

Metodología de control de asentamientos antes, durante y después de la demolición del ala norte de la Torre de Enfermería, ubicada en el campus de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Methodology of Control of settlements before, during and after the demolition of the north wing of the Nursing Tower, located on the Campus of the Universidad Nacional de Colombia - Bogotá seat

Elkin Darío Cañón Buitrago ¹, Wilson Ernesto Vargas Vargas ² & Carlos Alfonso Gómez Guacaneme³

Para citar este artículo: Cañón-Buitrago, E.D., Vargas-Vargas, W.E., Gómez-Guacaneme, C.A. Metodología de control de asentamientos antes, durante y después de la demolición del ala norte de la Torre de Enfermería, ubicada en el campus de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Revista de Topografía Azimut, (11) Pp: 26-35

Fecha de Recepción: 01 de marzo de 2020

Fecha de Aceptación: 07 de julio de 2020

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos mediante la metodología propuesta para el control y monitoreo de posibles movimientos o asentamientos estructurales, del ala norte de la Torre de Enfermería ubicada en el campus de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, antes, durante y después de su demolición, teniendo en cuenta la alta vulnerabilidad que presenta la estructura del ala nororiental del edificio 101, identificada en el estudio de patología y vulnerabilidad realizado en el año 2015, donde se recomendó demoler esa ala, de la Facultad de Enfermería.

Esta metodología tiene como finalidad proponer pautas necesarias a la hora de realizar el control y monitoreo de posibles asentamientos en estructuras verticales, apoyados en

mediciones, equipos y métodos topográficos, que garanticen niveles de precisiones óptimas para ser empleadas como insumo en la toma de decisiones, ante eventuales movimientos que no sean propios de la misma estructura.

Palabras clave: control de asentamientos, demolición de estructuras, movimientos verticales, control topográfico.

Abstract

We present the results obtained through the proposed methodology for the control and monitoring of possible movements and / or structural settlements, of the north wing of the Nursing tower located on the campus of the Universidad Nacional de Colombia - Bogota seat, before, during and after to its demolition, taking into account the high vulnerability of the

¹Tecnólogo en Topografía e ingeniero topográfico; especialista en Diseño de Vías Urbanas, Tránsito y Transporte; Msc. en Infraestructura Vial. Docente cátedra Universidad Distrital Francisco José de Caldas; docente hora cátedra Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: elkpop2433@gmail.com

²Tecnólogo en Topografía e ingeniero topográfico; especialista en Gerencia de Recursos Naturales; Msc. en Ingeniería-Transporte. Docente planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas; docente hora cátedra Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Estudiante Doctorado Universitat Politècnica de València. Correo electrónico: wvargas@udistrital.edu.co

³Ingeniero civil; especialista en Sistemas de Información Geográfica; especialista en Diseño de Vías Urbanas, Tránsito y Transporte. Docente planta Universidad Nacional de Colombia; docente hora cátedra Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: cagomezgu@unal.edu.co

structure of the Northeast wing of building 101, identified in the pathology and vulnerability study carried out in 2015, where it was recommended to demolish the Northeast wing of building 101 of the Faculty of Nursing.

The purpose of this methodology is to propose necessary guidelines when carrying out the control and monitoring of possible settlements in vertical structures, supported

INTRODUCCIÓN

La actual normativa de Colombia no cuenta con lineamientos técnicos estándares o una metodología específica que permitan establecer una línea de trabajo oportuna y directa, para determinar posibles movimientos o asentamientos estructurales, ante un eventual movimiento no inherente a la propia estructura vertical, visto desde la topografía.

En varios trabajos de aplicación, como pasantías y monografías, se plantean metodologías para el control de movimientos de edificaciones, como en urbanizaciones (Pérez, 2017), en cimentación de edificaciones (Valencia, 2017), pero no se han establecido metodologías claras a seguir, pues cada uno ha desarrollado metodologías según su experiencia.

En la Universidad Nacional de Colombia, específicamente el ala norte de la torre de Enfermería, por los problemas de tipo estructural que se venían presentando y evidenciando, se propuso una metodología específica, con el fin de controlar y monitorear los posibles movimientos que pudiese tener la Torre de Enfermería, antes, durante y después del proceso de demolición de su ala norte, metodología que abarca desde la materialización de puntos de control, sobre elementos estructurales, hasta la determinación y cálculo de movimientos representativos, información de interés prioritario, para el grupo de especialistas

by measurements, equipment and topographic methods, which guarantee optimum levels of precision to be used as an input in decision-making, in the event of movements that are not specific to the same structure.

Keywords: control of settlements, demolition of structures, vertical movements, surveying control.

estructurales, quienes validaron y tomaron como insumo para el estudio de la estructura.

METODOLOGÍA

La metodología planteada en este estudio fue la materialización de 53 dianas, tipo tarjeta reflectiva, distribuidas en cada una de las fachadas de la torre. Se ubicaron de tal forma que se pudiera evidenciar el movimiento estructural del edificio. Todas las dianas se instalaron utilizando epóxico para adherirlas a las columnas, garantizando la duración con el paso del tiempo. En las figuras 1 a 8, se presenta el esquema de ubicación de las tarjetas reflectivas y su respectiva numeración.



Figura 1: Puntos de control fachada sur.



Figura 2: Puntos de control fachada oriental.



Figura 3: Puntos de control fachada norte.



Figura 4: Puntos de control fachada occidental.

Previo a la captura de información y seguimiento, se realizó la calibración de un modelo para determinar el comportamiento natural de la estructura antes de su intervención, realizando siete (7) medidas para determinar la dirección de vectores y la magnitud de movimientos, estableciendo una visita cero a partir de la cual se compararon treinta y nueve (39) visitas realizadas para el monitoreo, y se determinó la tolerancia máxima de los movimientos de la estructura.

La lectura de los puntos de control se dio mediante el método de radiación simple (Rincón, Botía, Vargas, 2015), para lo cual se utilizó una estación topográfica marca TOPCON referencia ES-105, con precisión angular de 5" y lectura en distancia al milímetro. Las lecturas se realizaron desde puntos estratégicos que permiten la visualización de cada una de las dianas; las estaciones base (BM) pertenecen a la red geodésica de la Universidad Nacional, sede Bogotá, las cuales poseen coordenadas planas cartesianas origen Bogotá referidas al sistema nacional (MAGNA-SIRGAS).



Figura 5: Puntos de control fachada sur.



Figura 6: Puntos de control fachada suroccidental.



Figura 7: Puntos de control fachada norte.



Figura 8: Puntos de control fachada norte.

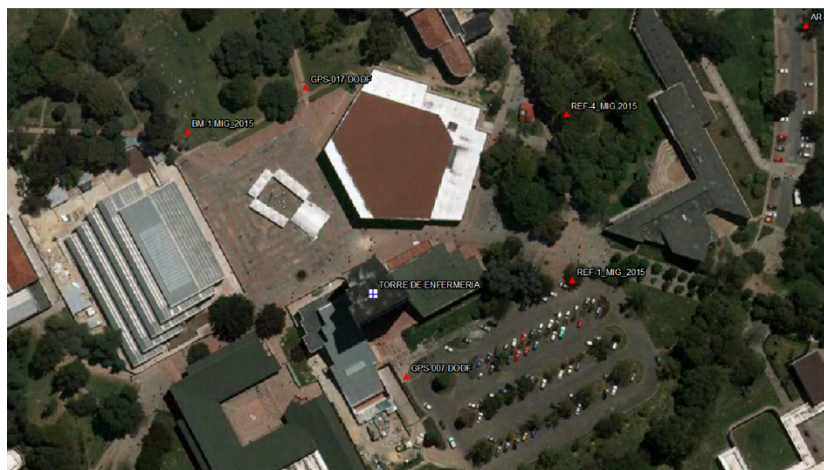


Figura 9: Localización general puntos de control.

En la figura 9, se presenta la localización general de los puntos BM empleados para las radiaciones correspondientes en cada una de las fachadas de la torre.

Para el posproceso se empleó el *software Topcon Link* versión 8, para obtener las coordenadas X, Y, Z de cada uno de los 53 puntos materializados con dianas.

Se estableció previamente la tolerancia máxima de cada lectura, para obtener la magnitud de los movimientos a que hubiera lugar, dado que este valor depende de la distancia y el ángulo de incidencia del punto de control a la niveleta, o *diana* (Farjas,

2005), la precisión del desnivel obtenido por nivelación trigonométrica en milímetros (mm) se muestra en la tabla 1.

El error máximo permitido por lectura sobre cada una de las dianas fue de 11 mm, teniendo en cuenta que la distancia máxima a cada punto no supera los 100 m y los ángulos verticales obtenidos en cada lectura estuvieron entre el rango de 95° a 105° .

Finalmente, se comparó cada coordenada obtenida (X, Y, Z) de cada lectura con la visita cero, ejercicio que arrojó la diferencia entre medidas.

Tabla 1: Precisión del desnivel obtenido por nivelación trigonométrica (mm).

V/D	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000
100°	11	14	17	20	22	24	27	29	32	34	43	51
99°/101°												
98°/102°												
97°/103°												
96°/104°												
95°/105°	12	15	17	20	22	25	27	29	32	34	43	51
94°/106°												
93°/107°												
92°/108°												
91°/109°												
90°/110°	13	15	17	20	22	25	27	29	32	34	43	51
89°/111°												
88°/112°												
87°/113°												
86°/114°												
85°/115°												

V : Ángulo Vertical(°)

D : Distancia(m)

Fuente: Farjas (2005).

Las mediciones se llevaron a cabo con una periodicidad de tres días antes de la demolición (en total 9 mediciones entre el 6 de diciembre de 2016 y el 13 de enero de 2017). Durante la etapa de demolición se realizaron mediciones diarias (20, comprendidas entre el 14 de enero y el 9 de febrero de 2017). Finalmente, en la etapa posterior a la demolición se llevaron a cabo 10 mediciones (entre el 13 de febrero y el 20 de marzo de 2017), para un total de 39 mediciones.

RESULTADOS

Una vez calculada la información, se procedió a graficar los respectivos movimientos determinados en cada medición y comparados con la visita 0. Luego, se graficaron los resultados obtenidos de la visita 39, a partir de las diferencias que se detallan en la tabla 2.

Se observa del monitoreo del control de asentamiento de la estructura, un desplazamiento en una de sus caras (fachada

sur), cuya variación promedio fue de 2 cm entre las niveletas 1-16 y 42-44.

Sin embargo, se registraron lecturas que alcanzaron variaciones de 2 cm en el eje Z, correspondientes a esta misma fachada. Por otra parte, las demás niveletas materializadas presentaron movimientos dentro de la tolerancia establecida (11 mm).

Estos movimientos se pueden asociar a los trabajos de demolición que se adelantaron en el ala norte del edificio 101, el 22 de enero de 2017; dichos movimientos fueron corroborados por un equipo acelerómetro/inclinómetro dispuesto por el grupo de especialistas, antes del inicio del proyecto.

De igual manera, se realizaron controles visita a visita por fachada, lo que permitió controlar los desplazamientos de la estructura durante todo el estudio. Para cada fachada o estructura se realizó control visita a visita, como se muestra en las figuras 12 y 13.

Tabla 2: Movimientos finales de la estructura (m).

DIFERENCIA (m)					DIFERENCIA (m)				
ID	NORTE	ESTE	ELEVACION	PUNTO	ID	NORTE	ESTE	ELEVACION	PUNTO
8	0,000	-0,011	0,021	NIV_1	36	-0,009	-0,016	-0,003	NIV_31
9	0,002	-0,013	0,022	NIV_2	37	-0,006	-0,013	-0,003	NIV_32
10	0,002	-0,012	0,022	NIV_3	38	-0,013	-0,020	-0,005	NIV_33
11	0,002	-0,014	0,024	NIV_4	39	-0,009	-0,013	-0,003	NIV_34
12	0,001	-0,008	0,018	NIV_5	40	-0,006	-0,013	-0,004	NIV_35
13	0,003	-0,005	0,019	NIV_6	41	-0,007	-0,010	-0,004	NIV_36
14	0,004	-0,007	0,020	NIV_7	42	-0,003	-0,010	-0,002	NIV_37
15	0,005	-0,003	0,023	NIV_8	43	-0,003	-0,008	-0,008	NIV_38
16	0,002	-0,004	0,019	NIV_9	44	-0,001	-0,008	-0,006	NIV_39
17	0,003	-0,003	0,020	NIV_10	45	-0,001	-0,006	-0,004	NIV_40
18	0,004	-0,002	0,020	NIV_11	46	-0,001	-0,005	-0,004	NIV_41
19	0,006	-0,002	0,025	NIV_12	47	0,003	0,004	0,018	NIV_42
20	0,002	0,000	0,019	NIV_13	48	0,002	0,002	0,019	NIV_43
21	0,002	0,001	0,018	NIV_14	49	0,002	0,002	0,019	NIV_44
22	0,004	0,001	0,020	NIV_15	50	0,003	-0,001	-0,001	NIV_45
23	0,004	0,001	0,022	NIV_16	51	0,003	-0,001	-0,001	NIV_46
24	-0,005	-0,010	0,003	NIV_18	52	0,002	-0,002	-0,001	NIV_47
25	-0,006	-0,006	0,004	NIV_19	53	0,002	-0,003	-0,001	NIV_48
26	-0,009	-0,008	0,003	NIV_20	54	0,002	-0,002	-0,001	NIV_49
28	0,000	-0,016	0,000	NIV_23	55	-0,011	-0,007	0,001	NIV_50
29	0,000	-0,009	-0,002	NIV_24	56	-0,006	-0,012	-0,005	NIV_51
30	-0,003	-0,016	-0,005	NIV_25	57	-0,004	-0,010	-0,003	NIV_52
31	-0,005	-0,014	-0,008	NIV_26	58	-0,008	-0,014	-0,005	NIV_53
32	-0,007	-0,018	0,000	NIV_27	59	-0,006	-0,008	-0,007	NIV_54
33	-0,004	-0,016	-0,005	NIV_28	60	-0,005	-0,014	-0,003	NIV_55
34	-0,003	-0,013	-0,005	NIV_29	61	-0,006	-0,014	-0,003	NIV_56
35	-0,005	-0,015	-0,006	NIV_30					

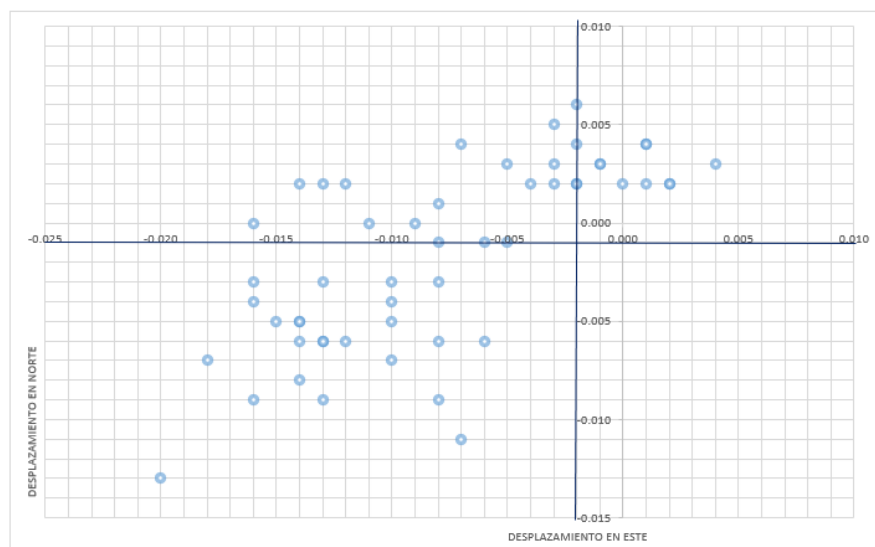


Figura 10: Desplazamientos en norte y este.

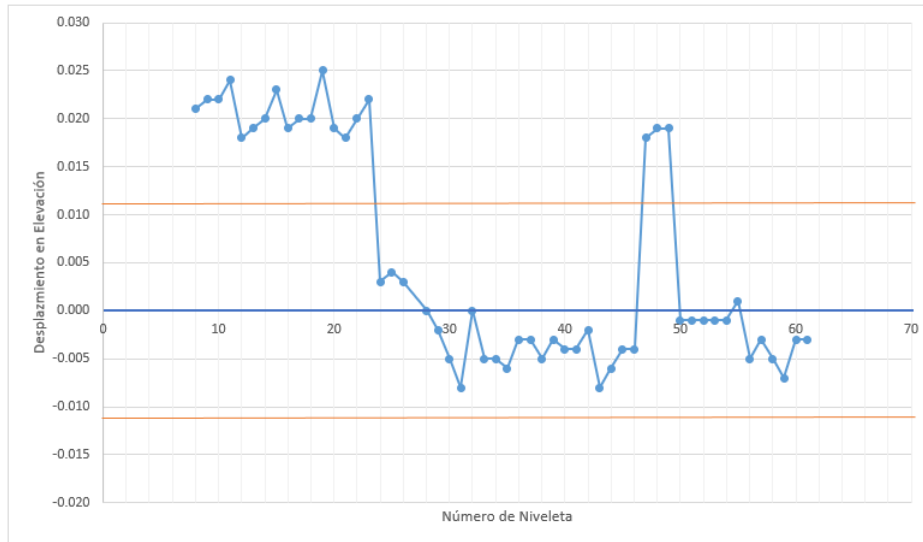


Figura 11: Desplazamientos en elevación.

CONCLUSIONES

Se realizó satisfactoriamente el seguimiento a la Torre de Enfermería del campus de la Universidad Nacional de Colombia durante las etapas previa, de ejecución y posterior a la demolición de su ala norte, lo cual facilitó el control y monitoreo de los posibles movimientos existentes a lo largo del proyecto.

Durante la etapa previa a la demolición, se estableció un modelo adecuado y propio a las condiciones existentes de la Torre de Enfermería, determinando la visita 6 como la visita cero (0) del proyecto, a partir de la cual se midieron los sentidos y magnitudes de los movimientos causados por la demolición del ala norte.

Durante la etapa de demolición, se registraron movimientos variables; sin embargo, se mantenían dentro de la tolerancia establecida previa a la ejecución del proyecto (11 mm). A partir de la visita 13, hubo un cambio superior a los 20 mm en el componente Z de las niveletas 1 a 16 y 42 a 44, correspondientes a la fachada sur, producto a la pérdida de carga resultante de

la demolición, lo que hizo que esta fachada se levantara en cota aproximadamente 2 cm.

Posterior a la etapa de demolición, se continuó el respectivo control y monitoreo de los movimientos, lo que resultó en movimientos propios de la estructura, los cuales se encontraban dentro de la tolerancia, y se evidenció que la estructura no presentó mayores movimientos a los registrados en la visita 13; es decir, dichas lecturas fueron constantes una vez culminó la demolición.

RECOMENDACIONES

Finalizado el estudio, es necesario realizar mediciones que evidencien el comportamiento de la estructura en un periodo trimestral o semestral, y así descartar posibles daños o afectaciones futuras que pueda tener dicha estructura.

También, es pertinente calibrar un modelo específico para cada tipo de estructura en particular, para posteriormente establecer la tolerancia máxima de cada lectura, y no incurrir en errores de apreciación o cálculo que conlleven a toma de decisiones erróneas.

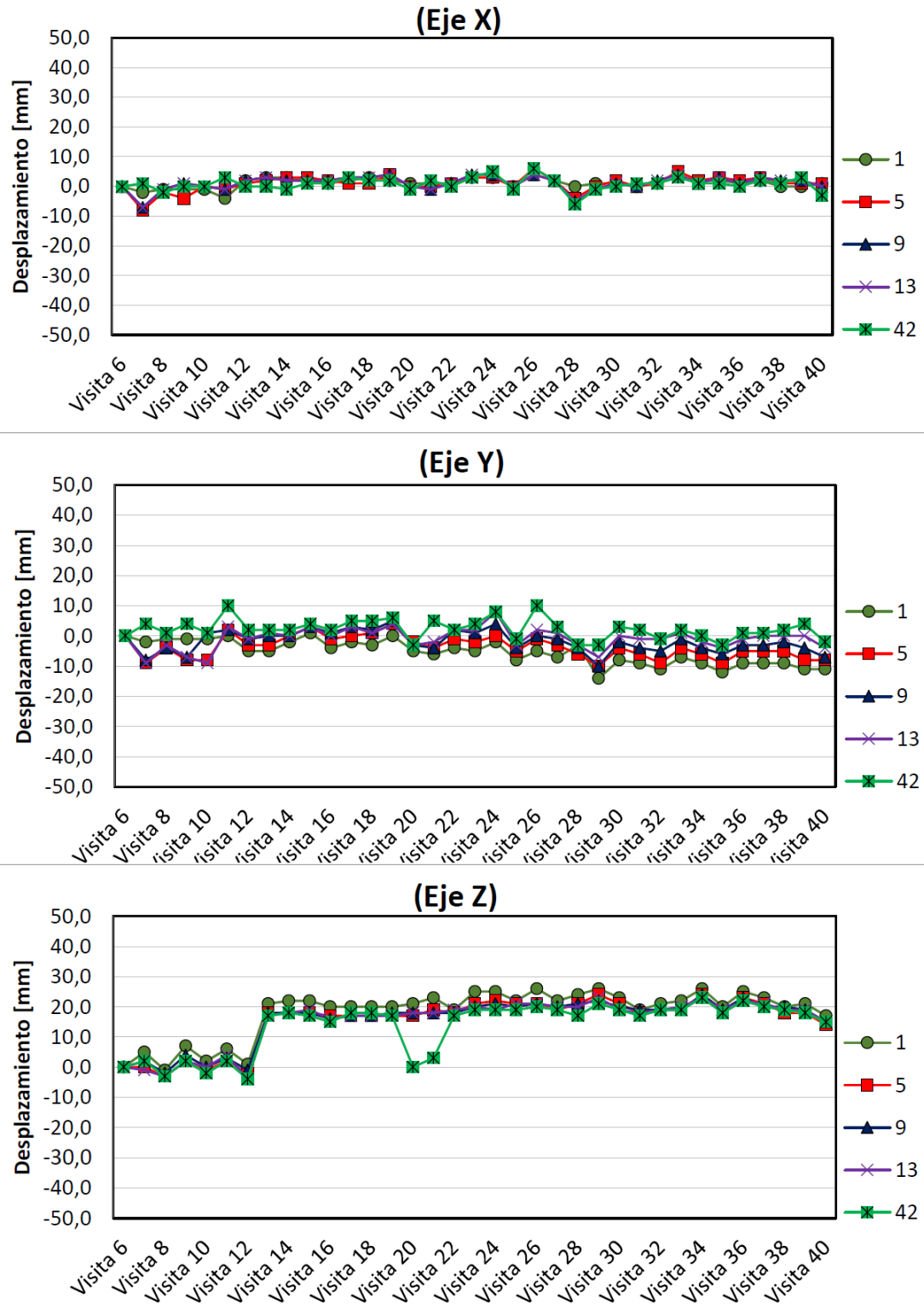


Figura 12: Movimientos registrados a lo largo del proyecto.

Fuente: análisis de aceleraciones durante los días de demolición. V2 – DODF UNAL.

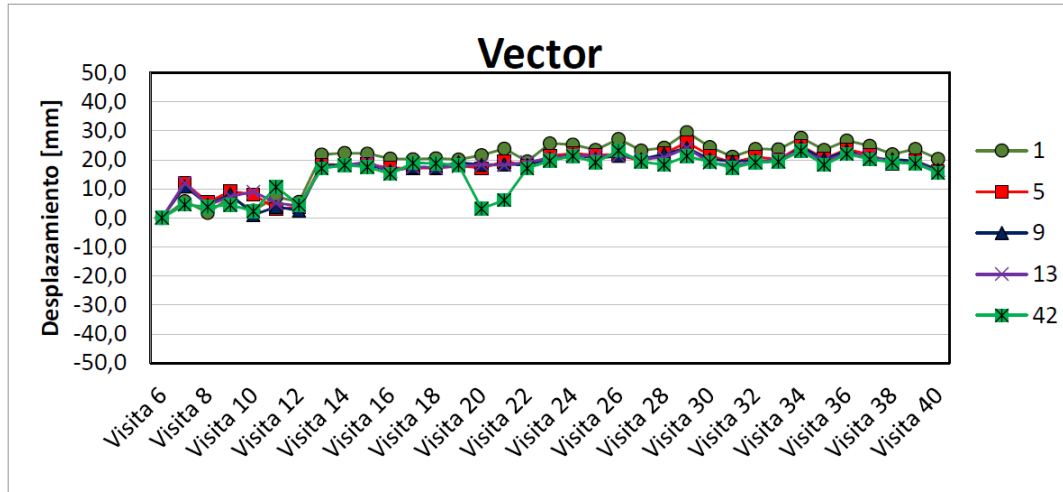


Figura 13: Vector desplazamiento total.

Fuente: análisis de aceleraciones durante los días de demolición. V2 – DODF UNAL.

Es pertinente establecer puntos de control topográfico para cada estructura en particular, así se garantiza que se encuentren lo suficientemente alejados de la obra a intervenir, pero que no excedan las distancias máximas tolerables, ni los ángulos de incidencia vertical, ya que esto puede generar errores en el modelo establecido previamente.

Constantemente se deben adelantar chequeos a los puntos de control, para garantizar que los movimientos obtenidos en cada lectura correspondan directamente a la estructura y no a los puntos de apoyo.

REFERENCIAS

Farjas Abadía, M. (2005). *Topografía II*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Pérez Quevedo, O. (2017). *Apoyo en las labores topográficas aplicadas al control de movimientos de edificaciones en la empresa Ruiz Bernal Topografía S.A.S.* [Tesis de grado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

Puerto, J. (2017). *Análisis de aceleraciones durante los días de demolición. V2 – DODF UNAL.* Bogotá D.C.

Rincón Villalba, M.A., Botia Flechas, C.J., Vargas Vargas, W.E. (2015). *Altimetría*. Bogotá D.C.: Editorial Fondo de Publicaciones UD.

Valencia Oviedo, J.E. (2017). *Control topográfico en cimentación de edificaciones.* [Informe de pasantía]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.