

Evaluación estructural de un letrero publicitario

Evaluation of a structural steel advertising sign

Cerón-Carballo, J.E.^{1*} , Caballero-Garatachea, O.² , Navarro-Gómez, H.I.¹  (*jesus_ceronc@uaeh.edu.mx)

Recibido: 09-06-2024 Aceptado: 27-09-2024

RESUMEN

La evaluación del comportamiento en sitio de una construcción destinada a un letrero publicitario para conocer su edad remanente, se basa en realizar un ensayo para determinar la resistencia ante eventos ambientales, tales como tempestades y movimientos dinámicos como sismos, impacto producto de lluvia con viento y de los efectos del clima, esto se logra realizando un estudio de la ubicación física de los nodos de la estructura. En este documento se presenta la evaluación del comportamiento mecánico de la armadura soporte cuando se combina con esfuerzos externos, encontrando resultados

que demuestran variación del desplazamiento nodal en cuatro puntos de control, además, los desplazamientos lineales tridimensionales nodales cumplen con los criterios establecidos, encontrando desplazamientos menores a los máximos normativos con magnitud máxima de daño del 99.90 %, por consiguiente, cumplen con los criterios al límite de servicio.

Palabras clave: Letrero publicitario, Desplazamiento, Evaluación estructural.

ABSTRACT

The evaluation of the on-site behavior of a construction intended for an advertising sign to know its remaining age is based on carrying out a test to determine the resistance to environmental events, such as storms and dynamic movements such as earthquakes, impact caused by rain with wind and from the effects of climate, this is achieved by conducting a study of the physical location of the nodes of the structure. This document presents the evaluation of the mechanical behavior of the support reinforcement when combined with external forces, fin-

ding results that demonstrate variation of the nodal displacement in four control points, in addition, the nodal three-dimensional linear displacements meet the established criteria, finding displacements lower than the regulatory maximums with a maximum damage magnitude of 99.90 %, therefore, they meet the service limit criteria.

Keywords: Advertising sign, Displacement, Structural evaluation.

¹Ingeniería Civil Forense, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

²Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.



INTRODUCCIÓN

La construcción del letrero está formada por una cimentación de concreto armado, columnas laterales de perfiles estructurales esbeltos de características comerciales formadas en armaduras de acero estructural, cubierta de material ligero basado en polímeros resistentes a la intemperie, como se observa en la Figura 1. La estructura está ubicada en el municipio de Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo.



Figura 1: *Imagen del Letrero publicitario. Fuente: Elaboración propia.*

La valoración de los mecanismos resistentes se analiza en forma numérica y se realiza un levantamiento sistémico de tipo estructural, en donde se plasma las características físicas encontradas en sitio para conocer geometrías y dimensiones de los elementos que componen la estructura de soporte [1].

El tipo de evaluación es normativa, porque consiste prácticamente en determinar desplazamiento de los nodos y comparar las magnitudes, considerando tres aspectos importantes, el primero fue determinando los desplazamientos de los nodos por medio de un software, el segundo es realizando una revisión del proyecto ejecutivo y el tercero fue realizando un levantamiento físico en campo, en todo momento se tomaron los puntos más alejados del piso y se les designo como puntos de control, tomando como metodología la empleada en la evaluación de [2].

Los elementos barra que forman la estructura de soporte se encuentran soldados, por consiguiente, el objetivo de este estudio fue verificar el estado de unión de las armaduras y verificar que cuenten con un sistema estructural que permite el flujo de las fuerzas que generan las distintas acciones de diseño, además, se asume que dichas fuerzas son transmitidas de manera continua por medio de columnas hasta la cimentación [3].

La estructura principal del letrero tiene una edad mayor a 10 años, por consiguiente, la presente investigación servirá para prevenir una problemática social como anticipación de deslizamiento o deformación excesiva por afectación por ráfagas de viento o impactos de lluvia o granizo. El letrero está ubicado en una de las avenidas con un afluente peatonal y vehicular propios de la zona de estudio, en consecuencia,

la principal justificación del presente estudio es la mitigación de riesgo, en consecuencia, se dará certeza y constancia de buen funcionamiento estructural y poder renovar el permiso de anuncios permanentes ante la autoridad correspondiente [2].

A lo largo de la historia de la publicidad existe una gran variedad de anuncios publicitarios como los asentados en letreros unipolares de gran altura, los anexos a construcciones, en marquesinas o banners y los colocados encima de azoteas, en ellos se colocan varias secciones comerciales y están colocadas en carteles, vallas, lonas, cristales y los más actuales en pantallas eléctricas. Todos ellos se colocan en una estructura de soporte convencional fijada y conectada con elementos estructurales comunes como las barras de acero estructural [4].

MÉTODOS Y MATERIALES

Se realiza la identificación de nodos con la finalidad de evaluarlos por medio de la determinación de sus desplazamientos bajo el principio del control de los grados de libertad que dará certeza de la seguridad estructural de la estructura de soporte. En este estudio se considera como constante de funcionalidad las relaciones de habitabilidad y colaboración entre el tipo de diseño, estructura, materiales de construcción y sus elementos de conexión; prácticamente estos, se encuentran integrados en un todo euclidiano como resultando de un proyecto ejecutivo utilizando las normas y reglamentos de la época previa a su fabricación, razón principal para evaluar el comportamiento en la actualidad sin perder de vista la edad funcional, es decir, se analiza la estructura análogamente a una edificación nueva, por consiguiente, son considerados los desplazamientos de dos tipos [5]:

1. Lineales: incluyen los movimientos de los nodos en el sentido longitudinal (x), en el sentido transversal (y), en altura (z), por consiguiente, se designan en tres ejes cartesianos y se representan como desplazamientos en los ejes globales (x, y, z).
2. Angulares: incluyen los movimientos de los nodos en el sentido longitudinal (μ) y transversal (ϕ), en altura (β). Se designan en tres ejes cartesianos y se representan como desplazamientos rotatorios en los ejes globales (μ, ϕ, β).

La estructuración vertical y horizontal que presenta la construcción del letrero tiene gran importancia para la estabilidad y resistencia, esto aunado con la calidad de los materiales utilizados en la construcción de la cimentación y estructura, dicho lo anterior, al momento de la fabricación de la estructura los desplazamientos serán (x_0, y_0, z_0) y (μ_0, ϕ_0, β_0) , los desplazamientos angulares son presentes únicamente cuando la estructura está sometida a las fuerzas del ambiente (μ_1, ϕ_1, β_1) , en consecuencia, se denota que la estructura está dinámicamente activa; por otro lado, los desplazamientos lineales permanentes de respuesta son aquellos en donde la estructura pasa a estar estática, por lo tanto, su resiliencia se ve comprometida y sus desplazamientos lineales son diferentes a los iniciales (x_1, y_1, z_1) , estos últimos serán analizados en el presente estudio [6].

El sistema estructural que presenta la construcción tiene indicios que puede soportar las cargas vivas, permanentes, accidentales y variables, en este documento se demuestra por medio la comparación reglamentaria (x_r, y_r, z_r) , y un levantamiento estructural nodal, por consiguiente las traslaciones de los nodos de control; determinadas con el análisis estructural son comparadas con la posición de dichos nodos planeados en el proyecto ejecutivo, (x_0, y_0, z_0) y a su vez con la ubicación de los nodos del levantamiento estructural (x_1, y_1, z_1) , [7][8].

Sistema de soporte

La estructura cuenta con retículas formadas por perfiles estructurales ligeros, formando marcos simétricos, así mismo, todos los elementos horizontales y verticales se observó que; fueron fabricaron considerando una sección transversal cuadrada con medidas de 2.54 centímetros en cada lado como se observa en la Figura 2, por lo tanto, se verifica, por medio de un análisis en sitio, los desplazamientos nodales laterales y torsionales provocados por la acción de las solicitaciones impuestas, los puntos de control están localizados en la frontera superior del letrero[9].

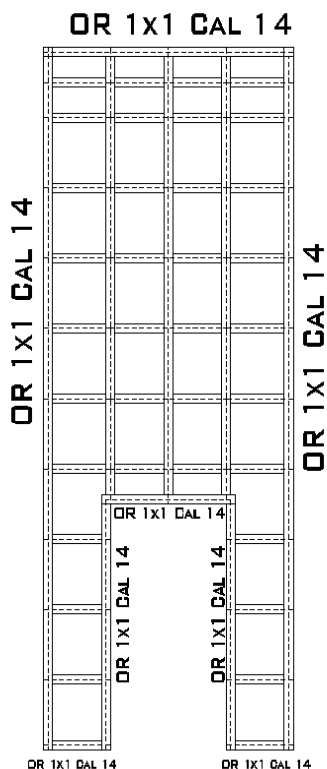


Figura 2: Imagen de los materiales utilizados en el letrero publicitario y los puntos de control. Fuente: Elaboración propia.

La estructura del anuncio lo conforma un marco de perfiles estructurales comerciales cuadrados huecos formado en un bastidor perimetral e interior con separaciones de entre-eje de 85 centímetros, el marco tiene una altura de 5.53 metros y tiene un ancho de 58.0 centímetros unidos en doble parrilla, su longitud es de 3.11 metros, estructura análoga como la construida por [10].

Los perfiles utilizados forman treinta y ocho separaciones, los perfiles utilizados para formar el bastidor son perfiles ligeros cuadrados huecos con ancladores soldados, separado del piso a una distancia de 2.98 metros. La base de sustento es de forma trapezoidal como se observa en la Figura 3. Los cuatro puntos de control están denotados con la letra “A”, “B”, “C” y “D”, la intención de ubicar estos nodos es valorar los desplazamientos físicos y compararlos con los desplazamientos determinados de un análisis estructural convencional con las características de solicitaciones del sitio[11].

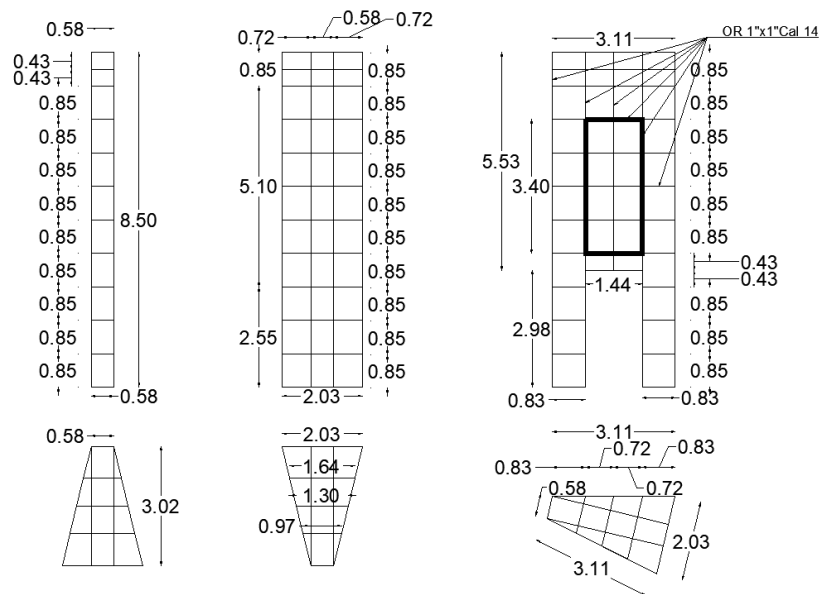


Figura 3: Imagen de la geometría del letrero publicitario. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

La posición de los puntos de control se observó son representativos en las fronteras del sistema estructural en el nivel más alejado de la cimentación, como se observa en la Figura 4.

Las coordenadas físicas de los puntos de control de acuerdo al proyecto ejecutivo son las que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Coordenadas geométricas de la ubicación en metros de los puntos de control del proyecto ejecutivo

Punto de control	Eje "x ₀ "	Eje "y ₀ "	Eje "z ₀ "
A	0.720	3.020	8.500
B	1.300	3.020	8.500
C	0.000	0.000	8.500
D	2.030	0.000	8.500

Las coordenadas físicas de los puntos de control de acuerdo al levantamiento estructural en sitio son las que se muestran en la Tabla 2.

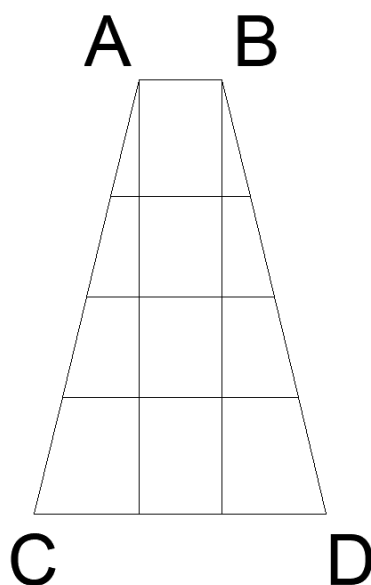


Figura 4: Imagen de la posición de los puntos de control. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Coordenadas geométricas de la ubicación en metros de los puntos de control del levantamiento estructural en sitio

Punto de control	Eje “ x_1 ”	Eje “ y_1 ”	Eje “ z_1 ”
A	0.715	3.012	8.497
B	1.304	3.001	8.501
C	0.008	0.009	8.494
D	2.039	0.007	8.491

Los límites de las coordenadas físicas de los puntos de control de acuerdo al análisis estructural considerando los reglamentos y normas vigentes son las que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Limitantes reglamentarias de las coordenadas geométricas de la ubicación en centímetros de los puntos de control del análisis estructural

Punto de control	Eje “ x_r ”	Eje “ y_r ”	Eje “ z_r ”
A	0.146	0.072	0.010
B	0.146	0.072	0.010
C	0.146	0.067	0.010
D	0.146	0.067	0.010

ANÁLISIS

Se observó que los puntos de control tienen una respuesta permanente en cuanto a sus desplazamientos, en la coordenada geométrica del levantamiento estructural nodal del eje cartesiano (x_l , y_l , z_l), mostro variación limitada y se encuentra dentro de los límites de acuerdo al análisis estructural (x_r , y_r , z_r) [12], como se observa en las Figuras 5, 6 y 7.

La Figura 5 muestra los puntos de control “A”, “B”, “C” y “D”, se observa una gráfica tipo telaraña con los límites de magnitud mínima en una línea color azul, los límites de magnitud máxima en una línea en color verde y la línea en color rojo muestra el comportamiento de la respuesta permanente de los puntos de control en el eje cartesiano “x” ubicados en los nodos de la estructura del letrero publicitario.

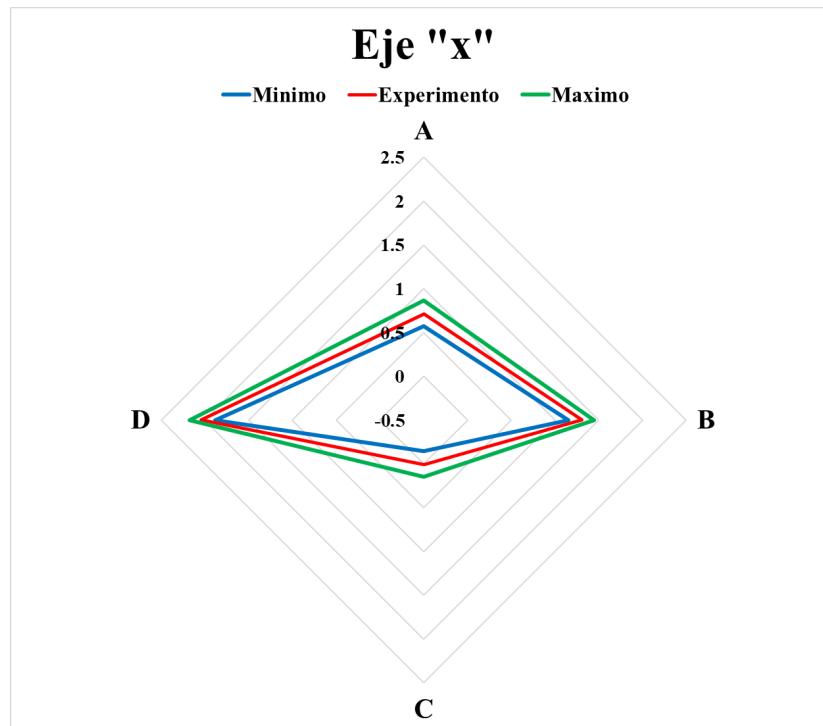


Figura 5: Imagen de la respuesta permanente de los puntos de control eje “x” en metros, dentro de los límites proyectados. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6 muestra los puntos de control “A”, “B”, “C” y “D”, se observa una gráfica tipo telaraña con los límites de magnitud mínima en una línea color azul, los límites de magnitud máxima en una línea en color verde y la línea en color rojo muestra el comportamiento de la respuesta permanente de los puntos de control en el eje cartesiano “y” ubicados en los nodos de la estructura del letrero publicitario [13].

La Figura 7 muestra los puntos de control “A”, “B”, “C” y “D”, se observa una gráfica tipo telaraña con los límites de magnitud mínima en una línea color azul, los límites de magnitud máxima en una línea en color verde y la línea en color rojo muestra el comportamiento de la respuesta permanente de los puntos de control en el eje cartesiano “z” ubicados en los nodos de la estructura del letrero publicitario [14].

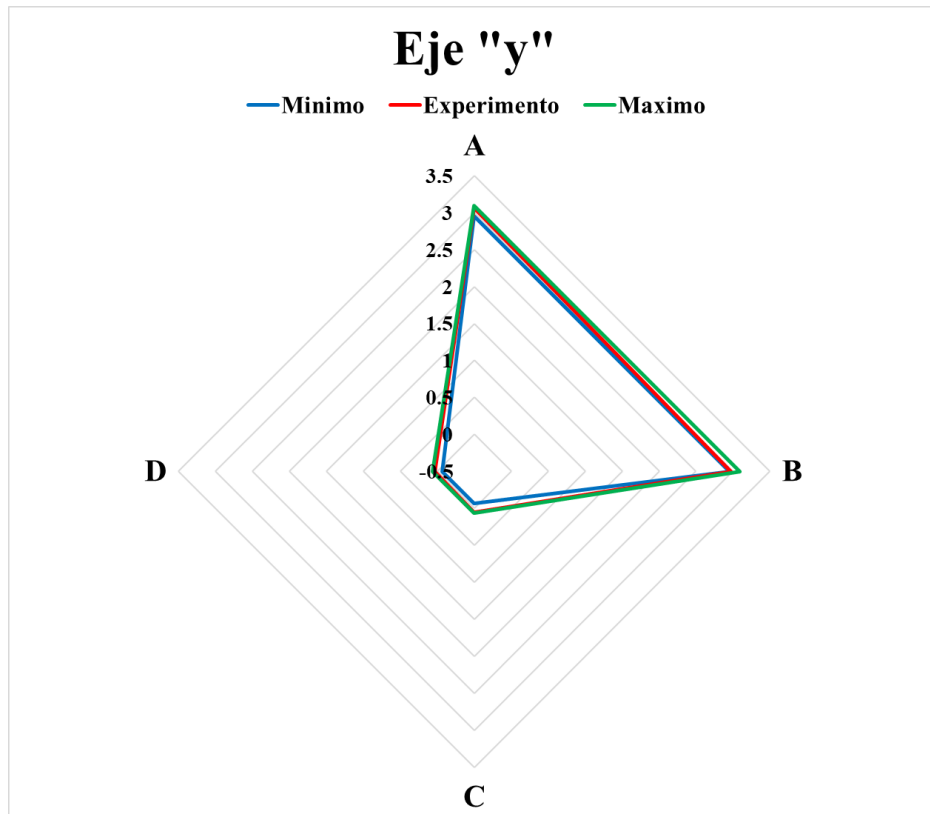


Figura 6: *Imagen de la respuesta permanente de los puntos de control eje “y” en metros, dentro de los limites proyectados. Fuente: Elaboración propia.*

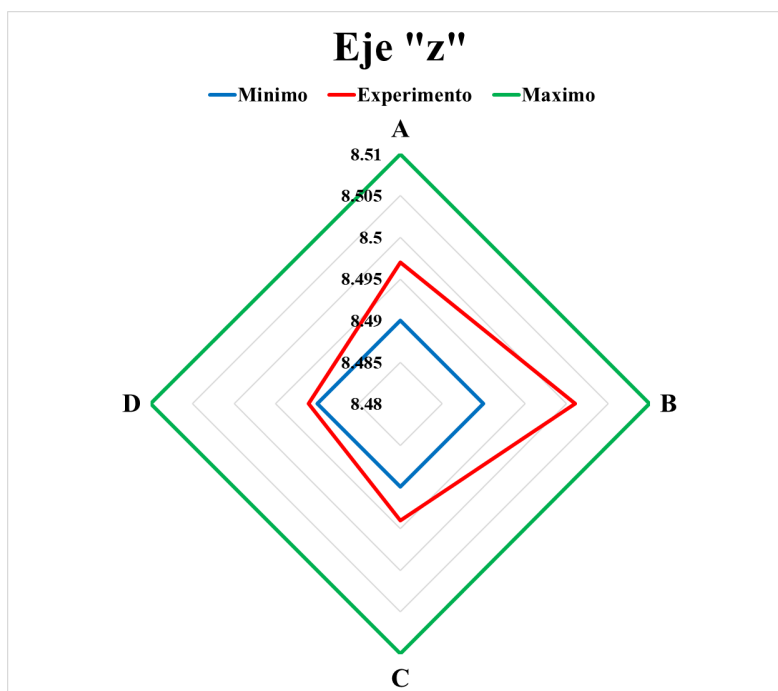


Figura 7: Imagen de la respuesta permanente de los puntos de control eje "z" en metros, dentro de los limites proyectados. Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

El análisis de la posición de los puntos de control (x_l , y_l , z_l) demuestra daño inminente y permanente, sin embargo, los resultados mostrados infieren en que los desplazamientos de los nodos permanecen dentro de los limites reglamentarios (x_r , y_r , z_r).

La Figura 8 muestra los puntos de control "A", "B", "C" y "D", se observa una gráfica tipo lineal que muestra el comportamiento de la respuesta permanente en la dirección del eje cartesiano "x", es importante destacar la superficie bajo la curva indica la vida útil y la superficie por encima de la línea indica la vida remanente de cada uno de los puntos de control [15].

La Figura 9 muestra los puntos de control "A", "B", "C" y "D", se observa una gráfica tipo lineal que muestra el comportamiento de la respuesta permanente en la dirección del eje cartesiano "y", es importante destacar la superficie bajo la curva indica la vida útil y la superficie por encima de la línea indica la vida remanente de cada uno de los puntos de control [16].

La Figura 10 muestra los puntos de control "A", "B", "C" y "D", se observa una gráfica tipo lineal que muestra el comportamiento de la respuesta permanente en la dirección del eje cartesiano "z", es importante destacar la superficie bajo la curva indica la vida útil y la superficie por encima de la línea indica la vida remanente de cada uno de los puntos de control.

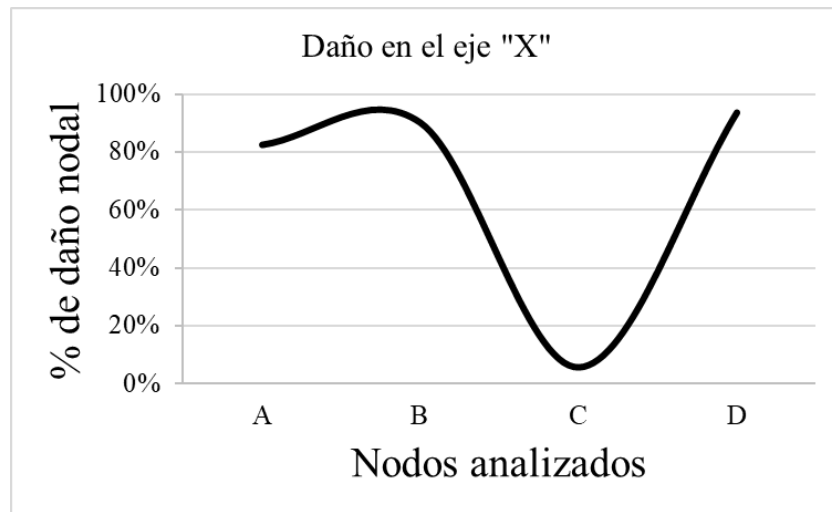


Figura 8: Imagen del daño en la dirección del eje “x”. Fuente: Elaboración propia.

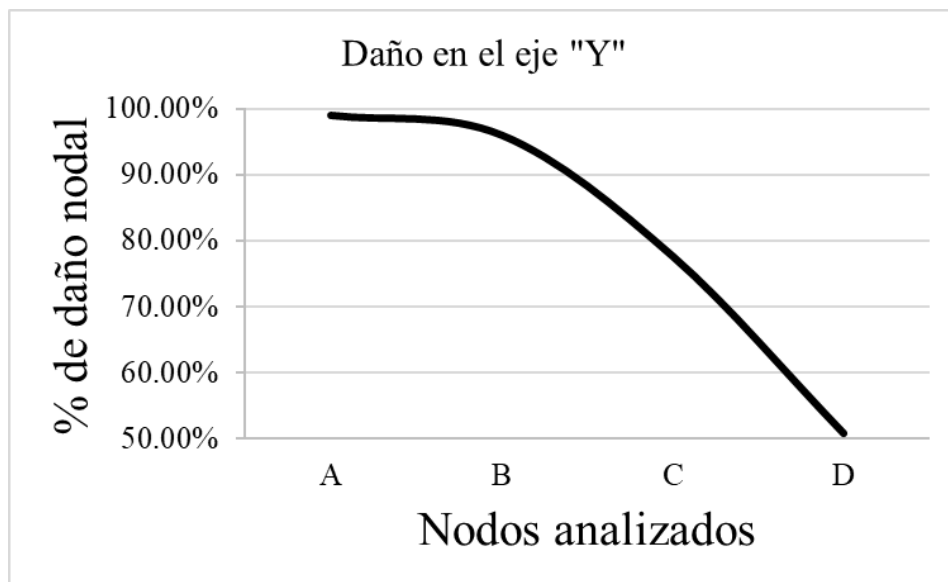


Figura 9: Imagen del daño en la dirección del eje “y”. Fuente: Elaboración propia.

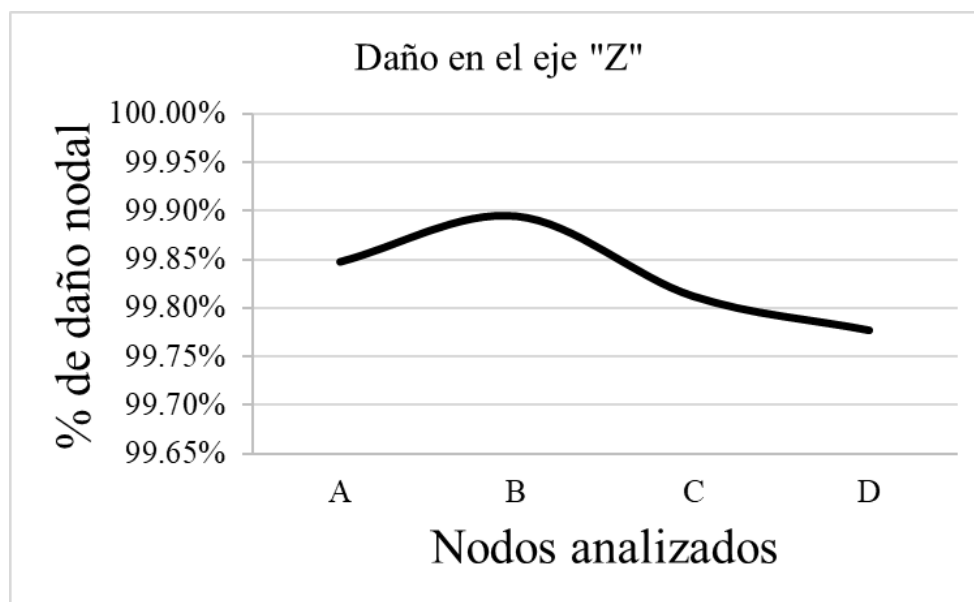


Figura 10: Imagen del daño en la dirección del eje “z”. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Las coordenadas geométricas de la ubicación en metros de los puntos de control del levantamiento estructural en sitio muestran el comportamiento en tiempo real del sistema estructural y posibilita la toma de decisiones para cambiar la respuesta dinámica en forma local o general, en este trabajo de investigación se realizó la comparación de las coordenadas de los puntos de control “A”, “B”, “C” y “D” en tres niveles temporales, en proyecto (x_0, y_0, z_0), en análisis estructural (x_r, y_r, z_r) y físico (x_l, y_l, z_l).

La obtención de resultados implementando la metodología concluye con las ventajas siguientes:

1. El modelo considera la historia de los desplazamientos en un punto cero de acuerdo al proyecto ejecutivo, generando el punto de partida del análisis e implementación de los valores de referencia con magnitud inicial.
2. La simulación del análisis estructural muestra resultados muy aproximados a los presentados en la literatura, además, estos, son significativos al momento de evaluarlos, debido a que la magnitud del riesgo se compara con las normas vigentes.
3. Basándose en la metodología y los resultados obtenidos, es menester realizar como trabajo futuro un seguimiento detallado de inspección en el nodo “B”, con respecto a que presenta desplazamientos cuya magnitud se encuentra en la zona de riesgo de servicio con una afectación del 99.90 %, anticipándose por medio de procedimientos constructivos para cambiar la respuesta dinámica y disminuir los desplazamientos.
4. La simulación muestra magnitudes del análisis estructural por debajo del riesgo de servicio, sin embargo, no es así en comparación con las magnitudes del evento experimental en el punto de control “B” en el eje “z”.
5. La presente investigación concluye que los elementos estructurales del letrero publicitario se encuentran con estabilidad estructural y por el momento es segura, debido a que la respuesta de los despla-

zamientos se encuentra en la zona de riesgo dentro de los límites reglamentarios.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORES Y COLABORADORES

Cerón Carballo J.E: Conceptualización, Metodología, Software. **Caballero-Garatachea O:** Redacción - Preparación del borrador original. **Navarro-Gómez H.I:** Investigación, Validación y Edición.

REFERENCIAS

- [1] R. Cortés. Estudio del desarrollo local aplicando los criterios de la agenda 2030. *Padi*, vol. 11, núm. 22, pp. 144–153, 2024. DOI: 10.29057/icbi.v11i22.11058.
- [2] H. Cid. Nivel de evaluación del Mecanismo de falla en una construcción de 20 años de edad. *Padi*, vol. 11, núm. 22, pp. 129–137, 2024. DOI: 10.29057/icbi.v11i22.11067.
- [3] J. Cerón. Cálculo de la resistencia del suelo al interpolarlo con el MEF. *Padi*, vol. 8, núm. 15, pp. 7–13, 2020. DOI: 10.29057/icbi.v8i15.4974.
- [4] J. Cruz. Análisis paramétrico de anuncios espectaculares sujetos a la. *Ingeniería*, pp. 69–77, 2018. [En línea]. Disponible en: https://ingenieria.unach.mx/images/Articulos_revista/revistapakbal_43_pag69-77.pdf.
- [5] A. Ghasemi. Wellington building inventory: rapid earthquake response framework. *NZSEE, New Zeal. Soc.*, p. 8, 2021. DOI: <https://hdl.handle.net/10092/101528>.
- [6] H. M. Israel. Análisis de esfuerzos en un anuncio espectacular mediante el método de elemento finito para la prevención de accidentes viales. *Jovenes en la Cienc.*, núm. 1, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2223>.
- [7] U. Estadual. El análisis multimodal del anuncio publicitario audiovisual para el aula de Lengua Castellana y Literatura en Educación Secundaria y Bachillerato. 2020. DOI: 10.25053/redufor.v5i15set/dez.2839.
- [8] J. Carrión. Evaluación y detección de daño en estructuras utilizando un método inverso por sub- dominios. *Publicación Técnica No. 166 Sanfandila, Qro*, núm. 166, p. 52, 2001. DOI: <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt166.pdf>.
- [9] F. Gutierrez. Leyes de atenuación de desplazamientos para sismos asociados al proceso de subducción. *Univ. Michoacana San Nicolás Hidalgo*, p. 124, 2013. DOI: <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx>.
- [10] J. E. C. Carballo. Study of Behaviour Dynamic of the Pedestrian Loading on a Footbridge. *IJERT*, vol. 7, núm. 08, pp. 206–213, 2018.
- [11] J. Cerón. Cálculo de la resistencia del suelo al interpolarlo con el MEF. *Padi*, vol. 8, núm. 15, pp. 7–13, 2020. DOI: 10.29057/icbi.v8i15.4974.

-
- [12] A. Colombiana. Evaluación del nivel de daño en viviendas afectadas por sismos. 2013.
- [13] CDMX. Manual del reglamento de la ley de publicidad exterior de la CDMX. *CEDUVI*, p. 247, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.seduvi.cdmx.gob.mx>.
- [14] J. Cerón. Structural Damping in a Pedestrian Footbridge Under Controlled Traffic Density. vol. 13, núm. 07, 2024. DOI: 10.13140/RG.2.2.30302.45126.
- [15] J. Cerón. Nivel de evaluación del Mecanismo de falla en una construcción de 20 años de edad. *Pädi Boletín Científico Ciencias Básicas e Ing. del ICBI*, vol. 11, núm. 22, pp. 129–137, 2024. DOI: 10.29057/icbi.v11i22.11067.
- [16] E. P. Isidro, J. Emmanuel, and C. Carballo. Hysteretic Behaviour Simulation of Low-Yield Steels Under Mechanical Cyclic Loads. *IJERT*, vol. 7, núm. 06, pp. 258–265, 2018.