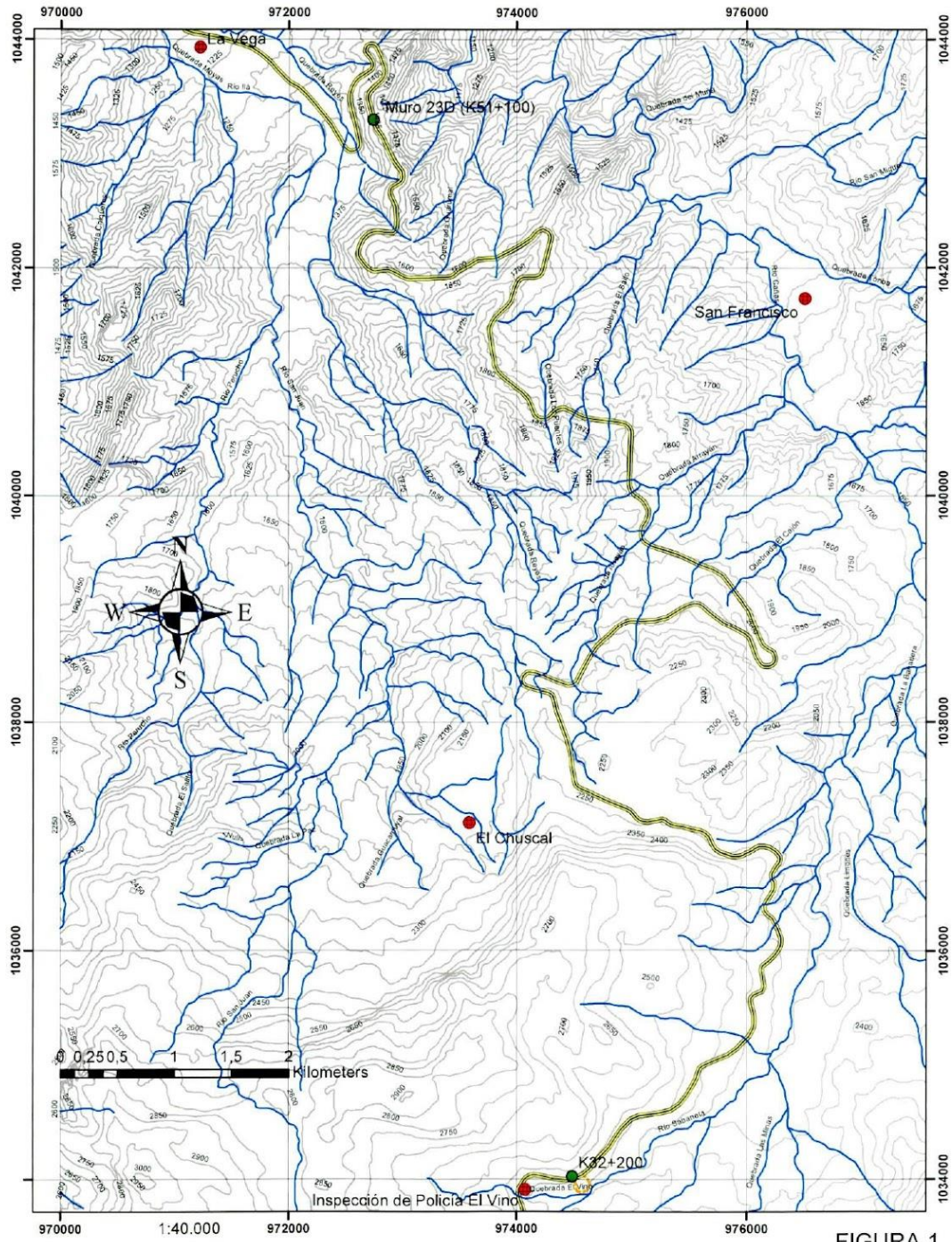


FIGURA 1

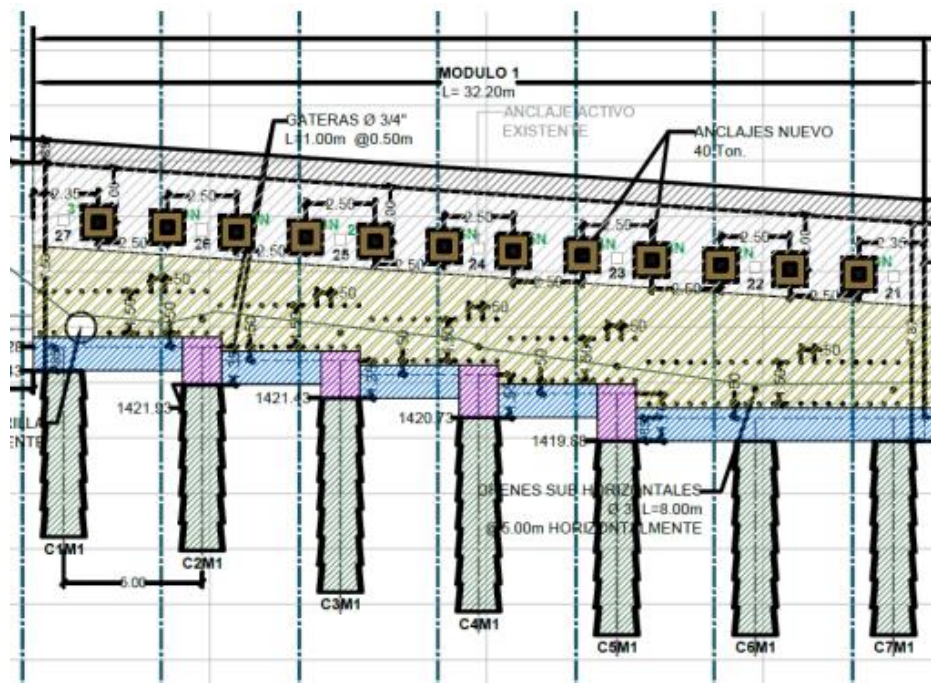
Nota: Se observa la localización en un plano topográfico en donde se encuentra la vía y el muro 23D

Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

El inicio de la construcción del muro de estudio se da en el año 2013, y esta termina en el año 2016, este se encuentra diseñado bajo la normativa del Código Colombiano de Puentes - CCP14. El sistema constructivo que utilizó la concesión a cargo de la construcción del muro de estudio se determina a través de una estructura compuesta por tres módulos, los cuales tienen una cimentación en pilotes esto se puede observar en la ilustración 11,12 y 13 en donde se evidencia esto respecto a cada módulo del muro, este se refuerza a través de la instalación de pernos anclados, esto genera que el muro se junte con la estructura de pavimento de la vía.

Ilustración 11

Fachada actual construida módulo 1 y su cimentación en pilotes

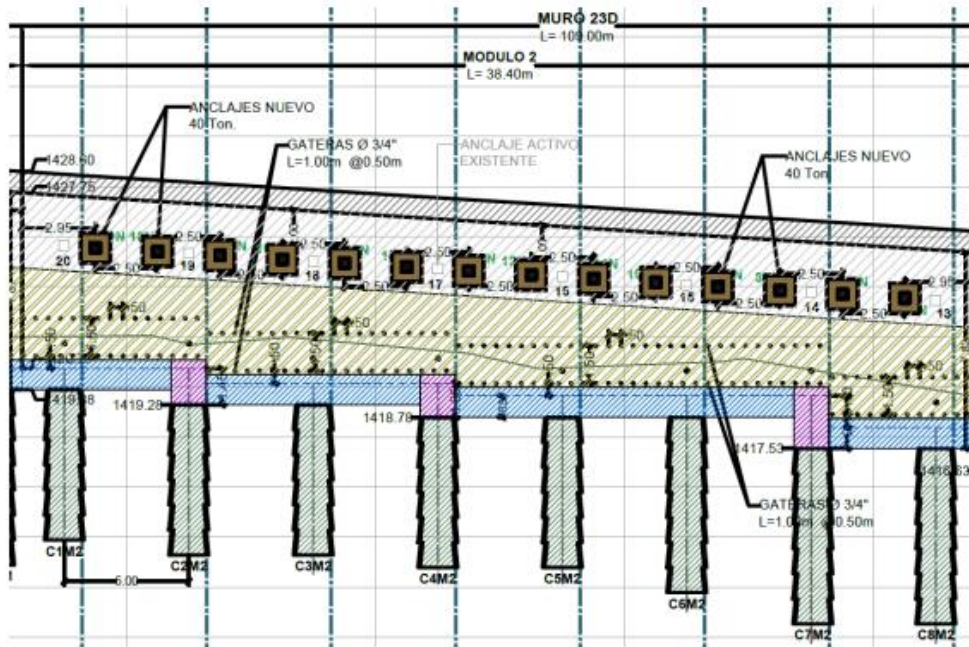


Nota: Se observan la cimentación del módulo 01 del muro 23D, esta es realizada en pilotes, se igual forma, se pueden determinar la cantidad de anclajes y ubicación en este primer módulo

Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

Ilustración 12

Fachada actual construida módulo 2 y su cimentación en pilotes

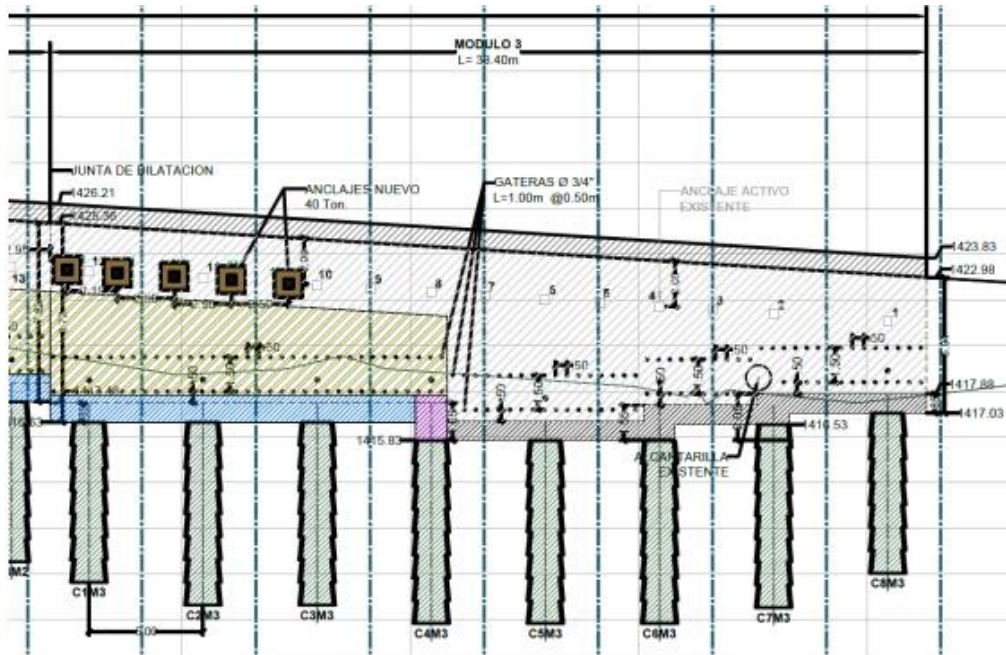


Nota: Se observan la cimentación del módulo 02 del muro 23D, esta es realizada en pilotes, se igual forma, se pueden determinar la cantidad de anclajes y ubicación en este segundo modulo

Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

Ilustración 13

Fachada actual construida módulo 3 y su cimentación en pilotes



Nota: Se observan la cimentación del módulo 03 del muro 23D, esta es realizada en pilotes, se igual forma, se pueden determinar la cantidad de anclajes y ubicación en este segundo módulo

Tomado de Informe de Interventoría, Concesión sabana de Occidente SAS, 2017

Hablando del tema de los materiales utilizados para la construcción del muro, se tiene que; La pantalla fue diseñada en su totalidad en concreto reforzado, así como la viga cabezal y los caissons. Los tendones de los anclajes activos fueron diseñados con cables de acero de alta resistencia y la platina de transferencia de carga de los anclajes a la pantalla fue diseñada con Acero A36.

El concreto que se utilizó para la construcción de caissons, capiteles, vigas cabezales y pantalla, tiene una resistencia a la compresión de $f'c = 28$ MPa, y el concreto de limpieza tiene una resistencia a la compresión de $f'c = 14$ MPa. El acero de refuerzo no tensionado tiene un módulo de estabilidad de $E_s = 199.948$ MPa y la densidad de este es de 7.85 ton / m³.

Las propiedades geotécnicas del material del sitio donde se construyó el muro fueron caracterizadas mediante ensayos dada la presencia de fragmentos de lutitas en los materiales. Las propiedades del material de relleno fueron suministradas por el personal técnico de la Concesión de acuerdo con la información de que ellos disponen.

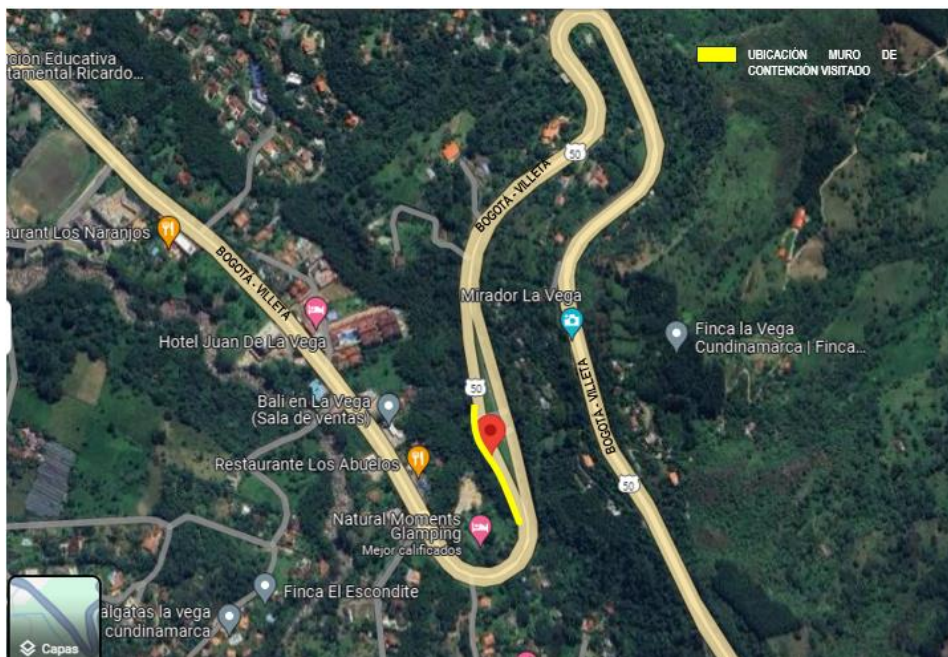
7. Metodología

En este apartado se describe de manera clara y concisa las etapas llevadas a cabo a lo largo de la realización de este proyecto de investigación, siendo estas de orden cualitativo debido a que la mayoría de las variables hacen parte de una inspección visual realizada en dos visitas a el muro de estudio (muro 23D).

Teniendo en cuenta lo anterior, se inicia la visita identificando el muro objeto de estudio el cual está ubicado en la vía Bogotá- Villeta en el Kilómetro 51+000 al 51+100, se realiza la inspección visual la cual se utiliza para identificar todos los aspectos relevantes, los cuales deben ser analizados posteriormente; Llegamos al muro para realizar el análisis de la posible información que se recopiló, para lo cual, se describe a continuación:

Ilustración 14

Mapa Ubicación Muro de Contención Analizado



Nota: Ubicación exacta del muro 23D, se observa la vía Bogotá-Villeta la cual se empalma con el muro

Tomado de Google Maps

7.1 Recolección de información:

Se inicia ejecutando una etapa de recolección de información, donde se realiza una búsqueda y se recopilan aspectos a tener en cuenta, estos son proporcionados por la CONCESIÓN SABANA DE OCCIDENTE SAS, en donde el grupo de trabajo articula diferentes aspectos que fallaron tanto en el diseño como el proceso constructivo del muro analizado.

7.2 Visita técnica a campo:

Se realizó visita al muro analizado, localizado en el kilómetro 51+000 al 51+100 el día 19 de mayo de 2024, esto con el fin de obtener información primaria a través de registros fotográficos e inspecciones visuales, las cuales se describen en el siguiente punto.



7.3 Inspección visual (método simple):

La metodología para realizar la inspección visual del muro analizado (23D) fue la siguiente:

7.3.1 El equipo aplica la guía de inspección práctica del INVIAS - ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS, en el apartado específico para obras de estabilización (Ver ilustración 15), de igual forma, con el fin de complementar esta inspección visual se aplica el método simple;

Ilustración 15

Formato de registro de daños de taludes y obras de contención

	ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS Convenio Interadministrativo 0587 de 2003	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ
REGIONAL: <input type="text"/> - <input type="text"/>	FECHA: <input type="text"/> - <input type="text"/> - <input type="text"/>	
LEVANTÓ: <input type="text"/>	HOJA: <input type="text"/> DE: <input type="text"/>	
INSPECCIÓN DE TALUDES Y OBRAS DE CONTENCIÓN		CONTRATO: <input type="text"/>
NOMBRE DE LA VIA: <input type="text"/>	NOMBRE DEL SECTOR: <input type="text"/>	
CODIGO DE LA VIA: <input type="text"/> CONCESIÓN: <input type="checkbox"/>	MANTENIMIENTO INTEGRAL: <input type="checkbox"/>	SECTOR DE ADMON. VIAL N°: <input type="checkbox"/>
IDENTIFICACIÓN		
1. Ubicación		2. Características de la obra
PR inicial: <input type="text"/> PR final: <input type="text"/>	Tipo de obra vial. (ver reverso) Otra: <input type="text"/>	
Costado: <input type="text"/>	Longitud: <input type="text"/> m	Altura: <input type="text"/> m Ancho: <input type="text"/> m No. de Secciones: <input type="text"/>
ESTABILIDAD DE TALUDES		
a. Tipo de movimiento		
Calda <input type="checkbox"/>	Volcamiento <input type="checkbox"/>	Deslizamientos: Rotacionales <input type="checkbox"/> Traslacionales <input type="checkbox"/>
		Flujos: Flujo plástico (creep) <input type="checkbox"/> Flujos de detritos <input type="checkbox"/> Flujos de lodos <input type="checkbox"/>
b. Longitud de calzada afectada <input type="text"/> m		

OBRAS DE CONTENCIÓN					
Obras	Tipo de daño	Dimensiones	No. Foto	Observaciones	
General	Socavación				
	Asentamientos				
	Giros				
	Desplome				
	Volcamiento				
	fisuras				
	Grietas				
	Fracturamiento				
	Filtraciones				
	Vegetación				
	Drenajes insuficientes				
Drenajes obstruidos					
Reconformación	Obstrucción de bermas				
	Flujos				
	Inestabilidad del terreno				
Muros en concreto	Juntas frías				
	Refuerzo expuesto				
	Segregación				
	Hormigueros				
	Eflorescencias				
	Carbonatación				
Contaminación del concreto					
Anclajes	Punzonamiento				
	Pérdida de pernos				
	Fisuramiento de placa				
Muros de tierra reforzada	Paneles				
	Asentamiento				
	Exposición del refuerzo				
Gaviones	Malla				
	Corrosión				
	Rotura de la malla				
	Pérdida del recubrimiento				
	Agregados				
	Meteorización				
	Tamaño inadecuado				

Nota: En este formato se puede diligenciar los daños determinados a través de una inspección visual en diferentes tipos de obras de contención.

Tomado de Manual para la inspección de obras de estabilización, INVIAS, 2006

Este formato se diligencia y se complementa con datos relevantes proporcionados por el equipo, depurando la información que no es necesaria para la inspección visual del muro analizado debido a que se debe tener en cuenta que este formato también está diseñado para taludes y otras obras de contención que no se encuentren realizadas en concreto.

7.3.2 Formato de inspección visual general (datos de entrada para la evaluación de daños):

Este es el primer paso del método simple, en este se evalúan los tipos de daños registrados sobre la superficie del muro analizado, se tienen cinco niveles para la clasificación de la gravedad del daño presentado, donde uno es un nivel leve y cinco es un nivel grave. Los datos registrados son: Daños generales, reconformación, muros en concreto y anclajes.

De esta forma en la sección 1 el grupo de trabajo anota la información general del muro analizado, entre estas se encuentra la ubicación, nombre del muro, tipo de obra y dimensiones generales del mismo.

En la sección 2 se registra, si hay daños y se clasifica cada una de ellas en el formato, se debe aclarar que los siguientes daños no fueron diligenciados debido a que no se presentan en el muro analizado; cabeceo, volcamientos, inestabilidad del terreno, contaminación del concreto, punzonamiento, pérdida de pernos y fisuramiento de la placa.

Los daños encontrados en el muro analizado fueron las siguientes; Drenajes obstruidos, drenajes insuficientes, desplazamientos, erosión, fisuras, grietas, filtraciones, vegetación, junta fría, segregación y carbonatación.

Este formato fue diligenciado con los siguientes parámetros;

7.3.2.1 Erosión: Se debe diligenciar en la columna de dimensiones el largo y ancho de este daño, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 4

Tabla 4*Niveles de severidad para la erosión*

EROSIÓN	
LEVE	<p>La textura superficial puede parecer menos rugosa o menos áspera al tacto en comparación con el concreto intacto. Este desgaste leve puede hacer que el concreto se sienta un poco más suave, la coloración puede observarse un ligero cambio en el color del concreto. Las áreas erosionadas suelen parecer un poco más claras o descoloridas debido a la pérdida de la capa superficial, el desgaste físico. Es posible notar pequeños hoyos o imperfecciones en la superficie, pero no habrá cráteres profundos ni pérdida significativa de material. Las piedras y los agregados pueden empezar a ser más visibles en la superficie, puede haber presencia de polvo de concreto o partículas finas en el área circundante, resultado del desgaste, La erosión leve generalmente no afecta la integridad estructural del concreto. Aunque la superficie esté desgastada, el material subyacente permanece en buen estado y funcional.</p>
MODERADO	<p>La superficie del concreto muestra un desgaste más pronunciado, con una textura significativamente más áspera y desigual. Pueden aparecer surcos o áreas donde el concreto parece más desgastado, la coloración puede variar más notablemente, con áreas más descoloridas o decoloradas, a menudo mostrando manchas más claras o más oscuras en comparación con el</p>

concreto sano, el desgaste físico se pueden observar pequeñas grietas, hoyos y desprendimientos superficiales. En algunos casos, los agregados como piedras y grava dentro del concreto, pueden ser visibles y sobresalir de la superficie debido al desgaste de la matriz de concreto, se pueden encontrar acumulaciones de polvo de concreto, partículas sueltas y fragmentos pequeños alrededor de las áreas erosionadas, la integridad estructural principalmente del concreto puede mantenerse, la erosión moderada empieza a comprometer la superficie y puede afectar la durabilidad del material a largo plazo.

FUERTE

La superficie del concreto está significativamente desgastada, mostrando una textura muy irregular, con grandes surcos, grietas profundas y áreas con material faltante, en las áreas erosionadas pueden presentar una coloración muy heterogénea, con manchas más oscuras debido a la acumulación de humedad y suciedad, y áreas más claras donde el material superficial ha sido completamente desgastado, es común observar grandes grietas y también profundos y desprendimientos significativos de material, los agregados como piedras y grava dentro del concreto están ampliamente expuestos y pueden incluso desprenderse de la matriz de cemento, hay una notable acumulación de fragmentos de concreto, polvo, y escombros en el área circundante. Las

partículas sueltas y los trozos de concreto erosionado pueden representar un riesgo adicional, la erosión fuerte compromete seriamente la integridad estructural del concreto. Las áreas erosionadas pueden debilitar la estructura, aumentando el riesgo de fallos estructurales, colapsos o la necesidad de reparaciones mayores.

SEVERO

La superficie del concreto está extremadamente desgastada, mostrando grandes áreas desmoronadas, profundas grietas y huecos. La textura es muy irregular y rugosa, con partes del concreto completamente erosionadas hasta dejar al descubierto las capas inferiores o el refuerzo metálico, las áreas severamente erosionadas pueden tener una coloración muy desigual, con manchas oscuras y áreas completamente descoloridas. La superficie puede presentar signos de moho o manchas debido a la retención de humedad, se puede observar grandes fragmentos de concreto faltantes, cráteres profundos y extensas grietas. Los agregados grandes y el refuerzo de acero están expuestos y a menudo corroídos, en casos extremos, partes de la estructura pueden haber colapsado, hay una acumulación significativa de escombros, fragmentos de concreto y polvo en el área circundante. Las partículas sueltas son abundantes y representan un riesgo adicional de seguridad, la integridad estructural del concreto está gravemente comprometida. La erosión severa

puede llevar a la pérdida de capacidad de carga, poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura. El riesgo de colapso parcial o total es alto

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada erosión.

Elaboración propia

7.3.2.2 Grietas o fisuras: estas son producidas por esfuerzos de flexión en los muros, estos daños se debe reportar la longitud la profundidad y la abertura esta se diligencia en la columna de dimensiones, en la columna de observaciones se debe diligenciar si se observan exposiciones de hierros, se igual forma en la segunda página del formato se debe diligenciar un gráfico que muestre la localización de cada grieta y fisura presentada, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 5

Tabla 5*Niveles de severidad para la fisuras y grietas*

GRIETAS Y FISURAS	
LEVE	<p>El tamaño y Apariencia de una fisura en estado leve son generalmente muy delgadas, con un ancho de menos de 1 mm, esta es superficiales sobre el concreto y no penetran profundamente en el este material, se suelen presentar como líneas finas y estrechas en la superficie, estas pueden ser aisladas o aparecer en un patrón de red denominado conocido fisuración en malla o más comúnmente como craquelado, frecuentemente se encuentran en áreas expuestas a cambios de temperatura y humedad</p>
MODERADO	<p>El tamaño y Apariencia de las fisuras moderadas suelen tener un ancho de entre 1mm y 5 mm, pueden ser más profundas, alcanzando a veces las capas inferiores del concreto, las líneas de las fisuras son más visibles y pueden tener ramificaciones, estas pueden ser aisladas o distribuidas en un patrón irregular, estas se encuentran en áreas sometidas a tensiones mayores, como esquinas, bordes de juntas, y puntos de carga concentrada.</p>
FUERTE	<p>El tamaño y apariencia de las fisuras fuertes suelen tener un ancho de más de 5 mm, estas pueden ser muy profundas, llegando hasta el refuerzo interno del concreto, las líneas de las fisuras son muy visibles, suelen tener bordes irregulares y ramificaciones extensas, pueden ser largas y continuar a lo largo</p>

SEVERO

de grandes secciones de la estructura, frecuentemente se encuentran en áreas de alta tensión o carga, como en losas, vigas y columnas, estas suelen estar acompañadas por signos de deterioro adicional, como desprendimiento de concreto o exposición de refuerzos.

El tamaño y apariencia de las fisuras severas tienen un ancho considerable, típicamente más de 10 mm, estas son muy profundas, frecuentemente llegando al núcleo del concreto y exponiendo el refuerzo interno, se presentan como grietas anchas y muy visibles con bordes desmoronados y ramificaciones extensas, estas fisuras pueden abarcar grandes secciones del concreto, propagándose longitudinal y transversalmente, pueden estar acompañadas por otros signos de deterioro severo, como grandes desprendimientos de concreto, deformaciones estructurales y exposición extensa del refuerzo corroído.

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada grietas y fisuras

Elaboración propia

7.3.2.3 Desplazamiento: Los desplazamientos o deflexiones se deben anotar en la columna de dimensiones, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 6

Tabla 6

Niveles de severidad para desplazamientos

DESPLAZAMIENTO

LEVE	<p>El desplazamiento horizontal leve suele ser pequeño, generalmente unos pocos milímetros hasta 1 cm, este tipo de movimiento es generalmente perceptible sólo a través de mediciones precisas y no es fácilmente visible a simple vista, como señales visuales de esta patología se tienen pequeñas grietas diagonales pueden aparecer sobre la superficie del concreto, especialmente cerca de las esquinas, en algunos casos, pueden observarse ligeras inclinaciones o desalineaciones en elementos no estructurales.</p>
MODERADO	<p>El desplazamiento horizontal moderado varía entre 1 cm y 5 cm, este tipo de movimiento es visible y puede observarse a simple vista o con instrumentos de medición simples, se observan grietas visibles y más prominentes en las paredes, especialmente en las esquinas y en las juntas entre elementos estructurales, se observa una desalineación notable en elementos estructurales y no estructurales y posible inclinación de la fachada del muro</p>
FUERTE	<p>El desplazamiento horizontal fuerte generalmente varía entre 5 cm y 10 cm, este tipo de movimiento es claramente visible a simple vista y puede ser detectado fácilmente sin necesidad de instrumentos especiales o de gran precisión, se pueden observar grietas grandes y pronunciadas en el concreto, especialmente</p>

SEVERO	<p>cerca de las esquinas y a lo largo de juntas estructurales se observa una desalineación notable y severa de elementos estructurales y no estructurales, se encuentran desniveles importantes sobre la superficie y fachada del muro</p> <p>El desplazamiento horizontal severo generalmente excede los 10 cm, este tipo de movimiento es visible a simple vista y puede ser detectado con una simple inspección visual, se puede observar grietas muy amplias y profundas sobre la superficie del concreto, a menudo de más de 1 cm de ancho, se observar un desnivel extremo de la facha del muro, y se ven comprometido la capacidad estructural</p>
--------	---

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada desplazamiento

Elaboración propia

7.3.2.4 Filtraciones: Cualquier tipo de afloramiento que se observe, así sea, a través de los orificios de las grietas o sobre la superficie, esta deberá ser anotado, es importante que se tenga en cuenta el origen de la filtración, esta deberá ser diligenciada en la columna de observaciones con una anotación cualitativa del caudal que se observa y la coloración de la estructura en el afloramiento, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 7

Tabla 7*Niveles de severidad para las filtraciones*

FILTRACIONES	
LEVE	<p>Las filtraciones leves suelen ser pequeñas, con la presencia de humedad visible, pero sin grandes acumulaciones o gran presencia de caudal, se manifiesta como manchas húmedas o áreas ligeramente más oscuras en la superficie del concreto, se observa una decoloración en la fachada de concreto, es posible observar eflorescencias, que son depósitos blancos de sales minerales que quedan después de que el agua se evapora, no se debe observar moho o, si lo hay, es mínimo</p>
MODERADO	<p>Las filtraciones moderadas se manifiestan como áreas de humedad más grandes y se observan más seguido sobre la superficie del concreto, se puede observar presencia de pequeñas acumulaciones de agua y un caudal mínimo, se observan manchas de humedad notables y más extensas sobre la superficie del concreto, se observan eflorescencias más pronunciadas, presencia de moho en pequeñas cantidades</p>
FUERTE	<p>Las filtraciones fuertes se manifiestan como áreas de humedad extensas y persistentes, se observa presencia de acumulaciones de agua visibles, charcos, y posible goteo, con un caudal mayor, se observan manchas de humedad extensas y muy notables sobre la superficie del concreto, se observan eflorescencias marcadas, hay presencia significativa de moho, se puede</p>

SEVERO

observar corrosión visible en armaduras de acero expuestas debido a la penetración de agua.

Las filtraciones severas se manifiestan como grandes áreas de humedad con agua constantemente presente, se observan acumulaciones significativas de agua, con posibles charcos y flujos de agua visibles, con un caudal significativo y constante, se observa humedad profunda y extendida que penetra y atraviesa la estructura del concreto, se observan manchas de humedad extensas, hay presencia masiva de eflorescencias, con depósitos gruesos y extensos de sales minerales, moho y hongos en gran cantidad y extensión en áreas afectadas, con olor a humedad constante, se observa un deterioro visible del concreto y una corrosión visible y avanzada de armaduras de acero, exponiendo refuerzos corroídos y debilitados.

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada filtraciones

Elaboración propia

7.3.2.5 Vegetación: la cobertura vegetal sobre la superficie del muro es fundamental establecerla, debido a puede ser un patrón de erosión o de infiltración, por lo tanto, en la columna de dimensiones se debe anotar el porcentaje de cobertura vegetal que se observe sobre el talud o sobre la superficie, en la columna de observaciones se diligencia las características cualitativas es decir la coloración y el tipo de vegetación que se puede observar, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 8

Tabla 8*Niveles de severidad para la vegetación*

VEGETACIÓN	
LEVE	<p>Se observan pequeñas cantidades de vegetación sobre la superficie del concreto se puede observar cómo musgo, o pequeñas hierbas, esta vegetación se localiza en áreas específicas y no extendida por grandes superficies del concreto, usualmente se presenta en grietas, fisuras o áreas húmedas, se pueden observar cómo pequeñas manchas verdes o marrones en la superficie del concreto y se observa crecimiento de pequeñas hierbas o plantas en grietas o juntas del concreto.</p> <p>La presencia de vegetación de manera moderada se puede observar de manera más extensa que incluye musgo, hierbas y pequeñas plantas, se observa la presencia de esta en diferentes áreas de la estructura, no solo en puntos aislados, las raíces de la vegetación pueden empezar a penetrar en grietas y fisuras del concreto, se pueden observar manchas verdes y marrones más extendidas en la superficie del concreto, también se puede encontrar acumulación visible de musgo, crecimiento de hierbas y pequeñas plantas en grietas y juntas, algunas de las cuales pueden empezar a aumentar de tamaño</p>
MODERADO	<p>Se observa vegetación extensa y densa, incluyendo musgo, líquenes, hierbas grandes y arbustos pequeños, se observa crecimiento de vegetación en amplias áreas de la estructura,</p>
FUERTE	

afectando tanto superficies horizontales como verticales, las raíces de las plantas penetran profundamente en grietas y fisuras del concreto, causando expansión y apertura de las mismas, se observan amplias manchas verdes y marrones en la superficie del concreto, cubriendo áreas significativas, se puede ver presencia densa y acumulación de musgo formando capas gruesas, crecimiento de hierbas grandes y arbustos pequeños en grietas y juntas, con raíces visibles que penetran el concreto, se observa desprendimiento y deterioro de la superficie del concreto, con posibles fragmentos de concreto sueltos debido a la presión de las raíces.

SEVERO

Se observa vegetación abundante y densa que cubre extensas áreas de la estructura de concreto, hay una invasión generalizada de musgo, hierbas grandes, enredaderas y arbustos, se pueden observar raíces grandes que penetran y expanden grietas y fisuras del concreto se observa una cobertura extensa y gruesa de musgo, y plantas sobre la superficie del concreto, crecimiento de arbustos y vegetación arbórea en áreas específicas, y raíces visibles que causan daños físicos al concreto, como agrietamiento y desprendimiento del mismo

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada vegetación

Elaboración propia

7.3.2.5 Drenajes: Frente a esta patología la única observación que se realiza al respecto es sobre su funcionamiento, es decir, se debe observar si no hay entrega de caudal o si se encuentra húmedo el talud o la superficie, si es así esto se debe anotar en Las observaciones, sobre las obstrucciones de drenajes se debe observar cuáles podrían ser las posibles causas de esta obstrucción, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 9

Tabla 9

Niveles de severidad para los drenajes

DRENAJES

LEVE

Se puede observar acumulación ocasional de agua después de lluvias moderadas en áreas específicas, se puede ver pequeñas acumulaciones de sedimentos o suciedad cerca de los drenajes, se pueden ver fácilmente inicio de manchas de humedad en las superficies del concreto, especialmente cerca de los puntos de drenaje, se puede observar una ligera obstrucción visible en el drenaje con acumulación mínima de hojas, tierra o residuos, inicio de formación de eflorescencias alrededor de áreas de drenaje, indicando movimientos limitados de agua, se observa una leve erosión superficial cerca de los puntos de salida de agua, visible en forma de pequeños surcos o depósitos de sedimentos, se observa un potencial deterioro prematuro del concreto debido a la exposición prolongada a la humedad estancada, esta patología en estado leve presenta un riesgo mínimo de daño estructural, pero si se genera una pérdida de estética y funcionalidad de las superficies de concreto afectadas y posible crecimiento de musgo o vegetación leve cerca de los puntos de drenaje debido a la acumulación de humedad.

MODERADO

Se observa acumulación frecuente de agua después de lluvias moderadas en múltiples áreas de la estructura, los drenajes se observan visiblemente obstruidos con acumulación de hojas,

tierra y otros residuos orgánicos, se puede presentar eflorescencias alrededor de los puntos de drenaje, indicando movimientos limitados de agua, formación evidente de musgo o vegetación cerca de las áreas de drenaje debido a la acumulación constante de humedad, marcas de erosión visible en las áreas cercanas a los puntos de salida de agua, indicando un flujo irregular y acumulación de agua en la parte de atrás de la fachada del muro, se genera un riesgo creciente de daño estructural debido a la exposición prolongada a la humedad estancada y la erosión, se observa un posible deterioro acelerado del concreto en áreas afectadas, comprometiendo la integridad estructural a largo plazo.

FUERTE

Se observa una acumulación persistente y extensa de agua después de cualquier precipitación, afectando áreas extensas de la estructura, el drenaje está claramente bloqueados y obstruidos con una acumulación severa de hojas, tierra, escombros y otros residuos orgánicos, formación frecuente de charcos grandes y estancados cerca de los puntos de drenaje, evidenciando un flujo de agua severamente restringido, se observa un desplazamiento horizontal de la estructura por presiones hidrostáticas, desarrollo pronunciado de vegetación debido a la acumulación constante de humedad, deterioro en las áreas cercanas a los puntos de salida de agua, riesgo inminente de daño estructural significativo

debido a la exposición prolongada a la humedad y a las presiones hidrostáticas, que puede provocar la corrosión de las armaduras de acero, deterioro acelerado y visible del concreto en áreas afectadas, con pérdida notable de la integridad estructural y estética de las superficies, potencial para el colapso parcial o total de la estructura

Se observa una acumulación constante y extensa de agua después de cualquier precipitación en múltiples áreas de la estructura, el drenaje se encuentra parcialmente o completamente bloqueados y obstruidos por una acumulación masiva de hojas, tierra, escombros y otros residuos orgánicos, se genera una formación de grandes charcos estancados que cubren áreas significativas cerca de los puntos de drenaje, indicando un flujo de agua severamente restringido, se genera un

SEVERO

desplazamiento horizontal de la estructura de más de 5 cm por las presiones hidrostáticas el riesgo es inminente y significativo de daño estructural severo debido a la exposición prolongada a la humedad estancada y presiones en la estructura por acumulación de agua, puede provocar la corrosión de las armaduras de acero y el debilitamiento acelerado y visible del concreto en áreas afectadas, con pérdida crítica de la integridad estructural y estética de las superficies, peligro de colapso parcial o total de la estructura

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada drenajes

Elaboración propia

7.3.2.6 Junta fría: Se generan por el vaciado del concreto en diferentes etapas y diferentes temperaturas, por lo tanto, al permitir el ingreso de agua genera agentes que son nocivos para la vida útil y estabilidad del concreto, el reporte de este año se debe hacer en metros lineales en donde se determine la longitud afectada especificando y si el acero de refuerzo se encuentra expuesto, también se debe señalar dentro del esquema en la página dos del formato si existen varias juntas frías y se debe realizar la localización de estas en el gráfico, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 10

Tabla 10

Niveles de severidad para juntas frías

JUNTA FRÍA

LEVE

Las juntas frías leves pueden estar presentes en áreas específicas donde se observa una ligera separación entre secciones adyacentes de concreto, se observan en las intersecciones entre diferentes etapas de la superficie del concreto, se observan pequeñas brechas visibles entre las superficies de concreto adyacentes, generalmente con un espacio mínimo que puede ser visible a simple vista, no hay signos significativos de desalineación o movimiento entre las secciones de concreto, el impacto es mínimo en la resistencia estructural general del concreto, no representan un riesgo inmediato para la seguridad estructural ni para la funcionalidad de la construcción en esta etapa.

MODERADO

Las juntas frías moderadas se encuentran típicamente en áreas específicas donde hay una separación notable entre secciones adyacentes de concreto, estas pueden ser vistas en varios puntos a lo largo de la superficie del concreto, se observan brechas visibles y más pronunciadas entre las superficies de concreto adyacentes, con un espacio que puede ser fácilmente visto a simple vista, se puede observar una desalineación leve o pequeños movimientos entre las secciones de concreto, especialmente en áreas donde las juntas frías son más evidentes,

	<p>pueden afectar la resistencia general del concreto en las áreas afectadas, representan un riesgo potencial para la durabilidad a largo plazo, ya que las juntas frías moderadas podrían aumentar la probabilidad de infiltración de agua y acelerar la corrosión de las armaduras de acero.</p> <p>Las juntas frías fuertes se encuentran claramente en múltiples ubicaciones a lo largo de la estructura, mostrando separaciones notorias entre secciones adyacentes de concreto, se presentan brechas visibles y extensas entre las superficies de concreto adyacentes, con espacios amplios que son fácilmente detectables a simple vista, pueden haber deformaciones perceptibles o movimientos notables entre las secciones de concreto, indicando una falta de continuidad estructural, se genera un compromiso de la integridad estructural del concreto en las áreas afectadas por las juntas frías fuertes, se ve un aumento significativo del riesgo de infiltración de agua, lo que puede llevar a la corrosión acelerada de las armaduras de acero y al deterioro del concreto, se genera una pérdida en la capacidad de carga en las áreas afectadas, con consecuencias potenciales para la seguridad y la funcionalidad de la estructura</p>
FUERTE	<p>Las juntas frías severas están presentes en múltiples ubicaciones a lo largo de la estructura, mostrando separaciones significativas y notorias entre secciones adyacentes de concreto, se observan</p>

brechas amplias y profundas entre las superficies de concreto adyacentes, con espacios que son fácilmente visibles a simple vista y pueden ser de varios milímetros a centímetros de ancho, se observan deformaciones notables o movimientos significativos entre las secciones de concreto, indicando una falta grave de continuidad estructural, se genera un compromiso severo en la integridad estructural del concreto en las áreas afectadas por las juntas frías severas, como consecuencia se tiene un riesgo extremadamente alto de infiltración de agua, lo que puede llevar a la corrosión acelerada de las armaduras de acero y al deterioro generalizado del concreto, generando pérdida significativa de resistencia y capacidad de carga en las áreas afectadas, con posibles consecuencias graves para la seguridad y la funcionalidad de la estructura.

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada junta fría

Elaboración propia

7.3.2.8 Segregación: El reporte de esta patología, se realiza tomando medidas del área afectada en metros cuadrados, se debe mencionar en la columna de observaciones se debe mencionar si el acero se encuentra expuesto y si es así, se debe observar si esta corrosión, en este caso también se debe realizar un esquema en la segunda página del formato, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 11

Tabla 11*Niveles de severidad para segregación*

SEGREGACIÓN	
LEVE	<p>Se observa una separación mínima entre los componentes finos como cemento y arena y los de componentes gruesos como la grava dentro de la mezcla de concreto, aparece como una ligera estratificación en la superficie donde los materiales más finos tienden a acumularse hacia arriba mientras se vierte o se coloca, esta puede afectar la resistencia y la durabilidad del concreto, ya que las propiedades mecánicas pueden variar en diferentes partes de la estructura, aunque no es tan severa como otros grados de segregación, puede resultar en una superficie final del concreto menos uniforme.</p>
MODERADO	<p>Se observa una separación notable entre los componentes finos (cemento y arena) y los componentes gruesos (grava o piedra triturada) dentro de la mezcla de concreto, se manifiesta como capas visibles dentro de la masa de concreto fresco, donde los materiales más finos tienden a acumularse hacia arriba, dejando los materiales gruesos concentrados en las capas inferiores, esta puede comprometer la resistencia y la durabilidad del concreto, debido a las propiedades mecánicas y la uniformidad pueden variar significativamente a través de la estructura, resulta en una superficie de concreto más rugosa además de afectar la integridad estructural.</p>

FUERTE

Se observa una separación significativa y visible entre los componentes finos como cemento y arena y los componentes gruesos como la grava o dentro de la mezcla de concreto, se manifiesta en capas claramente definidas o agrupamientos de materiales finos y gruesos en diferentes partes de la estructura de concreto, está comprometida significativamente la resistencia y la durabilidad del concreto, ya que puede conducir a variaciones extremas en las propiedades mecánicas a través de la estructura, se observa una superficie de concreto final extremadamente rugosa y desigual, con áreas de concentración de agregados finos o gruesos que afectan negativamente la funcionalidad, aumenta considerablemente el riesgo de deterioro prematuro, como la corrosión de las armaduras de acero debido a la penetración de agua en las zonas segregadas.

SEVERO

Se observa una separación extrema y muy evidente entre los componentes finos como cemento y arena y los componentes gruesos como la grava o piedra triturada dentro de la mezcla de concreto, se forman capas claramente definidas o agrupamientos grandes de materiales finos y gruesos en diferentes partes de la estructura de concreto, indicando una falta significativa de homogeneidad, está comprometida gravemente la resistencia, la durabilidad y la estabilidad del concreto, ya que puede conducir a variaciones extremas y localizadas en las propiedades mecánicas

a través de la estructura, resulta en una superficie de concreto extremadamente rugosa y desigual, con áreas de concentración de agregados finos o gruesos que afectan negativamente la funcionalidad, aumenta drásticamente el riesgo de deterioro prematuro, como la corrosión de las armaduras de acero debido a la penetración de agua en las áreas segregadas.

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada segregación

Elaboración propia

7.3.2.9 Eflorescencias: Estos son depósitos de sales en la superficie del concreto, su reporte se realiza tomando la medida del área afectada, esta se debe realizar en metros cuadrados, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 12

Tabla 12

Niveles de severidad para eflorescencia

EFLORESCENCIAS

LEVE

Se observan manchas blancas o ligeramente grisáceas en la superficie del concreto, las manchas son generalmente pequeñas y dispersas, sin formar grandes acumulaciones, se encuentran en áreas específicas y no cubren uniformemente toda la superficie, generalmente no afecta la resistencia ni la durabilidad del concreto.

Sin embargo, puede ser estéticamente molestas, especialmente en estructuras expuestas

MODERADO

Se observan manchas blancas o grisáceas más extensas y visibles en la superficie del concreto, las manchas pueden formar patrones más grandes y concentrados en áreas específicas, cubriendo una porción significativa de la superficie, a medida que aumenta las manchas pueden volverse más prominentes y difíciles de eliminar con métodos simples de limpieza, la presencia de esta puede indicar un problema subyacente de humedad y transporte de sales dentro del concreto, lo que potencialmente compromete su durabilidad, no afecta directamente la resistencia del concreto, puede ser un indicativo de condiciones que podrían llevar a problemas más serios

FUERTE

Se observan grandes acumulaciones de manchas blancas, grisáceas o incluso blancas brillantes en la superficie del

SEVERO

concreto, las manchas son extensas y generalmente cubren áreas amplias de la superficie, creando un patrón visible, a medida que avanza las manchas pueden volverse más densas y profundas, haciendo que la superficie del concreto parezca descolorida y deteriorada, puede comprometer su durabilidad y estabilidad a largo plazo. Afecta negativamente la estética del concreto, dejando una superficie desigual y poco atractiva que puede requerir medidas intensivas para restaurar su apariencia original. Se observan grandes acumulaciones muy visibles y extendidas de manchas blancas, grisáceas o blancas brillantes en la superficie del concreto, las manchas cubren áreas extensas y pueden formar patrones densos y profundos, dando una apariencia notablemente descolorida y deteriorada al concreto, la superficie puede parecer áspera y irregular comprometiendo seriamente su durabilidad, resistencia y estabilidad estructural, afecta drásticamente la estética del concreto, dejando una superficie muy afectada y poco atractiva que puede requerir medidas intensivas para restaurar su apariencia original

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada eflorescencia

Elaboración propia

7.3.2.10 Carbonatación: Esta es la reacción que se presenta entre el dióxido de carbono que se encuentra en el aire y el componente alcalino del concreto, el reporte de este daño se realiza diligenciando la columna de dimensiones donde se debe colocar la medida del área afectada en metros cuadrados, los niveles de severidad se pueden con los cuales el grupo de trabajo realizó la clasificación se especifica en la tabla 13

Tabla 13

Niveles de severidad para carbonatación

CARBONATACIÓN

LEVE

A simple vista, puede no haber cambios visibles en la superficie del concreto, no se observan manchas, decoloraciones ni alteraciones evidentes en la apariencia del concreto, es una apariencia leve inicialmente puede reducir la alcalinidad del concreto, lo que a su vez disminuye la protección de las armaduras contra la corrosión, el impacto en la durabilidad estructural puede ser mínimo y no necesariamente comprometer la integridad a corto plazo.

MODERADO

Puede observarse manchas o decoloraciones superficiales en la superficie del concreto, especialmente en áreas expuestas directamente al aire, las manchas pueden ser más notorias y extensas que en el caso de la carbonatación leve, aunque aún no son extremadamente pronunciadas, esta puede reducir significativamente la alcalinidad del concreto, lo que compromete la protección de las armaduras contra la corrosión, a largo plazo, esto puede llevar a la corrosión de las armaduras, debilitando la estructura y comprometiendo la durabilidad del concreto.

FUERTE

Se observan manchas profundas y extensas de decoloración en la superficie del concreto, típicamente de color blanco o gris claro, las manchas cubren grandes áreas de la superficie y pueden ser

visibles tanto en exteriores como en interiores, la superficie del concreto puede parecer áspera y desgastada debido a la acumulación intensa de carbonato de calcio, reduce significativamente la alcalinidad del concreto, comprometiendo la capacidad de protección de las armaduras contra la corrosión, esta puede llevar a la corrosión de las armaduras metálicas, lo que debilita la estructura y compromete la durabilidad a largo plazo del concreto.

SEVERO

Se observan extensas y profundas áreas de decoloración en la superficie del concreto, típicamente de color blanco o gris claro, las manchas son muy visibles y cubren una gran parte de la superficie, haciendo que el concreto parezca desgastado y deteriorado, la superficie puede mostrar signos de desprendimiento o desgaste debido a la acumulación intensa de carbonato de calcio, esta reduce drásticamente la alcalinidad del concreto, comprometiendo seriamente la protección de las armaduras contra la corrosión, esta puede llevar a una corrosión acelerada de las armaduras metálicas, lo que debilita la estructura y pone en riesgo la estabilidad a largo plazo del concreto.

Nota: La tabla representa cómo se determinan a través de una inspección visual como categorizar la patología denominada carbonatación

Elaboración propia

Para la inspección visual se adapta el formato con el fin de que este se especificó para el muro 23D;

Ilustración 16
Formato de registro de daños obras de contención muro 23D


TIPO DE DAÑO		REGISTRO DE DAÑOS						OBSERVACIONES
SUPERFICIE DEL MURO	SEVERIDAD DEL MOVIMIENTO REGISTRE EN UN NIVEL DE LEVE HASTA SEVERO							
EROSION	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	DIMENSIONES			
ASENTAMIENTOS	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	DIMENSIONES		NO. FOTO	
GIROS	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	DIMENSIONES		NO. FOTO	
VOLCAMIENTO	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	DIMENSIONES		NO. FOTO	
FISURAS	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	DIMENSIONES		NO. FOTO	
GRIETAS	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	DIMENSIONES		NO. FOTO	
DESPLAZAMIENTO	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	DIMENSIONES		NO. FOTO	
DRENAJES OBSTRUIDOS	LEVE	MODERADO	FUERTE	SEVERO	DIMENSIONES		NO. FOTO	

Nota: En este formato se pude diligenciar los daños determinados a través de una inspección visual específicamente en el muro 23D.

Adaptado de Manual para la inspección de obras de estabilización, INVIAS, 2006

Ilustración 17

Formato de registro de daños obras de contención muro 23D segunda página

	FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No. _____ REGIONAL: _____ DE _____ FECHA: 02-06-2024	
	LEVANTÓ: HOJA: DE:	3
NOMBRE DE LA VÍA: CÓDIGO DE LA VÍA:	BOGOTA VILLETA KM 51 VÍA EN CONCESIÓN:	
		MANTENIMIENTO INTEGRAL: GRUPO ADM.VIAL:
Esquemas		
4		
OBSERVACIONES		
5		

Nota: En este formato se puede diligenciar los daños determinados a través de una inspección visual específicamente en el muro 23D.

Adaptado de Manual para la inspección de obras de estabilización, INVIAS, 2006

De igual forma, en la segunda página del formato de inspección en la sección 3 se agrega la información del proyecto y del muro de análisis, en la sección 4 se debe realizar el esquema de daño, esta debe tener la ubicación de esta, este esquema solo es para algunos daños y en la sección 5 se describen algunas observaciones sobre los daños.

Adjunto a este documento se anexa (Ver anexo 01) el formato de inspección visual diligenciado, de igual forma, el grupo de trabajo decidió realizar formatos independientes para cada uno de los daños presentados, con el fin de poder explicar de manera más detenida los daños visualizados.

7.3.3 Informe de evaluación (diagnóstico de daños): Se analizan los tipos de daños ya determinados desde el formato de inspección de campo uno a uno, en donde se agregan las fotografías tomadas en campo, en donde se evidencia de manera detenida el daño detectado visualmente en el muro.

Se realiza la localización exacta de los daños sobre la superficie del muro, se continúa clasificando el nivel de severidad, en este aspecto, se calcula un índice el cual determinará el nivel del daño, este se denomina ID (índice de daño), mediante la graduación de cuatro niveles, en donde la puntuación será;

Tabla 14

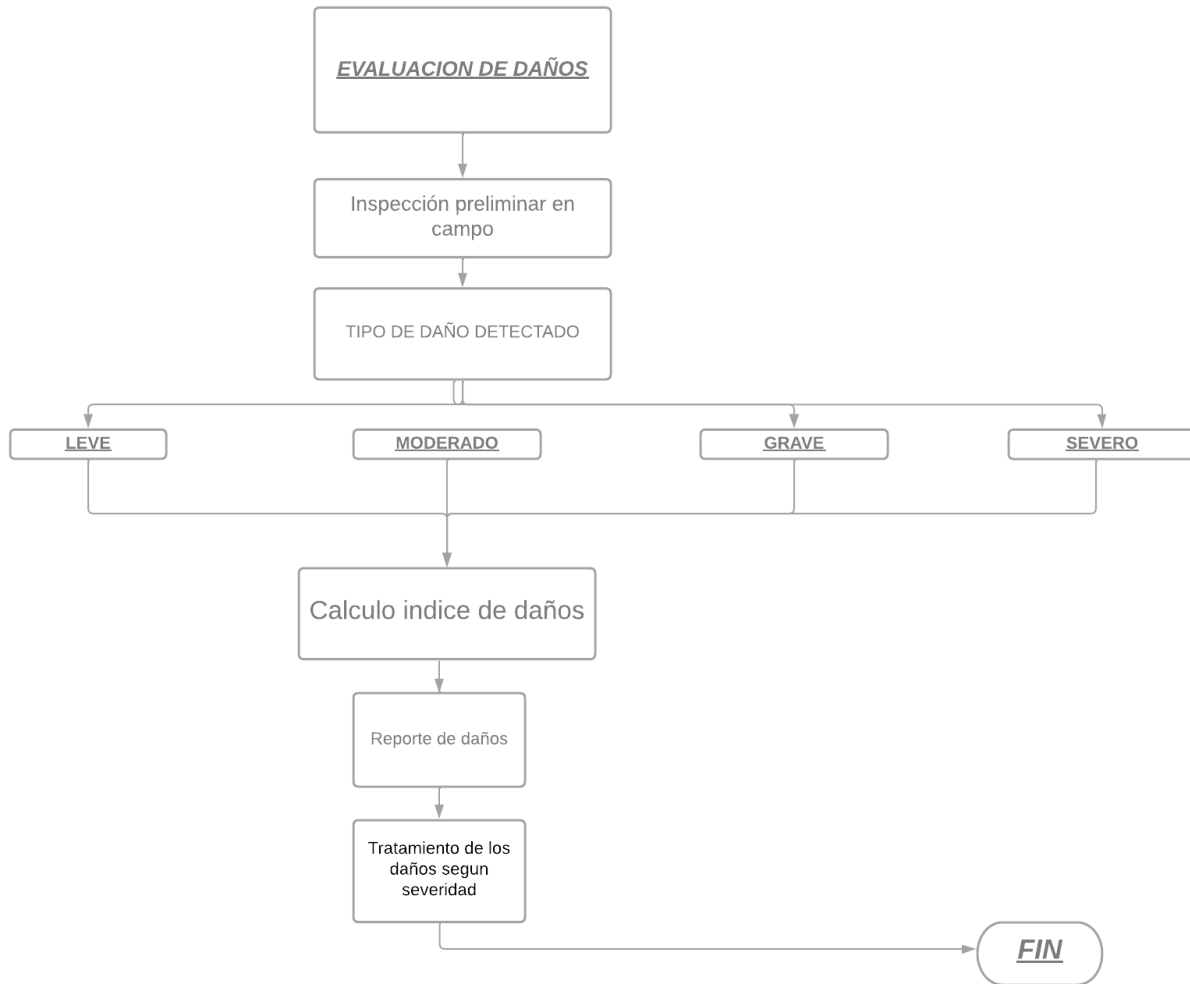
Graduación niveles de daño

Nivel de daño	Graduación (índice)
leve	1
Moderado	2
Grave	3
Severo	4

Nota: En esta tabla se determina la graduación en el nivel de daño

Elaboración propia

La clasificación definitiva del daño en cuatro niveles que van desde el nivel leve hasta el nivel severo en la ilustración 18 se resume en un diagrama el proceso de evaluación completo de cada tipo de daño;

Ilustración 18*Resumen proceso de evaluación*

Nota: En este diagrama se puede observar el resumen de la metodología planteada para la evaluación y reporte de daños

Adaptado de Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de armadura, GEOCIDA, 2006

El indicador de daños se calcula determinado el nivel de severidad de cada uno de los daños y realizando una media aritmética la cual es un promedio de todos los niveles de severidad hallados en la inspección;

$$ID = \frac{\sum \text{Nivel de severidad de los daños}}{\# \text{ de daños encontrados en la inspección}}$$

7.3.4 Informe final (reporte de daños): Finalmente se realiza un reporte de daños, el cual se basa en el proporcionado en el manual para la inspección de obras de estabilización del INVIAS, en este se determina el tramo, la abscisa y las observaciones según las fotografías tomadas en campo de cada uno de los daños presentados en el muro.

Se continúa determinado el tratamiento para cada uno de los daños encontrados a partir del nivel de severidad ya encontrado anteriormente, este se determina a partir de la siguiente tabla;

Tabla 15
Tratamiento según nivel de severidad

Nivel de daño	Tratamiento
Leve	Mantenimiento ocasional
Moderado	Mantenimiento Rutinario
Grave	Estudio de vulnerabilidad
Severo	Estudio de vulnerabilidad y

probable intervención

inmediata

Nota: En esta tabla se determina el tratamiento de los daños encontrados según su nivel de severidad

Elaboración propia

8. Diagnostico (historia clínica)

8.1 Inspección visual:

De forma específica cada patología se anotó en el formato de inspección de daños, en donde se inicia determinando de manera visual el nivel de complejidad de la patología de acuerdo a como los autores observan la afectación sobre la superficie del muro, donde finalmente se obtiene los siguientes resultados;

8.1.1 Erosión: Este patología se le determinó observando una afectación intermedia y se determina en la visita a campo que hay dos zonas, se evidencia que en las zonas bajo el terraplén de la vía se encuentra con vacíos, se presenta esta erosión la primera se encuentra en la parte superior del muro la cual empalma con la vía esta tiene un largo de 45 cm por 35 cm de ancho, y la segunda se encuentra en la parte derecha del muro aproximadamente en el km 51+7 con una longitud de 1.20 m de ancho por 40 cm de alto.

Las causas de la erosión en el Muro 23D están relacionadas con la acción del agua y otros factores ambientales que desgastan gradualmente la superficie del concreto, la erosión por agua es la causa más común, debido a la exposición continua a la lluvia, escorrentías, o flujo de agua subterránea puede desprender las partículas del concreto de la superficie del muro.

Ilustración

19 Erosión en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa una zona de erosión presentada en el muro 23D, ubicada en la parte superior del muro, la cual empalma con la vía principal

Elaboración propia

Ilustración 20

Erosión en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa una zona de erosión presentada en el muro 23D, ubicada en la parte superior del muro, la cual empalma con la vía principal

Elaboración propia

8.1.2 Fisuras: No se observan exposición de hierros, se evidencian a lo largo de la superficie del muro de estudio, se tiene una totalidad de 5 fisuras, las cuales fueron organizadas de la siguiente manera, fisuras entre 5 a 10 cm de largo, fisuras entre 11 a 25 cm de largo

Para reconocer esta patología se debe tener en cuenta que es superficial, estas son por contracción plástica, teniendo en cuenta que el muro genera un desplazamiento gracias a las cargas hidrostáticas y el mal diseño inicial

Las fisuras en el Muro 23D son atribuidas a un mal diseño inicial y a un mal proceso constructivo, durante el fraguado y endurecimiento del concreto, la contracción generó tensiones internas que provocan fisuras, especialmente debido la interventoría comentó que no se implementaron juntas de control adecuadas. Las cargas excesivas, por presión lateral de la presión hidrostática, exceden la capacidad de diseño del muro generando fisuras estructurales. Los movimientos térmicos, debido a la expansión y contracción del concreto por cambios de temperatura, causan fisuras debido a que no se consideraron juntas de expansión. Así mismo se evidenciaron, deficiencias en el diseño y la construcción, como una cantidad insuficiente de refuerzo.

Ilustración 21

Fisuras en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa una zona de fisuras presentada en el muro 23D, ubicada en la fachada del muro

Elaboración propia

Ilustración 22

Fisuras en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa una zona de fisuras presentada en el muro 23D, ubicada en la fachada del muro

Elaboración propia

8.1.3 Grietas: Se tiene en cuenta que la forma correcta de medir esta patología es tomando largo, ancho y profundidad, por lo tanto, las grietas presentadas se pueden observar sobre la superficie del muro, estas grietas son producidas por esfuerzos de flexión en el muro.

Las grietas en el Muro 23D se originan por una combinación de factores estructurales y ambientales que comprometen la integridad del concreto. Entre las causas principales se encuentran cargas excesivas que superan la capacidad de diseño del muro por presiones hidrostáticas no contempladas anteriormente, humedad excesiva. Además, deficiencias en el diseño estructural, como una insuficiente cantidad de anclajes, pueden provocar la formación de grietas. La exposición del muro a un drenaje eficaz que aumenta la presión hidrostática detrás del muro, también contribuye significativamente al agrietamiento. La carbonatación del concreto, que reduce su pH, y la contracción del concreto durante el fraguado, son factores adicionales que deben considerarse.

Ilustración 23

Grietas en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa una zona donde se observan grietas presentada en el muro 23D, ubicada en la fachada del muro

Elaboración propia

Ilustración 24

Grietas en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa una zona donde se observan grietas presentada en el muro 23D, ubicada en la fachada del muro

Elaboración propia

Ilustración 25

Grietas en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa una zona donde se observan grietas presentada en el muro 23D, ubicada en la fachada del muro

Elaboración propia

8.1.4 Desplazamiento: Se determina desplazamientos laterales del muro, en donde sobresale deflexión lateral de la cresta en el Módulo 2 y la ondulación notoria en el Módulo 1, este desplazamiento es de aproximadamente de 46 cm, el cual es mucho mayor a él admisible por EL CÓDIGO COLOMBIANO DE PUENTES es de 5 cm, este se debe por un mal diseño inicial y por las presiones hidrostáticas causadas por acumulación de agua

Las causas de esto es el drenaje insuficiente, si no se implementa un sistema de drenaje adecuado en el muro 23D, la acumulación de agua detrás del muro se convierte en una fuente adicional de presión hidrostática que empuja el muro a desplazar en la dirección horizontal. Cuando el agua no puede moverse libremente, crea una acumulación en el suelo y en el relleno, lo que eleva su peso y la presión lateral en el muro. La elevación de la presión puede superar la capacidad de trabajo del muro, lo que resulta en el empuje bajo, rotura, o colapso.

Por otro lado, también se considera que el diseño inicial fue erróneo, en la construcción del muro no se tuvieron en cuenta factores como la altura, el tipo de suelo, la carga esperada y las

condiciones ambientales. adicional a ello la concesión vial constructora del muro de contención no se tuvo en cuenta el relleno del muro.

Ilustración 26

Desplazamiento en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa y se puede medir con mayor facilidad el desplazamiento que se genera en el muro 23D, esta se localiza en la parte superior

Elaboración propia

Ilustración 27

Desplazamiento en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa y se puede medir con mayor facilidad el desplazamiento que se genera en el muro 23D, esta se localiza en la parte superior

Elaboración propia

Ilustración 28

Desplazamiento en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa y se puede medir con mayor facilidad el desplazamiento que se genera en el muro 23D, esta se localiza en la parte superior

Elaboración propia

8.1.5 Filtraciones: Esta patología se puede observar a lo largo de la superficie del muro, estas son provocadas por el agua que se acumula gracias a el relleno (lutitas) y a el mal diseño del drenaje, el origen de las filtraciones se debe a que en el diseño inicial no se tuvo en cuenta la precipitación escorrentía de la zona, el caudal que se puede observar a lo largo de las filtraciones del muro es mínimo , debido a que se evidencio un goteo minúsculo sobre las grietas presentadas y sobre la superficie del concreto se puede ver cierta humedad, este se observa a lo largo de la superficie del muro.

La coloración de la estructura en el afloramiento gris oscuro y amarillo, como causas se tiene la acumulación de agua: La acumulación de agua detrás del muro 23D de contención es un fenómeno que compromete significativamente la estabilidad estructural. Este problema está estrechamente

relacionado con la presión hidrostática ejercida por el agua acumulada, que puede superar las capacidades de diseño del muro, conduciendo a filtraciones, debido a que busca drenarse de una manera forzosa.

Por otro lado, la insuficiencia del sistema de drenaje en el diseño del muro de contención se debe a la imposibilidad de evacuar el agua o a la presencia de sedimentos u otros materiales que obstruyan los drenajes. La estabilidad de la fachada del muro se ve comprometida por la acumulación de agua detrás de ella.

Ilustración 29

Filtraciones en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observan las filtraciones en la fachada del muro debido a la mala filtración del agua acumulada

Elaboración propia

Ilustración 30

Filtraciones en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observan las filtraciones en la fachada del muro debido a la mala filtración del agua acumulada

Elaboración propia

Ilustración 31

Filtraciones en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observan las filtraciones en la fachada del muro debido a la mala filtración del agua acumulada

Elaboración propia

8.1.6 Vegetación: Se determina que esta vegetación son producto de grietas que se provocan por fallas constructivas, roturas del material, desprendimientos que permiten alojar semillas, de igual forma es relevante que estas también aparecen gracias a la presencia de agua.

La coloración de la vegetación es verde claro en los 4 afloramientos, esta vegetación son producto de grietas que se provocan por fallas constructivas, roturas del material, desprendimientos que permiten alojar semillas, de igual forma es relevante que estas también aparecen gracias a la presencia de agua.

Las grietas en el muro de contención 23D son las que causan la salida de esta vegetación y debido a el viento o por animales se acumulan semillas en las grietas y con la presencia de agua hace que estas afloren, y también por falta de mantenimiento, los tipos de vegetación encontrada es; afloramiento 1: pasto (ilustración 32), afloramiento 2: pasto (Ilustración 33), afloramiento 3: pasto (ilustración 33), afloramiento 4: arbusto (ilustración 34)

Ilustración 32

Vegetación en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observan la vegetación en la fachada del muro debido a la mala filtración y otros agentes externos

Elaboración propia

Ilustración 33

Vegetación en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observan la vegetación en la fachada del muro debido a la mala filtración y otros agentes externos

Elaboración propia

Ilustración 34

Vegetación en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observan la vegetación en la fachada del muro debido a la mala filtración y otros agentes externos

Elaboración propia

Ilustración 35

Vegetación en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observan la vegetación en la fachada del muro debido a la mala filtración y otros agentes externos

Elaboración propia

8.1.7 Drenajes insuficientes: Se evidencio un drenaje muy deficiente en la zona, este se evidencia desde el año 2016 como se mencionó en los antecedentes, debido a un mal diseño inicial en donde no se tuvo en cuenta el relleno, las precipitaciones ni la geología de la zona, el drenaje insuficiente del muro de estudio puede tener consecuencias graves, afectando la estabilidad.

El mal sistema de drenaje hace que se acumule agua detrás de la pared, ejerciendo presión sobre ella. La estructura de la pared puede sufrir grietas horizontales o inclinadas debido a la fuerza del agua que la empuja hacia adelante.

En el diseño inicial la concesión no tuvo en cuenta, la geología, las precipitaciones y escorrentías de la zona por lo tanto la cantidad de drenajes(lloraderos)es deficiente y no drena la cantidad de agua que se acumula detrás de la fachada del muro

Ilustración 36

Drenajes insuficientes en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa el drenaje deficiente en la fachada del muro debido a la gran acumulación de agua detrás de este

Elaboración propia

Ilustración 37

Drenajes insuficientes en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa el drenaje deficiente en la fachada del muro debido a la gran acumulación de agua detrás de este

Elaboración propia

Ilustración 38

Drenajes insuficientes en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa el drenaje deficiente en la fachada del muro debido a la gran acumulación de agua detrás de este

Elaboración propia

8.1.8 Drenajes obstruidos: La obstrucción en el sistema de drenaje en el muro de contención 23D causa serios problemas en el sistema de drenaje. El sistema de drenaje está obstruido por sedimentos y vegetación esto detiene el flujo de agua y se genera un respaldo detrás del muro. La acumulación puede causar grietas y fallas.

Ilustración 39

Drenajes obstruidos en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa el drenaje obstruido en la fachada del muro debido a la falta de mantenimiento

Elaboración propia

Ilustración 40

Drenajes obstruidos en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa el drenaje obstruido en la fachada del muro debido a la falta de mantenimiento

Elaboración propia

8.1.9 Junta fría: Se evidencio una junta fría a lo largo de la superficie del muro, esta se encuentra aproximadamente a 4 metros en el módulo 1 y 2, este se debe a el cambio de temperatura entre el concreto viejo y el nuevo, el acero de refuerzo no se encuentra expuesto, pero se evidencia la dilatación del concreto.

El cambio de temperaturas entre el concreto viejo y el nuevo puede ser una causa de grietas en muros de contención como el Muro 23D. Cuando se vierte concreto nuevo sobre una superficie de concreto viejo, es posible que haya una diferencia de temperatura entre ambos materiales. Esta diferencia de temperatura puede provocar que el concreto se expanda o se contraiga de manera diferente, lo que puede generar tensiones en la interfaz entre los dos materiales y causar grietas. Para minimizar este problema, es importante controlar la temperatura del concreto durante la colocación y considerar medidas como juntas de expansión para permitir la contracción y expansión del concreto sin generar tensiones excesivas.

Ilustración 41

Junta fría en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la junta fría, esto es debido a fallas en el proceso constructivo

Elaboración propia

Ilustración 42

Junta fría en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la junta fría, esto es debido a fallas en el proceso constructivo

Elaboración propia

8.1.10 Segregación: Esta se pueden evidenciar a lo largo del muro, las causas del origen de esta patología no se puede determinar con claridad debido en los informes no se especifica cómo se realizó la mezcla del concreto que se utilizó en el procesos constructivo del muro, por lo tanto, esta se puede ocasionar por diferentes factores como; Uso excesivo o deficiente del agua en la mezcla, falta de arena en la mezcla, la calidad del concreto usado y/o uso excesivo de arena gruesa en la mezcla, Las causas del refuerzo expuesto en el Muro 23D pueden ser variadas y representan un problema significativo que debe abordarse con urgencia. Entre las principales causas se encuentran, la penetración de cloruros o la carbonatación del concreto pueden degradar la capa protectora del concreto, permitiendo que el refuerzo se oxide y quede expuesto. Esto es especialmente común en entornos donde el muro está en contacto con sales de deshielo o en áreas con alta humedad.

La cobertura inadecuada del refuerzo durante la construcción, debido a un mal diseño o errores en el vertido del concreto, puede dejar el acero susceptible a la exposición. La falta de adherencia adecuada entre el concreto y el refuerzo también puede contribuir a este problema.

El desgaste físico del concreto debido a impactos, abrasión, o movimientos repetitivos puede deteriorar la capa protectora del concreto, dejando el refuerzo expuesto. Esto es particularmente relevante en áreas de alto tráfico o donde el muro está sujeto a vibraciones constantes.

Las grietas causadas por cargas excesivas, asentamientos diferenciales del suelo o cambios de temperatura pueden exponer el refuerzo. Estas grietas permiten la entrada de agua y otros agentes corrosivos que aceleran la exposición del acero.

Ilustración 43

Segregación en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la segregación en la fachada del muro

Elaboración propia

Ilustración 44

Segregación en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la segregación en la fachada del muro

Elaboración propia

Ilustración 45

Segregación en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la segregación en la fachada del muro

Elaboración propia

Ilustración 46

Segregación en el muro 23 D



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la segregación en la fachada del muro

Elaboración propia

8.1.11 Eflorescencia: Esta se puede observar a lo largo del muro se encuentra a tres metros en el muro y tiene un largo de 10 m entre los módulos 1 y 2, esto se debe a la humedad excesiva que se presenta en la zona por la acumulación de agua.

Este fenómeno ocurre cuando el agua transporta sales solubles desde el interior del concreto hacia la superficie, donde el agua se evapora y las sales quedan depositadas.

El agua es el vehículo que transporta las sales solubles a través del concreto, la humedad presente gracias a la acumulación de agua detrás de la fachada es la causa de esta patología.

Ilustración 47

Eflorescencias en el muro 23 D.



Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la eflorescencia en la fachada del muro

Elaboración propia

Ilustración 48*Eflorescencias en el muro 23 D*

Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la eflorescencia en la fachada del muro

Elaboración propia

8.1.12 Carbonatación: Esta se evidencia en zonas donde hay un drenaje muy deficiente y se acumula la humedad, finalmente se le da un nivel de complejidad intermedia, se adjunta las fotografías al formato.

La carbonatación es un proceso químico que afecta al concreto y puede tener consecuencias negativas para la integridad estructural del muro de contención 23D. Este fenómeno ocurre cuando el dióxido de carbono (CO_2) presente en el aire penetra en el concreto y reacciona con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) lo cual formó carbonato de calcio (CaCO_3). Esta reacción redujo el pH del concreto, lo que a su vez generó corrosión en el acero de refuerzo.

Ilustración 49*Carbonatación en el muro 23 D*

Nota: La ilustración representa la zona en donde se observa la carbonatación en la fachada del muro

Elaboración propia

8.2 Indicador de daños:

Para determinar este índice se inicia calculando el nivel de severidad de cada uno de los daños, se presenta la patologiza y la fotografía que esta que se presenta en el formato de inspección visual, esta información se determina en la siguiente tabla;

Tabla 16*Nivel de severidad según patología presentada*

Patología	Tipo de severidad	Nivel de severidad
Erosión (foto 1)	Leve	1
Erosión (foto 2)	leve	1
Fisura (foto 3)	moderado	2
Fisura (foto 4)	leve	1
Fisura (foto 4)	Fuerte	3

Grietas (foto 5)	Severo	4
Grietas (foto 6)	Fuerte	3
Grietas (foto 7)	Severo	4
Grietas (foto 8)	Moderado	2
Grietas (foto 9)	Fuerte	3
Grietas (foto 10)	Fuerte	3
Desplazamientos (foto 11)	Severo	4
Filtraciones (foto 12)	Moderado	2
Filtraciones (foto 13)	Moderado	2
Vegetación (foto 14)	Moderado	2
Vegetación (foto 15)	Moderado	2
Vegetación (foto 16)	Leve	1
Vegetación (foto 17)	Fuerte	3
Drenajes insuficientes	Severo	3
Drenajes obstruidos	Moderado	2
Junta fría (foto 22)	Fuerte	3
Junta fría (foto 23)	Fuerte	3
Segregación	Moderado	2
Eflorescencia	Moderado	2
Carbonatación	Moderado	2

Nota: En esta tabla se determina el nivel de severidad y la puntuación según la patología presentada

Elaboración propia

Se continúa aplicando la fórmula de indicador de daños, en donde se divide la sumatoria del nivel de severidad de los daños encontrados entre el número de daños encontrados en la inspección, por lo tanto, se obtiene lo siguiente;

$$\sum \text{Nivel de severidad de los daños} = 59$$

$$\# \text{ de daños encontrados} = 27$$

$$ID = \frac{59}{27} = 2.1$$

Al obtener este resultado se compara con la tabla presentada en el manual el cual se usa como referencia para esta operación, en donde, se analiza la urgencia de intervención a través del resultado obtenido por el índice de daños;

Tabla 17
Urgencia de intervención

Índice de daño estructural	ID
Despreciable	>10
Medio	5-10
Severo	2-5
Muy Severo	0-2

Nota: En esta tabla se observa los niveles de daño estructural según lo obtenido en el índice de daño

Adaptado de Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de armadura, GEOCIDA, 2006

Por lo tanto, se obtiene que el muro 23D tiene un daño estructural de tipo severo, es decir, se recomienda intervención inmediata debido a la importancia que tiene esta estructural en la infraestructura vial del país.

8.3 Análisis de resultados:

Luego de realizar la inspección visual y realizar la clasificación de severidad, se realiza un reporte de daños, a través de del formato que proporciona el INVIAS, en donde se busca realizar una ubicación exacta de cada una de las patologías en relación a las fotografías tomadas en la salida de campo;

Tabla 18
Reporte de daños

CONSTRUCCIÓN	TRAMO	FOTO	ABSCISA	OBSERVACIONES
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta		51+023	Erosión en la parte superior que empalma con la vía
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta		51+036	Erosión en la parte superior que empalma con la vía
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta		51+027	Fisuras transversales en la fachada del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta		51+050	Fisuras transversales en la fachada del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta		51+010	Grieta transversal en la fachada del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta		51+070	Grieta transversal en la parte superior del muro que empalma con la vía
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta		51+065	Grieta longitudinal en la fachada del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta		51+032	Grieta transversal en la fachada del muro

MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+040	Grieta longitudinal en la fachada del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+042	Grieta longitudinal en la fachada del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+038 y 51+062	Desplazamiento horizontal visto desde la parte superior del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+033	Filtraciones sobre la fachada del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+080	Filtraciones sobre la fachada del muro
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+038	Vegetación en junta del concreto, vegetación tipo pasto
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+062	Vegetación en junta del concreto, vegetación tipo pasto
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+070	Vegetación en junta del concreto, vegetación tipo pasto
MURO 23 D	Vía Bogotá- Villeta	51+090	Vegetación en junta del concreto, vegetación tipo arbusto

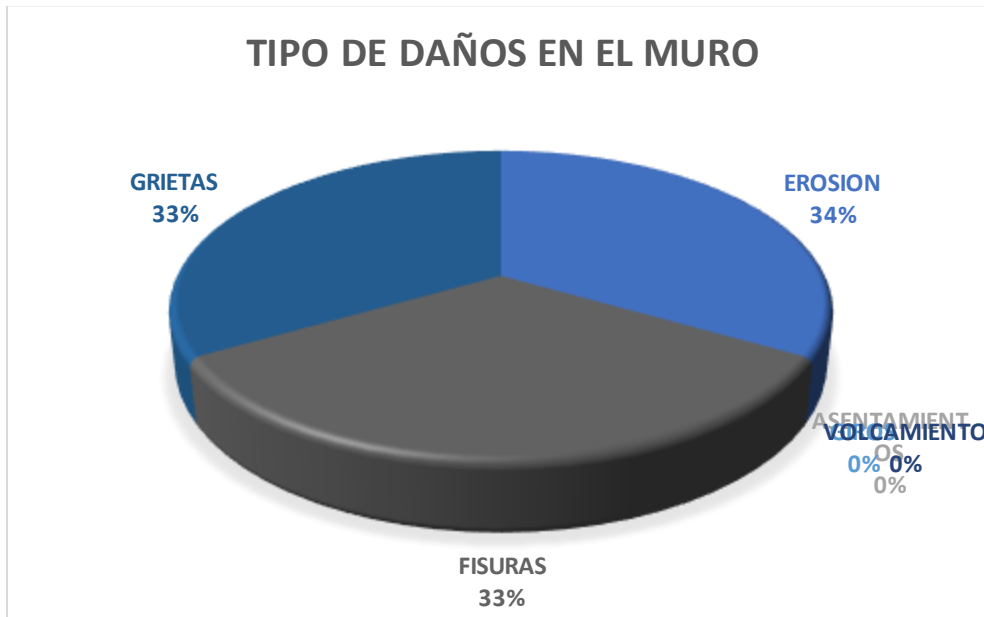
Nota: La tabla representa cómo se determina el reporte de daños de la inspección visual del Muro 23D

Adaptado de Manual para la inspección de obras de estabilización, INVIAS, 2006

Se obtienen los siguientes resultados sobre el análisis, en las patologías generales presentadas las grietas con un 46% es la patología que más se presenta sobre la superficie del muro, esto se puede evidenciar en el siguiente gráfico;

Ilustración 50

Tipos de daños generales en el muro 23D



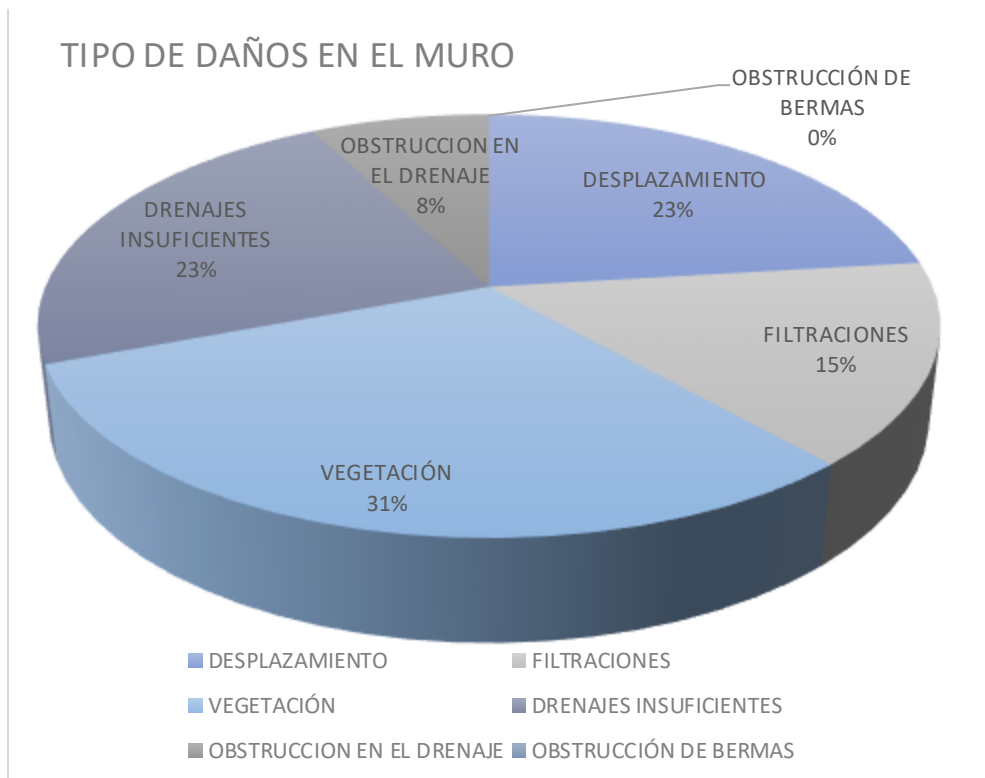
Nota: La figura representa el porcentaje de las patologías generales presentadas en el muro 23 D

Elaboración propia

En los daños generales se puede observar que la patología que más genera daño estructural son los drenajes insuficientes, debido a que se acumula agua en la parte de atrás de la fachada del muro en concreto, por otro lado, la obstrucción de drenajes influye, debido a que algunos lloraderos no drenan el agua acumulada gracias a las lutitas presentadas en el terreno.

Ilustración 51

Tipos de daños generales en el muro 23D que comprenden capacidad estructural



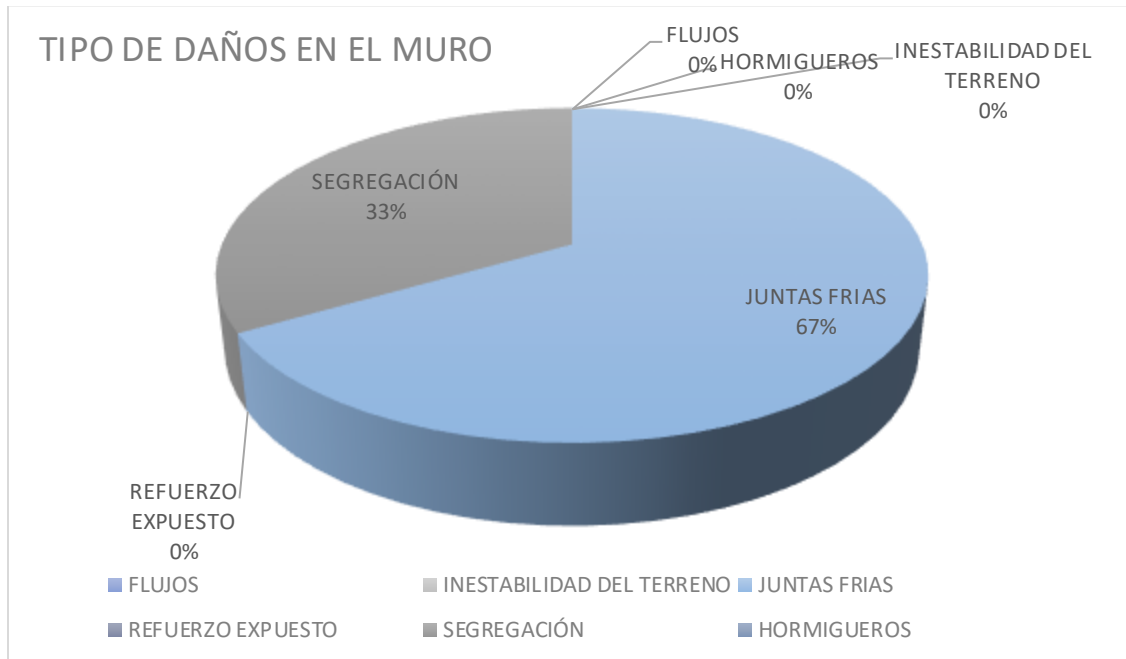
Nota: La figura representa el porcentaje de las patologías generales presentadas en el muro 23 D

Elaboración propia

Las patologías específicas del concreto se encuentran que la que genera mayor daño estructural son las juntas frías que se presenta en el módulo 1 y 2, por lo tanto, esta representa un 67% de las patologías del concreto.

Ilustración 52

Tipos de daños específicos del concreto



Nota: La figura representa el porcentaje de las patologías generales del concreto presentadas en el muro 23 D

Elaboración propia

La clasificación de severidades de las patologías presenta que teniendo un total de 27 patologías el 43% de estas son moderadas, por lo tanto, solo requieren mantenimiento en la mayoría de los casos.

Ilustración 53

Clasificación de severidad de daños



Nota: La figura representa la clasificación de la severidad de las patologías presentadas

Elaboración propia

Finalmente, el grupo de trabajo propone las posibles soluciones, de acuerdo a la clasificación del nivel de severidad;

Tabla 19*Tratamiento de la patología según su nivel de severidad*

DAÑO	SEVERIDAD	TRATAMIENTO
Erosión en la parte superior que empalma con la vía	LEVE	MANTENIMIENTO
Erosión en la parte superior que empalma con la vía	LEVE	MANTENIMIENTO
Fisura transversal en la fachada del muro	MODERADO	MANTENIMIENTO
Fisura transversal en la fachada del muro	MODERADO	MANTENIMIENTO
Fisura transversal en la fachada del muro	LEVE	MANTENIMIENTO
Fisura transversal en la fachada del muro	LEVE	MANTENIMIENTO
Fisura transversal en la fachada del muro	FUERTE	MANTENIMIENTO
Grieta transversal en la fachada del muro	SEVERA	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD
Grieta transversal en la parte superior del muro que empalma con la vía	FUERTE	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD
Grieta longitudinal en la fachada del muro	SEVERA	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD
Grieta transversal en la fachada del muro	MODERADO	MANTENIMIENTO
Grieta longitudinal en la fachada del muro	FUERTE	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD
Grieta longitudinal en la fachada del muro	FUERTE	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD
Desplazamiento horizontal visto desde la parte superior del muro	SEVERA	ESTUDIO DE VULNERABILIDAD
Filtraciones sobre la fachada del muro	MODERADO	MANTENIMIENTO
Filtraciones sobre la fachada del muro	MODERADO	MANTENIMIENTO
Vegetación en junta del concreto, vegetación tipo pasto	MODERADO	MANTENIMIENTO
Vegetación en junta del concreto, vegetación tipo pasto	MODERADO	MANTENIMIENTO

Vegetación en junta del concreto, vegetación tipo pasto	LEVE	MANTENIMIENTO	
Vegetación en junta del concreto, vegetación tipo arbusto	FUERTE	ESTUDIO VULNERABILIDAD	DE
Drenaje insuficiente, humedad y gran caudal a lo largo de la superficie del muro	SEVERA	ESTUDIO VULNERABILIDAD	DE
Drenaje obstruido a lo largo de la superficie del muro	MODERADO	MANTENIMIENTO	
Junta fría módulo 1	FUERTE	ESTUDIO VULNERABILIDAD	DE
Junta fría módulo 2	FUERTE	ESTUDIO VULNERABILIDAD	DE
Segregación sobre la superficie del muro	MODERADO	MANTENIMIENTO	
Eflorescencias a lo largo de la superficie de fachada de concreto	MODERADO	MANTENIMIENTO	
Eflorescencias a lo largo de la superficie de fachada de concreto	MODERADO	MANTENIMIENTO	
Carbonatación sobre la superficie del concreto	MODERADO	MANTENIMIENTO	

Nota: La tabla representa el tratamiento de la patología según el nivel de severidad Muro 23D

Elaboración propia

9. Conclusiones y Recomendaciones

Finalmente, a través de una serie de metodologías de inspección y análisis, lograr identificar las patologías estructurales que afectan al muro 23 D y con este se genera una historia clínica. Este diagnóstico ha sido fundamental para entender la magnitud, origen y las causas de los deterioros observados, permitiendo así desarrollar por medio de una clasificación de niveles de severidad en donde se propone una posible solución.

9.1 La formulación del diagnóstico y la elaboración de la historia clínica del muro de contención 23D permitió identificar de manera precisa los daños. Mediante un análisis exhaustivo que incluyó inspecciones visuales, la evaluación de parámetros de patología y la clasificación de los niveles e índices de severidad, se determinó que el muro presenta un daño estructural grave que compromete su integridad. A partir de estos hallazgos, se recomienda la implementación de medidas correctivas urgentes, que podrían incluir la reparación o reconstrucción parcial del muro, a fin de garantizar su estabilidad y seguridad a largo plazo. Además, se sugiere realizar un monitoreo continuo para identificar posibles deterioros futuros y mejorar la durabilidad de la estructura.

9.2 La recopilación exhaustiva de información sobre el diseño y el proceso constructivo del muro de contención 23D ha proporcionado una base sólida para analizar sus daños actuales. A través de la inspección visual, se pudo reconstruir de manera integral el estado actual de la estructura. El análisis detallado de los datos permitió identificar la metodología de diseño utilizada, incluyendo la selección de materiales, las cargas de diseño y las técnicas constructivas empleadas. Además, se detectaron factores clave que han influido en el desempeño del muro a lo largo del tiempo, como las condiciones geotécnicas del terreno, eventos climáticos y las intervenciones de mantenimiento. A partir de estos hallazgos, se sugiere implementar mejoras en el diseño y el mantenimiento de la estructura para prevenir fallas futuras. También se recomienda realizar monitoreos periódicos para garantizar su estabilidad a largo plazo, lo que podría optimizar tanto su funcionalidad como su durabilidad.

9.3 La revisión exhaustiva del estado actual del muro 23D, centrada en sus aspectos estructurales, fue realizada mediante una inspección visual detallada y sistemática, utilizando un formato de evaluación específico. Este proceso permitió identificar y documentar de manera precisa los principales daños. Desde una perspectiva estructural, se detectaron grietas importantes, desplazamientos diferenciales y signos claros de deterioro, lo que indica una pérdida de integridad en áreas críticas del muro. Estos daños comprometen su capacidad para soportar las cargas para las que fue diseñado. Con base en este diagnóstico, se concluye que es necesario implementar medidas de reparación y refuerzo en las zonas más afectadas, con el fin de restaurar la estabilidad del muro y prevenir futuros colapsos.

9.4 La clasificación de las afectaciones del muro de contención mediante el uso del método simplificado ha permitido establecer una categorización precisa de los daños presentes, así como la determinación de los niveles de severidad asociados a cada una de estas afectaciones. Este enfoque metodológico facilitó la evaluación de las condiciones del muro, considerando tanto la magnitud como el impacto potencial de los daños identificados. A través del análisis sistemático de las fallas estructurales, se lograron identificar y clasificar las principales afectaciones en distintas categorías, tales como grietas, deformaciones, desplazamientos, y degradaciones superficiales. Cada tipo de afectación fue evaluado en función de parámetros específicos, los cuales fueron planteados por los autores.

La aplicación del método simplificado ha sido fundamental para establecer una clasificación clara y detallada de las afectaciones del muro, así como para definir los niveles de severidad correspondientes. Este análisis no solo facilita la identificación de las áreas que requieren intervención urgente, sino que también proporciona una base sólida para la planificación de acciones correctivas y preventivas que garanticen la seguridad y durabilidad del muro en el corredor vial Bogotá-Villeta.

De igual forma, se recomienda llevar a cabo un estudio fitosanitario para la vegetación que se ha establecido en las grietas del muro 23D. La presencia de vegetación en las fisuras podría estar contribuyendo a la aceleración del deterioro estructural, debido a que las raíces pueden ejercer presión y ampliar las grietas existentes. Un análisis detallado permitirá identificar las especies vegetales presentes y determinar el impacto que estas pueden tener en la estabilidad del muro, así como las medidas necesarias para su eliminación.

Dado que los daños observados en el muro 23D son de carácter severo, es crucial realizar un estudio de vulnerabilidad estructural. Este estudio permitirá evaluar la capacidad residual del muro frente a las cargas que debe soportar, así como su comportamiento frente a fenómenos naturales como lluvias intensas o sismos. La identificación de las zonas más comprometidas ayudará a priorizar las intervenciones necesarias para evitar un posible colapso o mayores deterioros.

Finalmente, los autores recomiendan la implementación de un plan de mantenimiento continuo para el muro 23D, que incluya inspecciones periódicas, reparación de daños menores antes de que se agraven, y monitoreo constante de cualquier señal de deterioro. El mantenimiento preventivo es esencial para prolongar la vida útil del muro y reducir la necesidad de intervenciones mayores en el futuro.

Lista de Referencia

Carbonell Betancourt Margarita, R. M. (2003). Análisis de los Estudios Realizados sobre la Patología Estructural del Viaducto N° 1 de la Autopista Caracas - La Guaira y Simulación de su Conducta Estructural Utilizando SAP2000. Obtenido de Análisis de los Estudios Realizados sobre la Patología Estructural del Viaducto N° 1 de la Autopista Caracas - La Guaira y Simulación de su Conducta Estructural Utilizando SAP2000.

CONCESIÓN SABANA DE OCCIDENTES S.A. (2018). INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL MÓDULOS 1,2,3 MURO 23 D.

CONCESIÓN SABANA DE OCCIDENTES S.A. (2020). ANÁLISIS DEL RIESGO GEOLÓGICO Y ANÁLISIS GEOTÉCNICO GENERAL DEL SECTOR.

CONCESIÓN SABANA OCCIDENTE SAS. (2018). CONCEPTO SOBRE LAS OBRAS ESTABILIZANTES DEL MURO 23 D DEL TRAMO 3.

GEOCISA. (2006). *Manual de evaluación de estructuras afectadas por corrosión de la armadura*. España: GEOCISA.

iagua. (s.f). Presión Hidrostática. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-presion-hidrostatica#:~:text=1%20.,l%C3%ADquido%20que%20tiene%20sobre%20%C3%A9>

INVIAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (OCTUBRE de 2006). MANUAL PARA INSPECCIÓN VISUAL DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras>

Julián, M. (1997). Patologías de cerramientos y acabados arquitectónicos. Obtenido de Patologías de cerramientos y acabados arquitectónicos: <https://es.slideshare.net/Kurg/patologia-de-cerramientos-y-acabados-arquitectonicos-juanmonjo>,

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17011/ESTUDIO%20DE%20PATOLOGIA%20ESTRUCTURAL%20DE%20LA%20ESCUELA%20ENRIQUE%20MILLAN%20RUBIO.pdf?sequence=1&>

Michel, M. A. (2015). Estudio de Concretos de Alta Durabilidad. Obtenido de Estudio de Concretos de Alta Durabilidad.

SkiCiv. (s.f). Tipos de muro de contención. Obtenido de <https://skyciv.com/es/docs/skyciv-retaining-wall/articles/types-of-retaining-wall/#:~:text=Los%20muros%20de%20contenci%C3%B3n%20en,para%20resistir%20las%20fuerzas%20activas>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (S.F). ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57334/estructurasdecontencion.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

10. Anexos

Los documentos anexos al presente documento son:

- 10.1 Fichas de inspección visual para reporte de daños muro 23 d