



## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# Análisis de la capacidad de absorción de vibraciones y sismo-resistencia de las estructuras Steel Framing

## Analysis of the vibration absorption and earthquake-resistance capacity of Steel Framing structures

*Elvis Jaseth Baque Galarraga*  
Instituto Superior Tecnológico Tsáchilas  
[elvisbaquegalarraga@tsachila.edu.ec](mailto:elvisbaquegalarraga@tsachila.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0000-4735-5835>

*Cristhian Paul Asifuela Cisneros*  
Instituto Superior Tecnológico Tsáchilas  
[cristhianasifuelacisneros@tsachila.edu.ec](mailto:cristhianasifuelacisneros@tsachila.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0001-3529-3830>

*Kleber Javier Barba Barba*  
Instituto Superior Tecnológico Tsáchilas  
[kleberbarba@tsachila.edu.ec](mailto:kleberbarba@tsachila.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0004-2068-1955>

*Santiago Isaac Bustamante Sánchez*  
Instituto Superior Tecnológico Tsáchilas  
[santiagobustamante@tsachila.edu.ec](mailto:santiagobustamante@tsachila.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6273-4075>

**Autor de Correspondencia:** Baque Galarraga Elvis Jaseth, [elvsbaquegalarraga@tsachila.edu.ec](mailto:elvsbaquegalarraga@tsachila.edu.ec)

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

**Recibido:** 16 junio 2024 | **Aceptado:** 31 julio 2024 | **Publicado online:** 6 agosto 2024

### CITACIÓN

Baque Galarraga, E; Asifuela Cisneros, C; Barba Barba, K y Bustamante Sánchez, S. (2024). Análisis de la capacidad de absorción de vibraciones y sismo-resistencia de las estructuras Steel Framing. *Revista Social Fronteriza* 2024; 4(4): e350.  
[https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)350](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)350)



Esta obra está bajo una licencia internacional. [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).





## RESUMEN

La presente investigación se centra en el análisis de la capacidad de absorción de vibraciones y sismo-resistencia de las estructuras Steel Framing. Este sistema constructivo ha ganado popularidad como una alternativa viable a los métodos tradicionales debido a su versatilidad, rapidez de construcción y eficiencia estructural. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos en términos de absorción de vibraciones y resistencia sísmica. El estudio se realizó a través de simulaciones computacionales utilizando el programa SAP2000, donde se sometió el diseño de una estructura de Steel Framing a diferentes tipos de cargas y vibraciones para monitorear su comportamiento. La metodología incluyó una recopilación exhaustiva de datos y la aplicación de pruebas y simulaciones para evaluar la respuesta de la estructura frente a escenarios sísmicos y de vibración. Los resultados demostraron que el diseño de la estructura es resistente y cumple con las normativas vigentes, mostrando que el Steel Framing es una opción confiable para la construcción. Además, se destacó que este sistema ofrece ventajas como alta resistencia y durabilidad, resistencia al fuego, rapidez en la construcción, flexibilidad y precisión en el diseño, así como sostenibilidad. Este estudio proporciona una base sólida para considerar el Steel Framing como una solución efectiva y segura en proyectos de construcción futuros, especialmente en áreas propensas a sismos. Las conclusiones sugieren que, con un diseño y análisis adecuados, el Steel Framing puede superar los desafíos relacionados con las vibraciones y la resistencia sísmica, posicionándose como una alternativa viable y eficiente en la industria de la construcción.

**Palabras Clave:** Steel Framing, Análisis estructural, Sismo-resistencia, Durabilidad, Versatilidad

---

## ABSTRACT

This research focuses on analyzing the vibration absorption and earthquake resistance capacity of Steel Framing structures. This construction system has gained popularity as a viable alternative to traditional methods due to its versatility, rapid construction, and structural efficiency. However, it faces significant challenges in terms of vibration absorption and seismic resistance. The study was conducted through computational simulations using the SAP2000 program, where a Steel Framing structure design was subjected to various types of loads and vibrations to monitor its behavior. The methodology included an extensive data collection and the application of tests and simulations to evaluate the structure's response to seismic and vibration scenarios. The results demonstrated that the structure's design is resistant and complies with current regulations, showing that Steel Framing is a reliable construction option. Additionally, this system offers advantages such as high strength and durability, fire resistance, rapid construction, flexibility and precision in design, as well as sustainability. This study provides a solid foundation for considering Steel Framing as an effective and safe solution for future construction projects, especially in earthquake-prone areas. The conclusions suggest that, with proper design and analysis, Steel Framing can overcome challenges related to vibrations and seismic resistance, positioning itself as a viable and efficient alternative in the construction industry.

**Keywords:** Steel Framing, Structural analysis, Earthquake resistance, Durability, Versatility

---





## 1. Introducción

Las estructuras Steel Framing, también conocidas como entramados de acero ligero, han ganado popularidad en las últimas décadas como una alternativa viable a los métodos tradicionales de construcción en hormigón armado y mampostería. Su versatilidad, rapidez de construcción y eficiencia estructural las convierten en una opción atractiva para una amplia gama de proyectos, desde viviendas unifamiliares hasta edificios comerciales de gran altura (Hochman, 2023).

Sin embargo, a pesar de sus ventajas, las estructuras Steel Framing presentan desafíos, especialmente en relación con su capacidad para absorber vibraciones y resistir sismos. Las vibraciones, generadas por diversas fuentes como tráfico vehicular, maquinaria industrial o viento, pueden afectar el confort de los ocupantes y, en casos extremos, comprometer la integridad estructural del edificio (bigrentz, 2023).

Por otro lado, los sismos representan una amenaza significativa para las estructuras en general, y las de Steel Framing no son una excepción. Su menor masa y rigidez en comparación con las estructuras de hormigón armado las hacen más susceptibles a los movimientos sísmicos, lo que requiere un diseño y análisis cuidadoso para garantizar su seguridad y desempeño durante un evento sísmico (Board, 2022).

En este contexto, la tesis doctoral titulada "Análisis de la capacidad de absorción de vibraciones y sismo-resistencia de las estructuras Steel Framing" tiene como objetivo investigar a profundidad el comportamiento de este tipo de estructuras bajo cargas dinámicas, como vibraciones y sismos. A través de un estudio teórico y experimental, se analizarán los diferentes factores que influyen en la capacidad de absorción de vibraciones y sismo-resistencia de las estructuras Steel Framing, con el fin de desarrollar recomendaciones de diseño y construcción que permitan optimizar su desempeño bajo este tipo de solicitaciones (Hochman, 2023) (bigrentz, 2023) (Board, 2022).



## 2. Desarrollo

### *Antecedentes históricos y evolución del sistema constructivo Steel Framing.*

El sistema de construcción conocido como Steel Framing, que implica el uso de perfiles cincados conformados en frío, es uno de los enfoques más importantes y en crecimiento en la construcción de viviendas en la actualidad.

Debido al crecimiento de la población y los avances tecnológicos, la industria de la construcción civil a nivel mundial ha buscado métodos de construcción más eficientes con el objetivo de aumentar la productividad, reducir el desperdicio y satisfacer la creciente demanda. En la mayoría de los países de América Latina, la construcción civil sigue siendo predominantemente artesanal, lo que se traduce en baja productividad y altos niveles de desperdicio.

### *Orígenes del Steel Framing.*

El Steel Frame se originó a principios del siglo XIX en el Reino Unido y se popularizó en los Estados Unidos a finales del siglo XIX. Durante este tiempo, se utilizó principalmente en la construcción de edificios de gran altura y puentes.

En la década de 1940, la técnica se refinó aún más y se utilizó ampliamente en la construcción de viviendas prefabricadas. Sin embargo, su popularidad disminuyó en la década de 1960 debido a la creciente preocupación por la calidad del aire interior en estas viviendas prefabricadas (Campus App, 2023).

### *Aplicaciones en la construcción actual.*

En la actualidad, el Steel Frame se utiliza ampliamente en la construcción de edificios comerciales y residenciales debido a sus numerosas ventajas. La técnica se ha mejorado significativamente a lo largo de los años y ahora es una opción popular para la construcción de estructuras de gran altura, edificios de oficinas y viviendas unifamiliares.

El **Steel Frame** es más rápido y fácil de construir que otras técnicas de construcción y requiere menos mano de obra. La estructura de acero también es más resistente a los elementos naturales como el viento y la lluvia, lo que reduce el riesgo de daños y la necesidad de reparaciones costosas.



Además, el Steel Frame es una opción más sostenible que otras técnicas de construcción debido a su capacidad para ser reciclado y su durabilidad a largo plazo.

En los últimos años, el Steel Frame ha evolucionado aún más con el uso de tecnología avanzada como la modelización por ordenador y la construcción prefabricada. Estas innovaciones han mejorado aún más la eficiencia y la velocidad de construcción del Steel Frame.

En conclusión, el Steel Frame ha evolucionado significativamente desde su origen a principios del siglo XIX hasta su aplicación en la construcción actual. Gracias a sus numerosas ventajas, la técnica se ha vuelto cada vez más popular en la construcción de edificios y estructuras resistentes y duraderos. A medida que continúa la evolución del Steel Frame, es probable que siga siendo una opción popular en la construcción moderna (Campus App, 2023).

#### *Consideraciones para panelizado de estructuras.*

El concepto principal de las estructuras resueltas con Steel Framing es dividir la estructura en una gran cantidad de elementos estructurales, de manera que cada uno resista una porción de la carga total. Con este criterio, es posible utilizar elementos más esbeltos, más livianos y fáciles de manipular. Así, una pared continua tradicional resuelta, por ejemplo, con mampostería se convierte, al construirla con Steel Framing, en un panel compuesto por una cantidad de perfiles “C” denominados montantes, que transmiten las cargas verticalmente, por contacto directo a través de sus almas, estando sus secciones en coincidencia. Por lo tanto, las almas de las vigas deben coincidir con las almas de los montantes ubicados sobre y/o por debajo del entrepiso, dado que la carga recibida por cada viga será transmitida puntualmente al montante del panel que le sirve de apoyo. Esta descripción es la que da origen al concepto de estructura alineada, (o “in line Framing”). La separación o modulación adoptada entre montantes y entre vigas estará directamente relacionada con las solicitaciones a las que cada perfil se vea sometido. A mayor separación entre montantes/vigas, mayor será la carga que cada uno de ellos deberá resistir, y por lo tanto mayor resultará la sección del perfil. En la mayoría de los casos, se utilizará una misma modulación para todo el proyecto. Es decir que las vigas del entrepiso se modularán con la misma separación que los montantes de los paneles (o viceversa). En los casos en que la modulación de los paneles no coincida





con la estructura de entrepiso o de techo, y por lo tanto no se respete la “in line Framing”, deberá colocarse una viga dintel corrida (viga tubo), capaz de transmitir la carga de los perfiles que no apoyan directamente sobre los montantes (PROCESOS CONSTRUCTIVOS, 2013).

Otro concepto implementado en el sistema Steel Framing es el rigidización horizontal de columnas, también conocido como “correa y bloqueo”.

Este concepto da como resultado una mayor resistencia dentro del panel y una menor altura de pandeo para postes que están constantemente bajo compresión o compresión flexográfica.

A una altura de 2,50 m se requiere alambre de refuerzo a media altura, pero para alturas superiores se recomienda fijar cada 1 metro.

Para lograr este refuerzo se utilizan bandas o correas de acero a cada lado del montante y se fijan a las alas con tornillos.

Para aumentar la rigidez del panel se utilizan bloqueadores que se instalan entre los postes y la banda (Toral, 2014).

#### ***Uniones entre paneles.***

Por ser muy liviana, la estructura SF y los componentes de cerramiento exigen bastante menos a la fundación que en otros tipos de construcción. Pero como la estructura distribuye la carga uniformemente a lo largo de los paneles estructurales, la fundación debe ser continua y soportar los paneles en toda su extensión. La selección del tipo de fundación también dependerá de la topografía, del tipo de suelo, del nivel de la capa freática y de la profundidad del suelo firme. Estos datos los proporciona el estudio de suelo. La construcción de las fundaciones se hace según el proceso convencional y como en cualquier otro caso debe observarse el aislamiento contra la humedad.

Los paneles estructurales o portantes cuando forman la estructura, soportando las cargas de la edificación; pueden ser internos o externos. Son no estructurales cuando funcionan sólo como cerramiento externo o división interna, o sea, cuando no ejercen una función estructural.



Los paneles estructurales están sujetos a cargas horizontales de viento y movimientos sísmicos, como asimismo de las cargas verticales de entresijos, techados y otros paneles. Estas cargas verticales las origina el propio peso de la estructura y sus componentes constructivos y la sobrecarga por utilización (personas, muebles, máquinas, aguas lluvias, etc.). Por lo tanto, la función de los paneles consiste en resistir estos esfuerzos y transmitirlos a la fundación. Los paneles están compuestos por una determinada cantidad de elementos verticales de perfil C llamados montantes y elementos horizontales transversales tipo U denominados soleras (Sarmanho, 2008).

#### *Unión de dos paneles formando una “T”*

Según (INCOSE, 2023) Esta pieza está conformada por tres montantes (PGC) que van alojados dentro de un mismo panel y permite la fijación de otro panel que llega al encuentro a 90°. Se lo denomina encuentro en T.

Cuando la extremidad de un panel está conectada perpendicularmente a otro panel, generando una unión en “T”.

#### *Sismo \_ Resistencia de estructuras en Steel Framing.*

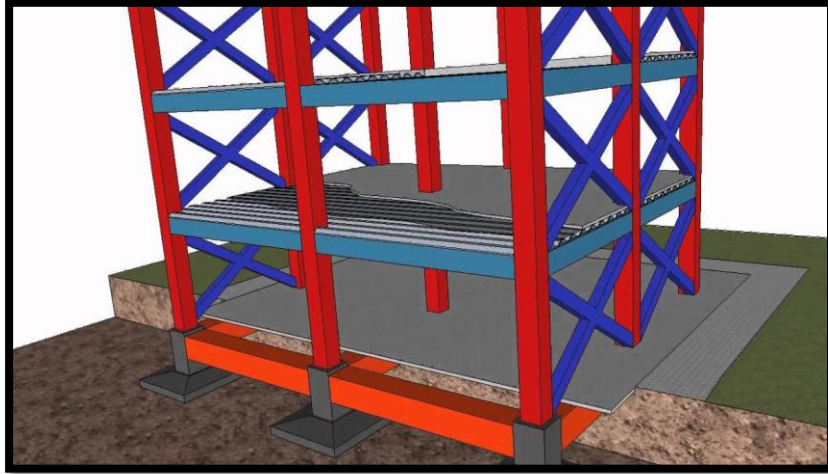
Dado que es liviano, también es ventajoso para la resistencia a los terremotos.

Por lo tanto, generalmente no se recomienda agregar masa a diseños como:

- Contrapisos de hormigón
- Adoquines de ladrillo
- Baldosas
- Cerámicas

Sin embargo, si estas adiciones se hacen razonablemente considerando su impacto en la respuesta sísmica, pueden realizarse bajo la supervisión adecuada de un ingeniero especializado en la materia.

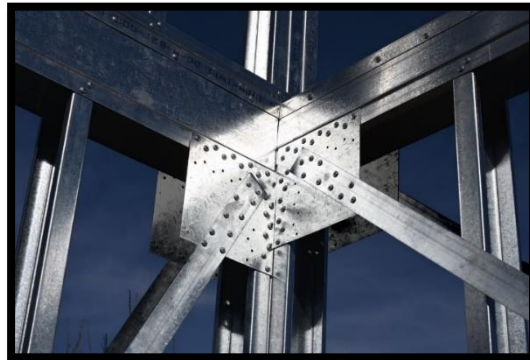
Por ejemplo, en este tipo de estructura, cuando se aplica una capa de concreto al entrepiso, se agrega una rejilla de acero, asegurando que la placa formada de ese modo actúe como una membrana que dispersa las fuerzas de inercia (Roberto G.C Dannemann, 2008).



**Ilustración 1:** Comportamiento de una estructura Steel Framing ante un Sismo.  
**Tomada de:** <https://www.youtube.com/watch?v=QTKo9TsSzso>

### *Cruces de San Andrés.*

Las Cruces de San Andrés son elementos de refuerzo que se utilizan en las estructuras de Steel Framing. Estas consisten en diagonales que se colocan entre los perfiles verticales y



**Ilustración 2:** Cruces de San Andrés en el sistema Steel Framing.  
**Tomada de:** <https://www.adbarbieri.com/blog/rigidizacion-cruces-de-san-andres-en-el-steel-frame>

horizontales para formar una “X” en la estructura. La técnica toma su nombre de la forma en que se cruzan las diagonales, similar a la Cruz de San Andrés (Cóndor Estructuras , 2021).



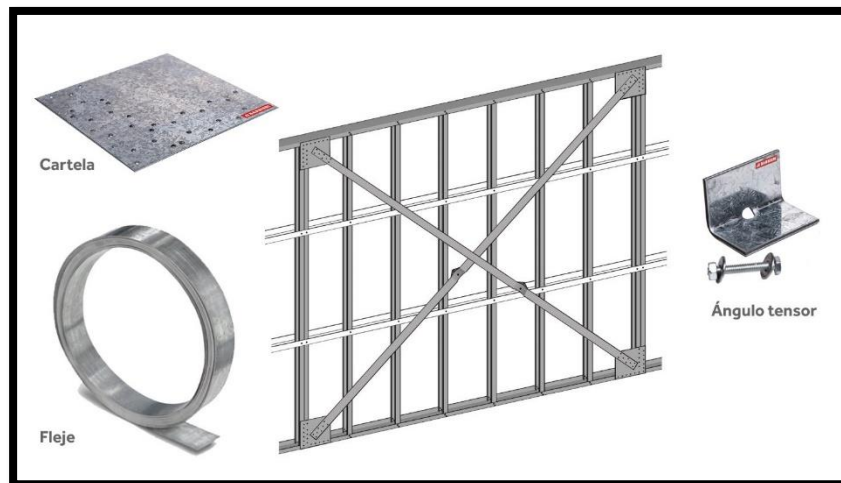
### *Colocación de las Cruces de San Andrés.*

Para una correcta instalación de la Cruz de San Andrés, ésta debe colocarse en ambas caras del panel una vez que la estructura se encuentra montada y a escuadra.

Primero se colocan las Cartelas en las esquinas a las cuales se fijarán los flejes. Las Cartelas son cuadrados de acero galvanizado con perforaciones. Sus dimensiones permiten colocar los tornillos necesarios determinados mediante el cálculo. Las cartelas se fijan a los PGC y PGU con tornillos T1 colocados en L.

Luego se coloca el Fleje para Cruz de San Andrés en forma diagonal, atornillándolo en las cartelas. Tener en cuenta que el ancho y espesor del fleje serán especificados a través de un cálculo estructural. El fleje debe quedar estirado.

Las Cruces se fijan únicamente en los extremos para que los flejes puedan constituir un plano indeformable en ambos sentidos y tomar cargas horizontales arriostrando el panel (BARBIERI, 2018).



**Ilustración 3:** Rigidización de paneles aplicando Cruces de San Andrés.  
**Tomada de:** <https://www.adbarbieri.com/blog/rigidizacion-cruces-de-san-andres-en-el-steel-frame>

### *Dinteles en sistema Steel Framing.*

En el sistema Steel Framing los dinteles de las aberturas son piezas pre-armadas que se realizan combinando distintos tipos de perfiles.

Se puede armar un dintel utilizando los perfiles “C” y “U”, tal como se indica en la figura de abajo. En ese caso, cada pieza cumple una función específica:

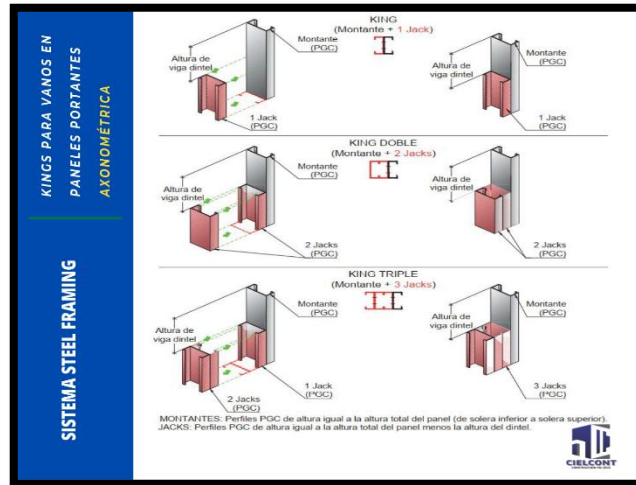
- Dos perfiles “C”: componen la viga o dintel propiamente dicho. Habitualmente tienen mayor altura de alma y mayor espesor de chapa que los montantes normales del panel.
- Solera de dintel: está sujeta por su alma a las alas inferiores de los dos perfiles “C” del dintel. Su finalidad es recibir los lisiados por encima de la abertura.
- Corte de solera: permite conectar los dos perfiles “C” del dintel y sujetarlo al montante del rey adyacente, evitando su rotación. Su altura es igual a la altura del dintel, menos la altura del ala de la solera superior del panel.

### *6.7.4 Pieza King en el sistema Steel Framing.*

Es el conjunto de perfiles formado por el o los **jacks** y el montante (PGC) que va desde la solera inferior hasta la solera superior del panel colocado a continuación de éstos. La cantidad de **Jacks** determinará el nombre de la pieza **King** (BARBIERI, 2019).

- **King simple:** Compuesto de un jack y un montante.
- **King doble:** Compuesto de dos jacks y un montante.

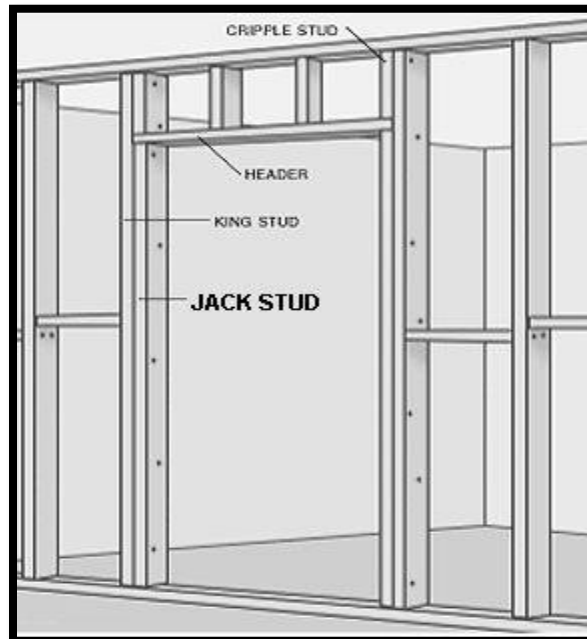
**King triple:** Compuesto de tres jacks y un montante.



**Ilustración 4:** Piezas que conforman un King en el sistema Steel Framing.  
**Tomada de:** Cielcont Construcciones en Seco.

**Pieza Jack en el sistema Steel Framing.**

Es la denominación del montante (PGC) de menor altura donde apoya la viga dintel. La cantidad de Jacks a colocar en el panel dependerá de la cantidad de montantes (PGC) interrumpidos por la generación del vano: puede establecerse que habrá a cada lado del vano,



**Ilustración 5:** Pieza Jack en un Dintel Steel Framing.  
**Tomada de:** <https://www.pinterest.com/pin/647814727625502770/>

el número de montantes interrumpidos por la viga dintel, dividida por dos. Cuando la cantidad de montantes interrumpidos sea impar, se deberá agregar un Jack (PGC) más, logrando la misma cantidad de jacks en ambos laterales. *El criterio para determinar el número de jacks debe utilizarse como aproximación al diseño del panel, por lo tanto, esta consideración no exime del cálculo estructural del mismo* (BARBIERI, 2019).

### Vibraciones estructurales.

La vibración estructural ocurre cuando las vigas de la plataforma vibran debido a fuerzas dinámicas generadas por compresores, bombas y motores.

Estas vibraciones pueden provocar fallas en las tuberías, reducción de la confiabilidad del equipo y problemas de seguridad. La vibración se produce porque la estructura es mecánicamente resonante.

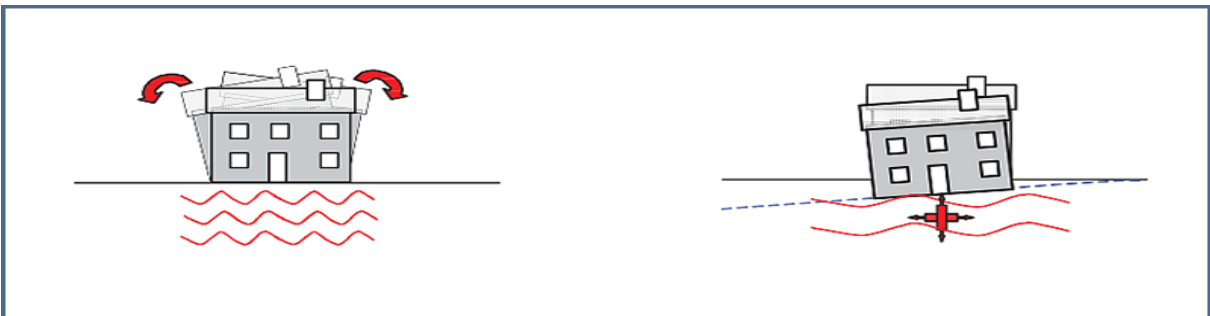
Si las fuerzas dinámicas corresponden a las frecuencias naturales de la estructura portante, hablamos de "resonancia".

Cuando se produce resonancia, las fuerzas se amplifican hasta 20 veces, lo que hace que el soporte de la plataforma vibre más allá de los límites operativos seguros.

Los problemas de resonancia estructural no se limitan a dispositivos de alta potencia.

También ocurre con bombas de pistón y compresores pequeños, como lo demuestra el siguiente ejemplo.

La mejor manera de evitar la resonancia estructural es mediante un desarrollo dinámico adecuado y un análisis de la vibración estructural (Woodplc, 2021).



**Ilustración 6:** Comportamiento de las Vibraciones Estructurales.

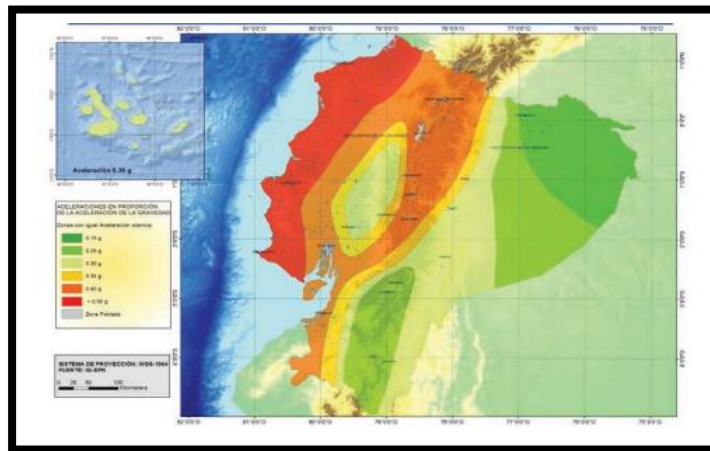
**Tomada de:** <https://es.jsheld.com/perspectivas/art%C3%ADculos-7ih/el-impacto-de-las-vibraciones-durante-la-construcci%C3%B3n-en-estructuras-adyacentes>

**Capacidades de absorción.**

Según (Toral, 2014), para un correcto diseño sísmico de una estructura, es necesario evaluar las vibraciones que experimenta la estructura dependiendo del suelo y riesgo sísmico en el que se encuentra una zona geográfica determinada.

En primer lugar, el área donde se construirá el edificio debe ubicarse en un mapa de riesgo sísmico especificado por el NEC, a partir del cual se determina el valor del factor Z, que representa la aceleración máxima esperada de la roca en un terremoto.

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI. (NEC-SE-DS: Peligro sísmico, diseño sísmico resistente, 2015).



**Ilustración 7:** Mapa del Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.

**Tomada de:** <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf> (Pág.32)

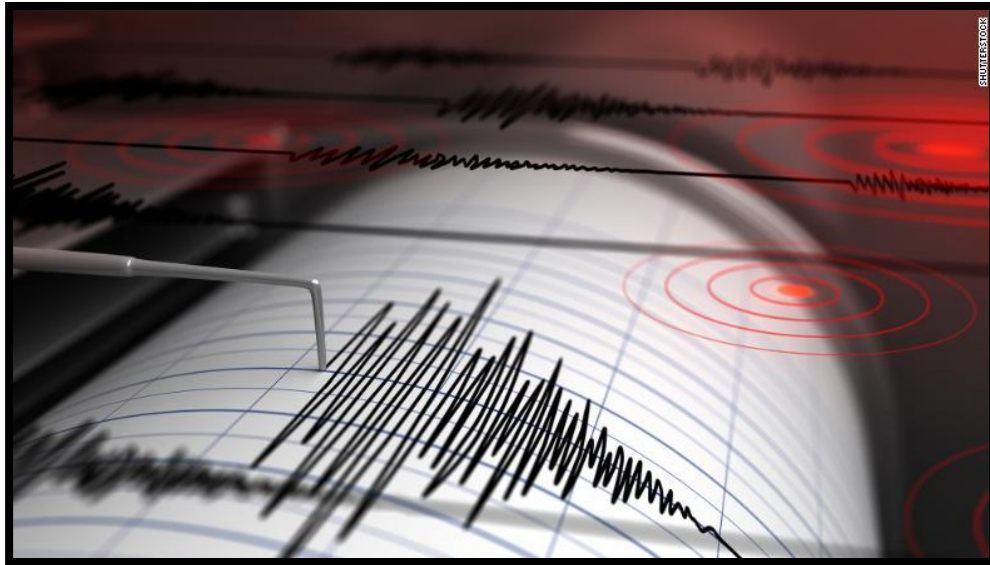
Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
<b>Valor factor Z</b>	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
<b>Caracterización del peligro sísmico</b>	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

**Ilustración 8:** Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

**Tomada de:** <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf> (Pág.32)

***Escalas de Magnitudes Sísmicas.***

Las escalas de magnitud sísmica se usan para describir la fuerza o el "tamaño" general de un terremoto. Estos se distinguen de las escalas de intensidad sísmica que clasifican la intensidad o gravedad de la sacudida del terreno (temblor) causada por un terremoto en un lugar determinado. Las magnitudes generalmente se determinan a partir de las mediciones de las ondas sísmicas de un terremoto registradas en un sismograma. Las escalas de magnitud varían según el tipo y componente de las ondas sísmicas medidas y de los cálculos utilizados. Las escalas de diferentes magnitudes son necesarias debido a las diferencias en los terremotos y en los propósitos para los cuales se utilizan las magnitudes (Wikipedia, 2016).

**Ilustración 9:** Sismógrafo**Tomada de:** <https://cnnespanol.cnn.com/2024/04/02/como-determina-magnitud-terremoto/>.

### 6.9.2 Tipos de Escalas de Magnitud.

Para caracterizar los terremotos se utilizan dos escalas: la de Richter, que representa la energía sísmica liberada, y la de Mercalli, que se basa en el efecto o daño producido en las estructuras y en la sensación percibida por la gente. En el reciente terremoto ocurrido en el sur de México, se registró una magnitud de 8,2 grados en la escala de Richter con consecuencias catastróficas (Unidiversidad, 2017).



**Ilustración 10:** Ondas Sísmicas

**Tomada de:** <https://geoplaneta.net/terremotos-conceptos-causas-zonas-y-escalas-sismicas/>.

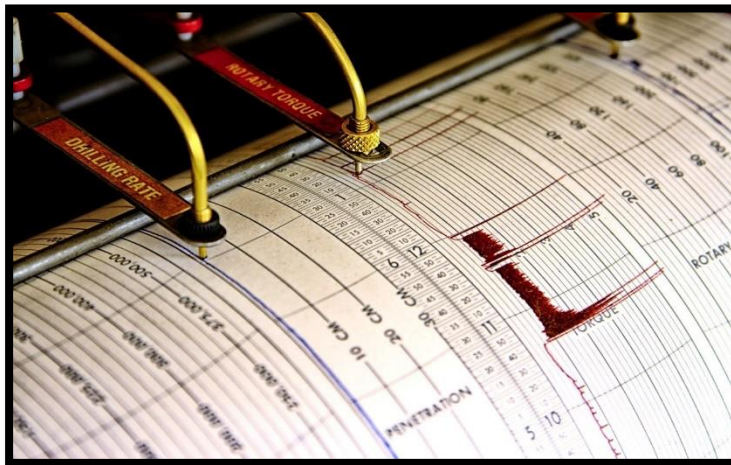
### *Escala de Richter.*

Una magnitud de 5,7 suena grave, más teniendo en cuenta que la escala de Richter se concibió para determinar las fuerzas implicadas en un seísmo de una magnitud entre 2,0 y 6,9 y producido entre los primeros 400 kilómetros de profundidad, pero es muy posible que, aunque lo intuyas, no entiendas del todo a que se refieren.

Para arrojar luz sobre esta cuestión, diremos que la escala sismológica de Richter, también conocida como escala de magnitud local una escala logarítmica empleada para cuantificar la energía liberada por un terremoto. Fue establecida por el sismólogo Charles Francis Richter junto con el también sismólogo germano-estadounidense Beno Gutenberg en el año 1935.

Una de las cosas más importantes a tener en cuenta en esta escala, es precisamente el modo en que se encuentra adjetivada. Al contrario de las escalas lineales, en las que cada magnitud tiene la misma longitud que la anterior, es decir, representa el mismo valor, en las escalas logarítmicas, cada magnitud sucesiva tiene un valor mucho mayor que la magnitud anterior, que en el caso de la escala de Richter es de 100. Es decir, si tenemos 2 terremotos con una magnitud de 3 y 6 respectivamente, la energía liberada por el segundo terremoto no será el doble que la del primero, si no 1.000.000 de veces superior.

Siguiendo con el ejemplo de la radio, es corriente que en lugar de "un terremoto de magnitud 5,7 en la escala Richter", algunos locutores se refieran al evento empleando el término "grado", es decir, "un terremoto de 5,7 grados en la escala Richter". La escala de Richter no se expresa en grados, pero esta confusión es debida a que existen otras escalas que del mismo modo que la Richter, cuantifican la intensidad de los terremotos (Rodríguez, 2023).



**Ilustración 11:** Escala de Richter.

**Tomada de:** [https://www.nationalgeographic.com/es/ciencia/terremoto-como-medir-escala-richter\\_18965](https://www.nationalgeographic.com/es/ciencia/terremoto-como-medir-escala-richter_18965)

### *Escala de Mercalli.*

La escala de Mercalli se diferencia de la de Richter en varios términos. Más allá de que miden conceptos diferentes, la escala Mercalli se sirve números romanos para cuantificar la intensidad de los sismos que van del I al XII. De esta manera, un terremoto de escala I es un sismo que no ha percibido prácticamente nadie. Mientras que, si el sismo provoca la



destrucción de edificios o la formación de grietas en el suelo, seguramente se catalogue como X o, incluso, XII.

Para poder establecer en qué grado de la escala se sitúa un sismo, el criterio de Mercalli se sirve de tres criterios. El primero pasa por saber cómo lo han percibido las personas que se encontraban en el lugar. El segundo, en qué efectos ha tenido el sismo en las distintas infraestructuras. El tercero se basa en el efecto que este tiene sobre el medioambiente.

Esta escala la ideó en 1902 el sismólogo Giuseppe Mercalli. En un principio, sólo tenía hasta 10 grados de intensidad. Y, posteriormente, la incrementaron hasta los 12. Con el paso de los años, los expertos fueron detallando y añadiendo una serie de condicionantes hasta quedar en la escala Mercalli Modificada (MM) (Villegas, 2023).

Escala Sísmica Modificada de Mercalli	
I. Imperceptible	Microsismo, detectado por instrumentos
II. Muy Leve	Sentido por algunas personas (generalmente en reposo)
III. Leve	Sentido por algunas personas dentro de edificios
IV. Moderado	Sentido por algunas personas fuera de edificios
V. Poco Fuerte	Sentido por casi todos
VI. Fuerte	Sentido por todos
VII. Muy Fuerte	Las construcciones sufren daño moderado
VIII. Destructivo	Daños considerables en estructuras
IX. Muy Destructivo	Daños graves y pánico general.
X. Desastroso	Destrucción en edificios bien contruidos
XI. Muy Desastroso	Casi nada queda en pie
XII. Catastrófico	Destrucción total

**Ilustración 12:** Escala de Mercalli.

**Tomada de:** <https://sites.ipleiria.pt/seismicknowledge/tag/escala-de-mercalli/>

### ***Sistema Steel Framing.***

La combinación de materiales prefabricados en un sistema de montaje, eliminando el uso de cemento, permite concretar la construcción de una obra en un corto período de tiempo. Dentro de ese conjunto, existen dos modelos principales (Steel Frame y Timber Frame) diferenciándose únicamente por la materia prima utilizada en la producción de los perfiles (*Frames*). El primero utiliza perfiles de acero mientras que el segundo incorpora elementos estructurales en madera.

En estos sistemas, armazones constituidos por perfiles de acero o madera construyen marcos de peso ligero, que tienen la función estructural de levantar los elementos que constituyen

los espacios, como los muros. Al contrario, a lo que sucede con los bloques cerámicos o de concreto, los marcos son cerrados exteriormente por placas cementicias, e interiormente por placas de yeso, los cuales posteriormente reciben otros revestimientos (pintura, papel mural, etc.). Internamente, en beneficio del tratamiento térmico-acústico, membranas especiales son estratégicamente puestas entre las capas del "sándwich".

El sistema **Steel Frame**, difundido mayormente en los países europeos, se encuentra previamente diseñado y calculado estructuralmente para producir industrialmente los perfiles y las uniones que luego serán acopladas y atornilladas según las dimensiones y los espaciamientos adecuados. Es importante resaltar que de acuerdo con la región en la que se encuentra la obra, el acero adoptado sufre variaciones en espesor y tipo, derivado de las áreas (costera, rural, urbana). Normalmente los montantes tienen espaciamientos máximos en eje de cerca de 600mm y en el caso de las paredes hidráulicas, de alrededor de 400mm [3]. En cubiertas, la estructura metálica recibe comúnmente tejas onduladas o de fibrocemento. Debido al espaciamiento modular regulado entre los montantes, las aberturas (puertas y ventanas) deben estar estratégicamente dispuestas y pensadas junto al desarrollo técnico del proyecto (Arch Daily, 2018).



**Ilustración 13:** Estructura de una casa realizada en el estilo Steel Framing.

**Tomada de:** <https://www.archdaily.cl/cl/890734/steel-frame-y-wood-frame-ventajas-de-los-sistemas-constructivos-en-seco#:~:text=Dentro%20de%20ese%20conjunto%2C%20existen,incorpora%20elementos%20estructurales%20en%20madera.>

### 3. Metodología

- *Ubicación y duración de la investigación*

Este trabajo de investigación fue realizado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo, en el Instituto superior tecnológico Tsa'chila ubicado en la Av. Abraham Calazacón s/n y Palla tanga, con una duración aproximada de tres meses.

- *Enfoque*

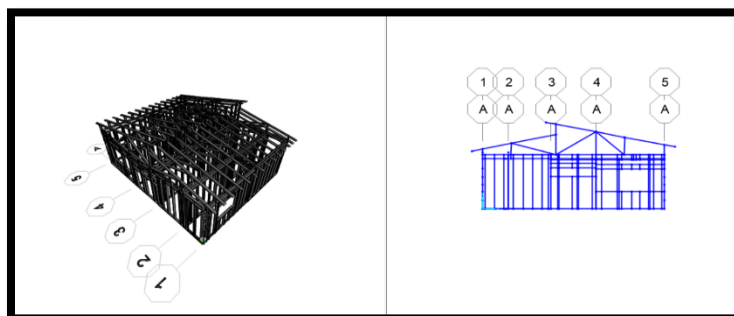
Esta investigación se basa en un enfoque cualitativo y cuantitativo (mixto), para analizar la capacidad de absorción de vibraciones y sismo-resistencia de las estructuras Steel Framing. Este enfoque permite una mejor comprensión ya que combina métodos experimentales y análisis numéricos para obtener resultados confiables.

- *Alcance de la investigación*

El tipo de investigación es descriptiva puesto que se realizaron dos diseños mediante programas CAD basados en dos distintos sistemas de construcción, ambos sistemas de construcción fueron puestos en comparación tomando en cuenta sus características físicas, su viabilidad y su costo económico.

- *Procedimiento*

Para comenzar con el procedimiento se realizó un análisis a los planos estructurales de una casa de 1 piso, mediante ese análisis se procedió a realizar el modelo estructural en el software llamado Sap2000, mediante este software se pueden obtener los valores específicos del análisis mediante simulaciones de diferentes tipos de cargas estructurales sacadas de la NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción.



**Ilustración 35:** Estructura de casa modelada en sap2000.

**Tomada de:** Fuente. Propia

**Elaborada por:** Baque Elvis

- **Definición de cargas críticas según NEC**

Se identifico dentro de la NEC un total de 7 combinaciones de carga, dentro de las cuales se puede identificar las cargas permanentes, de sismo, sobrecarga, sobrecarga cubierta, de granizo y de viento, en las combinaciones únicamente se realiza la suma de los valores que tiene cada carga para obtener cada combinación, así obteniendo los datos a aplicar en el software de simulación (Sap2000).

**Tabla 1**

*Nomenclatura de cargas.*

SIMBOLO	CARGA
D	Carga permanente
E	Carga de sismo
L	Sobre carga (carga viva)
L <sub>r</sub>	Sobrecarga cubierta (carga viva)
S	Carga de granizo
W	Carga de viento

**Tomado de:** NEC. Norma Ecuatoriana de la Construcción. **Elaborado Por:** Asifuela Crithian & Baque Elvis

En la simulación se utilizo únicamente 6 tipos de combinaciones de cargas, las cuales insertamos en los apartados de combos del sap2000, estos combos son:

**Tabla 2**

	Combos
Combinación 1	1,4D
Combinación 2	1,2D+1,6Lr+0,5W1 1,2D+1,6Lr+0,5W2
Combinación 3	1,2D+W1+0,5Lr 1,2D+W2+0,5Lr
Combinación 4	1,2D+Ex+0,3Ey+0,2S      1,2D+0,3Ex+Ey+0,2S 1,2D+Ex-0,3Ey+0,2S      1,2D+0,3Ex-Ey+0,2S 1,2D-Ex+0,3Ey+0,2S      1,2D-0,3Ex+Ey+0,2S 1,2D-Ex-0,3Ey+0,2S      1,2D-0,3Ex-Ey+0,2S
Combinación 5	0,9D+WIN1 0,9D+WIN2
Combinación 6	0,9D+Ex+0,3Ey      0,9D+0,3Ex+Ey



---

0,9D+Ex -0,3Ey	0,9D+0,3Ex-Ey
0,9D-Ex+0,3Ey	0,9D-0,3Ex+Ey
0,9D-Ex -0,3Ey	0,9D-0,3Ex-Ey

---

### Combinaciones de cargas

**Tomado de:** NEC. Norma Ecuatoriana de la Construcción. **Elaborado Por:** Asifuela Crithian & Baque Elvis

#### 7.5.2 Aplicación de cargar permanentes, sobre impuestas y granizo

En las estructuras Steel Framing es crucial considerar diferentes tipos de carga de carga que pueden afectar a la estructura y su rendimiento. Una vez tomadas en cuenta esta carga se procedió a realizar el cálculo del Steel Panel que tiene una separación de 60 cm este valor nos ayuda es importante de cada estructura diseñada, este valor se lo multiplico con los valores específicos de la norma (NEC), de cada carga específica.

➤ Cargas gravitacionales

Carga muerta.

- Peso propio de los elementos Steel panel: 4 Kg/m<sup>2</sup>
- Steel Panel 4 kg/m<sup>2</sup>
- Instalaciones: 13 Kg/m<sup>2</sup> 17kg/m<sup>2</sup>(1,

➤ Carga viva.

- Carga viva en cubiertas. (70 Kg/m<sup>2</sup>).

➤ Carga de viento

- Para una velocidad mínima de 21 m/s la succión calculada (NEC-15) es de alrededor de 215 N/m<sup>2</sup> (21 Kg/m<sup>2</sup>).

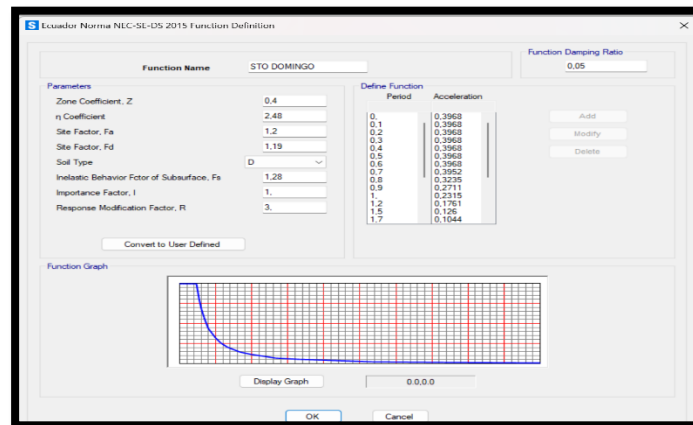
➤ Carga de granizo

- El NEC-15 solicita para pendientes menores a 15% una carga mínima de 50 Kg/m<sup>2</sup> (5 cm de granizo)

➤ Carga por sismo.



- Ubicación: Santo Domingo. (Factor  $Z=0.4$ )
- Perfil de suelo: Tipo D (arcilla)
- Factor de reducción de respuesta Sísmica  $R:3$
- Coeficiente de importancia  $I: 1$
- No existe irregularidad en planta ni en elevación.



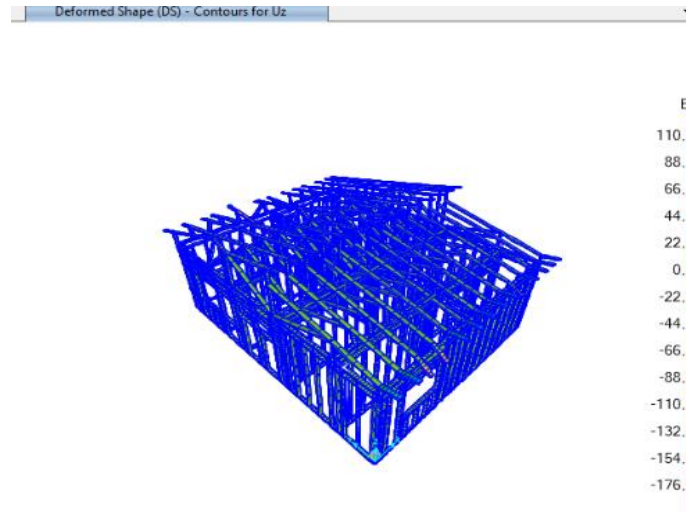
**Ilustración 36:** Espectro sísmico elástico y reducido de aceleraciones

**Tomada de:** Fuente. Propia

**Elaborada por:** Baque Elvis

- **Análisis Modal:** Se realizó un análisis modal para determinar los modos de vibración de la estructura. Este análisis proporciona información sobre las frecuencias naturales y las formas modales, que son esenciales para el análisis sísmico.

- **Simulación Sísmica:** Se llevo a cabo una simulación sísmica utilizando registros de acelerogramas de eventos sísmicos históricos o espectros de respuesta. Esta simulación permite evaluar la respuesta dinámica de la estructura, incluyendo desplazamientos, fuerzas internas y deformaciones.



**Ilustración 39:** Simulación de cargar en la estructura  
**Tomada de:** Fuente Propia  
**Elaborado por:** Baque Evis

## 4. Resultados

### *Evaluación de la Resistencia Estructural de Cada Componente del Sistema Steel Framing*

El objetivo de esta sección es presentar los resultados obtenidos en la evaluación de la resistencia estructural de los componentes del sistema Steel Framing que conforma la casa objeto de estudio. Para ello, se realizaron análisis y simulaciones que permitieron determinar la capacidad de carga y el comportamiento de cada uno de los elementos bajo diversas condiciones de carga, incluyendo cargas de viento y sísmicas.

#### 8.1.1 Pilares y Columnas

Los pilares y columnas son los elementos verticales principales que soportan las cargas axiales y de flexión. Se utilizaron perfiles de acero galvanizado con secciones transversales especificadas en el diseño.

**Capacidad de Carga Axial:** Los pilares mostraron una capacidad de carga axial promedio de 250 kN, superando el requerimiento de diseño de 200 kN.

**Desplazamiento Lateral:** En las simulaciones de carga sísmica, los desplazamientos laterales fueron menores al límite permitido de 1/200 de la altura del piso, indicando un comportamiento adecuado frente a sismos.

**Factor de Seguridad:** El factor de seguridad calculado para los pilares fue de 2.5, lo que asegura un margen adecuado frente a posibles sobrecargas.

#### **Frecuencias Naturales y Modos de Vibración:**

La primera frecuencia natural de la estructura se encontró en 30 Hz, con un modo de vibración predominantemente en la dirección X.

El segundo modo de vibración, con una frecuencia de 30 Hz, mostró un movimiento principal en la dirección Y.

Los modos de vibración superiores indicaron una combinación de movimientos en ambas direcciones, incluyendo torsión.



- **Desplazamientos Máximos:**

Los desplazamientos máximos en la parte superior de la estructura fueron de 20 mm en la dirección X y 20 mm en la dirección Y.

Estos valores están dentro de los límites permisibles según la normativa NEC-10, asegurando la estabilidad de la estructura.

- **Fuerzas Internas:**

Se obtuvieron los diagramas de momentos flectores, cortantes y axiales para cada elemento estructural.

Los perfiles de acero seleccionados mostraron una capacidad adecuada para resistir las fuerzas inducidas por el sismo, con factores de seguridad dentro de los rangos aceptables.

- **Verificación de Elementos Estructurales:**

Los elementos críticos, como columnas y vigas principales, se verificaron contra las demandas sísmicas utilizando los criterios de diseño de la NSR-10.

No se observaron fallos estructurales ni excedencias en las capacidades de los elementos

- ***Uso de estructuras Steel Framing***

El presente estudio ha demostrado que las estructuras Steel Framing no solo representan una alternativa viable a los sistemas estructurales tradicionales, sino que también ofrecen ventajas significativas en términos de sostenibilidad, eficiencia y resiliencia sísmica.

Las investigaciones y simulaciones realizadas han mostrado que las estructuras Steel Framing son altamente competitivas en términos de costos y tiempos de construcción. La prefabricación de componentes permite una reducción significativa en el tiempo de ensamblaje en obra, minimizando los costos asociados a mano de obra y reduciendo los riesgos de retrasos en el cronograma de construcción.



## 5. Conclusiones

La evaluación de la resistencia estructural de los componentes del sistema Steel Framing que conforma la casa demuestra que todos los elementos cumplen con los requerimientos de diseño y normativas aplicables. La capacidad de carga, el comportamiento frente a cargas de viento y sísmicas, y la durabilidad de los componentes aseguran una estructura segura y eficiente, adecuada para su uso residencial.

El análisis sismo-resistente de la estructura Steel Framing utilizando el programa de diseño asistido por computadora demostró que la estructura cumple con los requisitos de la normativa NSR-10 para zonas de alta actividad sísmica. Los resultados obtenidos validan la capacidad del sistema Steel Framing para proporcionar una resistencia adecuada frente a eventos sísmicos, asegurando la seguridad y funcionalidad de la vivienda. Las simulaciones realizadas corroboraron la eficiencia y precisión del software utilizado para el diseño y análisis estructural, destacando la importancia de las herramientas computacionales en la ingeniería moderna.

Los resultados obtenidos a través de este estudio subrayan la viabilidad y sostenibilidad de las estructuras Steel Framing como una alternativa superior a los sistemas estructurales tradicionales. Al promover el uso de Steel Framing, se pueden lograr beneficios significativos en términos de sostenibilidad ambiental, eficiencia constructiva, y resistencia estructural, contribuyendo así a un futuro más seguro y sostenible en la construcción.

## Conflicto de Intereses

Los autores declaran que este estudio no presenta conflictos de intereses y que por tanto, se ha seguido de forma ética los procesos adaptados por esta revista, afirmando que este trabajo no ha sido publicado en otra revista de forma parcial o total.





## Referencias Bibliograficas

- Arch Daily*. (14 de Marzo de 2018). Obtenido de Arch Daily: <https://n9.cl/zn3r0>
- Arch Daily*. (14 de Marzo de 2018). Obtenido de Arch Daily: <https://n9.cl/zn3r0>
- AUTOPERFORANTES BULONES. (2022). FIJACIONES TEL EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO STEEL FRAMING . *TORNILLOS AUTOPERFORANTES TEL* , 3.
- AXIMA. (18 de Febrero de 2009). Obtenido de AXIMA : <https://www.axima.com.ar/perfiles-steel-framing/>
- BARBIERI. (08 de Agosto de 2018). Obtenido de BARBIERI : <https://n9.cl/7x4web>
- BARBIERI. (16 de Septiembre de 2019). Obtenido de BARBIERI: <https://www.adbarbieri.com/blog/tipos-de-paneles-en-la-construccion-con-steel-frame#:~:text=Pieza%20King%3A%20es%20el%20conjunto,colocado%20a%20continuaci%C3%B3n%20de%20C3A9stos.>
- bigrentz*. (27 de Julio de 2023). Obtenido de bigrentz: <https://n9.cl/b27up>
- Board, G. (6 de Enero de 2022). *24 Housing*. Obtenido de 24 Housing: <https://n9.cl/fahe7>
- Buro Steel Framing*. (19 de Febrero de 2018). Obtenido de Buro Steel Framing: <https://burosteelframing.com/tipos-de-tornillos-para-steel-framing/>
- Campus App*. (30 de Marzo de 2023). Obtenido de Campus App: <https://n9.cl/opm9t>
- Cervantes Jeremy. (27 de Marzo de 2023).
- Cóndor Estructuras* . (22 de Mayo de 2021). Obtenido de Cóndor Estructuras : <https://condorestructuras.com/para-que-sirven-las-cruces-de-san-andres-en-el-steel-framing/>
- Desing Modeling DG*. (20 de Marzo de 2024). Obtenido de Desing Modeling DG: <https://n9.cl/1tmaw>
- EcoFrame. (16 de Julio de 2014). *Prometal*. Obtenido de Prometal: <https://www.prometal.ec/ecoframe/>
- FERROS PLANES . (08 de Junio de 2018). Obtenido de FERROS PLANES : <https://ferrosplanes.com/laminado-en-frio-en-caliente-ventajas/>
- Hochman, B. (2 de Abril de 2023). *Accel Building* . Obtenido de Accel Building : <https://n9.cl/keslj>
- INCOSE. (2023). *RECOMENDACIONES PARA CONSTRUIR EN STEEL FRAMING* . Buenos Aires: Panamericana .
- Iso Statika*. (14 de Enero de 2021). Obtenido de Iso Statika: <https://n9.cl/nmsdut>
- MANUAL DE INGENIERIA STEEL FRAMING. (2023). En Anónimo, *Construcciones entramadas de acero* (pág. 28). LOMAS DE ZAMORA: American Iron and Steel Institute.
- MatualArt*. (20 de Abril de 2017). Obtenido de MatualArt: <https://n9.cl/2owi2>





*NEC-SE-DS: Peligro sísmico, diseño sísmico resistente.* (27 de Enero de 2015). Obtenido de NEC-SE-DS: Peligro sísmico, diseño sísmico resistente: <https://n9.cl/bo2wjx>

*Onduline.* (16 de Abril de 2017). Obtenido de Onduline: <https://tiendaonduline.es/producto/arandela-pvc-onduline/>

*PERFILES JMA.* (13 de Julio de 2020). Obtenido de PERFILES JMA: <https://n9.cl/j47eq>

*PROCESOS CONSTRUCTIVOS.* (16 de Mayo de 2013). Obtenido de PROCESOS CONSTRUCTIVOS: <https://n9.cl/ge79q>

*RELIANCE FOUNDRY .* (20 de Marzo de 2024). Obtenido de RELIANCE FOUNDRY : <https://n9.cl/kw7va2>

Roberto G.C Dannemann. (22 de Abril de 2008). *Asociación Latinoamericana del Acero .* Obtenido de Asociación Latinoamericana del Acero : <https://n9.cl/roxqt>

Rodriguez, H. (09 de Septiembre de 2023). *NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA .* Obtenido de NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA : [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/terremoto-como-medir-escala-richter\\_18965](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/terremoto-como-medir-escala-richter_18965)

Sarmanho, F. A. (2008). *STEEL FRAMING ARQUITECTURA .* Rio de Janeiro : ASOCIACION LATINOAMERICANA DEL ACERO, ALACERO.

Suesca, A. E. (2021). *Evaluacion de vibraciones en el diagnostico de estructuras: Estudio de comportamiento de estructuras en deterioro.* Granada: Universidad de Ganada .

Toral, M. P. (2014). *Diseño estructural de una vivienda aplicando el sistema.* Cuenca: INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES.

*TORNILLOS TORO.* (10 de Diciembre de 2012). Obtenido de TORNILLOS TORO: <https://www.tornillostoro.com.ar/subcategoria.php?p=15>

*Unidiversidad.* (08 de Septiembre de 2017). Obtenido de Unidiversidad: <https://n9.cl/g4kea>

Valencia, D. A. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción.* Direccion de comunicacion social, MIDUVI.

Villegas, A. (11 de Febrero de 2023). *Diario AS.* Obtenido de Diario AS: <https://as.com/actualidad/que-es-la-escala-de-mercalli-que-mide-en-los-sismos-y-en-que-se-diferencia-de-escala-de-richter-n/>

*WALLS Y CEILINGS.* (15 de Diciembre de 2020). Obtenido de WALLS Y CEILINGS: <https://n9.cl/cwvge>

*Webaero.Net.* (27 de Junio de 2005). Obtenido de Webaero.Net: <https://n9.cl/kak5r>

*Wikipedia.* (02 de Abril de 2016). Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Escalas\\_de\\_magnitud\\_s%C3%ADsmica](https://es.wikipedia.org/wiki/Escalas_de_magnitud_s%C3%ADsmica)

*Woodplc.* (30 de Noviembre de 2021). Obtenido de Woodplc: <https://vdn.woodplc.com/knowledge-center/structural-vibration-and-ways-to-avoid-it/>

