

ANÁLISIS POR CARGAS PEATONALES

La evaluación de vibraciones verticales en sistemas de pisos es una práctica que tiene por finalidad garantizar el confort y seguridad a las personas que ocuparán un determinado ambiente en un determinado tiempo y ubicación, de tal manera que este efecto sea imperceptible.

Un primer procedimiento de evaluar este efecto es la verificación de deflexiones verticales estáticas producidas precisamente por la carga viva, cuyos límites dependen de la normativa que se esté usando para el diseño. Por ejemplo, la Tabla 24.2.2 del ACI 318 2014 indica valores límites de deflexiones estáticas máximas, siendo esta la manera más sencilla de evaluar las vibraciones que están basadas en deflexiones estáticas inmediatas.

El límite inferior de vibración de 5Hz para la frecuencia natural de piso, FNF, que indica el ítem B.4.7 de la NSR-10 representa la propiedad dinámica mínima en el que un sistema de piso deberá considerar ser diseñado para los efectos indicados en el reglamento.

El procedimiento de evaluación para efectos dinámicos se realiza para cargas de servicio permanentes en el que la carga viva es representada por pisadas de una persona promedio que se moverá en una determinada dirección establecida, a una determinada velocidad.

A continuación, se describen los procedimientos para desarrollar la evaluación completa de vibraciones verticales inducidas por personas en sistemas de piso. Se seleccionó para esta explicación una losa nervada de concreto reforzado.

1°. Seleccionar el tramo de sistema de piso bajo el cual se desea evaluar el efecto.

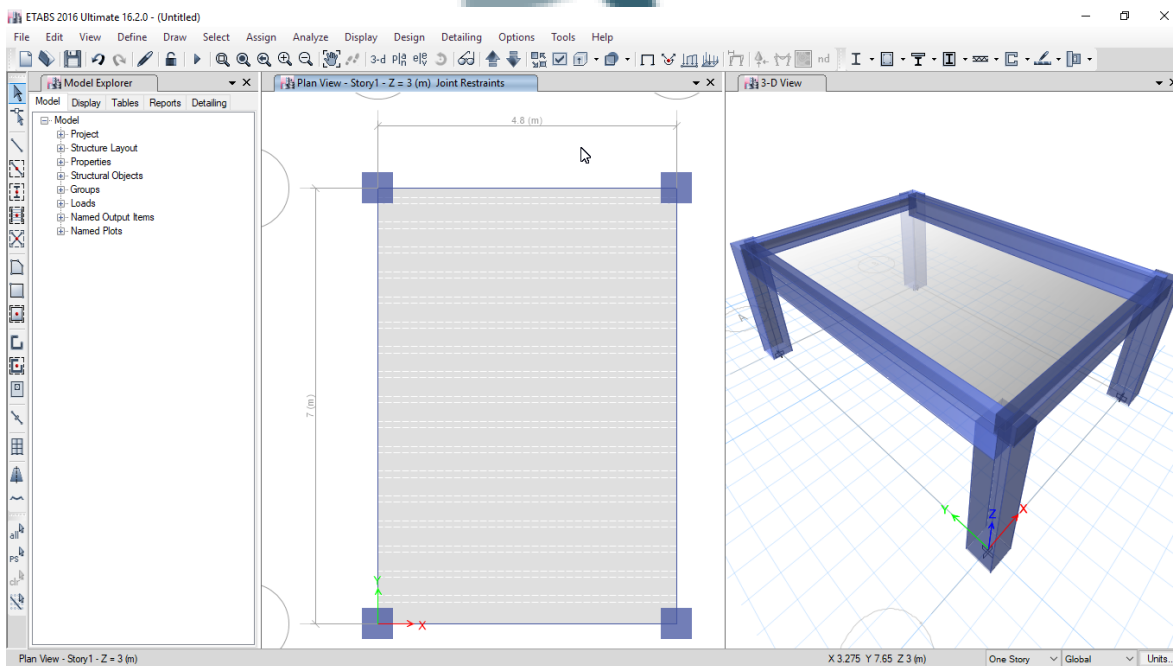


Figura 1.

2°. Desarrollar el análisis Modal vertical del tramo seleccionado y revisar si la FNF $\geq 5\text{Hz}$ para considerar diseñar el tramo para efectos dinámicos.

La Figura 2 muestra la fuente de masa, Mass Source, para cargas permanentes. La carga “CM” indica un valor de carga permanente asignado que participará con el peso propio de la losa.

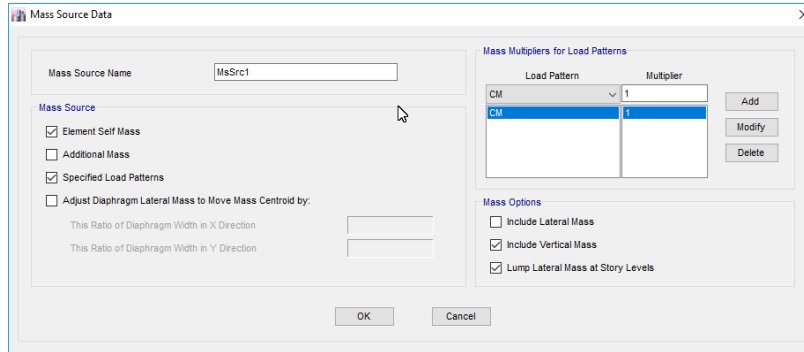


Figura 2.

Antes de realizar el análisis modal, se establece que el análisis se realizará estrictamente en dirección vertical, indicando para esto que los GDL activos sean los que se indican en la Figura 3.

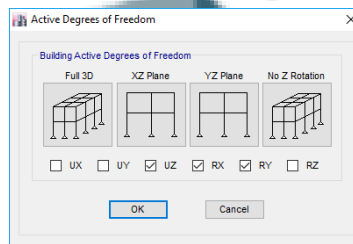
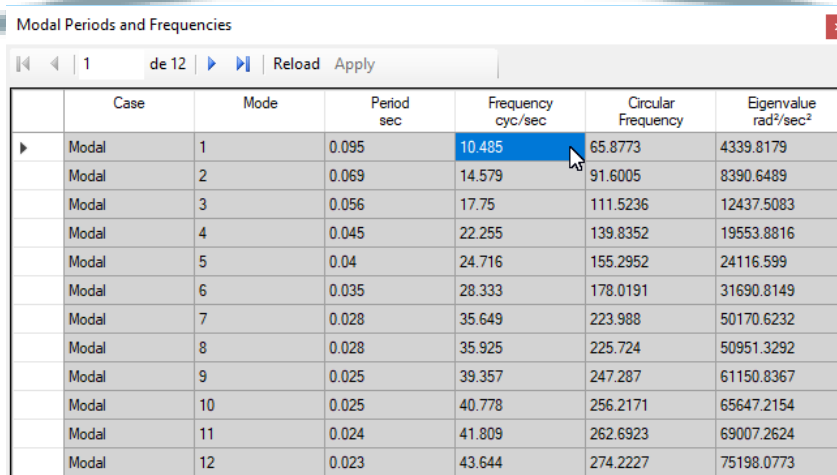


Figura 3.

La Figura 4 muestra las formas deformadas para los 04 primeros modos de vibración. Asimismo, la Tabla Modal Periods and Frequencies muestra la FNF $\geq 5\text{Hz}$, por lo que se concluye que es necesario evaluar este tramo para vibraciones verticales.



Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	Circular Frequency	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.095	10.485	65.8773	4339.8179
Modal	2	0.069	14.579	91.6005	8390.6489
Modal	3	0.056	17.75	111.5236	12437.5083
Modal	4	0.045	22.255	139.8352	19553.8816
Modal	5	0.04	24.716	155.2952	24116.599
Modal	6	0.035	28.333	178.0191	31690.8149
Modal	7	0.028	35.649	223.988	50170.6232
Modal	8	0.028	35.925	225.724	50951.3292
Modal	9	0.025	39.357	247.287	61150.8367
Modal	10	0.025	40.778	256.2171	65647.2154
Modal	11	0.024	41.809	262.6923	69007.2624
Modal	12	0.023	43.644	274.2227	75198.0773

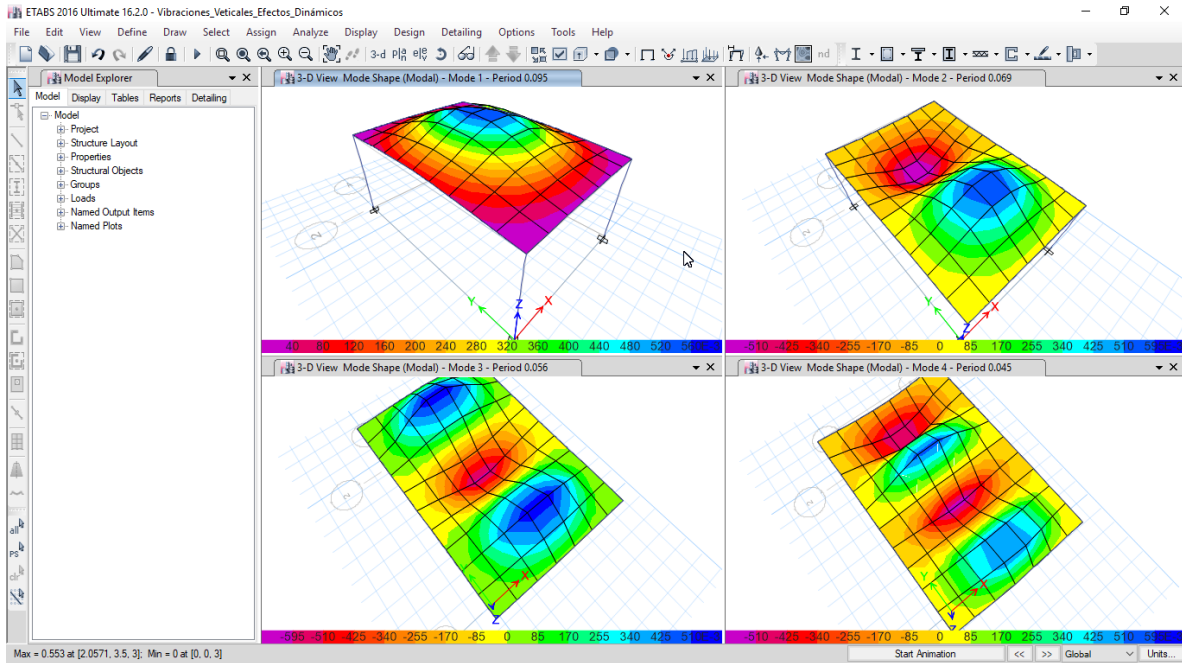


Figura 4.

3°. Establecer el patrón de movimiento sobre el cuál la persona se va a desplazar

Se procede a dibujar mediante una línea nula el patrón de desplazamiento peatonal que será considerado en este diseño. La longitud de la viga fue de 6.75 mts porque se pretende evaluar tamaños de pisadas de 0.75 mts, ya que este ejemplo considera que el desplazamiento de la persona será a velocidad media.

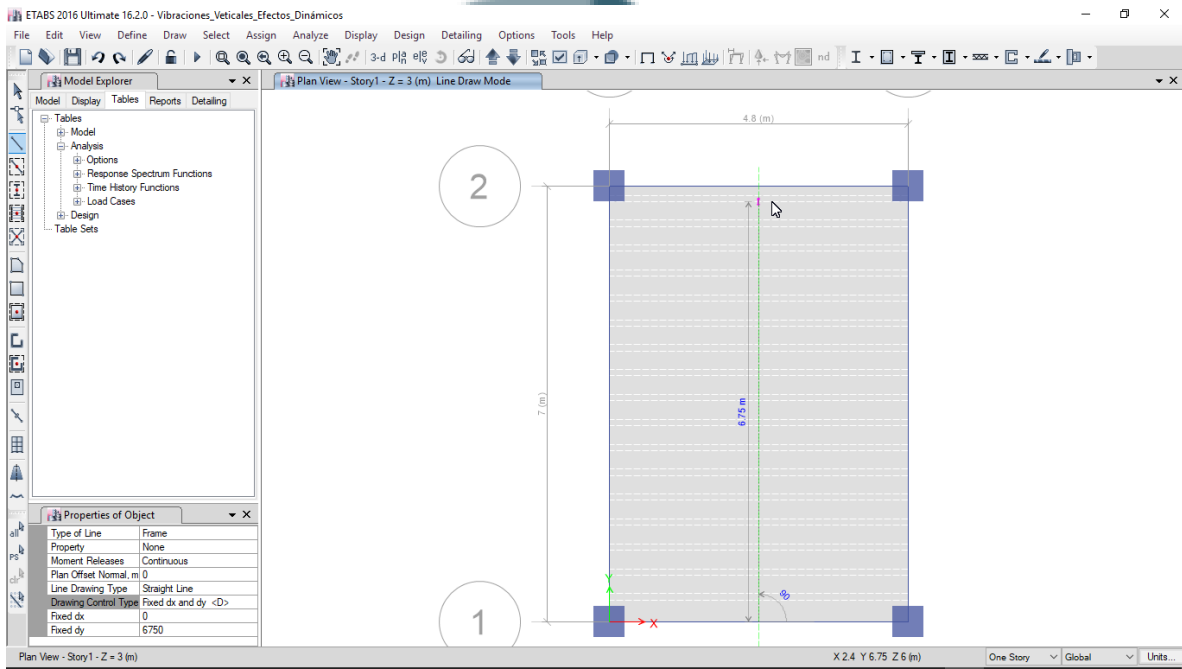


Figura 5.

4°. Definir los patrones de carga que representará las pisadas de la persona en el patrón de movimiento y cargar cada pisada con una carga unitaria.

Primero se procede con la división de la línea en 09 partes, de tal manera que se tengan partes de 0.75 mts. Se establecieron 9 patrones de carga para cada pisada a lo largo del patrón de desplazamiento; estas pueden apreciarse en la Figura 7.

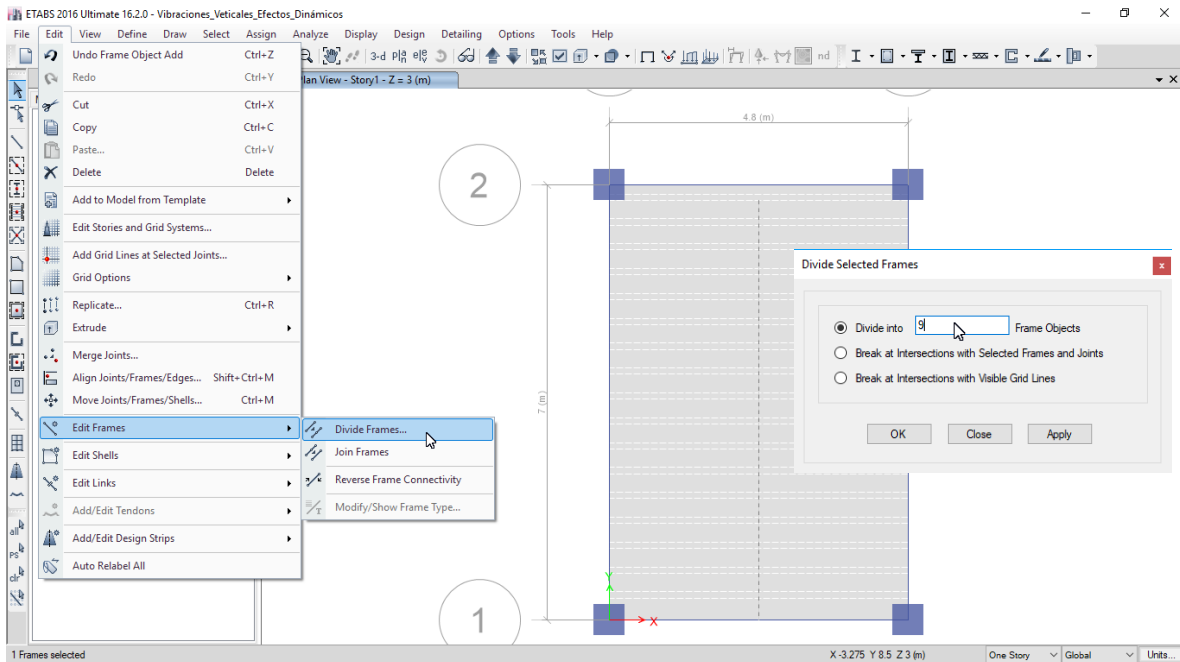


Figura 6.

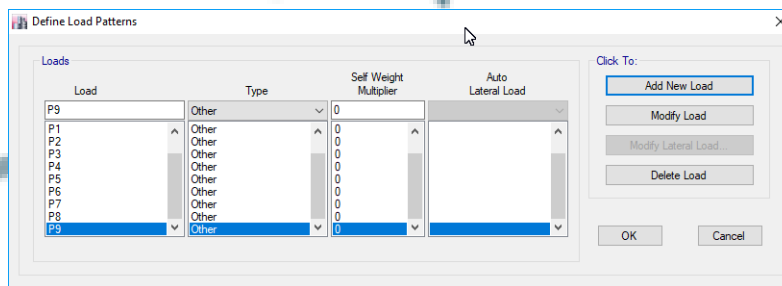


Figura 7.

La Figura 8 muestra la asignación de la última carga unitaria para la última pisada, P9.

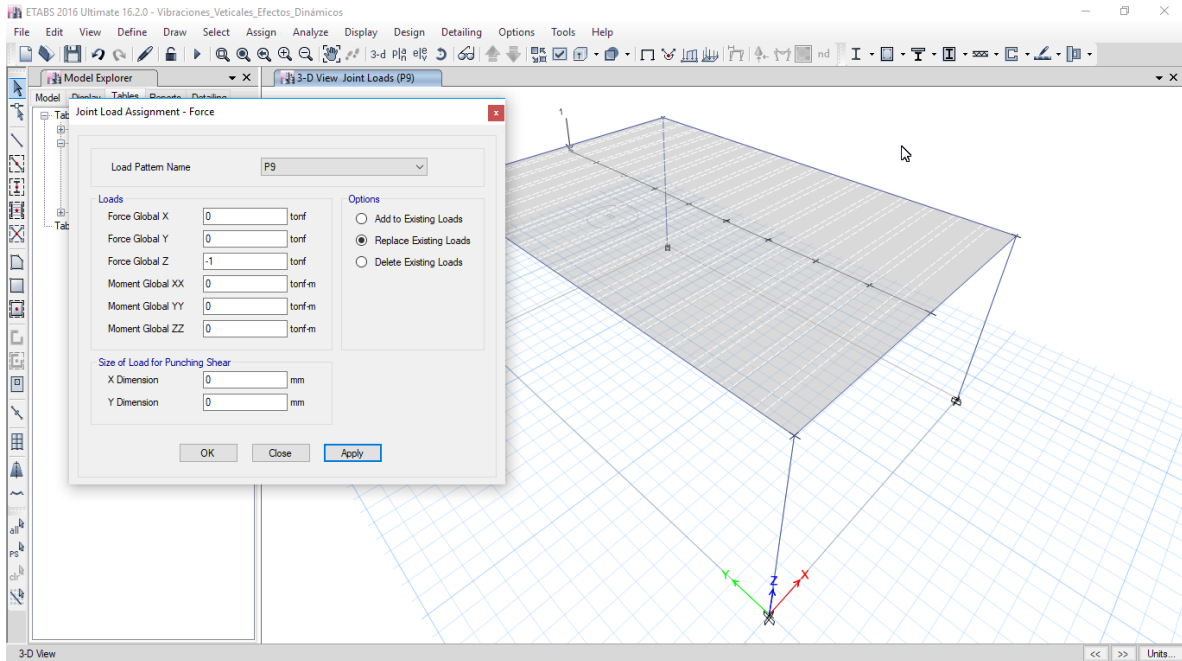


Figura 8.

5°. Definir la vibración por pisadas y el caso de carga que lo incorpora.

Se sigue la ruta que se muestra en la Figura 9 para generar el caso de carga de pisadas para las definiciones por defecto que se muestran en la Figura 10.

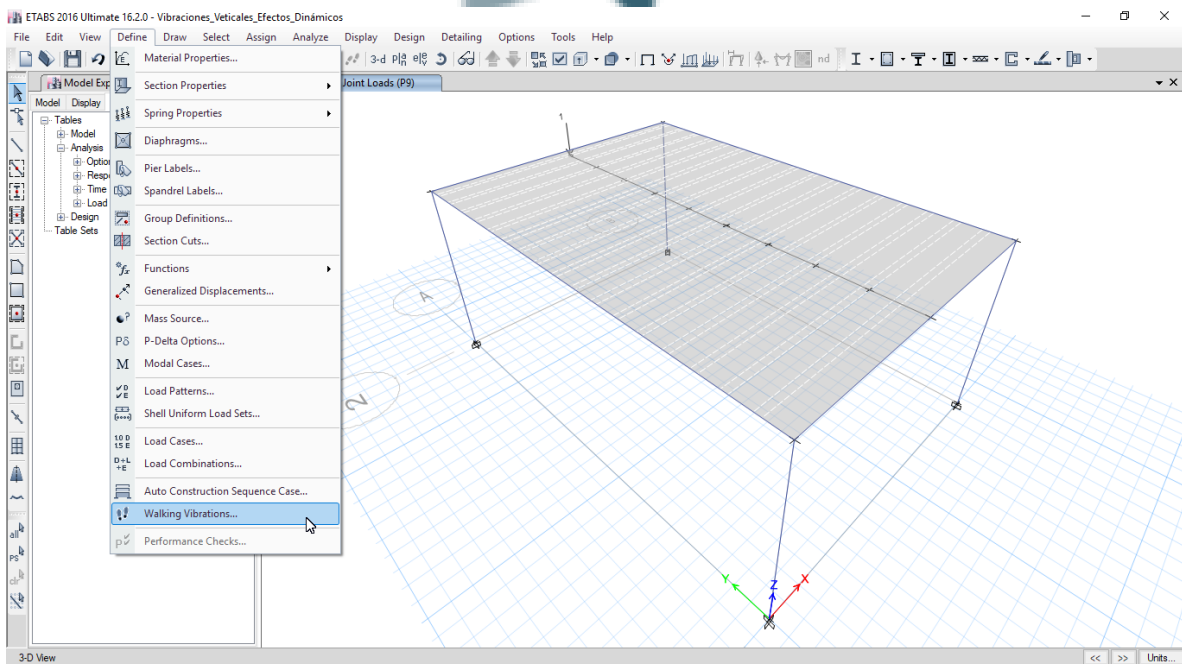


Figura 9.

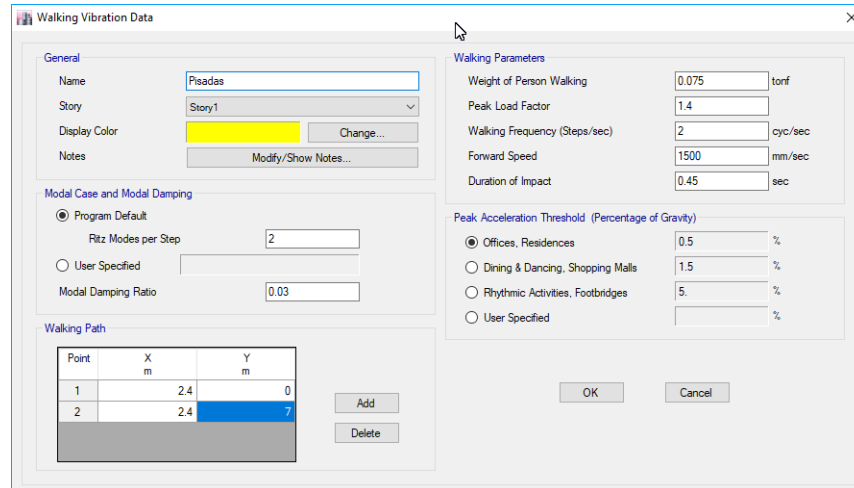


Figura 10.

De la Figura 10, los datos de “*Peak Acceleration Threshold*” indican los criterios de aceptación para considerar al sistema de piso adecuado para los tipos de uso y ocupación del tramo. La Tabla 2 muestra las velocidades, tamaños de pasos y frecuencias dependiendo de la velocidad de desplazamiento de la persona.

Activity	Velocity (m/s)	Step distance (m)	Step frequency (Hz)
Slow walking	1.1	0.6	1.7
Normal walking	1.5	0.75	2.0
Fast walking	2.2	1.0	2.3

Luego se define un caso de carga *Time History* para incorporar cada pisada con la definición realizada en la Figura 10.

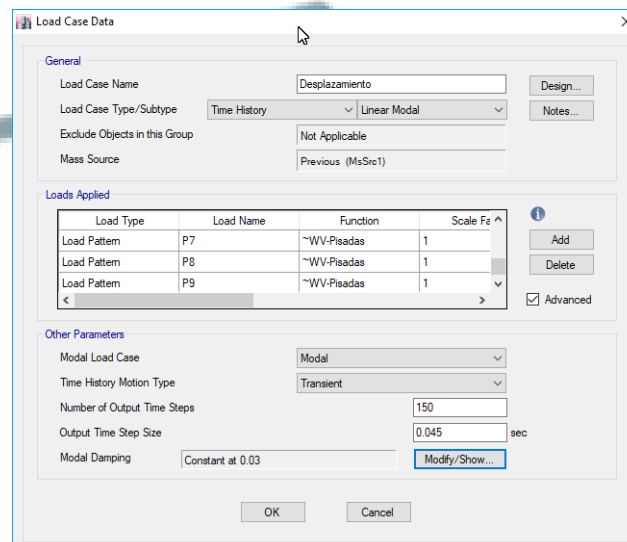


Figura 11.

6°. Ejecutar el análisis del modelo y revisar resultados.

La Figura 12 muestra los desplazamientos verticales producidos por las pisadas al inicio, en la mitad y al final. Esto comprueba que las asignaciones y definiciones están correctas.

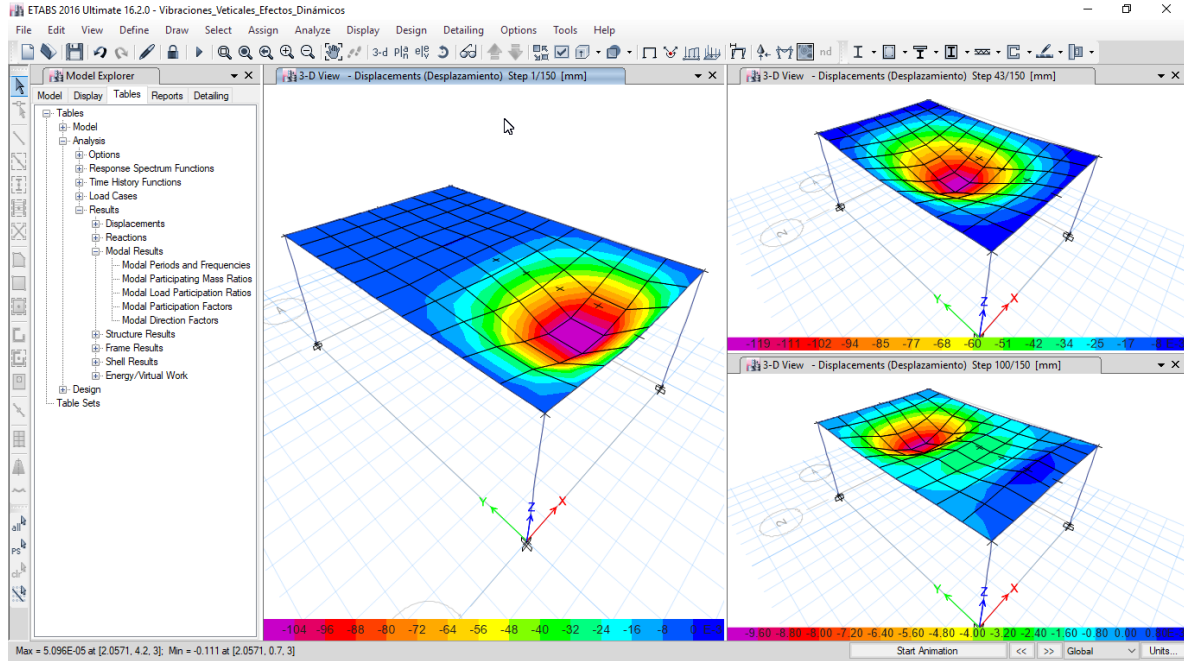


Figura 12.

7°. Determinar la aceleración máxima del tramo en evaluación.

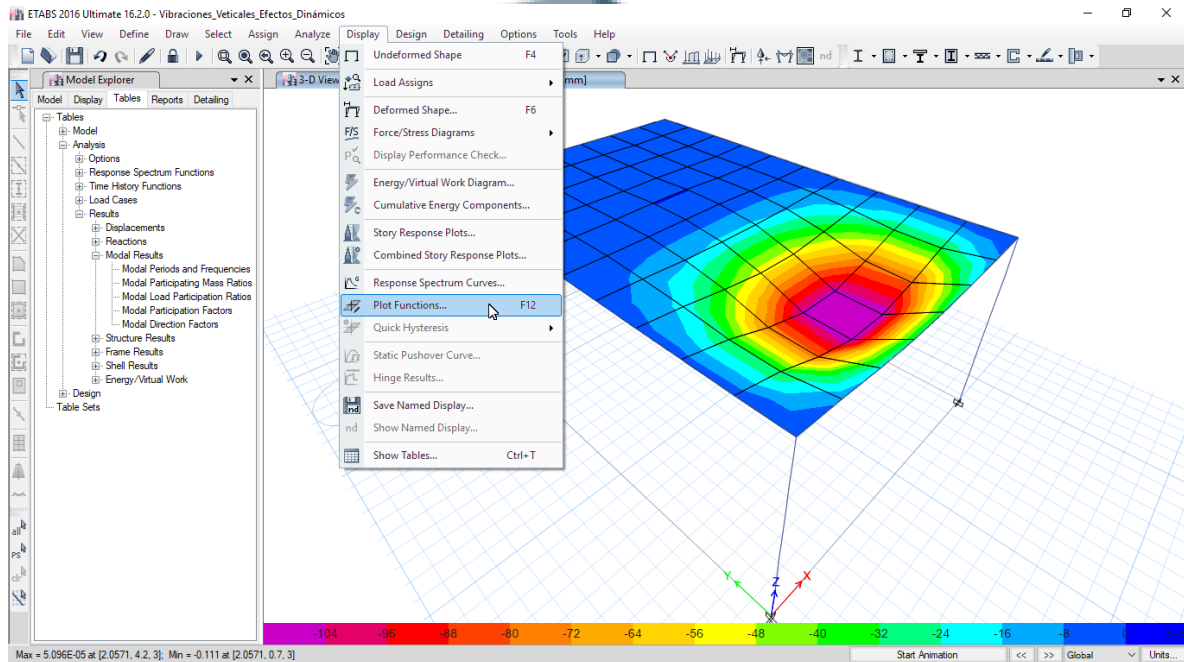


Figura 13.

Se procede con revisar la aceleración máxima del piso evaluada en el patrón de desplazamiento que se definió en el paso 3. Se sigue la ruta que se indica en la Figura 13 y con un clic en el ícono que se indica en la Figura 14 se activara el comando **Plot Functions**.

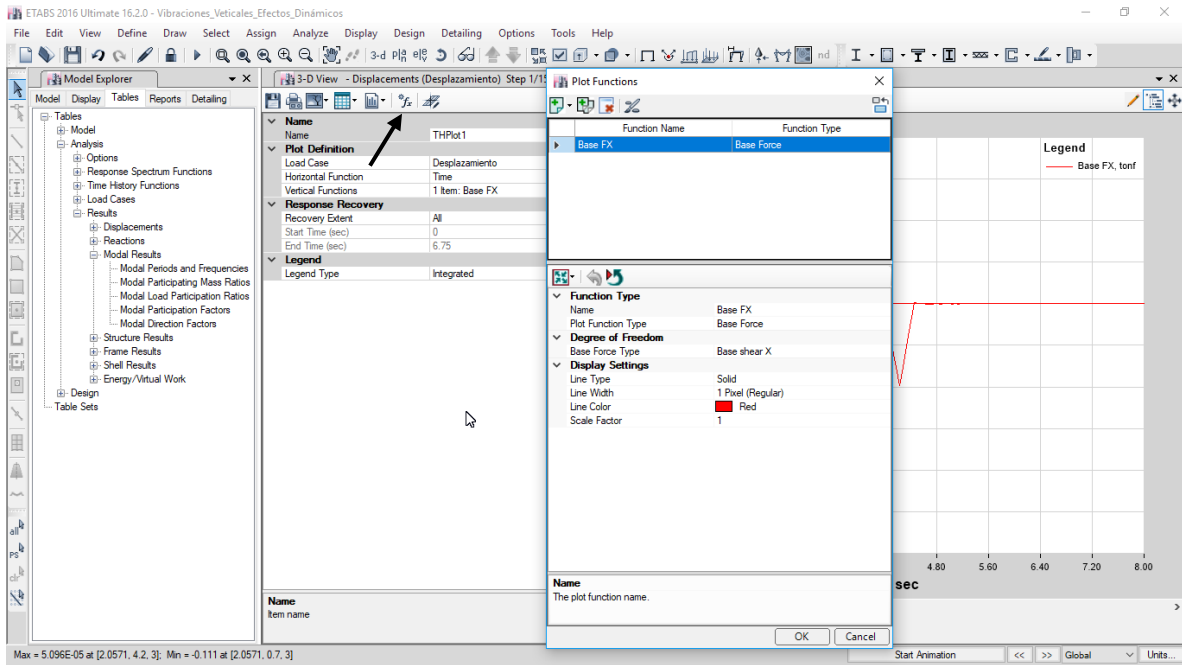


Figura 14.

Luego se agrega un nuevo ploteo de la manera como se muestra en la Figura 15 y se procede a configurar tal como se indica.

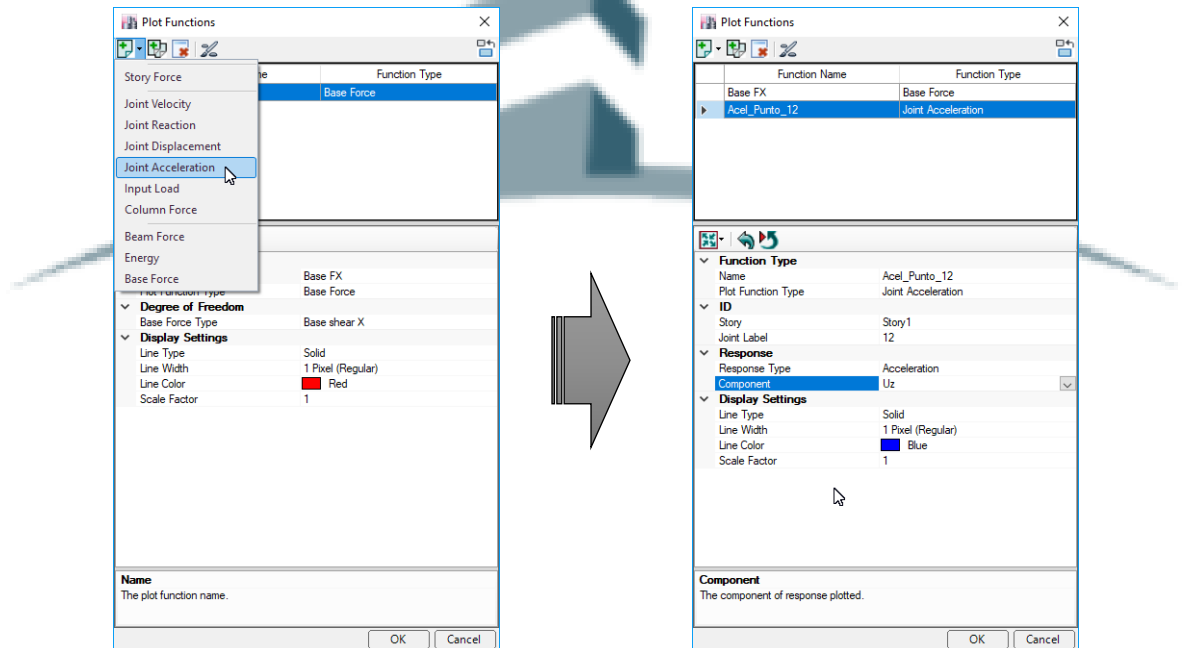


Figura 15.

Se debe revisar que el punto no experimente aceleraciones mayores a los límites establecidos en la Figura 10. Por ejemplo, para ocupaciones de oficinas y viviendas o residencias, la aceleración del piso no debe exceder los $0.5\%g = 0.005g = 0.005(9806.652) = 49.03326 \text{ mm/sec}^2$.

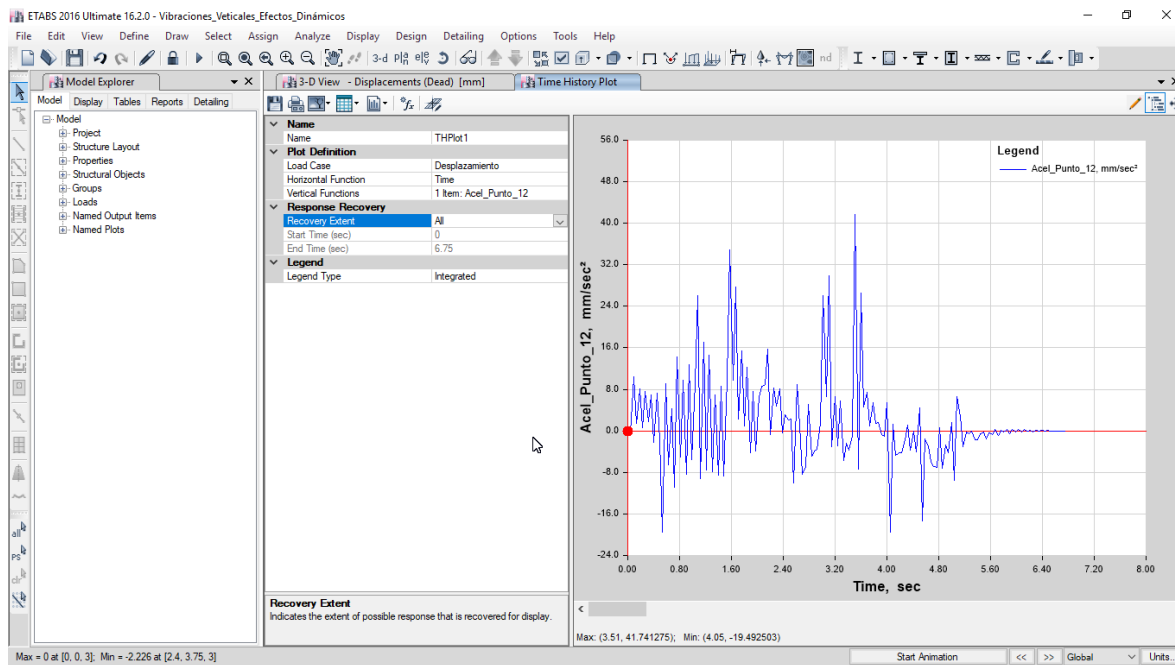


Figura 16.

De excederse este límite se deberá proveer de alguna solución y volver a ejecutar el análisis y volver a revisar los resultados.

De esta manera es como se debería evaluar vibraciones verticales inducidas por personas. Espero haber podido abordar todas tus dudas. Para mayor referencia puedes revisar el vídeo 15 de Watch & learn publicado por CSI (Ver Figura 17). Puedes revisar también las siguientes referencias para una mayor comprensión de las cargas que se usan.

- Fanella, D., A., y Mota, M. (2015). *Vibration of Reinforced Concrete Floor Systems*.
- International Standards Organization (ISO). 1989. *Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration – Part 2: Human Exposure to Continuous and Shock – Induced Vibrations in Buildings (1 to 80 Hz)*, ISO 2631 – 2, ISO.
- ACI. 318 2014. Building Code Requirements for Structural Concrete.
- NSR-10. TÍTULO B – CARGAS. Reglamento Colombiano de Diseño Sismorresistente.
- AISC. Steel Design Guide Series 11. *Floor Vibrations Due to Human Activity*.