

**ESTUDIO PATOLÓGICO DEL PUENTE PEATONAL AV 40 NO 16B-159 Brr BALATA
VILLACENTRO
VILLAVICENCIO (META)**

Ing. ANDRES FELIPE MATAJUDIOS HERNANDEZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VICERRECTORÍA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
VILLAVICENCIO
2023**

Contenido

1. RUSUMEN	4
2. INTRODUCCION	5
3. OBJETIVOS.....	5
2.1 Objetivo general.....	5
2.2 Objetivos específicos	5
4. ALCANCE Y LIMITACIONES	5
5. MARCO REFERENCIAL	6
5.1 UBICACIÓN	6
5.2 MARCO HISTORICO Y GEOLÓGICO	7
6. METOLOGIA	12
6.1 RECOLECCION DE INFORMACION	12
6.2 INSPECCION.....	12
5.3 REALIZACION DE PRUEBAS	15
7. DIAGNOSTICO	16
8. PROPUESTA DE INTERVENCION	17
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	21
10. REFERENCIAS	21

Figuras.

Figura 1. fotografía del puente	6
Figura 2. Ubicación del puente en Google earth	6
Figuras 3 y 4. fotografía satelital que muestra en detalle esta región con la ubicación de la ciudad de Villavicencio y las principales fallas potencialmente activas que contribuyen a su amenaza sísmica de acuerdo a Chicangana et al. (2007).	7
Figura 5 y 6. Grafica de la humedad y precipitación media de Villavicencio según Weather Atlas.	7
Figura 7 y 8. Mapa geológico local de la región en donde se asienta el área urbana de Villavicencio en tramado sombreado (Corporación Universitaria del Meta, página 43,2009).	8
Figura 9. principales fallas presentes al noroeste de Villavicencio. 1, Falla Villavicencio. 2, Falla Bavaria, 3, Falla Mirador. 4, Falla Buenavista. 5, Falla Servitá. (German Chicangana- Google Earth, página 53,2007).	9
Figura 10. principales fallas presentes en el área urbana de Villavicencio. 1, Falla Mirador. 2, Falla Bavaria. 3, Falla Villavicencio. 4, Trazo inferido de la Falla Coladepato. (German Chicangana, página 54,2009)	9
Figura 11. Resumen de terremotos desde 1900: en la vecindad de Villavicencio, Departamento del Meta (volcanodiscovery,2022)	10
Figura 12. A) Dimensionamiento del puente, B) sección donde esta las escaleras próximas a movistar (B en la ilustración 1), C) sección donde esta las escaleras próximas a Villacentro (C en la ilustración 1)	12
Figura 13. Puntos en los que se realizaron ensayos de esclerometría	15
Figura 14. Bordillo 1 (sin novedad)	16
Figura 15. Columna 3(sin novedad).	16
Figura 16. Columna con refuerzo expuesto, columna 1	16
Figura 17. Columna con presencia de erosión en un vertice, columna 2	16
Figura 18. Bordillo con refuerzo expuesto, Bordillo 2	16
Figura 19. Bordillo con refuerzo expuesto, Bordillo 3	16
Figura 20 y 21. A) sistema transversal con dos vigas entre el eje E y G, B) sistema transversal con una viga central entre el eje E y B.	17
Figura 22. Los bordillos ubicados entre el eje E y B se ve más afectado que el bordillo del resto del puente.	17

Tablas

Tabla 1. Sismo desde 1900 a 2022 de magnitud 4 o superior de la región del meta (volcanodiscovery,2022)	12
Tabla 2, ficha de vulnerabilidad, fotografías tomadas en campo	15
Tabla 3. Resultados de los ensayos de esclerometría	15
Tabla 4. Propuesta de calendario para los mantenimientos	20

1. RUSUMEN

El puente peatonal presenta daños en el recubrimiento del concreto debido a la falta de mantenimiento. Se observa erosión y desprendimiento en la fachada de la escalera, oxidación en las barandas y exposición de los refuerzos en las columnas de las escaleras cercanas al centro comercial Villacentro (ejes G, H, I) y en los bordes del puente entre los ejes B y E. Se sospecha que las diferencias en el sistema transversal entre los ejes B-E y E-G pueden haber sido causadas por procesos constructivos diferentes, como un menor recubrimiento en los bordillos o el uso de concreto de menor calidad.

Se propone realizar ensayos complementarios para evaluar el nivel de oxidación de los refuerzos y determinar si es necesario llevar a cabo procedimientos de restauración o reemplazo. Además, se sugiere renovar el recubrimiento de concreto en varias áreas, como los bordillos, las columnas de las escaleras afectadas en Villa Centro y las bases de las barandas. Para la rehabilitación de los refuerzos y las barandas, se recomienda utilizar protección, como aditivos inhibidores de corrosión en el concreto y la aplicación de una capa de recubrimiento anticorrosivo con pigmentos de zinc y resinas líquidas.

Es esencial establecer un plan de mantenimiento periódico para garantizar la conservación adecuada del puente peatonal. Se sugiere dividir el mantenimiento en tres categorías: preventivo, correctivo y predictivo. El mantenimiento preventivo consistiría en limpieza, retiro de vegetación y verificación estructural de forma quincenal o mensual. El mantenimiento correctivo solucionaría cualquier problema reportado durante el mantenimiento preventivo u otras fuentes. El mantenimiento predictivo incluiría actividades a largo plazo, como pintura, protección antioxidante, refuerzo estructural y evaluación por expertos en patología, programadas anualmente.

Además, se destaca la importancia de extender este plan de mantenimiento a todos los puentes peatonales de concreto en Villavicencio.

2. INTRODUCCION

En la ciudad de Villavicencio, Colombia, existe un puente peatonal ubicado al frente del centro comercial Villacentro. Este puente es utilizado a diario por numerosas personas que transitan por la zona y permite el paso hacia el centro comercial Villacentro AV 40 NO 16B-159 Brr BALATA. Sin embargo, a pesar de su utilidad, este puente presenta signos de desgaste causados por el paso del tiempo e interacciones con el ambiente.

En la presente obra, se llevará a cabo un análisis desde una perspectiva patológica. Es importante destacar que este documento tiene un enfoque académico, ya que durante su desarrollo se encontraron ciertas limitaciones que podrían afectar la precisión de los resultados obtenidos. Por lo tanto, se recomienda utilizar este trabajo como una referencia inicial para comprender el estado del puente.

Para cualquiera que quiera usar este documento se le profundizar en el área de pruebas y estudios adicionales ya que debido al temas económicos y de permisos no se realizaron todas las pruebas que se habían planteado.

3. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Desarrollar estudio patológico del puente peatonal Villacentro para plantear un mantenimiento

2.2 Objetivos específicos

- Inspeccionar del puente
- Diagnosticar de lesiones presentes en la estructura basados en los resultados
- Proponer las actividades para ampliar el estudio patológico
- Plantear una propuesta de mantenimiento

4. ALCANCE Y LIMITACIONES

Para la realización del estudio se solicitó información a la alcaldía, a los centros catastrales y la secretaria de infraestructura de Villavicencio, no se encontró mucha información al respecto.

Para la realización de las pruebas se solicito permisos, los permisos dados limitaron las pruebas (esto se hablara en detalle más adelante).

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 UBICACIÓN



Figura 1. fotografía del puente

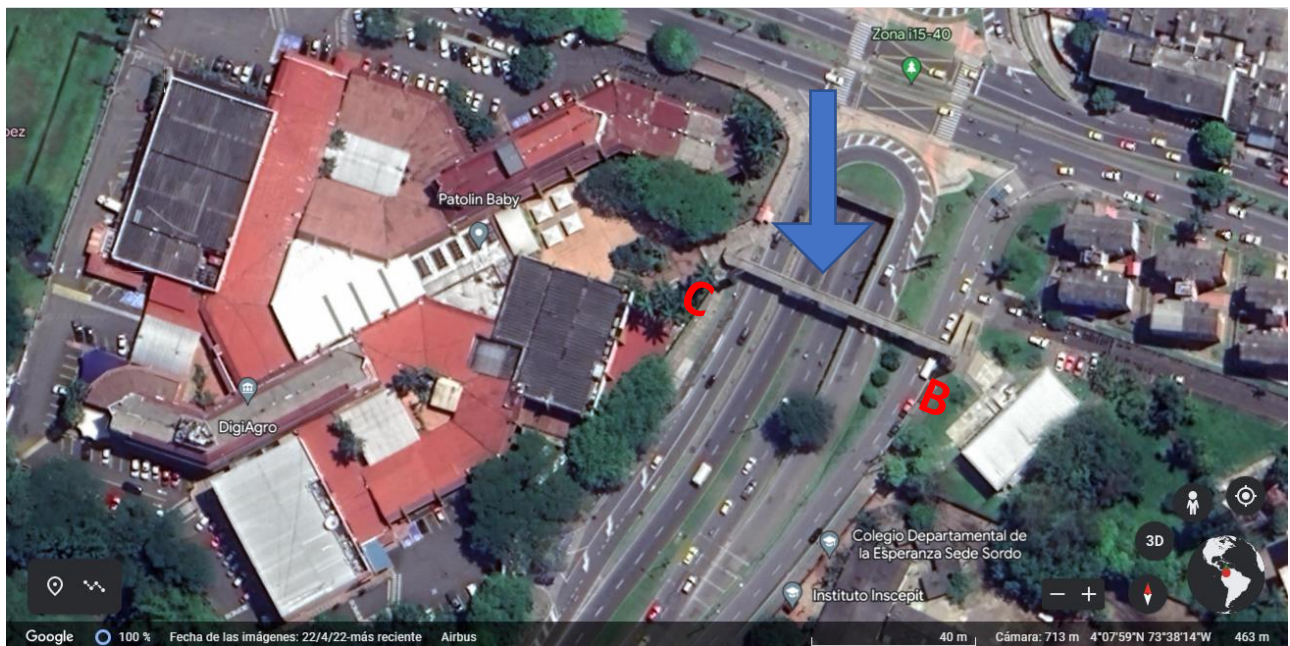
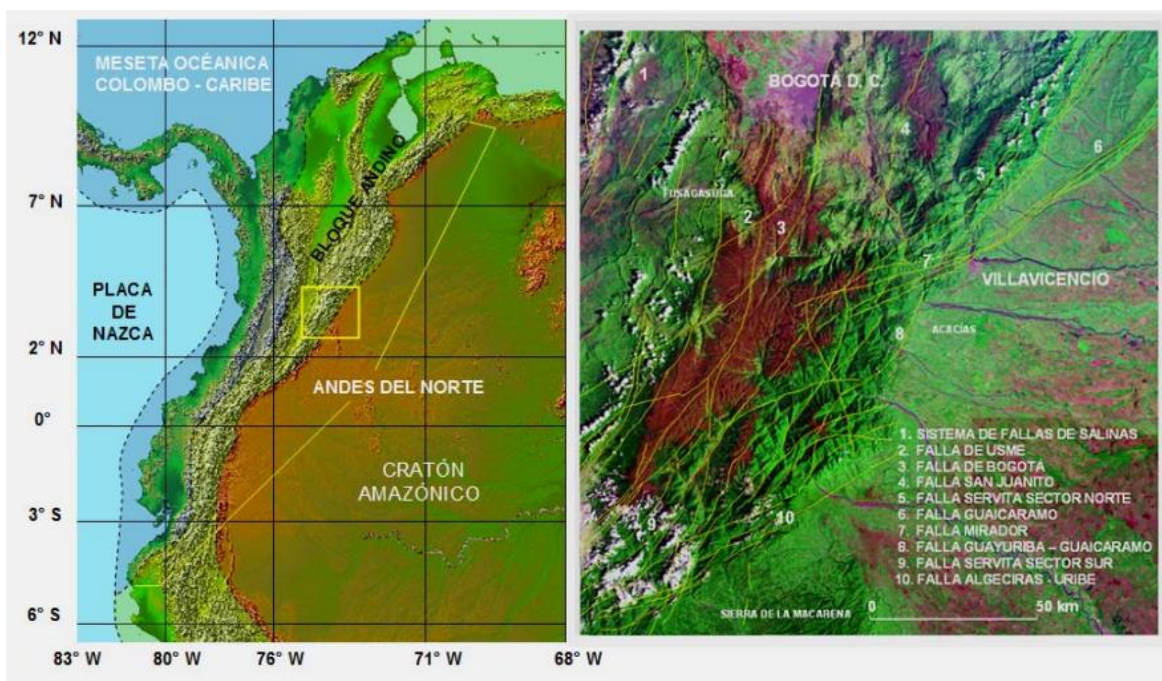


Figura 2. Ubicación del puente en Google earth

5.2 MARCO HISTORICO Y GEOLÓGICO

La ciudad de Villavicencio, la capital de la provincia de Meta en Colombia, está ubicada en la región Llanera de Piamonte, Colombia. El riesgo de terremotos es alto. Esto se debe a que la ciudad se encuentra en la intersección de las fallas del sistema de fallas Piamonte-Llanero.



Figuras 3 y 4. fotografía satelital que muestra en detalle esta región con la ubicación de la ciudad de Villavicencio y las principales fallas potencialmente activas que contribuyen a su amenaza sísmica de acuerdo a Chicangana et al. (2007).

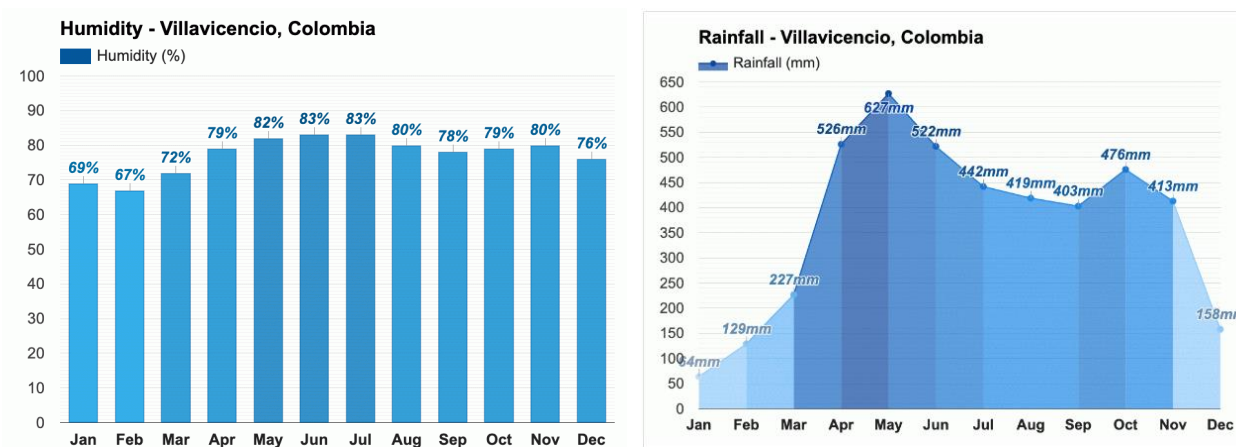


Figura 5 y 6. Gráfica de la humedad y precipitación media de Villavicencio según Weather Atlas.

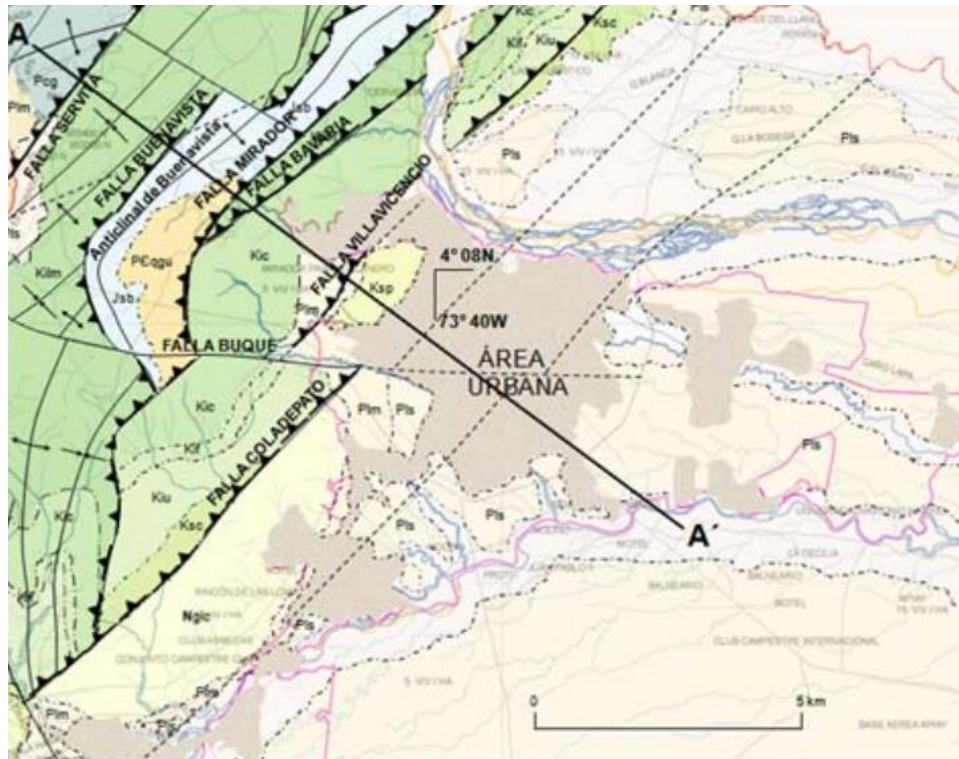


Figura 7 y 8. Mapa geológico local de la región en donde se asienta el área urbana de Villavicencio en tramado sombreado (Corporación Universitaria del Meta, página 43,2009).

La mayoría de las áreas urbanas de Villavicencio esta sobre grandes abanicos aluviales formados durante el período Plioceno-Pleistoceno. Rocas sedimentarias y metamórficas existen debajo del abanico, limitadas y atravesadas por varias fallas pertenecientes a SFFFCO (Sistema de Fallas de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental, ilustración 3). Este subsuelo se extiende en parte al oeste de la ciudad y al lado este de la Cordillera Oriental por debajo del área urbana.

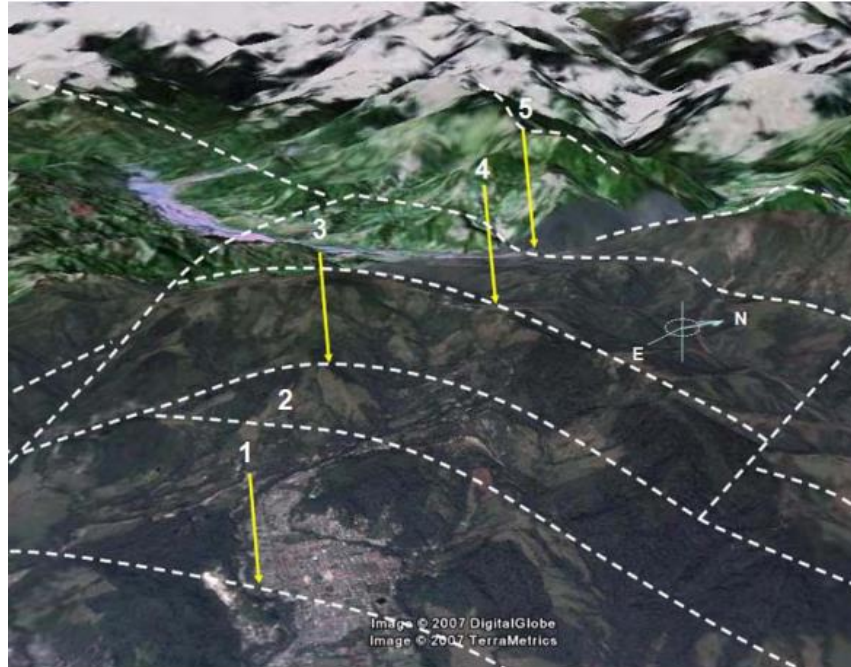


Figura 9. principales fallas presentes al noroeste de Villavicencio. 1, Falla Villavicencio. 2, Falla Bavaria, 3, Falla Mirador. 4, Falla Buenavista. 5, Falla Servitá. (German Chicangana- Google Earth, página 53,2007)



Figura 10. principales fallas presentes en el área urbana de Villavicencio. 1, Falla Mirador. 2, Falla Bavaria. 3, Falla Villavicencio. 4, Trazo inferido de la Falla Coladepato. (German Chicangana, página 54,2009)

- **Falla Mirador.** Esta es una falla de orden regional forma una de las huellas satelitales de la falla de Guaicaramo. Esta falla da lugar a los peñascos de Quetame y Brechas de Buenavista formando un anticlinal sostenido por rocas del Cretácico inferior.
- **Falla Bavaria.** porción satelital de la Falla Mirador donde las rocas de la Formación Lutitas de Macanal están haciendo contactos inconsistentes con la Formación Arenisas de Caquesa.
- **Falla Villavicencio.** Esta falla joven del inicio la orogenia (plioceno) cruza el área urbana. Esta es una falla inversa que hace que las rocas de la Formación Une del

Cretácico inferior se superpongan a las rocas de la Formación Chipaque del Cretácico superior.

- **Falla Coledepató.** Esta falla es una continuación de la falla sur de Guaicaramo.
- El carácter de la falla de cabalgamiento se evidencia en las rocas del Cretácico Superior de la Formación Chipaque sobre las rocas del Plioceno Superior de la Formación Corneta al suroeste de la ciudad.

5.3 Historial de sismos desde 1900

Con lo anterior mencionado es comprensible que según la norma sismo resistentes NSR 10 (Tabla A.2.3-2) Villavicencio tiene la clasificación de zona de amenaza sísmica alta (Aa=0.35 y Av=0.3). Al observar el historial de terremotos en Villavicencio vemos una tendencia de que la magnitud suele ser de 4 en adelante.

SISMOS DESDE 1900:

- 1 sismo de magnitud 7 o superior
- 1 sismo de magnitud entre 6 y 7
- 26 sismos de magnitud entre 5 y 6
- 128 sismos de magnitud entre 4 y 5

Desde 1900, Villavicencio tuvo 1 sismo de magnitud 7.0, 1 sismo de magnitud 6.5, 26 sismos de magnitud 5+ y 128 sismos de magnitud 4+. ¡Vea todos los temblores en las últimas 24 horas!

Último sismo: **Mag. 4.0** | 62 km **SE** de **Tunja, Boyaca, Colombia** - hace 7 semanas

Sismo más fuerte: **Mag. 7.0** | **Municipio de San Vicente del Caguán, Departamento del Caqueta, 54 km E de Neiva, Colombia** - hace 56 años

Sismos en regiones cercanas

Acacias | Agua de Dios | Anapoima | Apulo | Arbelaez | Barranca de Upia | Beltran | Bituima | Bogota D.C. | Bogotá D.E. | ...Show all... | Viota | Zipacon

Ver la lista

Figura 11. Resumen de terremotos desde 1900: en la vecindad de Villavicencio, Departamento del Meta (volcanodiscovery,2022)

FECHA Y HORA	MAG/PROF	UBICACIÓN
8 nov 2022 05:11 (GMT -5)	5,2/ 5km	39 km al sur de Villavicencio , Departamento del Meta
12 jun 2022 04:00 (GMT -5)	4,1/ 40 km	26 km al norte de Villavicencio , Departamento del Meta
8 dic 2021 19:07 (GMT -5)	4.6/ 39 km	Cundinamarca, 31 km al norte de Villavicencio , Departamento del Meta
29 nov 2021 02:53 (GMT-5)	4.4/ 10 km	36 km al oeste de Granada, Departamento del Meta
19 feb 2021 15:55 (GMT +0)	4.4	18 km al sur de Granada, Departamento del Meta
14 ago 2020 02:34 GMT	4.4/ 10 km	8.7 km al oeste de Villavicencio , Departamento del Meta
27 dic 2019 03:20 GMT	4.6/ 10 km	9.3 km al sureste de Lejanias, Departamento del Meta
26 dic 2019 10:52 GMT	4.4/ 10 km	4 km al norte de Lejanias, Departamento del Meta
26 dic 2019 03:48 GMT	4.8/ 10 km	16 km al sur de Lejanias, Departamento del Meta

25 dic 2019 10:39 GMT	4.4/ 10 km	7.9 km al noroeste de Lejanias, Departamento del Meta
25 dic 2019 10:25 GMT	4.5/ 10 km	15 km al noreste de Lejanias, Departamento del Meta
25 dic 2019 02:11 GMT	5/ 94 km	9.6 km al sureste de Lejanias, Departamento del Meta
25 dic 2019 00:25 GMT	4.5/ 10 km	9 km al sureste de Lejanias, Departamento del Meta
24 dic 2019 20:11 GMT	4.5/ 10km	18 km al noreste de Lejanias, Departamento del Meta
24 dic 2019 19:19 GMT	5.7/ 10 km	13 km al sur de Lejanias, Departamento del Meta
24 dic 2019 19:03 GMT	5.9/ 10 km	31 km al sur de Lejanias, Departamento del Meta
12 may 2019 07:28 GMT	4.5/ 10km	Cundinamarca, 17 km al oeste de Acacias, Departamento del Meta
11 dic 2017 19:59 GMT	4.1	Bogotá D.E., 37 km al oeste de Acacias, Departamento del Meta
24 ago 2017 22:22 GMT	4.2/ 20 km	29 km al noreste de San Martín, Departamento del Meta
2 jul 2017 19:26 GMT	5/ 10 km	24 km al suroeste de Acacias, Departamento del Meta
16 dic 2016 19:45 GMT	4.6/ 60 km	28 km al oeste de Mesetas, Departamento del Meta
13 mar 2016 13:17 GMT	4.5/ 51 km	47 km al oeste de Lejanias, Departamento del Meta
23 abr 2013 16:55 GMT	4.3	32 km al oeste de Mesetas, Departamento del Meta
2 jun 2008 23:50 GMT	4.2	7.5 km al norte de El Calvario, Departamento del Meta
24 may 2008 20:36 GMT	4.3/ 10 km	El Calvario, 28 km al noroeste de Villavicencio , Departamento del Meta
24 may 2008 19:20 GMT	5.9/ 8.9 km	6.4 km al suroeste de El Calvario, Departamento del Meta
24 may 2008 17:08 GMT	4.1/ 10 km	5.2 km al noroeste de El Calvario, Departamento del Meta
21 ene 2006 21:10 GMT	4.7/ 14 km	El Castillo, 36 km al noroeste de Granada, Departamento del Meta
22 ene 2003 15:55 GMT	4.5/ 33 km	Uribe, Departamento del Meta
23 nov 2002 23:56 GMT	5.1/ 64 km	Uribe, Departamento del Meta
2 nov 2000 19:35 GMT	4.1/ 33 km	Uribe, 85 km al suroeste de Acacias, Departamento del Meta
1 jun 1999 21:42 GMT	4.7/ 33 km	El Calvario, Departamento del Meta
22 abr 1998 00:57 GMT	4/ 69 km	Uribe, 80 km al suroeste de Granada, Departamento del Meta
17 jul 1997 12:45 GMT	4.9/ 42 km	Cubarral, Departamento del Meta
23 sep 1991 15:40 GMT	4/ 33 km	19 km al suroeste de Granada, Departamento del Meta
23 sep 1991 08:28 GMT	4/ 33 km	Mesetas, 48 km al oeste de Granada, Departamento del Meta

10 sep 1990 05:25 GMT	4.4/ 31 km	Cubarral, 26 km al suroeste de Acacias, Departamento del Meta
11 oct 1989 14:42 GMT	5/ 33 km	Vistahermosa, 68 km al sur de Granada, Departamento del Meta
20 mar 1988 04:08 GMT	4.7/ 10 km	10.4 km al este de Villavicencio , Departamento del Meta
20 mar 1988 04:08 GMT	5/ 10 km	El Calvario, Departamento del Meta, 50 km al sureste de Bogotá
20 feb 1988 22:51 GMT	5/ 26 km	El Calvario, Departamento del Meta, 48 km al sureste de Bogotá
8 mar 1982 04:16 GMT	4.3/ 33 km	Mesetas, 44 km al oeste de Granada, Departamento del Meta
12 feb 1980 08:18 GMT	4.6/ 45 km	Cubarral, Departamento del Meta, 92 km al sur de Bogotá
10 ene 1978 20:08 GMT	5.1/ 44 km	Fuente de Oro, 96 km al sur de Villavicencio , Departamento del Meta

Tabla 1. Sismo desde 1900 a 2022 de magnitud 4 o superior de la región del meta (volcanodiscovery,2022)

6. METOLOGIA

6.1 RECOLECCION DE INFORMACION

Se solicito información en la alcaldía y en la secretaria de infraestructura de Villavicencio; Pero no se pudo encontrar mucha información útil mas halla de que el puente peatonal fue construido alrededor del año 1994.

6.2 INSPECCION

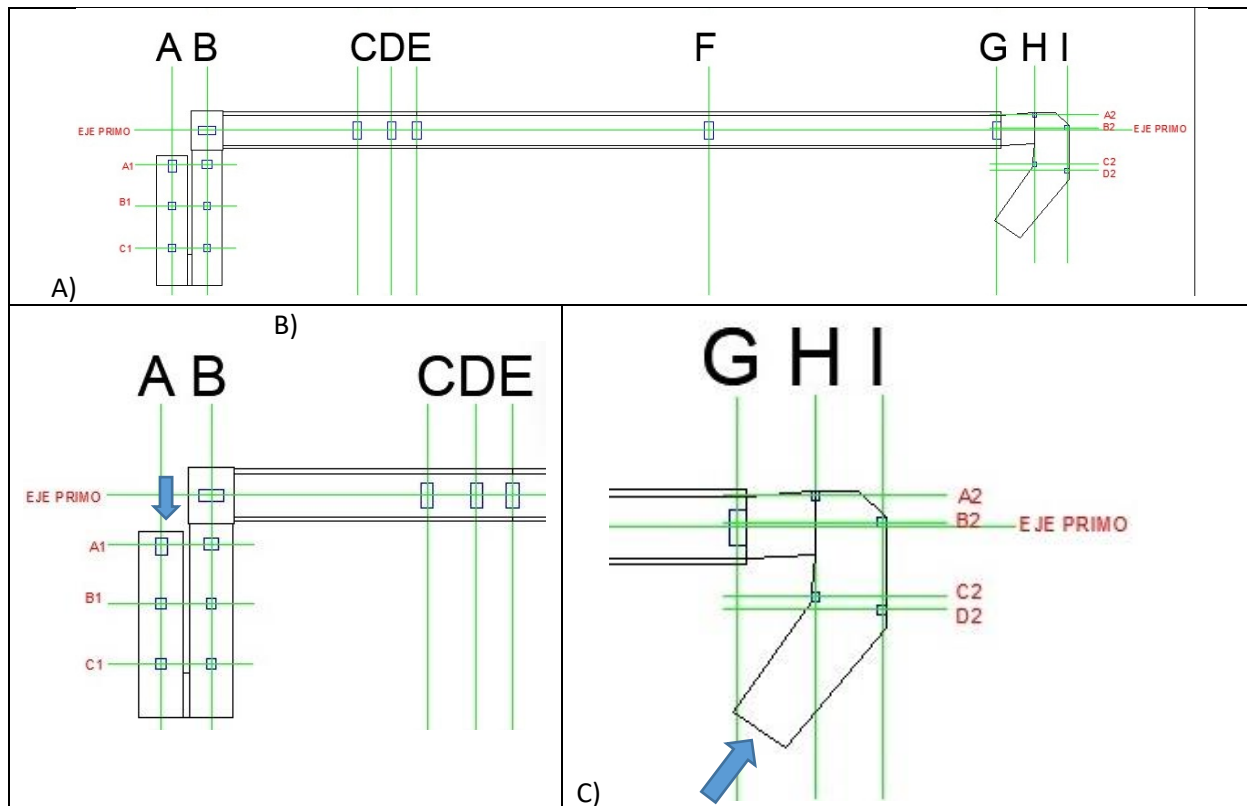


Figura 12. A) Dimensionamiento del puente, B) sección donde esta las escaleras próximas a movistar (B en la ilustración 1), C) sección donde esta las escaleras próximas a Villacentro (C en la ilustración 1)

Descripción del daño			
Localization	Tipo	Criterio	Fotografía
Base de la baranda	Erosión/oxidación	Daño causado a la exposición a lluvias y falta de mantenimiento. Remota/ocasional posibilidad de desprendimiento de baranda	 Latitud: 4.133483 Longitud: -73.636991 Elevación: 461.23±4 m Precisión: 3.7 m Tiempo: 03-30-2023 16:24
Fachada de escaleras en frente a Unicentro (imagen c en dimensionamiento del puente)	desprendimiento	Desprendimiento del a capa de fachada de la escalera (1,5 cm-2cm)	 Latitud: 4.133435 Longitud: -73.636994 Elevación: 464.22±2 m Precisión: 4.1 m Tiempo: 03-30-2023 16:20 Nota: 1,5 cm
Columna HC2 (30cm*30cm)	Erosión de recubrimiento	Erosión superficial debido a la exposición al ambiente y falta de mantenimiento	 Latitud: 4.133599 Longitud: -73.637098 Elevación: 464.72±2 m Precisión: 8.2 m Tiempo: 03-30-2023 16:12

Base de la escalera de villa centro	Presencia vegetal	No genera impacto en la estructura y es fácil de solventar	
Columna HA2 (30cm*30cm)	Desprendimiento y oxidación	Desprendimiento del recubrimiento de la columna, refuerzo con signos de oxidación debido a su exposición al ambiente	 Latitud: 4.13357 Longitud: -73.637021 Elevación: 464.2242 m Precisión: 2.7 m Tiempo: 03/30/2023 16:06 Nota: 3 cm de recubrimiento
Drenaje en losas	Drenaje deficiente en algunas secciones	Algunos drenajes están elevados a nivel de la losa	
Bordes entre el eje B y D	Posible erosión de recubrimiento o aplastamiento de concreto	Exposición de refuerzo, debido a un posible aplastamiento de concreto o erosión del refuerzo y un poco de recubrimiento	

Tabla 2, ficha de vulnerabilidad, fotografías tomadas en campo

5.3 REALIZACION DE PRUEBAS

En Villavicencio no se encontró el equipo o empresa que realizara ensayos para saber el nivel de oxido en los refuerzos expuestos. Así que se procedió a realizar ensayos en el concreto circundante a estos.

Debido a que el puente es de carácter publico se solicito permisos para realizar los ensayos, solo se nos permitió realizar ensayos no invasivos ya que las columnas de interés eran de áreas pequeñas (0.3m*0.3m), dejándonos solo con la opción de aplicar ensayos de esclerometría.

Procedimiento de la prueba de esclerometría

Se realizo la prueba de esclerometría en 6 puntos diferentes siendo dos de estos zonas que no muestran signos de alguna patología (Bordillo 1 y columna 3), y 4 ensayos en zonas en las cuales se sospecha alguna patología.

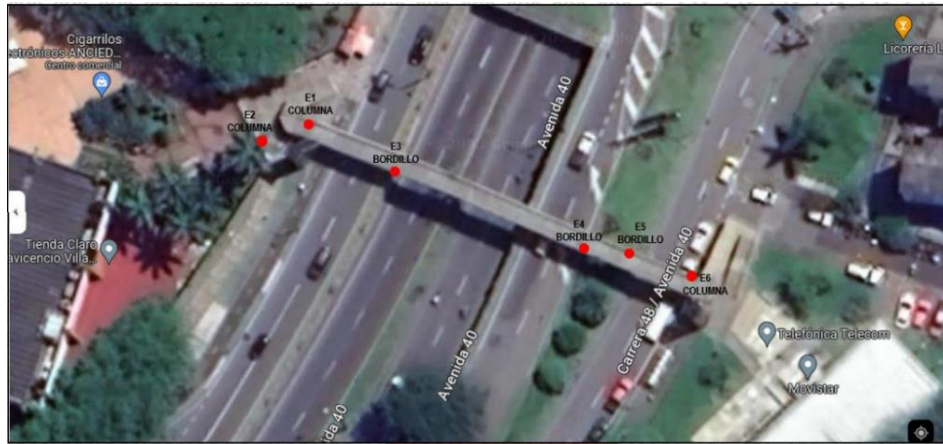


Figura 13. Puntos en los que se realizaron ensayos de esclerometría.

Las muestras de las Columna 3) y Borde 1, fueron ensayo realizados en lugares que no muestran signos de patologías los cuales se usaron como puntos de referencia para los demás.

ENSAYO No.	1	2	3	4	5	6
LOCALIZACION	COLUMNA 1	COLUMNA 2	BORDE 1	BORDE 2	BORDE 3	COLUMNA 3
ELEMENTO ESTRUCTURAL	COLUMNA	COLUMNA	BORDILLO	BORDILLO	BORDILLO	COLUMNA
POSICION	A	A	A	A	A	A
LECTURA L ₁	40.0	38.0	52.0	36.0	30.0	42.0
LECTURA L ₂	42.0	36.0	50.0	34.0	28.0	41.0
LECTURA L ₃	44.0	35.0	48.0	38.0	29.0	44.0
LECTURA L ₄	40.0	39.0	50.0	34.0	30.0	42.0
LECTURA L ₅	44.0	38.0	51.0	33.0	30.0	45.0
LECTURA L ₆	44.0	39.0	50.0	38.0	31.0	40.0
LECTURA L ₇	43.0	39.0	46.0	34.0	29.0	43.0
LECTURA L ₈	42.0	38.0	50.0	35.0	28.0	40.0
LECTURA L ₉	43.0	39.0	47.0	36.0	31.0	40.0
LECTURA L ₁₀	41.0	37.0	48.0	37.0	29.0	41.0
PROMEDIO LECTURAS	42.30	37.80	49.20	35.40	29.50	41.80
EQUIVALENCIA Mpa	44.3	36.2	57.2	32.3	22.9	43.3
EQUIVALENCIA Kg/cm ²	451.5	368.9	583.3	329.6	233.6	441.4
EQUIVALENCIA PSI	6420.33	5245.76	8294.53	4686.91	3321.79	6276.71
PORCENTAJE RESISTENCIA CON RESPECTO A f _c	160.5%	131.1%	207.4%	117.2%	83.0%	156.9%

Tabla 3. Resultados de los ensayos de esclerometría.



Figura 14. Bordinillo 1 (sin novedad).



Figura 15. Columna 3(sin novedad).

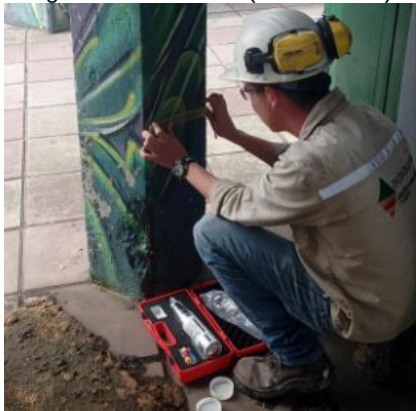


Figura 16. Columna con refuerzo expuesto, columna 1

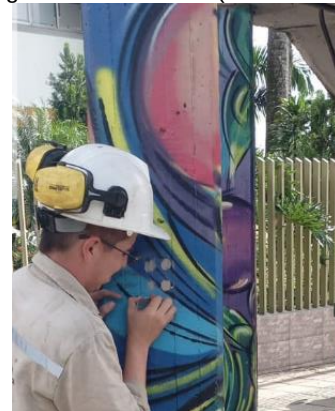


Figura 17. Columna con presencia de erosión en un vertice, columna 2



Figura 18. Bordinillo con refuerzo expuesto, Bordinillo 2



Figura 19. Bordinillo con refuerzo expuesto, Bordinillo 3

7. DIAGNOSTICO

Se observa que una falta de mantenimiento del puente ha causado que se acumulado el daño en el recubrimiento del concreto, algo observable en la fachada de la escalera, la oxidación en las barandas y en especial el recubrimiento de las columnas de las escaleras próximas al centro comercial villacentro (las que están en los ejes G, H y I) y de los bordes del puente entre el eje B y el eje E. Esto ha llegado al punto en que el refuerzo ha sido expuesto

Analizando los resultados y realizando mas inspecciones en campo se observa que la estructura respondido diferente entre los ejes B-E en comparación entre el E-G, aunque el puente tiene la sección transversal con losa sobre viga, esta es diferente en estas dos áreas.



A)



B)

Figura 20 y 21. A) sistema transversal con dos vigas entre el eje E y G, B) sistema transversal con una viga central entre el eje E y B.



Figura 22. Los bordillos ubicados entre el eje E y B se ve más afectado que el bordillo del resto del puente.

Con lo anterior en mente deduce que la estructura pudo tener procesos constructivos diferentes que causaron reacciones diferentes, se sospecha que el recubrimiento de los bordillos entre los ejes E y B fue menor o que el concreto utilizado en esta área es de menor calidad que el resto, razón por la cual termino con el refuerzo expuesto y teniendo las resistencias más bajas en las pruebas de esclerometría de 32, Mpa y 22,99 (tener en cuenta que el borde muestra sin patología dio 57,2 Mpa en la prueba).

8. PROPUESTA DE INTERVENCION

Como se mencionó antes, debido a que no se pudieron realizar todas que se deseaban debido a que se nos dio un permiso acorde a una actividad académica, se recomienda realizar ensayos que complementen la esclerometría.

Una vez realizados los estudios complementarios, se podrá saber el nivel de oxidación en los refuerzos y si se debe realizar procedimiento de restauración o remplazo. Una vez solucionado el tema de los refuerzos se debe realizar una renovación en el recubrimiento del concreto en varias zonas como los bordillos, las columnas en las escaleras de Villa centro afectadas, las bases de las barandas. Para esto último se recomienda el uso de mortero de reparación, como el Sika® Repair-220 puede ofrecer una resistencia a la compresión de 55 Mpa el cual rinde 1800

kg/m³ aproximadamente (para remplazar un recubrimiento de 5 cm las presentaciones de 30 kg podrían rendir para 0,333 m²).

En la rehabilitación de refuerzos y de las barandas se recomienda usar algún tipo de protección como el uso de aditivos inhibidores de corrosión ac- túan en el concreto o/y aplicación de protección contra la corrosión, como la aplicación de una capa de recubrimiento anticorrosivo formulado con pigmentos de Zinc y resinas lquidálicas.

Cabe recalcar que el equipo para realizar las pruebas de oxidación en los refuerzos expuestos actualmente no se encuentra disponibles al público en Villavicencio. Entonces se recomienda buscar fuera de Villavicencio el equipo requerido o realizar un análisis indirecto mediante el estudio del concreto circundante.

Una posible intervención con pruebas que están al alcance de Villavicencio con los precios del momento seria mas o menos como la siguiente:

PROPUESTA DE ESTUDIO E INTERVENCION PARA EL PUENTE PEATONAL SOBRE LA AVENIDA 40 ENTRE
SENA Y CENTRO COMERCIAL VIVA EN LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO

Estimados señores:

De conformidad con su solicitud nos permitimos presentar nuestra oferta para llevar a cabo el estudio patológico.
Una vez realizado el estudio enviaremos la cotización de la intervención de las novedades.

---VALOR DE LOS TRABAJOS---

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	VALOR UNIT	VALOR ÍTEM
1	Personal de trabajo	Mes	1.5	\$ 5.000.000	\$ 7.000.000
2	Extracción de núcleos de 3 o 4" sobre elementos estructurales	UN	15	\$140.000	\$2.100.000
3	Ensayo de esclerometría	UN	8	\$55.000	\$440.000
4	Ensayo de carbonatación	UN	15	\$21.000	\$315.000
5	Corte y ensayo a la compresion de nucleos	UN	15	\$26.000	\$390.000
6	Movilizacion y desmovilizacion de equipos, viaticos del personal dentro de la ciudad de Villavicencio	GL	1	\$50.000	\$50.000
7	Resane de núcleos	UN	15	\$25.000	\$375.000

Subtotal					\$ 10.670.000
IVA 19 %					\$ 2.027.300

TOTAL					\$ 12.697.300
					=====

SON: Doce Millones Seiscientos Noventa y Siete Mil Trescientos Pesos PESOS M/CTE.

---COMENTARIOS---

En un plazo de una semana después de realizado el estudio, se enviará una cotización con la propuesta de intervención tipo rehabilitación.

---PLAZO DE LOS TRABAJOS---

Para la realización del estudio se estima un tiempo aproximado de un mes y medio, debido al tiempo que puede requerir obtener la autorización para interferir en el puente. Y otro mes para para las actividades de rehabilitación del puente.

Propuesta de mantenimiento

Es necesario garantizar un mantenimiento periódico para el puente peatonal. Para que eso sea posible se sugiere usar como base el siguiente plan de mantenimiento con los siguientes puntos:

- La siguiente ficha se presenta para el caso en donde ya se realizó un correctivo al puente.
- La idea de plantear un mantenimiento periódico para un solo puente no es efectiva económicamente, entonces lo mejor sería plantear para todos los puentes peatonales de concreto de Villavicencio. Se podría pedir la cantidad y ubicación de estos en la alcaldía para realizar la programación del mantenimiento.
- Los mantenimientos de los puentes se podrían dividir en 3 tipos: preventivos, correctivos y predicativos.
- El mantenimiento preventivo (MP) podría realizarse de forma quincenal o mensual, y consistiría en una limpieza profunda, retiro de vegetación y verificación de drenaje y estado estructural
- El mantenimiento correctivo (MC) consistiría en arreglar cualquier novedad que se reporte, ya sea durante el mantenimiento preventivo o de otras fuentes.
- El mantenimiento predictivo (MPD) serían las actividades que suceden entre periodos muy largos de tiempo, como el mantenimiento en la pintura y protección antioxidante de los elementos metálicos, reforzamiento estructural y/o evaluación por expertos en patología. Estas se podrían programar para ser anuales.

	elementos	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
		MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
Grupo A	BARANDAS	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	ACESOS	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	drenaje	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos estructurales	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	BARANDAS	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	ACESOS	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	drenaje	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos estructurales	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
Grupo B	BARANDAS	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	ACESOS	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	drenaje	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos estructurales	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	BARANDAS	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	ACESOS	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	drenaje	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos estructurales	MP	MPD	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
Grupo A	BARANDAS	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	ACESOS	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	drenaje	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos estructurales	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	BARANDAS	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	ACESOS	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	drenaje	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos estructurales	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
Grupo B	BARANDAS	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	ACESOS	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	drenaje	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos estructurales	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	BARANDAS	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	ACESOS	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	drenaje	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	
	elementos estructurales	MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP		MP	

Tabla 4. Propuesta de calendario para los mantenimientos

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

el presente estudio ha puesto de manifiesto la falta de mantenimiento en el puente peatonal que da paso hacia el centro comercial Villacentro AV 40 NO 16B-159 Brr BALATA, la cual ha llevado a la erosión y desprendimiento del recubrimiento en varias zonas, dejando expuestos los refuerzos de acero. Los bordes del puente ubicados en la zona entre el eje B y el eje E ha sido la zona más afectada ya que según la prueba de esclerometría su resistencia va de 22,9 a 32,3 Mpa. Se recomienda realizar pruebas complementarias para compensar las limitaciones de este estudio, y así poder tomar decisiones respecto al refuerzo expuesto. Para reparar el recubrimiento estructural se recomienda el uso de hormigón de reparación y la aplicación de una capa de recubrimiento anticorrosivo para los elementos metálicos.

Como el principal causante de las patologías encontradas es la falta de mantenimiento se recomienda crear un programa de mantenimiento cuyas actividades se dividan en Preventivas, Correctivas y Predictivas.

10. REFERENCIAS

- German Chicangana, 2009, LA AMENAZA SISMICA DE VILLAVICENCIO Y EL PIEDEMONTE LLANERO DEL CENTRO DE COLOMBIA CORPORACION UNIVERSITARIA DEL META, https://www.researchgate.net/publication/330452466_LA_AMENAZA_SISMICA_DE_VILLAVICENCIO_Y_EL_PIEDEMONTE_LLANERO_DEL_CENTRO_DE_COLOMBIA_CORPORACION_UNIVERSITARIA_DEL_META
- Weather Atlas. (s/f). *Villavicencio, Colombia - Clima y Previsión meteorológica mensual*. Weather Atlas. Recuperado el 14 de julio de 2023, de <https://www.weather-atlas.com/es/colombia/villavicencio-clima>
- Volcanodiscovery, 2022, "Los mayores terremotos desde 1900: en la vecindad de Villavicencio, Departamento del Meta, Colombia - lista, mapa, estadísticas", <https://www.volcanodiscovery.com/es/region/14276/sismos/villavicencio/largest.html>
- NSR 10 Título A.
- INCONTECH SAS "ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA PARA PUENTE PEATONAL DE VILLACENTRO, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO-META" (Pruebas realizadas para este estudio)
- (HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO Sika® Repair-220, ciembre 2020) HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO Sika® Repair-220. (ciembre 2020). https://col.sika.com/content/dam/dms/co01/o/sika_repair-220.pdf