

Evaluation of the efficiency of static linear analysis against height and structural irregularity using commercial ETABS software

Marco Tulio Herrera Mena, Ingeniero Civil¹; Víctor Manuel Boderó Palacios, Bachiller en Ingeniería Civil²;
Diana Victoria Moreno Córdova, Bachiller en Ingeniería Civil³
¹Grupo Qipakana, Perú, marco.herreramena@gmail.com
²AUSENCO, Perú, victor.bodero.p@gmail.com
³Grupo Qipakana, Perú, dianamorenoc.dm@gmail.com

Abstract– Time invested in researching and collecting documents is important in academic and industry world. Although non-linear methodologies are more accurate, it is known that very high computational support and longer study time are required. For this reason, in professional practice, more simplified methodologies are chosen, such as linear analyzes. However, there is a lack of specific information to determine in which cases the error that would be incurred by using a linear analysis is acceptable or significant. In the present investigation a series of cases are developed where the use of linear static analysis is acceptable, in contrast to scenarios where its use shows erroneous results. Simulations were performed in the commercial software ETABS to 12 structures using 3 analysis methods: linear static analysis, linear-spectral modal analysis and linear time-history analysis. The buildings, made of reinforced concrete, contain significant differences between them, both in height and in irregularity. The structural characteristics of all models comply with the requirements provided by the peruvian building regulations. The maximum mezzanine drift and basal shear were the parameters determined to make the comparisons. It is concluded that the static method is highly recommended for low-rise buildings, regardless of the irregularity of the building. However, for high-rise buildings, irregularity considerably influences the efficiency of the static method, this is reflected in the drift and shear results, whose values obtained with respect to the modal method differ by up to 35%.

Keywords: static linear analysis, spectral modal analysis, time history linear analysis, structural irregularity.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.540>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Evaluación de la eficiencia del análisis estático lineal frente a la altura e irregularidad estructural utilizando software comercial ETABS

Marco Tulio Herrera Mena, Ingeniero Civil¹; Víctor Manuel Boderó Palacios, Bachiller en Ingeniería Civil²; Diana Victoria Moreno Córdova, Bachiller en Ingeniería Civil³

¹Grupo Qipakana, Perú, marco.herreramena@gmail.com

²AUSENCO, Perú, victor.bodero.p@gmail.com

³Grupo Qipakana, Perú, dianamorenoc.dm@gmail.com

Resumen: El tiempo invertido en el análisis del comportamiento sísmico de un edificio durante el desarrollo del proyecto estructural es de vital importancia. Si bien los análisis no lineales son más probables de tener mayor precisión, se sabe que se requiere de un soporte computacional muy elevado y mayor tiempo de cálculo y estudio. Por tal motivo, en la práctica profesional se opta por metodologías más simplificadas, tales como los análisis lineales, los cuales permiten tener una respuesta adecuada con un tiempo de cálculo menor. No obstante, se carece de data para determinar cuándo es posible usar el análisis estático lineal obteniendo un resultado aceptable. En la presente investigación se busca dar un primer alcance del porcentaje error que tiene la aplicación del análisis estático lineal frente a los análisis modales espectrales lineal y tiempo-historia lineal para edificaciones de concreto armado regulares e irregulares de diferentes alturas. Para lograrlo, se realizaron simulaciones en el software comercial ETABS a 12 estructuras utilizando los tres métodos antes mencionados. La deriva máxima de entrepiso y cortante basal fueron los parámetros de evaluación para estas estructuras. Se concluye que, el método estático lineal es altamente recomendable para edificios regulares e irregulares de alturas menores a 32 m. Sin embargo, para edificios de gran altura, la irregularidad influye considerablemente en la eficiencia del método estático lineal, esto se refleja en los resultados de deriva y cortante basal, cuyos valores obtenidos con respecto al método modal difieren hasta en un 35%.

Palabras claves: Análisis lineal estático, análisis modal espectral, análisis lineal tiempo historia, irregularidad estructural, edificaciones de concreto armado.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, para realizar el diseño y análisis de edificaciones se cuenta con el reglamento peruano E-030 de diseño sismorresistente [1]. Los tipos de análisis que la norma contempla son el análisis estático o de fuerzas equivalentes y análisis modal espectral, ambos en el ámbito lineal. Con respecto al análisis dinámico tiempo-historia lineal, se menciona que no es requisito realizarla, es complementaria y no puede reemplazar en ningún caso al análisis estático o al análisis modal espectral, según corresponda. No obstante, existen códigos internacionales e investigaciones más recientes que trabajan en base a seis métodos de análisis sismorresistente: análisis estático lineal, dinámico lineal, tiempo-historia lineal, estático no lineal, dinámico no lineal y tiempo-historia no lineal

[2], [3], [4]. Por otro lado, si bien si se especifican requisitos para aplicar el análisis estático, hace falta información para determinar cuál es el error en que se incurre cuando no se cumplen estos lineamientos.

La ausencia de información afecta tanto a diseñadores estructurales trabajando dentro de la industria, como a investigadores y docentes que necesitan desarrollar sus proyectos académicos a nivel de pregrado y posgrado. Trabajar con parámetros internacionales y sintetizar procedimientos de distintas normativas consume gran cantidad de tiempo que podría aprovecharse en profundizar más el comportamiento global de la estructura y obtener mejores resultados del análisis.

Además, al problema se suma que para la realización de análisis no lineales se requiere de un soporte computacional muy elevado y un mayor tiempo de cálculo y estudio, dada la complejidad del método. [5], [6] Por tanto, a menos que se cuenten los recursos para adquirir un equipo capaz de sobrellevar el proceso de modelación numérica y con el tiempo adecuado para la obtención de resultados, se seguirá optando por trabajar con metodologías mucho más simplificadas [7], [8].

En un sector tan dinámico como es la construcción, es importante que, en la primera etapa de desarrollo de la ingeniería, los profesionales responsables puedan escoger un correcto modelo de análisis y diseño para así ahorrar valioso tiempo de modelación garantizando un apropiado resultado de los cálculos sísmicos, que en la mayor parte de los casos controlarán el diseño de las edificaciones.

Teniendo en cuenta esto, la presente investigación busca dar un primer alcance del porcentaje error que tiene la aplicación del análisis estático lineal frente a los análisis modales espectrales lineal y tiempo-historia lineal para estructuras regulares e irregulares de diferentes alturas. Asimismo, se plantea en futuras investigaciones, desarrollar más modelos variando los parámetros de geometría e irregularidad para generar una base de datos consistente que pueda ser de ayuda para diseñadores e investigadores en la elección de metodologías de análisis.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.542>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

II. METODOLOGÍA

A. Análisis utilizados

Los procedimientos reglamentados que se utilizaron fueron el análisis estático lineal, análisis modal espectral lineal y análisis tiempo-historia no lineal. Como respaldo a la norma peruana, normas internacionales como la ASCE 7-16, FEMA – 356 y ACI 374.3R-16 fueron utilizadas para validar las metodologías escogidas. Para la modelación, se utilizó ETABS, software de análisis y diseño de estructuras, el cual ha tenido gran reconocimiento y desarrollo durante los últimos años. Asimismo, a pesar de no ser de los softwares más utilizados en el ámbito académico, se seleccionó dado el amplio uso que tiene en la industria.

A.1. Análisis estático lineal

El método estático o método de la fuerza lateral equivalente, es el procedimiento más utilizado por las normativas a nivel mundial. Comúnmente es utilizado para comprobaciones prácticas y en todos los casos para edificaciones que cumplan ciertas características de altura e irregularidad [1]. El procedimiento se basa en la premisa que en el edificio el modo fundamental de vibrar gobierna el comportamiento dinámico de la estructura. El proceso inicia con la determinación de la cortante basal (V_b) en la estructura, la cual se calcula usando parámetros establecidos por norma (1):

$$V_b = \frac{ZUCS}{R} P \quad (1)$$

Siendo los factores:

P: Peso total de la estructura

Z: Factor de zonificación sísmica

S: Factor de suelo

C: Factor de amplificación sísmica

U: Factor de importancia de la edificación

R: Factor de reducción sísmica

Finalmente, la cortante basal obtenida se distribuye proporcionalmente en cada uno de los entresijos del edificio analizado, simulando el efecto global sobre la estructura completa.

A.2. Análisis modal espectral lineal

El método modal espectral considera más de un modo de vibrar de la estructura. Según el reglamento peruano E-030 [1], se deben considerar aquellos modos de vibración cuya suma de masas participativas sea por lo menos el 90% de la masa total. Sin embargo, como mínimo deberán considerarse los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis. Para cada modo de vibrar, se usará el espectro inelástico de aceleraciones (2). Siendo, Z, U, C, S y R los factores descritos en la sección anterior.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g \quad (2)$$

El reglamento considera que todos estos modos de vibrar participan simultáneamente durante el evento sísmico, de acuerdo a la participación que cada uno posee. Dadas estas condiciones, considerar una suma simple de las respuestas máximas de cada modo, sería excesivamente conservador, dando resultados por encima del valor esperado. Por tal razón, el reglamento estipula utilizar la siguiente expresión de combinación (3):

$$r = 0.25 \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2} \quad (3)$$

Siendo los factores:

m : número de modos de vibrar

r_i : respuesta para el modo de vibrar i

r : respuesta completa considerando los modos de vibrar predominantes

Cabe indicar que la expresión “respuesta”, hace referencia a desplazamientos, derivas, fuerzas, momentos, esfuerzos, etc.

A.3. Análisis tiempo-historia lineal

El método tiempo-historia es poco utilizado para el diseño final de una estructura, en muchos casos se recomienda como un método de verificación, más no reemplaza el método estático o dinámico [1]. Se debe seleccionar una cantidad determinada de registros sísmicos en ambas direcciones y posteriormente escalarlas al espectro de diseño requerido. Para la norma peruana se exige un mínimo de tres registros para efectuar correctamente el método. De esta forma se asegura una mayor probabilidad de conocer con detalle el comportamiento de la estructura ante distintos escenarios.

Para este trabajo de investigación con fines comparativos, se escogieron los registros de Lima (1966), Ancash (1970), Lima (1974) y Maule (2010). Cabe indicar que el espectro de tiempo-historia fue escalado al espectro respuesta modal de la norma para la zona 4 y tipo de suelo S1 [9]. De esta forma la comparación presenta validez.

B. Características de las estructuras

Se requeriría un estudio más extenso y mayor cantidad de recursos para obtener resultados precisos para todos los sistemas estructurales que se presentan en la Norma peruana E-030, por tanto, se optó utilizar el sistema estructural más común en el país y por toda Latinoamérica, el sistema Dual constituido por pórticos y muros de concreto armado. Otra variable importante a tener en cuenta es la altura de las edificaciones a ser modeladas. En el Perú, las edificaciones varían en altura desde 1 solo nivel hasta 30 niveles [9] (Banco de la Nación – Lima). Sin embargo, se ha determinado que la mayor parte de edificaciones varían entre los 4 hasta los 25 pisos. Asimismo, se decidió trabajar con una altura de entresijo constante de 3.2

metros. Pues son más comunes, y son los que muchas veces generan incertidumbre acerca de qué tipo de análisis sería más efectivo aplicar. Asimismo, un factor relevante fue la irregularidad estructural, pues modifica significativamente la respuesta que se obtenga al analizarlos.

En total se seleccionaron 12 modelos de estructuras, los cuales se agrupan en función de su irregularidad: edificios regulares (forma rectangular), edificios con irregularidad torsional (forma de L) y edificios con esquinas entrantes (forma de C). Dado que cada modelo se analizó usando los 3 análisis descritos en la sección anterior, en total se efectuaron 36 simulaciones asistidas por software. En la Tabla 1 se presentan las características principales de los modelos, y en las figuras de la 1 a la 3, se muestran las vistas en plantas para los tres tipos de irregularidad.

TABLA I
NOMENCLATURAS DE LOS MODELOS SELECCIONADOS

Nomenclatura	Característica
R4	Rectangular – 4 pisos
R10	Rectangular – 10 pisos
R15	Rectangular – 15 pisos
R25	Rectangular – 25 pisos
L4	Forma de L – 4 pisos
L10	Forma de L – 10 pisos
L15	Forma de L – 15 pisos
L25	Forma de L – 25 pisos
C4	Forma de C – 4 pisos
C10	Forma de C – 10 pisos
C15	Forma de C – 15 pisos
C25	Forma de C – 25 pisos

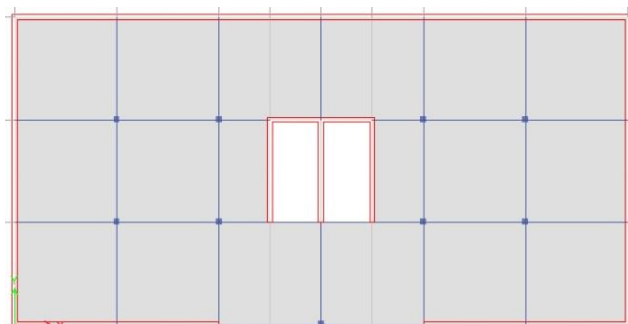


Fig. 1. Representación de modelos con planta rectangular

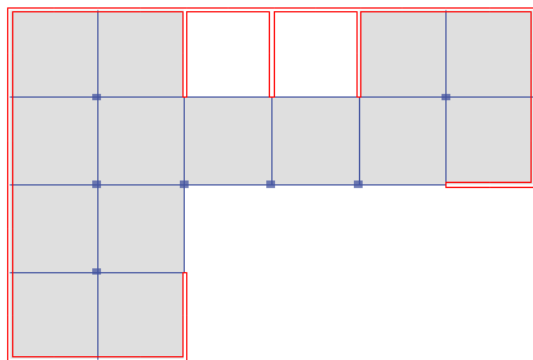


Fig. 2. Representación de modelos con planta en forma de L

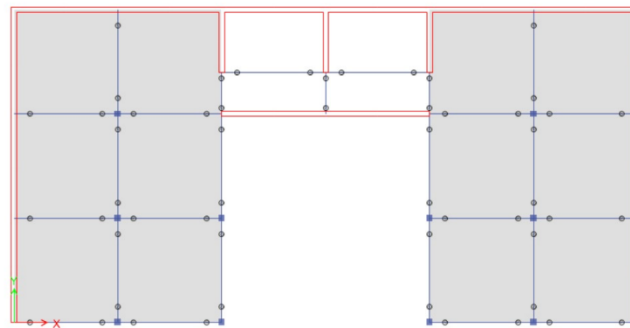


Fig. 3. Representación de modelos con planta en forma de C

C. Procesamiento de resultados

Posterior a las simulaciones, fue necesario estandarizar algunos parámetros que sean comparables entre los análisis y permitan llegar a una correlación entre los mismos. En esta investigación se siguieron los lineamientos de la norma peruana, ASCE 7-16 y FEMA – 356, las cuales indican que los parámetros más influyentes en el desempeño estructural son la cortante basal en la estructura y las derivas máximas de entrepiso.

III. RESULTADOS

A. Cortante basal máxima

Con la finalidad de evitar alargar innecesariamente el artículo, se trabajó con la dirección más perjudicial de la estructura. Para los doce modelos estructurales, se decidió trabajar con el eje “x”. Asimismo, los resultados de este acápite se dividieron en función de dos características estructurales: irregularidad y altura. De esta forma, de la Figura 4 a la Figura 7 se presentan los valores de cortante basal comparativamente en función de la irregularidad del modelo y se indica la altura del mismo.

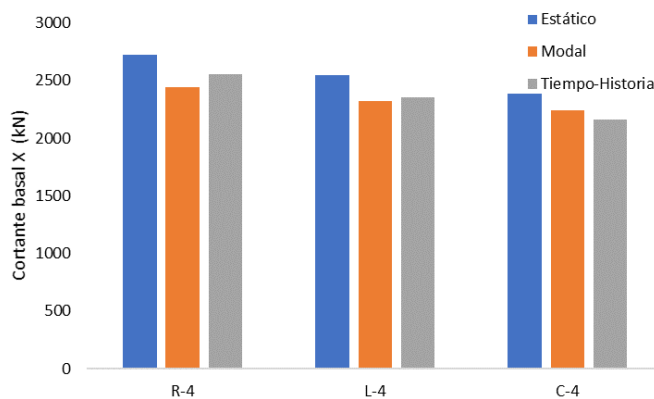


Fig. 4. Cortante basal – Modelos 4 pisos

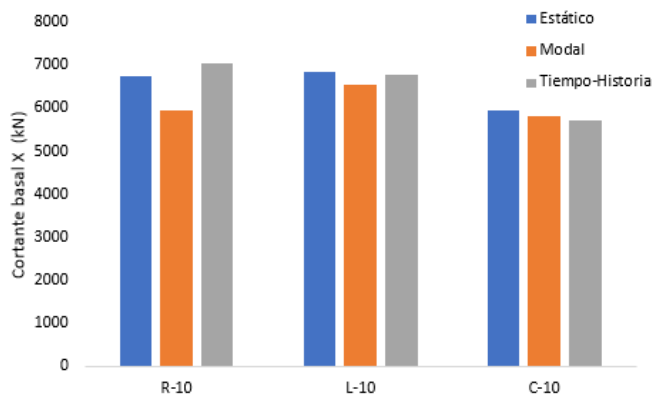


Fig. 5. Cortante basal – Modelos 10 pisos

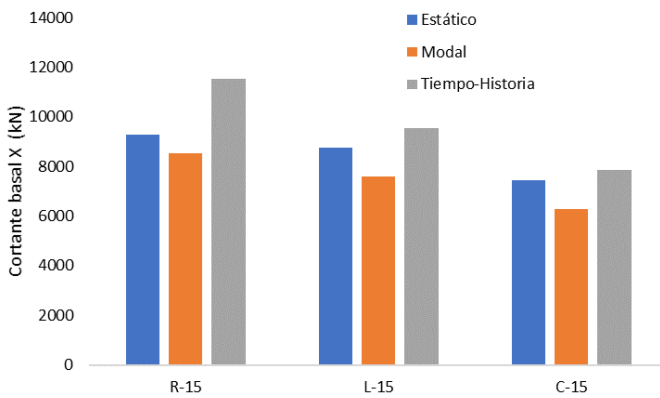


Fig. 6. Cortante basal – Modelos 15 pisos

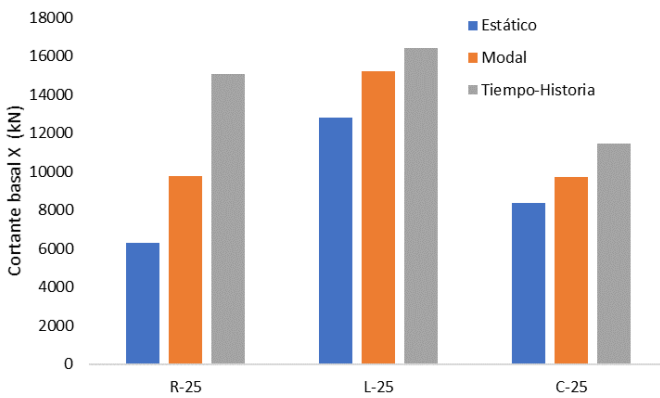


Fig. 7. Cortante basal – Modelos 25 pisos

Tal como se aprecia en las figuras mostradas anteriormente, en los modelos de poca altura (4 y 10 pisos), independientemente de la irregularidad de la estructura, el método estático otorga valores muy conservadores, los cuales son mayores a los resultados del método modal espectral y tiempo-historia.

Esto confirma que es posible utilizar el análisis estático para edificios de poca altura independientemente de la irregularidad de que estos tengan, dado que para estos casos la cortante basal obtenida será significativamente mayor comparado con la

cortante basal del análisis modal espectral y tiempo-historia. Asimismo, se constata lo especificado en el apartado 28.1.2. de [1], estableciendo como límite una altura de 30 m para el análisis estático de una edificación.

Por el contrario, al analizarse las estructuras de mayor altura, la cortante basal por método estático resulta menor que los valores mostrados por el análisis tiempo-historia. Mientras que, la cortante basal del análisis modal espectral mostrado en las figuras 4, 5 y 6 es hasta 19% mayor respecto de la obtenida por el análisis estático equivalente. Tal como se observa en la figura 7, los valores de cortante basal obtenidas por método modal espectral resultan mucho más conservadoras que las obtenidas usando el sismo estático. Esto se debe a que, en los modelos de 25 pisos, el primer modo de vibrar no gobierna la dinámica de la estructura. Además, se refuerza esta teoría teniendo en cuenta que el análisis tiempo-historia, considera de forma más completa el comportamiento dinámico de la estructura, presenta valores superiores al estático.

Según los resultados, utilizar el método estático para estructuras de 25 pisos con características similares a las utilizadas en esta investigación, incurriría en un error de cortante basal de hasta 20% para el modelo regular, y 35% para los modelos irregulares.

B. Deriva máxima de entrepiso

De igual forma que en el análisis de la cortante basal, se consideró la dirección más crítica de la estructura, que nuevamente, fue el eje “x”. Con el fin de analizar la eficiencia de los métodos en función de la altura del edificio, se presenta la comparación de la deriva máxima de la Tabla 2 a la Tabla 5. Para evitar llenar el artículo con tablas de gran tamaño, se seleccionó el entrepiso con el valor más crítico de deriva para realizar la comparación y los resultados completos se presentan en el Anexo I.

TABLA II
DERIVA MÁXIMA DE ENTREPISO – MODELOS 4 PISOS

Derivas máximas X			
Piso	R-4		
	Estático	Modal	T-H
2	0.00013	0.00012	0.00008
Piso	L-4		
	Estático	Modal	T-H
2	0.00025	0.00017	0.00015
Piso	C-4		
	Estático	Modal	T-H
2	0.00021	0.00018	0.00016

TABLA III
DERIVA MÁXIMA DE ENTREPISO– MODELOS 10 PISOS

Piso	Derivas máximas X		
	R-10		
	Estático	Modal	T-H
6	0.00075	0.00057	0.00037
Piso	L-10		
	Estático	Modal	T-H
6	0.00094	0.00084	0.00093
Piso	C-10		
	Estático	Modal	T-H
6	0.00142	0.00116	0.00152

TABLA IV
DERIVA MÁXIMA DE ENTREPISO– MODELOS 15 PISOS

Piso	Derivas máximas X		
	R-15		
	Estático	Modal	T-H
11	0.0019	0.0014	0.0029
Piso	L-15		
	Estático	Modal	T-H
11	0.0020	0.0021	0.0035
Piso	C-15		
	Estático	Modal	T-H
11	0.0026	0.0020	0.0031

TABLA V
DERIVA MÁXIMA DE ENTREPISO– MODELOS 25 PISOS

Piso	Derivas máximas X		
	R-25		
	Estático	Modal	T-H
22	0.0030	0.0028	0.0081
Piso	L-25		
	Estático	Modal	T-H
22	0.0046	0.0026	0.0050
Piso	C-25		
	Estático	Modal	T-H
22	0.0060	0.0034	0.0048

Tal como se aprecia en las tablas mostradas anteriormente, para edificaciones de 4 y 10 pisos, usando el método estático se obtienen derivas máximas de entrepiso cuyos valores son más conservadores que bajo los análisis modales espectrales y tiempo-historia. Por el contrario, al analizar las derivas máximas en los modelos de 25 pisos, se observa que el método modal espectral y el método tiempo-historia presentan valores mayores a los obtenidos con el método estático, reafirmando los resultados del acápite anterior. Por tanto, si dichas edificaciones se diseñaran utilizando el método estático, los valores de deriva obtenidos serían considerablemente menores que los reales, incumpliendo los lineamientos especificados en el reglamento peruano E-030 y poniendo en riesgo a los futuros usuarios.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de las simulaciones estructurales realizadas y de los análisis de resultados, en el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

En edificaciones de gran altura, de 25 pisos a más, los valores de la deriva máxima de entrepiso y cortante basal por métodos modal espectral y tiempo-historia equivalen, como mínimo a 1.2 veces (incrementa cuando la irregularidad es mayor) los valores obtenidos por método estático. Por tanto, diseñar una edificación de estas características utilizando el procedimiento estático llevaría a incurrir en un grave error de diseño, sub dimensionando las fuerzas sísmicas actuantes.

En estructuras de baja altura de hasta 10 pisos, 32 m aproximadamente, la irregularidad en planta de la edificación no influye en la eficiencia del método estático. Independientemente de si presenta torsión o esquinas entrantes, el método en mención es bastante conservador y puede aplicarse con certeza.

Se propone ampliar la base de datos con diferentes factores para los nuevos modelos que incluyan el impacto de la amplificación del suelo, las distintas irregularidades tanto en planta como en altura y la inclusión de sistemas de disipación y aislamiento sísmico. De este modo, se busca obtener mayor información para enmarcar los requisitos de los distintos análisis lineales presentados en el reglamento E-030.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018): “Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente”.
- [2] SEAOC. Vision 2000: Performance based seismic engineering of buildings, vols. I and II: Conceptual framework. Sacramento (CA): Structural Engineers Association of California, 1995.
- [3] ASCE / SEI 7-16 (2016) - American Society of Civil Engineers, Minimum design loads for buildings and other structures.
- [4] ASCE / SEI 41-17 (2017) - American Society of Civil Engineers, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings.
- [5] PEER/ATC 72-1 (2011) – Pacific Earthquake Engineering Research Center, Modeling and acceptance criteria for seismic design and analysis of tall buildings.
- [6] ACI 374.3R-16 (2016), Guide to Nonlinear Modeling Parameters for Earthquake-Resistant Structures
- [7] FEMA 356-2000 (2000) - Federal Emergency Management Agency, Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings.
- [8] Hagen G. R. (2012), Performance-Based Analysis of a Reinforced Concrete Shear Wall Building (Tesis doctoral). Universidad Politécnica Estatal de California.
- [9] Concha Á, C. E. (2017), Evaluación del Comportamiento Sísmico de un Edificio de Concreto Armado de 7 Pisos ante Señales de Sismos Frecuentes en 4 Diferentes Tipos de Suelos (Trabajo de diplomado). Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ciencias e Ingeniería.

ANEXO I

TABLA A-I

DERIVA MÁXIMA DE ENTREPISO– MODELOS 4 PISOS

Piso	R-4			L-4			C-4		
	Estático	Modal	T-H	Estático	Modal	T-H	Estático	Modal	T-H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.00011	0.00011	0.00008	0.00022	0.00017	0.00016	0.00017	0.00015	0.00014
2	0.00013	0.00012	0.00008	0.00025	0.00017	0.00015	0.00021	0.00018	0.00016
3	0.00013	0.00010	0.00006	0.00021	0.00014	0.00011	0.00021	0.00017	0.00015
4	0.00010	0.00009	0.00004	0.00014	0.00011	0.00007	0.00017	0.00015	0.00012

TABLA A-II

DERIVA MÁXIMA DE ENTREPISO– MODELOS 10 PISOS

Piso	R-10			L-10			C-10		
	Estático	Modal	T-H	Estático	Modal	T-H	Estático	Modal	T-H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.00032	0.00031	0.00022	0.00055	0.00053	0.00050	0.00051	0.00042	0.00061
2	0.00049	0.00043	0.00030	0.00074	0.00070	0.00093	0.00084	0.00068	0.00095
3	0.00060	0.00050	0.00034	0.00085	0.00078	0.00088	0.00107	0.00087	0.00118
4	0.00068	0.00054	0.00036	0.00092	0.00083	0.00092	0.00124	0.00100	0.00135
5	0.00073	0.00057	0.00036	0.00095	0.00085	0.00094	0.00135	0.00110	0.00146
6	0.00075	0.00057	0.00037	0.00094	0.00084	0.00093	0.00142	0.00116	0.00152
7	0.00075	0.00055	0.00036	0.00091	0.00081	0.00089	0.00144	0.00117	0.00153
8	0.00073	0.00056	0.00034	0.00085	0.00080	0.00084	0.00143	0.00117	0.00151
9	0.00070	0.00060	0.00032	0.00077	0.00076	0.00077	0.00139	0.00120	0.00147
10	0.00066	0.00058	0.00031	0.00074	0.00075	0.00076	0.00133	0.00117	0.00141

TABLA A-III

DERIVA MÁXIMA DE ENTREPISO– MODELOS 15 PISOS

Piso	R-15			L-15			C-15		
	Estático	Modal	T-H	Estático	Modal	T-H	Estático	Modal	T-H
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.0005	0.0005	0.0008	0.0008	0.0009	0.0013	0.0005	0.0004	0.0006
2	0.0008	0.0007	0.0013	0.0011	0.0013	0.0018	0.0010	0.0008	0.0011
3	0.0011	0.0009	0.0017	0.0014	0.0015	0.0021	0.0013	0.0011	0.0016
4	0.0013	0.0010	0.0020	0.0016	0.0019	0.0024	0.0016	0.0013	0.0019
5	0.0015	0.0012	0.0023	0.0017	0.0021	0.0032	0.0019	0.0015	0.0023
6	0.0016	0.0012	0.0025	0.0019	0.0018	0.0024	0.0021	0.0016	0.0025
7	0.0017	0.0013	0.0027	0.0020	0.0009	0.0032	0.0023	0.0018	0.0027
8	0.0018	0.0014	0.0028	0.0020	0.0044	0.0034	0.0024	0.0019	0.0029
9	0.0018	0.0014	0.0029	0.0021	0.0022	0.0035	0.0025	0.0019	0.0030
10	0.0019	0.0014	0.0029	0.0021	0.0020	0.0035	0.0025	0.0020	0.0031
11	0.0019	0.0014	0.0029	0.0020	0.0021	0.0035	0.0026	0.0020	0.0031
12	0.0019	0.0015	0.0029	0.0020	0.0035	0.0034	0.0026	0.0020	0.0031
13	0.0018	0.0016	0.0028	0.0019	0.0026	0.0034	0.0025	0.0021	0.0031
14	0.0018	0.0016	0.0028	0.0019	0.0038	0.0033	0.0025	0.0021	0.0031
15	0.0018	0.0015	0.0027	0.0019	0.0028	0.0036	0.0025	0.0021	0.0030

TABLA A-IV
DERIVA MÁXIMA DE ENTREPISO– MODELOS 25 PISOS

Piso	R-25			L-25			C-25		
	Estático	Modal	T-H	Estático	Modal	T-H	Estático	Modal	T-H
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.0004	0.0005	0.0010	0.0008	0.0011	0.0011	0.0006	0.0005	0.0005
2	0.0007	0.0008	0.0019	0.0013	0.0013	0.0016	0.0013	0.0009	0.0010
3	0.0010	0.0010	0.0026	0.0018	0.0021	0.0020	0.0019	0.0012	0.0014
4	0.0013	0.0012	0.0033	0.0022	0.0028	0.0024	0.0024	0.0015	0.0019
5	0.0015	0.0014	0.0040	0.0025	0.0023	0.0027	0.0029	0.0017	0.0023
6	0.0017	0.0016	0.0046	0.0029	0.0020	0.0031	0.0034	0.0019	0.0026
7	0.0019	0.0017	0.0051	0.0031	0.0030	0.0034	0.0037	0.0021	0.0030
8	0.0021	0.0018	0.0056	0.0034	0.0033	0.0036	0.0041	0.0022	0.0033
9	0.0023	0.0019	0.0060	0.0036	0.0026	0.0039	0.0044	0.0024	0.0035
10	0.0024	0.0019	0.0064	0.0039	0.0033	0.0041	0.0047	0.0025	0.0038
11	0.0025	0.0020	0.0068	0.0040	0.0039	0.0043	0.0050	0.0026	0.0040
12	0.0026	0.0020	0.0071	0.0042	0.0031	0.0045	0.0052	0.0027	0.0042
13	0.0027	0.0021	0.0073	0.0043	0.0028	0.0046	0.0054	0.0028	0.0043
14	0.0028	0.0021	0.0075	0.0044	0.0044	0.0047	0.0055	0.0029	0.0045
15	0.0029	0.0021	0.0077	0.0045	0.0048	0.0049	0.0057	0.0029	0.0046
16	0.0029	0.0021	0.0079	0.0046	0.0034	0.0049	0.0058	0.0030	0.0047
17	0.0029	0.0021	0.0080	0.0046	0.0038	0.0050	0.0058	0.0030	0.0047
18	0.0030	0.0020	0.0080	0.0046	0.0044	0.0050	0.0059	0.0030	0.0048
19	0.0030	0.0020	0.0081	0.0047	0.0036	0.0051	0.0059	0.0030	0.0048
20	0.0030	0.0026	0.0081	0.0047	0.0051	0.0051	0.0060	0.0032	0.0048
21	0.0030	0.0027	0.0081	0.0047	0.0033	0.0051	0.0060	0.0033	0.0048
22	0.0030	0.0028	0.0081	0.0046	0.0026	0.0050	0.0060	0.0034	0.0048
23	0.0030	0.0028	0.0080	0.0046	0.0052	0.0050	0.0059	0.0034	0.0048
24	0.0030	0.0028	0.0080	0.0045	0.0048	0.0049	0.0059	0.0034	0.0048
25	0.002933	0.002773	0.007911	0.005365	0.005414	0.005332	0.005875	0.003488	0.004732