

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Licenciatura en arquitectura

Análisis de Riesgo en la respuesta dinámica en un modelo físico a escala

Catedrático: Dr. Vicente Rendon Hidalgo

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



Introducción

Las características geométricas del modelo físico son reproducidas de acuerdo a una dimensión a escala fija (Bertero, 2014), en consecuencia, la escala permitió que la sujeción de la parte inferior del modelo se adaptase a las condiciones de unión en una plataforma o base, utilizando para ello empotramientos que restringen las rotaciones y traslaciones a nivel de reacciones basales (Di Matteo, 2014).

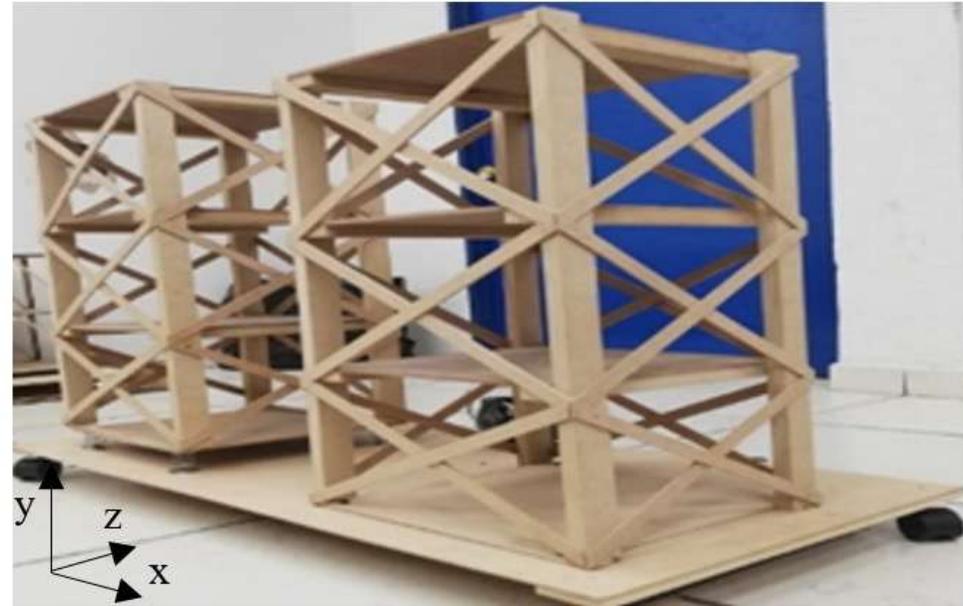


Figura 3. Fotografía del Modelo [MFE], Elaboración propia



Introducción

El MFE utilizado en este estudio cumplen con funciones básicas, simulando los grados de libertad de una obra civil (Luis Bustos, 2000), específicamente un edificio de tres niveles [N].

El diseño del MFE semeja las características análogas de una edificación de tres niveles [N1, N2, N3], utilizando elementos estructurales como; traveses, columnas, sistema de piso, contraventeos laterales y plataforma. Una manera eficiente de medir el comportamiento estructural y la respuesta al movimiento en el modelo T1 y en el modelo T2 es la utilización de instrumentos, ubicados en el centro geométrico [Cg] de cada masa [$m_{(N,T)}$] (Vilches, 2010), es decir, colocar de manera fija acelerómetros en el MFE, en cada losa de los tres niveles en los modelos.

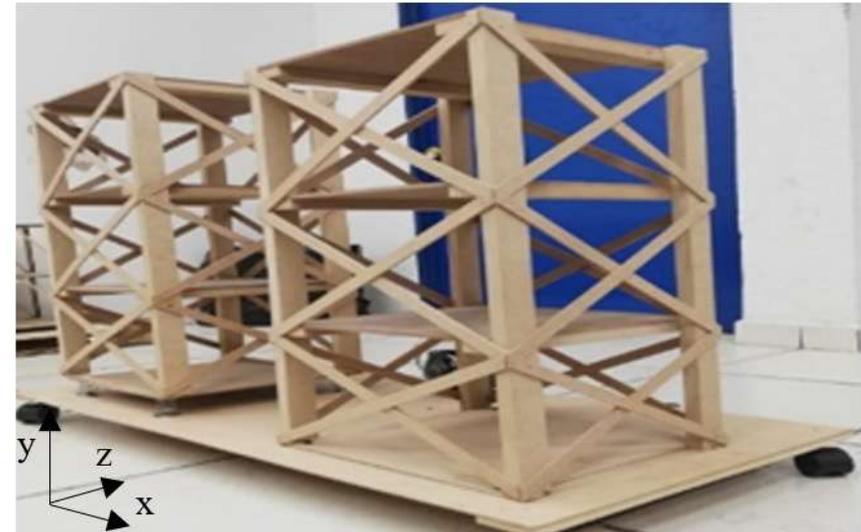


Figura 3. Fotografía del Modelo [MFE], Elaboración propia

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



1.1. Ensayo de movimiento tridireccional

El ensayo aplicado al MFE tiene el objetivo general de determinar la cinética del par de modelos (Patiño, 2018), determinar sus diferencias en relación a incidir cual será el comportamiento como cuerpo rígido (Di Matteo, 2014), identificar el movimiento, la cinemática, y la rigidez lateral (Vilches, 2010), que provoca una repentina liberación de energía (Illidge, 2016), la cual provoca desplazamientos en los nodos, debido al movimiento o deslizamiento del suelo o de la base de una obra civil (Fraustro, 1999).



Figura 3. Fotografía del Modelo [MFE], Elaboración propia



2. Métodos y materiales

La metodología del experimento consiste en tres pasos los cuales serán:

- El diseño del sistema dinámico (Patiño, 2018), incluyendo una introducción
- El segundo consistente en mostrar el proceso analítico, así como, la simulación numérica,
- El tercero consistente en revisar los patrones de comportamiento tanto esperados como cíclicos y sus conclusiones, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Modelo [JECC], Elaboración propia

Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible



2.1. Diseño del sistema dinámico

Este diseño considera seis partes, de las cuales:

La primera es la realización de un MFE que interactúa con (Estimulación-desplazamiento) y (Desplazamiento-Estructura)

La segunda es la creación de un modelo matemático considerando esquemas o diagramas de cuerpo libre (Estimulación-Instrumento)

La tercera es un implementar una ecuación estructural matricial, que acople el MFE con el modelo matemático (Análisis numérico-Movimiento),

La cuarta es el estudio de la estimulación dinámica del sistema (Energía Cinética-Análisis numérico-Energía Potencial),

El número cinco es el estudio de la respuesta dinámica del MFE, (Energía Potencial- Desplazamiento), (Desplazamiento-Estructura)

El sexto, la formulación dinámica que considera el estudio de la interacción entre la Energía-Estructura y la Masa-Rigidez-Amortiguación.

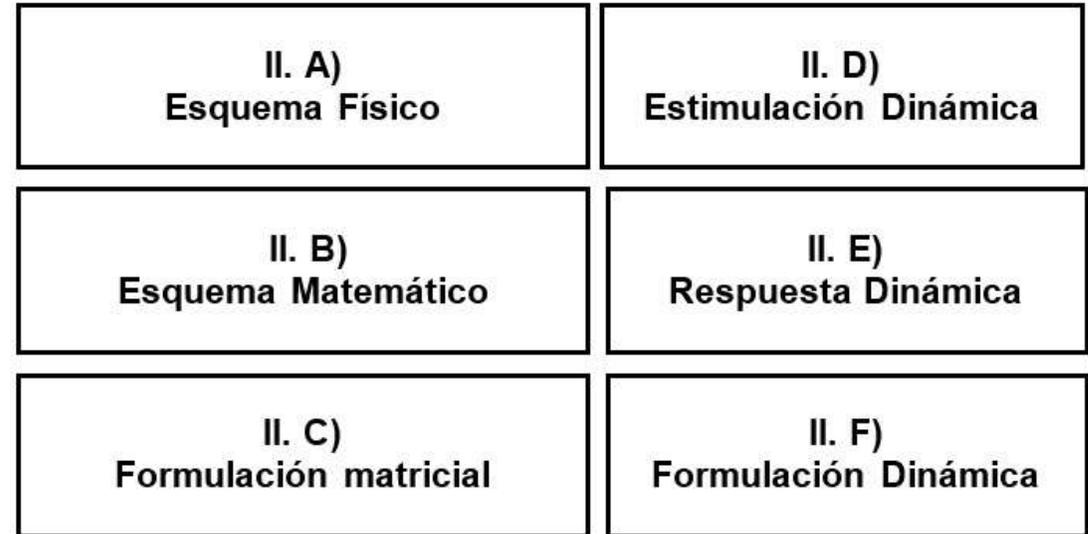


Figura 2. Modelo [JECC], Elaboración propia

2.2. Esquema físico.

El primer modelo físico T1 cuenta con una estructura tridimensional de tres niveles y contraventeos en ambos sentidos a base de madera tipo MDF y aisladores de energía [AE] (4 resortes de acero) en la base del modelo. El segundo modelo físico T2 cuenta con una estructura tridimensional de tres niveles y contraventeos en ambos sentidos a base de madera MDF. Ambos modelos físicos se encuentran montados en una plataforma móvil construida a base de madera, como se muestra en la Figura 3 (Reyes, 2017).

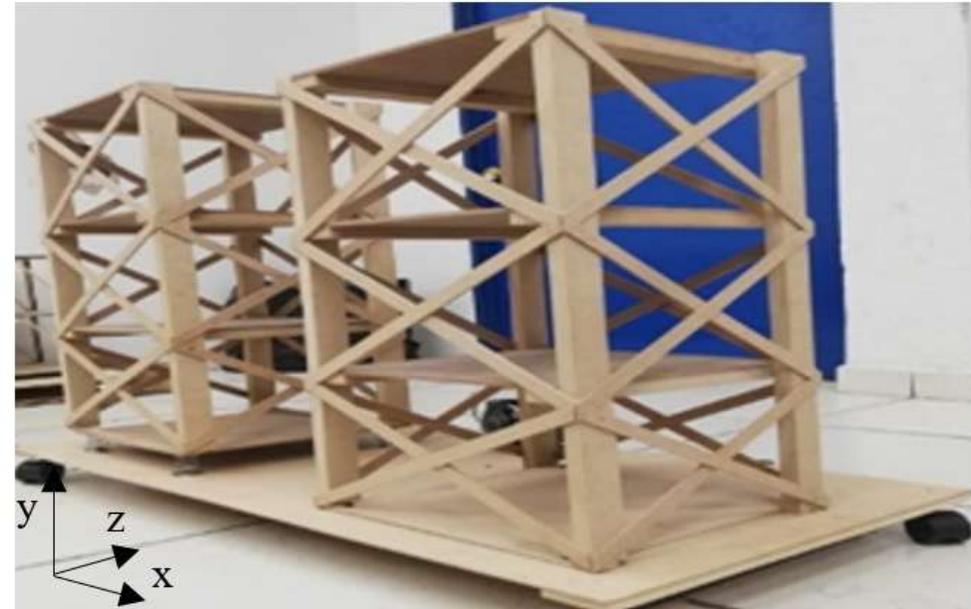


Figura 3. Fotografía del Modelo [MFE], Elaboración propia



2.2. Esquema físico.

Los edificios T1 y T2 tienen un ancho ($L_a=25$ cm) y un largo ($L_b=25$ cm), una altura de entrepiso ($h=20$ cm) y contraventeos (CV) verticales cruzados de 1.25 cm. De ancho y 0.65 cm de espesor, en cada uno de los niveles en ambas direcciones. Esta armado por medio de conexiones (CNX) a base de clavos sin cabeza de 1.25 cm de largo, por consiguiente, los contraventeos se clavan en la parte externa a las columnas que tienen medidas de 5.00 cm de ancho, 1.25 cm de espesor y 60 cm de alto, por otro lado, en la parte interior se colocan traveses horizontales de 3.80 cm de ancho y 1.25 cm de espesor, clavados a las columnas y al sistema de piso que tiene 0.40 cm de espesor, por otra parte, la plataforma de apoyo tiene un largo ($L_b=100$ cm) y un ancho ($L_c=40$ cm), como se muestra en la Figura 4 (Abadía, 2013).

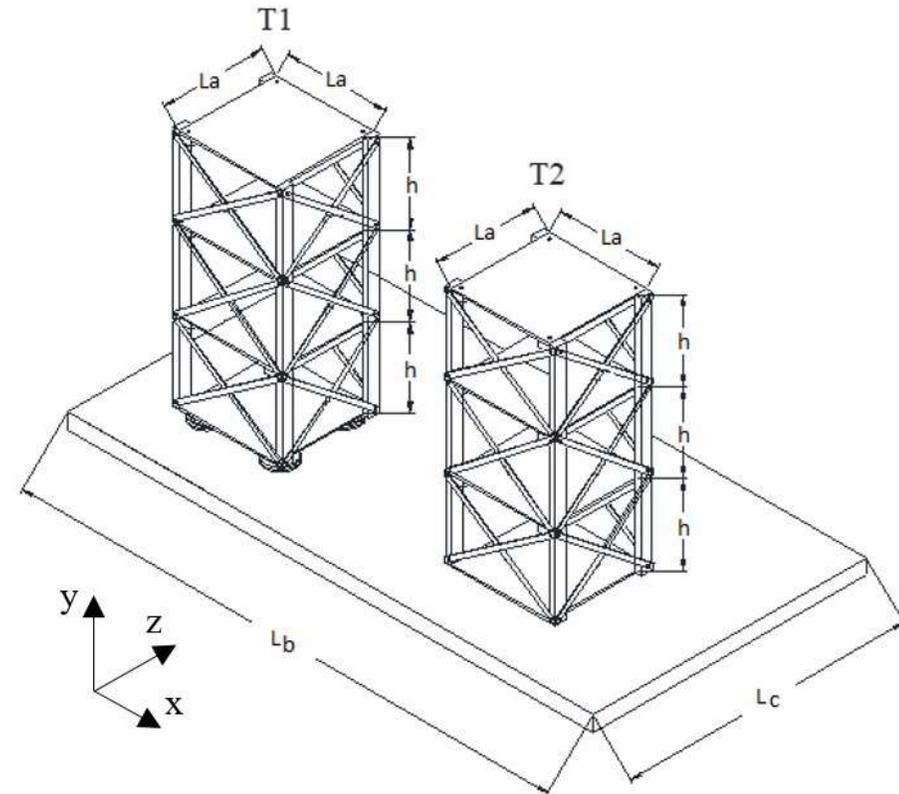


Figura 4. Figura de Modelo [MFE], Elaboración propia

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*

2.3. Esquema matemático.

Las características del modelo T1 y T2 en el MFE considera tres grados de libertad, ambos edificios se modelan considerando una masa concentrada $[m_{(N,T)}]$ (Diego, 2014), en el centro de gravedad $[C_g]$, en cada entrepiso, y sus columnas se presentan como un muelle de rigidez $[K_{(N,T)}]$ (Gómez, 2019), mientras que la alimentación de fuerzas y desplazamiento es simulada con un sistema de fuerzas laterales $[F_{(N,T)}]$ (Bernal, 2015), donde N es el número de nivel y T es el número de modelo, como se observa en la Figura 5.

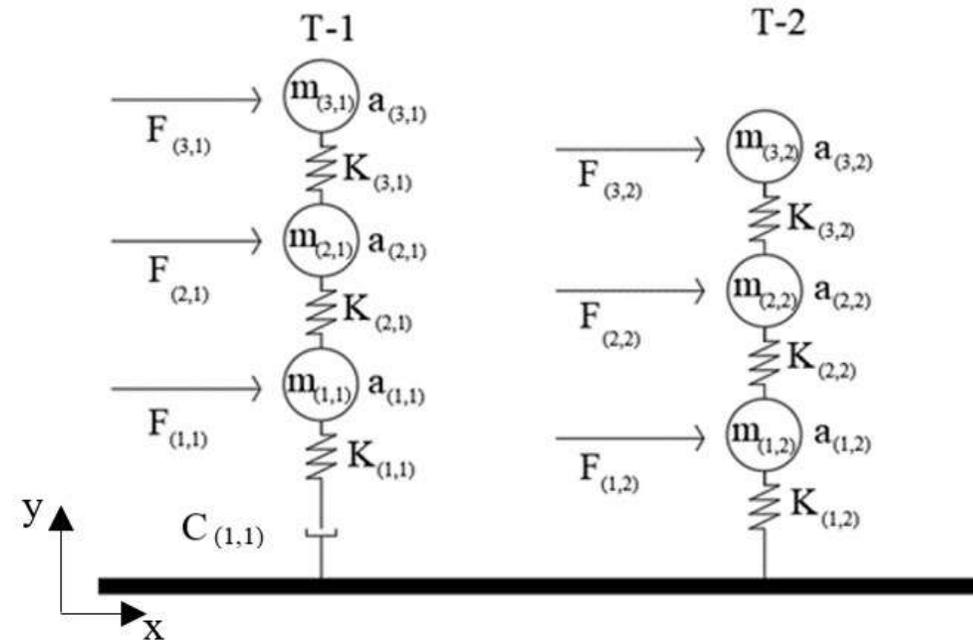


Figura 5. Diagrama de cuerpo libre, Elaboración propia



2.4. Formulación matricial

Para determinar la rigidez en cada columna se aplica la Ecuación 1, donde el módulo de elasticidad tiene un valor de $E=74,990 \text{ kg/cm}^2$ y la densidad de 473 kg/m^3 (Fank, 2017), la sección transversal de cada columna es de $A=6.25 \text{ cm}^2$ y la altura de entrepiso es de $h=20 \text{ cm}$, por tanto, la rigidez por nivel tendrá un valor $K=23,434.375 \text{ kg/cm}$, por consiguiente, la rigidez equivalente tendrá un valor $K_{e1}=17810.12 \text{ kg/cm}$, $K_{e3}=11717.19 \text{ kg/cm}$, y $K_{e2}=7811.46 \text{ kg/cm}$, se normaliza por el mayor y se obtiene $K_{e1}=1.00 \text{ kg/cm}$, $K_{e3}=0.50 \text{ kg/cm}$, y $K_{e2}=0.33 \text{ kg/cm}$; para determinar el valor de la masa se considera la densidad de la madera y el volumen de la losa de entrepiso, lo cual da un valor de $m=118.25 \text{ grs}$

$K_{N,T} = \begin{bmatrix} K_{1,1} & \dots & K_{1,T} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ K_{N,1} & \dots & K_{N,T} \end{bmatrix}_0^{60} \quad K = \frac{EA}{h}, \quad Ke = \frac{K_i K_{i+1}}{K_i + K_{i+1}}, \quad Ke = K_i + K_{i+1} \quad (1)$	
$m_{N,T} = \begin{bmatrix} m_{1,1} & \dots & m_{1,T} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{N,1} & \dots & m_{N,T} \end{bmatrix}_0^{60} \quad m: \text{ masa} \quad (2)$	
$\xi_{N,T} = \begin{bmatrix} \xi_{1,1} & \dots & \xi_{1,T} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \xi_{N,1} & \dots & \xi_{N,T} \end{bmatrix}_0^{60} \quad \xi: \text{ amortiguamiento} \quad (3)$	
$u_{N,T} = \begin{bmatrix} u_{1,1} & \dots & u_{1,T} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{N,1} & \dots & u_{N,T} \end{bmatrix}_0^{60} \quad F = K u \quad u: \text{ Desplazamiento} \quad K: \text{ Rigidez} \quad F: \text{ Fuerza} \quad (4)$	
$\dot{u}_{N,T} = \begin{bmatrix} \dot{u}_{1,1} & \dots & \dot{u}_{1,T} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \dot{u}_{N,1} & \dots & \dot{u}_{N,T} \end{bmatrix}_0^{60} \quad \dot{u}: \text{ Velocidad} \quad (5)$	
$\ddot{u}_{N,T} = \begin{bmatrix} \ddot{u}_{1,1} & \dots & \ddot{u}_{1,T} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \ddot{u}_{N,1} & \dots & \ddot{u}_{N,T} \end{bmatrix}_0^{60} \quad \ddot{u}: \text{ Aceleracion} \quad (6)$	
$\dot{t}_1 = \frac{u_1 - u_0}{t_1 - t_0} \quad \dot{t}_{N,T} = \frac{\dot{u}_1 - \dot{u}_0}{t_1 - t_0} \quad t: \text{ Tiempo} \quad (7)$	



2.5. Estimulación Dinámica

El sistema está adaptado con cuatro componentes adicionales al MFE, los cuales son; el Motor de dos tiempos, el Actuador, el Control de potencia y los Acelerómetros portátiles con envío de señal vía Internet, por otra parte, la dirección del movimiento propuesto desde el Actuador es en forma longitudinal a la plataforma, deslizándose de izquierda a derecha en vaivén, por medio de los apoyos articulados [A y B], como se muestra en la Figura 6

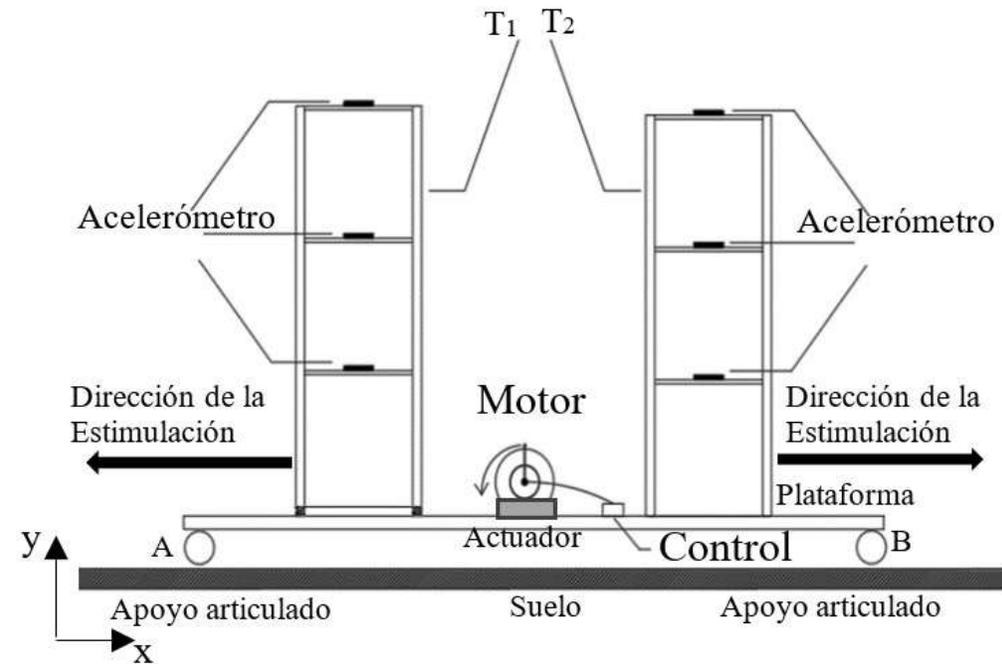


Figura 6. Diagrama del sistema de Estimulación dinámica,

Elaboración propia

2.5. Estimulación Dinámica

Se realizó una simulación dinámica en un software de análisis estructural, consistente en aplicar las cargas permanentes de peso propio y carga viva de los acelerómetros (Diego, 2014), además, se incluyó la carga variable considerando vientos de 50 km/hr (Cerón, 2022), el sistema fue modelado aplicando una carga accidental sísmica, para una zona de riesgo bajo, ubicada en la ciudad de Pachuca de Soto, del Estado de Hidalgo (Servicio Geológico Mexicano, 2020).

Se considera para el experimento, el espectro sísmico mostrado en la Figura 7, ubicándolo para fines de diseño antisísmico.

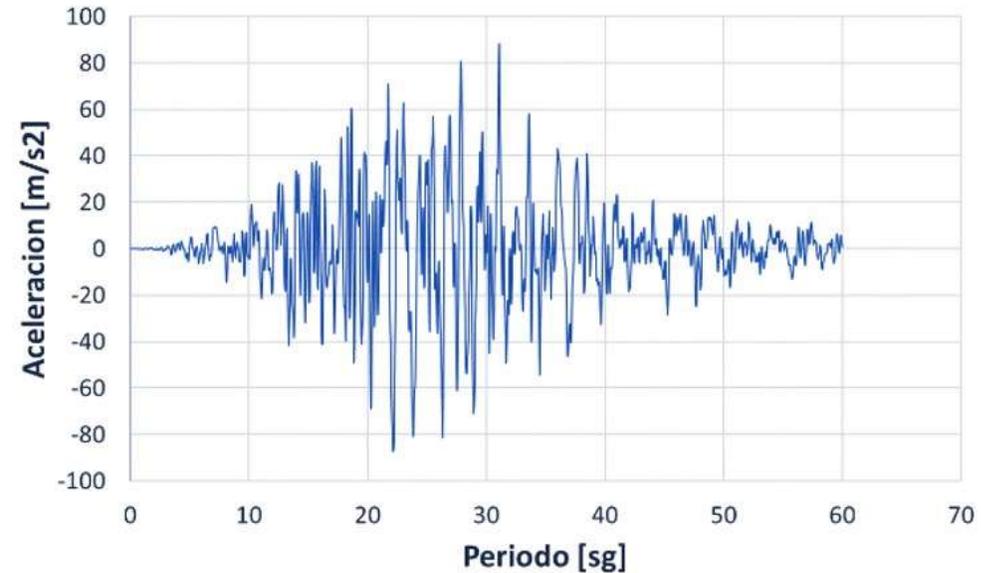


Figura 7. Diagrama del acelerograma sísmico utilizado en Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo, [información de PRODISIS, CFE]



2.5. Estimulación Dinámica

De acuerdo con el análisis estructural dinámico se obtienen desplazamientos instantáneos en los nodos, mostrados en la Figura 8, observándose los modelos originales y deformados por la aplicación de las cargas descritas [las flechas solo indican desplazamiento de nodo en centímetros en dirección “x”] (Vega, 2017).

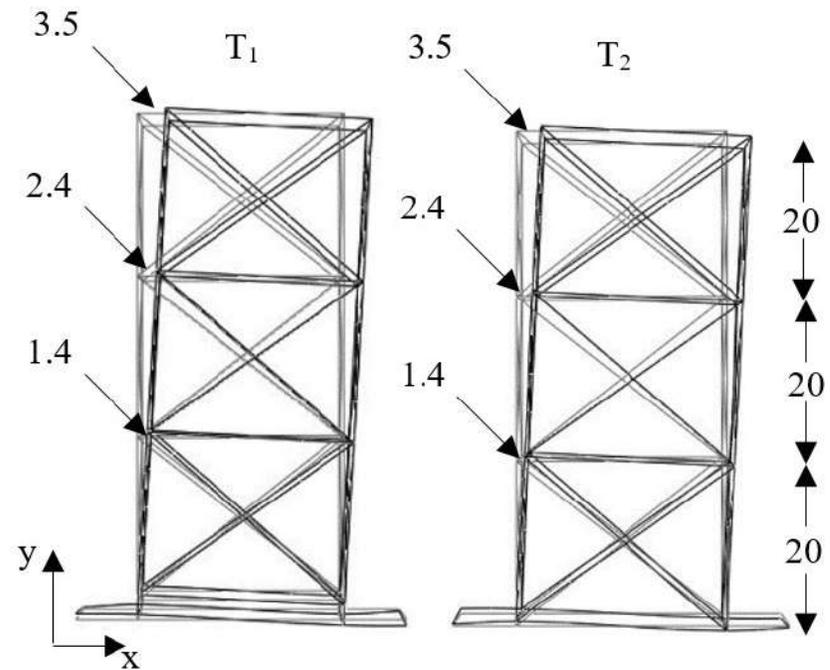


Figura 8. Diagrama del sistema con estimulación dinámica,
Elaboración propia [cm] [Desplazamiento $\times 10^{-5}$]

2.5. Estimulación Dinámica

La aceleración buscada se determina con la Ecuación 7 (Cerón, 2022), además, se infiere al sistema de control, para que el actuador provoque deslizamiento de la plataforma en dirección “x”, con una magnitud como se muestra en la Tabla 1.

Ubicación	Deslizamiento de plataforma [cm.]	Eje x [cm.] [x10-5]	Eje y [cm.] [x10-5]	Eje z [cm.] [x10-5]
1erNivel	5	0.74	0.03	0.02
2doNivel	5	1.92	0.05	0.04
3erNivel	5	2.73	0.09	0.07
1erNivel	10	1.41	0.04	0.03
2doNivel	10	2.38	0.06	0.05
3erNivel	10	3.55	0.10	0.07
1erNivel	15	1.63	0.06	0.05
2doNivel	15	3.1	0.09	0.07
3erNivel	15	4.26	0.12	0.09

Tabla 1: Deslizamiento de plataforma y desplazamiento de nodos. Elaboración propia

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



2.6. Respuesta Dinámica

Las características de los acelerómetros se relacionan en la Tabla 2, estos, se dispusieron en forma fija sobre el centro de gravedad de la losa en cada uno de los tres niveles de cada uno de los dos modelos, como se observa en la Figura 6, se activaron simultáneamente previo al proceso de estimulación dinámica (Vielma, 2008), se realizó la calibración del control y del actuador para empatar con los desplazamientos del análisis estructural (Cassano, 2009) como se observa en la Figura 8.

Ubicación	Nombre	Rango [+g]	Resolución [g]
T-1 1erNivel	LSMADS3	78.4532	0.009576807
T-1 2doNivel	K2HH1C	39.2266	0.001197101
T-1 3erNivel	MTK2A	32.1141	0.003906250
T-2 1erNivel	LSMBD53	78.4532	0.000595093
T-2 2doNivel	LSMCD53	78.4532	0.002395630
T-2 3erNivel	LSMDD53	78.4532	0.000595093

Tabla 2: Acelerómetros utilizados. Elaboración propia

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



2.7. Formulación Dinámica

Para determinar la respuesta dinámica del sistema posterior a la estimulación en el MFE, se utilizó la Ecuación 8, en donde los términos conocidos son la masa, la rigidez y los desplazamientos, explicados en la Formulación matricial, por consiguiente, se determina la aceleración y la velocidad del sistema midiéndolos como se explica en la Respuesta dinámica, por lo tanto, la única incógnita será el amortiguamiento, que se determinó despejando de la Ecuación 8 (Escalante, 2016).

$$f(t) = m_{(N,T)(t)} \ddot{u}_{(N,T)(t)} + \xi_{(N,T)(t)} \dot{u}_{(N,T)(t)} + k_{(N,T)(t)} u_{(N,T)(t)} \quad (8)$$

ξ : Amortiguamiento

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



3. Proceso analítico

3.1. Muestreo de datos

El instrumental utilizado para recabar datos (Rincon, 2010), recopiló información de la respuesta dinámica, dicha información se clasificó en tres etapas, la primera fue seleccionada de acuerdo al comportamiento considerando los límites temporales de 60 segundos (Patiño, 2018) y de acuerdo a los límites espaciales, es decir, por la ubicación en el modelo y su nivel, en la segunda etapa se realizó una separación de información de acuerdo a los ejes cartesianos (x, y, z), y en la tercer etapa se realizó un filtro de la magnitud de las aceleraciones (Gómez, 2019), conforme a la disposición de valores, como se observa en la Tabla 1.

Ubicación	Deslizamiento de plataforma [cm.]	Eje x [cm.] [x10-5]	Eje y [cm.] [x10-5]	Eje z [cm.] [x10-5]
1er Nivel	5	0.74	0.03	0.02
2do Nivel	5	1.92	0.05	0.04
3er Nivel	5	2.73	0.09	0.07
1er Nivel	10	1.41	0.04	0.03
2do Nivel	10	2.38	0.06	0.05
3er Nivel	10	3.55	0.10	0.07
1er Nivel	15	1.63	0.06	0.05
2do Nivel	15	3.1	0.09	0.07
3er Nivel	15	4.26	0.12	0.09

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



3. Proceso analítico

3.2. Adquisición de datos

Se realizó el ajuste y calibración de los seis acelerómetros (Rincon, 2010), de acuerdo a la clasificación utilizada en el muestreo de datos, por consiguiente, se realizaron tres series de toma de información, la primera serie correspondió a la toma preliminar de información donde se observó dispersión de información (Quevedo, 2011), en la segunda se evaluaron los datos de un amplio rango de concentración, es decir, se tomó una muestra de 120 segundos [Sg], considerando rangos de información (García, 2018), donde se observó un comportamiento inicial de estimulación, además, ciclos idénticos repetitivos (Ciclo A), como se muestra en la Tabla 3 (Luis Bustos, 2000).

Ubicación	Nombre	Rango [0 -30]	Rango [30 -60]	Rango [60 -90]	Rango [90 -120]
T-1 1erNivel	LSMADS3	Inicial	Ciclo A	Ciclo A	Ciclo A
T-1 2doNivel	K2HH1C	Inicial	Ciclo A	Ciclo A	Ciclo A
T-1 3erNivel	MTK2A	Inicial	Ciclo A	Ciclo A	Ciclo A
T-2 1erNivel	LSMBD53	Inicial	Ciclo A	Ciclo A	Ciclo A
T-2 2doNivel	LSMCD53	Inicial	Ciclo A	Ciclo A	Ciclo A
T-2 3erNivel	LSMDD53	Inicial	Ciclo A	Ciclo A	Ciclo A

Tabla 3: Rangos (Sg) de medición de Acelerómetros utilizados.

Elaboración propia

Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible



3. Proceso analítico

3.2. Adquisición de datos

Por consiguiente, en la tercera serie se realizó la concordancia de la información de acuerdo a los ensayos individuales de los modelos e independientes de los ejes coordenados, como se muestra en la Tabla 4, se realiza el procedimiento de Detectabilidad y Sensibilidad (Vinagre, 1993), la información en el eje “y” y en el eje “z”, se detectaron demasiado cercanos al valor cero, esta es la razón por la cual no se incluyen en la simulación numérica.

Ubicación	Nombre	Eje x	Eje y	Eje z
T-1 1erNivel	LSMADS3	Valores	Nulo	Nulo
T-1 2doNivel	K2HH1C	Valores	Nulo	Nulo
T-1 3erNivel	MTK2A	Valores	Mínimo	Mínimo
T-2 1erNivel	LSMBD53	Valores	Nulo	Nulo
T-2 2doNivel	LSMCD53	Valores	Nulo	Nulo
T-2 3erNivel	LSMDD53	Valores	Mínimo	Mínimo

Tabla 4: Medición de Acelerómetros utilizados

Elaboración propia.

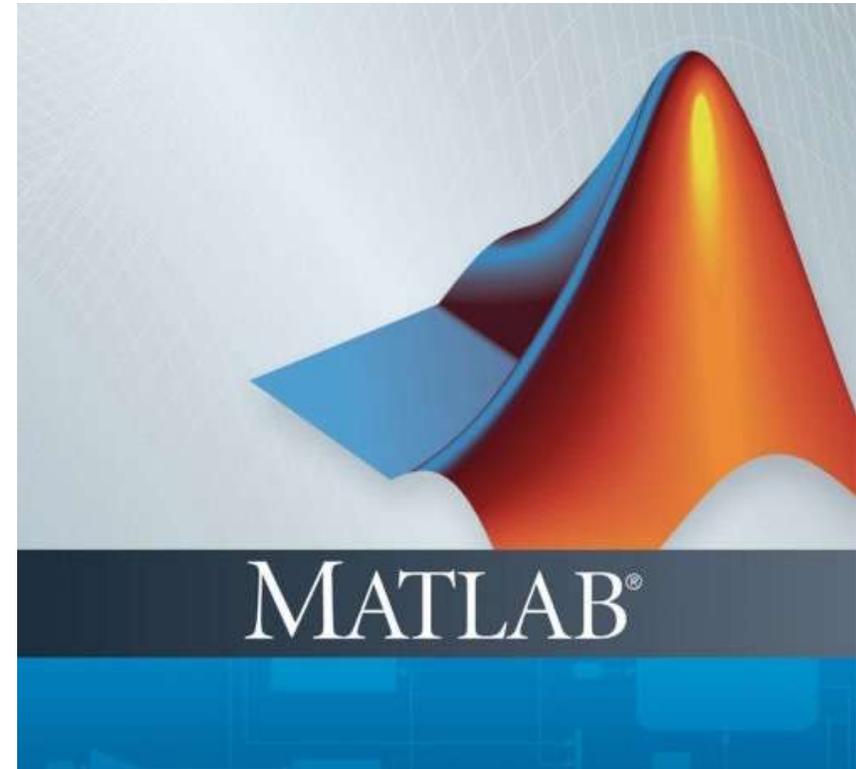
*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



3. *Proceso analítico*

3.2. **Adquisición de datos**

Se realizó en tres fases, en las cuales se aplica el método de atenuación (Sánchez, 2012), es decir, se toman los datos con información que represente el comportamiento útil, sin distorsionar los resultados, la primera fase consistió en reunir los valores medidos, focalizando la atención en los principios analíticos, descartando valores repetitivos y cíclicos que muestran variaciones que producen impacto menos confiable, los cuales se llamaron dispersión pasiva [DP], por otro lado, las variaciones que producen impacto más confiable se llamaron dispersión activa [DA], en la segunda fase se agruparon los datos con el **software Matlab**, y por último en la tercer fase se recopiló y almaceno la información extraíble del software.



*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*

4. Resultados

4.1. Simulación numérica

La simulación numérica del comportamiento de la respuesta dinámica de los modelos T1 y T2, en el nivel 1, se muestran en la Figura 9, se observó que se presentaron variaciones de aceleración de T1: (-1.00: 0.90) con diferencial de 1.90 m/s², T2: (-0.20: 0.50) con diferencial de 0.70 m/s².

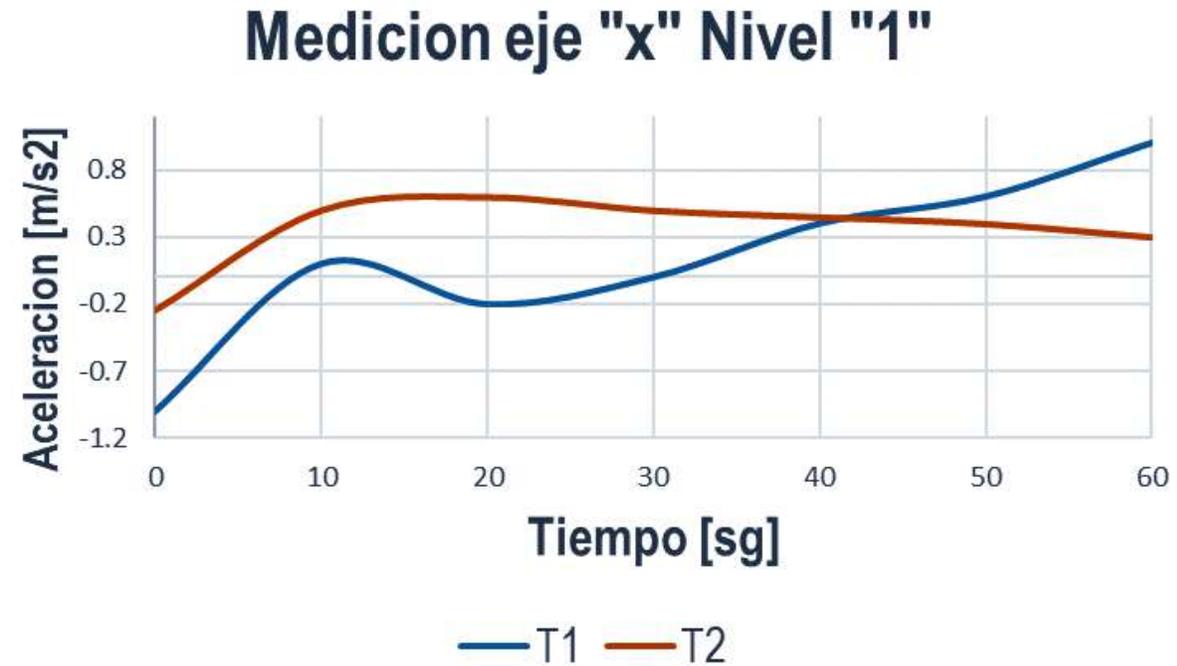


Figura 9. Simulación numérica de la comparación de la aceleración eje "x" Nivel 1

Elaboración propia

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



4. Resultados

4.1. Simulación numérica

En el nivel 2, se muestran en la Figura 10, se observó que se presentaron variaciones de aceleración de T1: (-0.40: 0.80) con diferencial de 1.20 m/s², T2: (-0.25: 0.20) con diferencial de 0.45 m/s²,

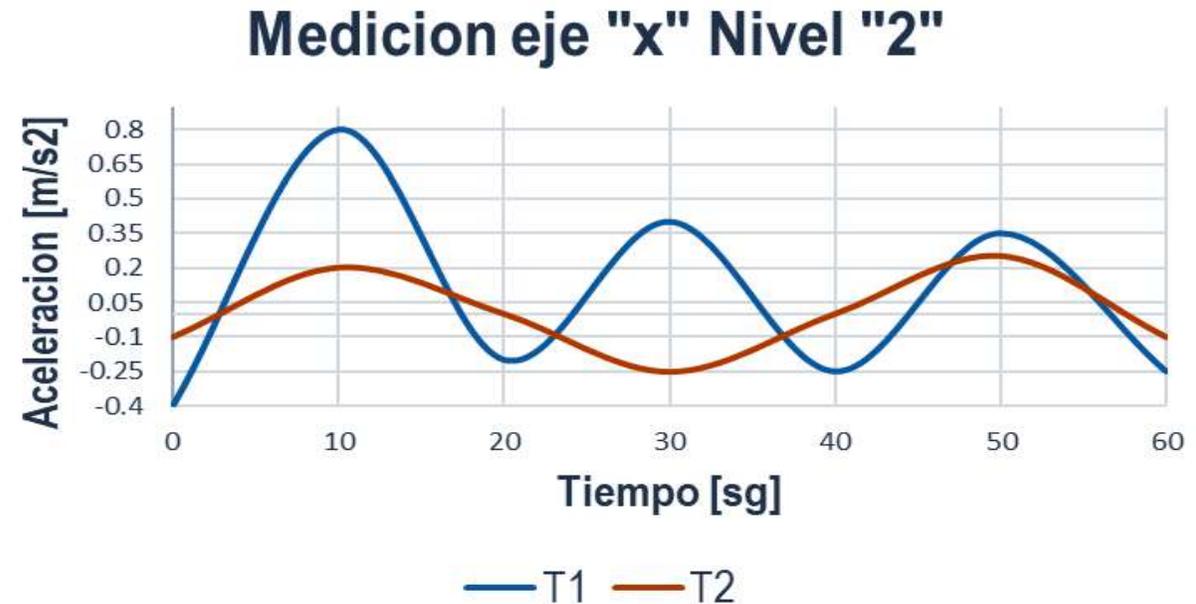


Figura 10. Simulación numérica de la comparación de la aceleración eje "x" Nivel 2

Elaboración propia

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



4. Resultados

4.1. Simulación numérica

En el nivel 3, se muestran en la Figura 11, se observó que se presentaron variaciones de aceleración de T1: (-0.20: 0.70) con diferencial de 0.90 m/s², T2: (-0.20: 0.10) con diferencial de 0.30 m/s².

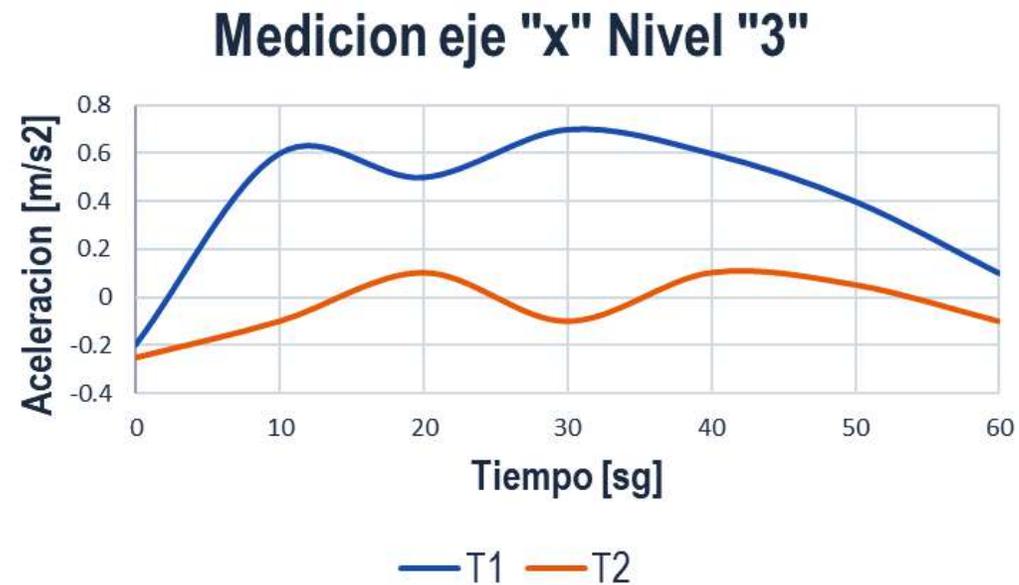


Figura 11. Simulación numérica de la comparación de la aceleración eje "x" Nivel 3

Elaboración propia

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



4. Resultados

4.2. Comportamiento cíclico

El período fundamental de vibración de las edificaciones depende de sus características de altura, rigidez y masa (apuntes, n.d.), los modelos presentan distintos modos de vibración (Ríos, 2014) y a cada uno le corresponde un período de vibración diferente, no entraron en resonancia durante el experimento porque la plataforma se deslizó sobre el suelo inmóvil, sin embargo, se empataron las fases de vibración cuando el período del actuador coincidió con el período de los modelos Figura 12, (Domínguez, 2014).



Figura 12. Simulación del modo de vibrar eje "x".

Elaboración propia

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



4. Resultados

4.3. Sincronización.

En el Nivel 1 y Nivel 2, se muestran en la Figura 13 y 14, correspondientemente, se observó que se presentaron variaciones de aceleración en Nivel 1; T1: fuera de lo esperado y dentro de la norma, con diferencial esperado, T2: dentro de lo esperado y dentro de la norma, con diferencial esperado, en Nivel 2; T1: dentro de lo esperado y dentro de la norma, con diferencial esperado, T2: dentro de lo esperado y dentro de la norma, con diferencial esperado.



Figura 13. Simulación del comportamiento cíclico de la aceleración eje "x" Nivel 1

Elaboración propia.

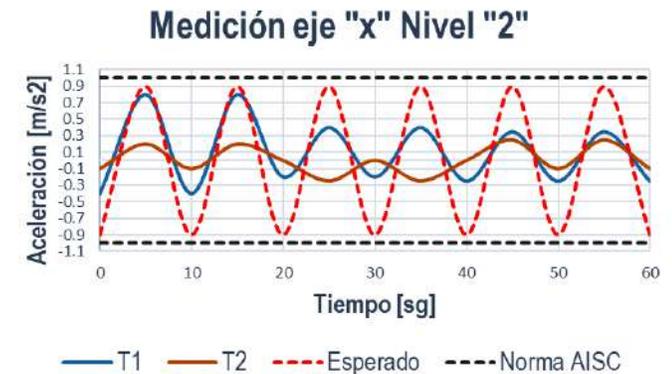


Figura 14. Simulación del comportamiento cíclico de la aceleración eje "x" Nivel 2

Elaboración propia



Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para el diseño y construcción de un futuro sostenible

5. Conclusiones

La magnitud de la aceleración en todos los niveles en los dos edificios mostro una capacidad de respuesta acorde a las cargas impuestas, la simulación numérica muestra inestabilidad en el edificio T1 y estabilidad en el T2, por consiguiente, se recomienda que en la cimentación se tomen previsiones en el diseño real de cimentaciones usando resortes que restringen la traslación y/o rotación asumiendo que la plataforma o en su caso el suelo de desplante, no es un material elástico puro.

El diseño de la cimentación es válido, cuando puede modelarse como un resorte rotacional sólo si la base de la fundación se encuentra en pleno contacto con la plataforma.

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



7. Referencias

- Ahumada, J. (2010). Sistema de control en Estructuras. Inge Cuc, 6(1), 79–84. <http://revistascientificas.cuc.edu.co/index.php/ingecuc/article/view/294>
- Alcántara, D. (2009). Fricción y desgaste en elementos circulares empleados en pasadores. Disponible En: <Http://Www.Redalyc.Org/Articulo.Oa?Id=225117947006>, 1–11.
- apuntes, curso. (n.d.). Modos de vibración. In Modos de vibracion (pp. 1–11).
- Arosemena, A. (2018). Resortes Mecánicos. 1–24.
- Arrieta, F. (2016). Patología en edificaciones. Congreso Internaqional De Ingenieria, 1, 1–55. http://www.usmp.edu.pe/vision2017/pdf/materiales/VISION_2016_CHELA.pdf
- Bernal, M. (2015). Sistemas de control para mesas vibratorias. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, 33(2), 331–355.
- Bertero, A. (2014). Ensayos Dinámicos Sobre Una Columna De Hormigón Armado a Escala En Mesa Vibradora. Ensayos Dinámicos Sobre Una Columna de Hormigón Armado a Escala En Mesa Vibradora, 1(1), 1–20.
- Cassano, A. (2009). Analisis de estructuras bajo acciones dinámicas.
- CENAPRED. (2018). Evaluación de la seguridad estructural de edificios. Centro Nacional de Prevencion de Desastres CENAPRED, MEXICO, 1–83.
- Cerón, J. (2022). Análisis de riesgo en puente peatonal tipo armadura utilizando sensores. Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI, 9(18), 40–46. <https://doi.org/10.29057/icbi.v9i18.7354>
- Cortes, Jesus. (2019). Aproximacion numerica y errores. Plataforma Educativa Para Analisis Numerico, Realizado Con Al Apoyo Del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE105717.
- Di Matteo, A. (2014). Experimental validation of a direct pre-design formula for Tlcd. Engineering Structures, 75, 528–538. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2014.05.045>
- Diego, E. (2014). Cargas (no sísmicas). In Norma NEC-SE-CG MINISTERIO de Desarrollo Urbano y Vivienda (pp. 1–44).
- Domínguez, C. (2014). Redalyc.Períodos de vibración de las edificaciones. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 8(2), 1–13.
- Escalante, J. (2016). Análisis del coeficiente de amortiguamiento viscoso en un sistema masa-resorte-amortiguador. Revista Mexicana de Fisica E, 62(2), 66–73.
- Espinoza, F. (2010). Diseño y caracterización de una mesa vibratoria que se utiliza en un laboratorio universitario de estructuras. XVII Congreso Nacional de Ingenieria Estructural, 1–7.
- Fank, P. (2017). Clasificación mecánica de tablas de pinos resinosa cultivados en el nordeste de Argentina. Maderas. Ciencia y Tecnología 19(3): 247 - 264, 2017, 19(ahead), 1–18. <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2017005000021>

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*



7. Referencias

- Fraustro, O. (1999). Derrumbes, deslizamientos y expansión lateral del suelo provocados por la sismicidad en el graben de cuautepec. Sierra, Instituto de Geografía, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoadn. 04510, México. D. F., 1(Mx), 1–15.
- García, L. (2018). El método experimental profesional. Revista Cubana de Química, 30(2), 328–345. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v30n2/ind13218.pdf>
- Gomez, D. (2008). Sistemas de control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas dinámicas. Dyna-Colombia, 75(155), 77–89.
- Gómez, D. (2019). Sistemas de control para la protección de estructuras civiles sometidas a cargas dinámicas control. Revistas.Unal.Edu.Co/Index.Php/Dyna/Article/View/1742/11580, 1(ecuación 2), 1–10.
- Illidge, Y. (2016). Análisis Sistemático de Literatura Acerca de la Evaluación Del Comportamiento Dinámico de Estructuras Mediante la Experimentación en Mesas Vibratorias de Modelos a Escala Reducida . Universidad Cooperativa De Colombia Santa Marta, 1–15.
- Lehmann, A. (2002). Mesa Vibradora Para Ejecución De Ensayos Dinámicos. Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural, 1(1), 1–20.
- Luis Bustos. (2000). Estudio del comportamiento dinámico de un modelo de mampostería encadenada mediante un ensayo en mesa vibratoria. Investigadores Del Instituto de Investigaciones Antisísmicas de La Universidad Nacional de San Juan – San Juan - Argentina, 1–11.
- Ortiz, E. (2012). Los Niveles Teóricos y Metodológicos en la Investigación Educativa. Cinta de Moebio, 43, 14–23. <https://doi.org/10.4067/s0717-554x2012000100002>
- Patiño, C. (2018). Análisis de un modelo analítico para evaluar la interacción entre una mesa vibratoria y una estructura de ensayo durante ensayos de simulación sísmica. Revista Veritas Et Scientia - Upt, 7(1), 836–847. <https://doi.org/10.47796/ves.v7i1.13>
- Quevedo, F. (2011). Medidas de tendencia central y dispersión. Medwave, 11(03), 1–6. <https://doi.org/10.5867/medwave.2011.03.4934>
- Reyes, J. (2017). Diseño, prototipaje y caracterización de una mesa sísmica de 1 grado de libertad a escala. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA, 1–135.
- Rincon, R. (2010). Análisis y caracterización de un acelerómetro capacitivo fabricado con tecnología polymump's. Superficies y Vacío, 23(3), 26–31. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-35212010000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Ríos, M. (2014). Cooperativas Y Sociedades Laborales Españolas. Departamento de Economía Aplicada. Universidad de Lleida., 1–23. <http://revistas.ucm.es/index.php/REVE/article/viewFile/45279/42605>

*Desarrollo de la ingeniería y arquitectura para
el diseño y construcción de un futuro
sostenible*

