



**FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
SEDE SANTIAGO**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE 4
PISOS DE ENTRAMADO LIGERO BAJO NORMATIVA
NCH1198OF.2014 Y NCH1198OF.2024”**

Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil

Profesor tutor: Javiera Padilla Reyes, M.Sc.

Estudiante: William Currie Coopman

HOJA DE CALIFICACIÓN

En _____, el ____ de _____ de _____. los abajo firmantes dejan constancia que el (la) estudiante _____ de la carrera de _____ ha aprobado la tesis para optar al título de _____ con una nota de _____

Profesor Evaluador

Profesor Evaluador

Profesor Evaluador

© William Alexander Currie Coopman

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya la cita bibliográfica del documento.

Santiago, Chile

2025

RESUMEN

Los crecientes efectos del cambio climático han hecho replantear distintas opciones en el ámbito de la construcción para mitigar las emisiones de CO₂eq. En este sentido, hace más de una década que se ha instalado con fuerza la utilización de la madera como material estructural eco-sustentable, particularmente en Chile, basándose en sistemas de entramado ligero, abarcando aproximadamente un 20% de las construcciones nacionales, pero desarrollándose también en sistemas con productos derivados de la madera, como la Madera Laminada Encolada, Madera Contra Laminada, entre otros.

Este posicionamiento ha desafiado no solamente al sector forestal e industrial, sino también a las normativas y códigos de diseño, para que estén a la vanguardia de los requerimientos estructurales actuales y otorguen la seguridad y confiabilidad respectiva.

En Chile, se cuenta con la norma de cálculo en madera NCh1198, la que fue actualizada el año 2024. Dado lo anterior, el objetivo de estudio es realizar un diseño comparativo de una estructura de 4 pisos de entramado ligero utilizando la NCh1198Of.2014 y la NCh1198Of.2024, identificando los principales cambios y cuantificándolos.

Los principales resultados son que la incorporación del capítulo de cálculo de diafragmas verticales si evidenció un cambio en el diseño de los elementos de muros de corte y el comportamiento global de la estructura, traduciéndose en elementos menos robustos y con un diseño menos conservador, pero que aun así, dan cumplimiento a las normativas sísmicas nacionales. El parámetro más sensible de este capítulo es la deformación por corte del muro, otorgando diseños con espaciamientos de clavados de placa estructural hasta un 50% mayor.

ABSTRACT

The increasing effects of climate change have prompted the construction industry to reconsider various options to mitigate CO₂eq emissions. In this context, the use of wood as an eco-sustainable structural material has gained significant traction for over a decade, particularly in Chile. This trend has primarily focused on light-frame systems, which currently account for approximately 20% of national construction. However, it has also expanded to include systems that utilize engineered wood products, such as Glued Laminated Timber (Glulam), Cross-Laminated Timber (CLT), among others.

This growing use of wood has posed challenges not only for the forestry and industrial sectors but also for building codes and design standards, which must keep pace with current structural requirements while ensuring safety and reliability.

In Chile, the wood design code NCh1198 was updated in 2024. Given this, the objective of this study is to perform a comparative design analysis of a four-story light-frame structure using both NCh1198:2014 and NCh1198:2024, identifying and quantifying the main changes.

The main findings indicate that the inclusion of the new chapter on the design of vertical diaphragms significantly impacted the design of shear wall elements and the global behavior of the structure. This resulted in less robust elements and a less conservative design approach, yet still compliant with national seismic regulations. The most sensitive parameter in this chapter is the shear deformation of the wall, which led to structural sheathing nail spacing designs up to 50% larger.

ÍNDICE

1. GENERALIDADES	7
1.1. Introducción	7
1.2. Objetivos	8
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	8
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	8
2. MARCO CONCEPTUAL	9
2.1. Entramado ligero	9
2.2. Diseño de elementos estructurales según NCh1198Of.2024	10
2.2.1. <i>Diseño de elementos a flexión</i>	10
2.2.1.1. Tensión de trabajo	10
2.2.1.2. Tensión de diseño	10
2.2.2. <i>Diseño de elementos a cizalle</i>	11
2.2.2.1. Tensión de trabajo	12
2.2.2.2. Tensión de diseño	12
2.2.3. <i>Diseño de elementos a compresión normal</i>	13
2.2.3.1. Tensión de trabajo	13
2.2.3.2. Tensión de diseño	13
2.2.4. <i>Diseño de elementos a compresión paralela</i>	14
2.2.4.1. Tensión de trabajo	14
2.2.4.2. Tensión de diseño	14
2.2.5. <i>Diseño de elementos a tracción paralela</i>	15
2.2.5.1. Tensión de trabajo	15
2.2.5.2. Tensión de diseño	16
2.2.6. <i>Control de deformaciones</i>	16

2.2.6.1. Deformación total.....	16
2.2.6.2. Deformación admisible	17
2.3. Diseño de diafragmas según NCh1198	17
2.3.1. <i>Diseño muro de corte a cizalle</i>	18
2.3.1.1. Tensión de trabajo	18
2.3.1.2. Tensión de diseño	18
2.3.2. <i>Diseño de muro de corte a deformación lateral</i>	19
2.3.2.1. Deformación lateral total.....	19
2.3.2.2. Deformación lateral admisible	20
2.3.3. <i>Control de vibraciones a diafragmas de piso</i>	20
2.3.4. <i>Control de desplazamiento vertical en diafragmas de piso</i>	21
2.4. Método simplificado de modelación de muros de corte con software FEM para estructuras de madera en entramado ligero	22
2.4.1. <i>Coeficiente de rigidez λ en dirección x e y</i>	22
2.4.2. <i>Coeficiente de rigidez ψ producto de las tensiones de corte</i>	23
2.4.3. <i>Coeficiente ρ de peso y masa sísmica</i>	23
3. ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA	25
3.1. Arquitectura	25
3.2. Mecánica de suelos	25
3.3. Materiales	26
3.3.1. <i>Madera maciza</i>	26
3.3.2. <i>Tableros arriostrantes</i>	26
3.4. Cargas de diseño	26
3.4.1. <i>Peso propio</i>	26
3.4.1.1. Entrepiso	27

3.4.1.2. Techumbre	27
3.4.1.3. Muros.....	28
3.4.2. Sobrecargas.....	29
3.4.3. Sismo	29
3.5. Combinaciones de carga.....	30
4. DISEÑO ESTRUCTURAL	31
4.1. Modelo estructural	31
4.1.1. Análisis estático equivalente	31
4.1.2. Verificación de deformaciones sísmicas	33
4.2. Diseño de vigas.....	34
4.2.1. Vigas de techo	34
4.2.2. Vigas de entrepiso	35
4.3. Diseño pies derechos	36
4.3.1. Pies derechos interiores.....	36
4.3.2. Pies derechos exteriores.....	37
4.4. Diseño muros de corte	37
4.4.1. Muro de corte interior.....	38
4.4.2. Muro de corte exterior.....	39
4.4.3. Resumen tipologías muros de corte	39
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
5.1. Vigas	41
5.1.1. Vigas de techumbre	41
5.1.2. Vigas de entrepiso	41
5.2. Pies derechos.....	42
5.2.1. Pies derechos – Compresión paralela	42

5.2.2. Pies derechos – Flexo compresión.	43
5.3. Muros de corte	44
5.3.1. Esfuerzos internos	44
5.3.2. Desplazamiento lateral.....	44
6. CONCLUSIONES	47
7. BIBLIOGRAFÍA	50
8. ANEXOS	51
Anexo A.1: Entramado ligero Entrepiso 2014.....	51
Anexo A.2: Entramado ligero Techo 2014	52
Anexo A.3: Entramado ligero Entrepiso 2024.....	53
Anexo A.4: Entramado ligero Techo 2024	54
Anexo A.5: PD y muros de corte interior 2014.....	55
Anexo A.6: PD y muros de corte exterior 2014.....	57
Anexo A.7: PD y muros de corte interior 2024.....	59
59	
Anexo A.8: PD y muros de corte exterior 2024.....	61
Anexo B.1: ETABS NCh1198:2014	63
Anexo B.2: ETABS NCh1198:2024	64

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1: Deformaciones máximas admisibles en vigas de madera	17
Tabla 3.1: Parámetros usados en el análisis sísmico	29
Tabla 4.1: Resultados vigas de techo	34
Tabla 4.2: Resultados vigas de piso	35
Tabla 4.3: Resultados pies derechos interiores	37
Tabla 4.4: Resultados pies derechos exteriores	37
Tabla 4.5: Resultados muros de corte interiores.....	38
Tabla 4.6: Resultados muros de corte exteriores.....	39
Tabla 4.7: Resultados pies derechos interiores	39

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1: Configuración entramado ligero marco-plataforma.....	9
Figura 2.1: Diagrama de flujo modelación muro de corte con método simplificado.....	24
Figura 3.1: Vista planta arquitectura.....	25
Figura 3.2: Soluciones constructivas entrepiso	27
Figura 3.3: Soluciones constructivas techumbre	27
Figura 3.4: Soluciones constructivas muros	28
Figura 4.1: Modelo tridimensional de la estructura en ETABS	31
Figura 4.2: Detalle modos de vibrar.....	32
Figura 4.3: Drifts NCh1198:2014.....	33
Figura 4.4: Drifts NCh1198:2024	33
Figura 4.5: Diagrama de flujo para diseño viga de techumbre	34
Figura 4.6: Diagrama de flujo para diseño viga de entrepiso.....	35
Figura 4.7: Diagrama de flujo para diseño pie derecho	36
Figura 4.8: Diagrama de flujo para diseño muro de corte.....	38
Figura 5.1: Porcentaje de uso de techumbre.....	41
Figura 5.2: Porcentaje de uso de entrepiso	42
Figura 5.3: Porcentaje de uso compresión paralela	42
Figura 5.4: Porcentaje de uso flexo-compresión muro máximo.....	43
Figura 5.5: Porcentaje de uso flexo-compresión muro externo	43
Figura 5.6: Desplazamiento muro interno.....	455
Figura 5.7: Desplazamiento muro máximo	46

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

En un entorno de creciente preocupación por el cambio climático, la madera se destaca como un material renovable con una huella de carbono significativamente menor, “Los diseños de estructuras de acero y hormigón armado, emiten un 34% y 81 % más gases de efecto invernadero que un diseño en madera. A su vez, estos diseños liberan un 24% y 47% más contaminantes en el aire que los proyectos construidos en madera.” (Jara, 2015).

Según el Anuario Forestal 2024 “La mayor parte de la madera que queda en el mercado interno se usa en la construcción, con fines estructurales y no estructurales. La producción de madera para uso estructural llegó en el 2023 al récord de 885.854 m³, con un incremento de 37,2% respecto del año anterior”. A pesar de este aumento de producción total, existe una disminución en la producción de especies nativas, esto se debe al aumento de incendios forestales en los últimos años. Solamente entre 2023-2024, se registró un total de 5.958 incendios, con una superficie afectada de 73.835 hectáreas, donde el 17,1% correspondió a plantaciones forestales y el 65,9% a superficie con vegetación natural (p.26, Anuario Forestal 2024). Con el tiempo estos desafíos van reformando la realidad del rubro de construcción en madera.

La evolución de las normativas de construcción es un aspecto crucial en este proceso, ya que los cambios en los estándares pueden afectar directamente la seguridad, el confort y la durabilidad de las estructuras. Además, las normativas buscan adaptarse a la realidad del rubro, como por ejemplo el uso de anclajes anti-levantamiento no certificados en edificaciones de 1 y 2 pisos, donde se debe cuidar el correcto diseño y fabricación de estos anclajes (Artículo 12.4.5.2, NCh1198:2024).

El presente documento se enfoca en la comparación entre la antigua norma chilena NCh1198:2014 y la normativa vigente NCh1198:2024, que representa una respuesta a estos avances. La nueva norma incorpora importantes avances, como nuevas metodologías para el control de vibraciones verticales y modificaciones en el diseño de muros de corte, aspectos fundamentales para el desempeño estructural de las edificaciones de madera.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar comparativamente la normativa NCh1198 Of. 2014 y NCh1198 Of.2024 en el diseño de un edificio de entramado ligero de 4 pisos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Modelar un edificio de entramado ligero en el software ETABS utilizando el método simplificado para software FEM.
- Diseñar elementos estructurales en madera según NCh1198 Of. 2014 y NCh1198 Of.2024.
- Comparar los diseños y cuantificar las diferencias obtenidas en el proceso.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Entramado ligero

El sistema de entramado ligero se originó cuando los constructores se percataron que era posible mover tabiques entre pocos trabajadores sin la necesidad de maquinaria adicional durante la construcción de viviendas de madera. Esta práctica se vio incentivada por métodos producción de tableros estructurales y por técnicas de corte por agua y la masiva producción de clavos (Cárcamo, 2017).

Una de las técnicas más comunes para construir con madera utilizando entramados ligeros es el sistema marco-plataforma. Este sistema está compuesto por marcos de madera reforzados con placas estructurales en una o ambas caras, estas se encuentran aseguradas por clavos con espaciamiento uniforme sobre los pies derechos, aportando rigidez al muro, además del uso de anclajes en los pies derechos de borde para evitar levantamiento por volcamiento sobre el muro. Una de las principales características de este método es que los pies derechos de los muros tienen la altura equivalente a la de un piso, y los entrepisos se colocan sobre los muros, funcionando como plataformas para la construcción de los niveles superiores.

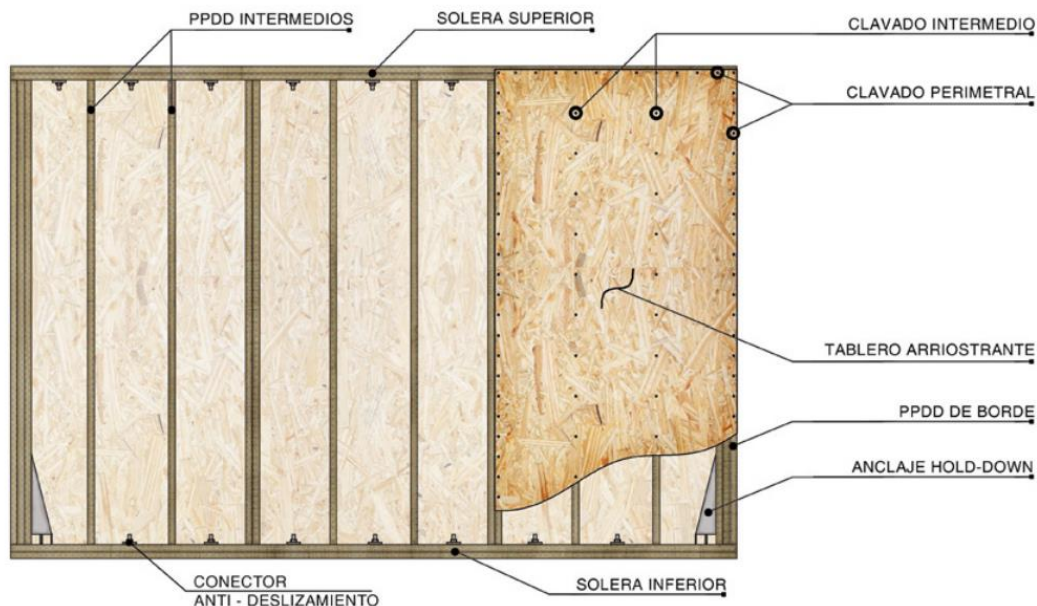


Figura 1.1: Configuración entramado ligero marco-plataforma

Fuente: Manual de diseño de estructuras en madera CIM-UC, 2021

2.2. Diseño de elementos estructurales según NCh1198Of.2024

En los siguientes acápite se presentan las distintas ecuaciones necesarias para el cálculo estructural de los elementos principales en madera según normativa chilena.

2.2.1. Diseño de elementos a flexión

Se debe realizar una comparación entre la tensión de trabajo a flexión y la tensión de diseño a flexión establecida por la NCh1198, siguiendo la filosofía de diseño ASD que rige la normativa chilena:

$$f_f \leq F_{f,dis} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

f_f : Tensión de trabajo de flexión en la fibra extrema (MPa)

$F_{f,dis}$: Tensión de diseño en flexión (MPa)

2.2.1.1. Tensión de trabajo

La tensión de trabajo de flexión en la fibra extrema de viga una simple de madera se determina según la expresión:

$$f_f = \frac{M_{max}}{W_n} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

M_{max} : Momento máximo de flexión (N· mm)

W_n : Módulo de flexión de la sección transversal neta, determinado con respecto a un eje normal al plano de flexión (mm³)

2.2.1.2. Tensión de diseño

Para determinar la tensión de diseño en flexión, se deben evaluar las zonas flexo-traccionadas y flexo-comprimidas, para determinar el correspondiente estado de falla, el cual corresponde a:

$$F_{f,dis} = \min (F_{ft,dis}, F_{fv,dis}) \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

$F_{ft,dis}$:Tensión de diseño en flexión en el borde traccionado (MPa)

$F_{fv,dis}$:Tensión de diseño en flexión considerando efectos de inestabilidad por volcamiento

- Zona flexo-traccionada:

$$F_{ft,dis} = F_f \times K_H \times K_D \times K_c \times K_{hf} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

F_f :Tensión admisible en flexión (MPa)

K_H :Factor de modificación por contenido de humedad, según 7.1.1 de NCh1198:2024

K_D :Factor de modificación por duración de la carga, según 7.1.2 de NCh1198:2024

K_c :Factor de modificación por trabajo conjunto, según 7.1.3 de NCh1198:2024

K_{hf} :Factor de modificación por altura, según 8.2.2.3 de NCh1198:2024

- Zona flexo-comprimida:

$$F_{fv,dis} = F_f \times K_H \times K_D \times K_c \times K_{\lambda v} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

$K_{\lambda v}$:Factor de modificación por volcamiento, según 8.2.2.4 de NCh1198:2024

2.2.2. Diseño de elementos a cizalle

Se debe realizar una comparación entre la tensión de trabajo y la tensión de diseño a cizalle establecida por la NCh1198, siguiendo la filosofía de diseño ASD que rige la normativa chilena:

$$f_{cz} \leq F_{cz,dis} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

f_{cz} : Tensión de trabajo de cizalle (MPa)

$F_{cz,dis}$: Tensión de diseño de cizalle (MPa)

2.2.2.1. Tensión de trabajo

La tensión de trabajo máxima de cizalle longitudinal en elementos flexionados de madera aserrada se determina según la expresión:

$$f_{cz} = \frac{3 \times V_{max}}{2 \times b \times h} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

V_{max} : Esfuerzo de corte máximo (N)

b : Dimensión nominal de la base de sección transversal, normal a la dirección de la carga aplicada (mm)

h : Dimensión nominal de la altura de sección transversal, paralela a la dirección de la carga aplicada (mm)

2.2.2.2. Tensión de diseño

La tensión de diseño de cizalle longitudinal se determina según la expresión:

$$F_{cz,dis} = F_{cz} \times K_H \times K_D \times K_r \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

F_{cz} : Tensión admisible de cizalle longitudinal (MPa)

K_H : Factor de modificación por contenido de humedad, según 7.1.1 de NCh1198:2024

K_D : Factor de modificación por duración de la carga, según 7.1.2 de NCh1198:2024

K_r : Factor de modificación por rebaje (inferior o superior) , según 8.7 de NCh1198:2024

2.2.3. Diseño de elementos a compresión normal

Se debe realizar una comparación entre la tensión de trabajo y la tensión de diseño a compresión normal establecida por la NCh1198, siguiendo la filosofía de diseño ASD que rige la normativa chilena:

$$f_{cn} \leq F_{cn,dis} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

f_{cn} :Tensión de trabajo a compresión normal a la fibra (MPa)

$F_{cn,dis}$:Tensión de diseño a compresión normal a la fibra (MPa)

2.2.3.1. Tensión de trabajo

La tensión de trabajo por compresión normal a la fibra se determina según la expresión:

$$f_{cn} = \frac{R}{A_n} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde:

R :Carga aplicada normal a la fibra (N)

A_n :Área neta aplastada (mm²)

2.2.3.2. Tensión de diseño

La tensión de diseño en compresión normal a la fibra se determina según la expresión:

$$F_{cn,dis} = F_{cn} \times K_H \times K_{cn} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Donde:

F_{cn} :Tensión admisible en compresión normal a la fibra (MPa)

K_H :Factor de modificación por contenido de humedad, según 7.1.1 de NCh1198:2024

K_{cn} :Factor de modificación por aplastamiento, según 8.5.3 de NCh1198:2024

2.2.4. Diseño de elementos a compresión paralela

Se debe realizar una comparación entre la tensión de trabajo y la tensión de diseño a compresión paralela a la fibra establecida por la NCh1198, siguiendo la filosofía de diseño ASD que rige la normativa:

$$f_{cp} \leq F_{cp,dis} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

Donde:

f_{cp} :Tensión de trabajo a compresión paralela a la fibra (MPa)

$F_{cp,dis}$:Tensión de diseño a compresión paralela a la fibra (MPa)

2.2.4.1. Tensión de trabajo

La tensión de trabajo de una columna simple sometida a compresión paralela a su fibra se determina según la expresión:

$$f_{cp} = \frac{N}{A} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

Donde:

N :Carga axial aplicada (N)

A :Área de la sección transversal (mm²)

2.2.4.2. Tensión de diseño

Dependiendo de la esbeltez reguladora, existen dos expresiones:

- Con inestabilidad lateral ($\lambda < 10$):

$$F_{cp,dis} = F_{cp} \times K_H \times K_D \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Donde:

F_{cp} :Tensión admisible en compresión paralela (MPa)

K_H :Factor de modificación por contenido de humedad, según 7.1.1 de NCh1198:2024

K_D :Factor de modificación por duración de la carga, según 7.1.2 de NCh1198:2024

- Sin estabilidad lateral ($\lambda \geq 10$):

$$F_{cp,dis} = F_{cp} \times K_H \times K_D \times K_\lambda \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Donde:

K_λ :Factor de modificación por esbeltez, según 8.3.2.3 de NCh1198:2024

2.2.5. Diseño de elementos a tracción paralela

Se debe realizar una comparación entre la tensión de trabajo y la tensión de diseño en tracción paralela a la fibra establecida por la NCh1198, siguiendo la filosofía de diseño ASD que rige la normativa chilena:

$$f_{tp} \leq F_{tp,dis} \quad (\text{Ec. 2.16})$$

Donde:

f_{tp} :Tensión de trabajo a tracción paralela a la fibra (MPa)

$F_{tp,dis}$:Tensión de diseño a tracción paralela a la fibra (MPa)

2.2.5.1. Tensión de trabajo

La tensión de trabajo en tracción paralela a la fibra se determina según la expresión:

$$f_{tp} = \frac{T}{A_n} \quad (\text{Ec. 2.17})$$

Donde:

T :Carga axial en tracción aplicada (N)

A_n :Área neta de la sección transversal (mm²)

2.2.5.2. Tensión de diseño

La tensión de trabajo en tracción paralela de diseño se determina según la expresión:

$$F_{tp,dis} = F_{tp} \times K_H \times K_D \times K_{hf} \times K_{ct} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

Donde:

F_{tp} :Tensión admisible en tracción paralela (MPa)

K_H :Factor de modificación por contenido de humedad, según 7.1.1 de NCh1198:2024

K_D :Factor de modificación por duración de la carga, según 7.1.2 de NCh1198:2024

K_{hf} :Factor de modificación por altura, según 8.2.2.3 de NCh1198:2024

K_{ct} :Factor de modificación por concentración de tensiones, según 8.4.3 de NCh1198:2024

2.2.6. Control de deformaciones

Se debe realizar una comparación entre la deformación total del elemento en flexión y la deformación máxima admisible según la NCh1198, siguiendo la filosofía de diseño ASD que rige la normativa chilena:

$$\delta_{tot} \leq \Delta_{adm} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

Donde:

δ_{tot} :Deformación total del elemento (mm)

Δ_{adm} :Deformación admisible del elemento (mm)

2.2.6.1. Deformación total

La deformación total de vigas simplemente apoyadas flexionadas por una carga uniforme distribuida se determina según la expresión:

$$\delta_{tot} = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E_{dis} \times I} \quad (\text{Ec. 2.20})$$

Donde:

q :Carga uniformemente distribuida (N/mm)

L :Luz libre entre apoyos (mm)

E_{dis} :Módulo de elasticidad de diseño (MPa)

I :Momento de inercia de la sección transversal (mm³)

2.2.6.2. Deformación admisible

Las deformaciones admisibles se determinan dependiendo del tipo de viga ya sea, piso o techo, y el uso que tendrá. En la Tabla 2.1 se dejan las restricciones de deformación máxima de elemento sometido a flexión de acuerdo con el tipo de estructura y la ausencia de requisitos especiales.

Tabla 2.1: Deformaciones máximas admisibles en vigas de madera

Tipo de vigas	Deformaciones máximas admisibles considerando	
	Exclusivamente sobrecarga	Peso propio más sobrecarga
1. Vigas de techo		
1.1 Construcciones industriales y agrícolas	-	L/200 o L/400*)
1.2 Oficinas y construcciones habitacionales		
1.2.1 Con cielos ensayados o similares	L/360	L/300
1.2.2 Sin cielos enyesados o similares	-	L/300
2. Vigas de piso		
2.1 Construcciones en general	L/360	L/300
2.2 Pasarelas peatonales	-	L/400 o L/1 200*)
L = Luz efectiva de la viga		
*) La restricción mayor rige para sistemas enrejados, cuando se aplique el cálculo de flecha aproximado		

Fuente: NCh1198, 2024

2.3. Diseño de diafragmas según NCh1198

Para el diseño de diafragmas, en particular, para el diseño de muro de corte con la norma NCh1198:2014, se debe recordar que se basa en la norma norteamericana SDPWS:2015.

En los siguientes acápites se dará cuenta de los requisitos normativos nacionales que se deben seguir para el correcto diseño de muros de corte.

2.3.1. Diseño muro de corte a cizalle

Para verificar el cizalle, se realiza una comparación entre la capacidad de corte del muro y la capacidad de corte admisible del mismo, siguiendo la filosofía de diseño ASD que rige la normativa chilena:

$$V_c \leq V_{c,dis} \quad (\text{Ec. 2.21})$$

Donde:

V_c :Capacidad al corte de un muro en su plano (N/mm). Tabla 42 y 43 NCh1198:2024

$V_{c,dis}$:Capacidad de diseño al corte de un muro en su plano (N/mm)

2.3.1.1. Tensión de trabajo

Capacidad al corte de un muro en su plano se determina según la expresión:

$$V_c = \frac{V}{L} \quad (\text{Ec. 2.22})$$

Donde:

V :Carga de corte aplicada sobre el muro (N)

L :Longitud del muro de corte (mm)

2.3.1.2. Tensión de diseño

Capacidad de diseño al corte de un muro en su plano se determina según la expresión:

$$V_{c,dis} = V_c \times K_{FRA} \times K_n \quad (\text{Ec. 2.23})$$

Donde:

K_{FRA} :Factor de modificación por razón de aspecto, según 12.4.9.4 NCh1198:2024

K_n :Factor de modificación por número de caras arriostradas, según 12.4.10 NCh1198:2024

2.3.2. Diseño de muro de corte a deformación lateral

Para verificar la deformación lateral de un muro, se realiza una comparación entre la deformación total y la deformación admisible, siguiendo la filosofía de diseño ASD que rige la normativa chilena:

$$\delta \leq \Delta_{adm} \quad (\text{Ec. 2.24})$$

Donde:

δ :Deformación lateral del muro de corte (mm)

Δ_{adm} :Deformación lateral admisible del muro de corte (mm)

2.3.2.1. Deformación lateral total

La deflexión del muro de corte se determina según la expresión:

$$\delta = V \left(\frac{2 \times H^3}{3 \times E \times A_{ext} \times L_m^2} \right) + V \left(\frac{H}{G_a \times K_n \times L_m} \right) + T \left(\frac{H}{K_{anc} \times L_m} \right) \quad (\text{Ec. 2.25})$$

Donde:

L_m :Longitud del muro de corte (cm)

H :Altura del muro de corte (cm)

E :Módulo de elasticidad de diseño de los pies derechos de borde del muro (MPa), según Tabla U.1 de la NCh1198:2024

A_{ext} :Área de la sección transversal de los pies derechos de borde de un extremo del muro (cm²)

G_a :Rigidez de corte aparente del muro de corte (Ton/m), según Tabla 42 de la NCh1198:2024

T :Tracción de trabajo en los pies derechos de borde del muro (Ton)

V :Carga de corte aplicada sobre el muro (N)

K_n :Factor de modificación por número de caras arriostradas, según 12.4.10 NCh1198:2024

K_{anc} :Rigidez de anclaje (kg/cm)

2.3.2.2. Deformación lateral admisible

Se verifica la deformación según la deformación admisible de muros estipulada según la norma NCh433:1996 mod 2009, en donde se permite una deformación máxima admisible de:

$$\Delta_{adm} = H * 0,002 \quad (\text{Ec. 2.26})$$

Donde:

H :Altura de entrepiso (mm)

2.3.3. Control de vibraciones a diafragmas de piso

Para verificar la vibración de un diafragma de piso, se realiza una aproximación de su frecuencia natural y se verifica que esta esté por sobre los 9 Hz, cumpliéndose:

$$f_1 \geq 9 \text{ Hz} \quad (\text{Ec. 2.27})$$

La frecuencia fundamental vertical de vibración f_1 , para pisos rectangulares simplemente apoyados en dos lados se estima:

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \times L^2} \times \sqrt{\frac{(EI)_{long}}{m}} \geq 9 \text{ Hz} \quad (\text{Ec. 2.28})$$

La frecuencia fundamental vertical de vibración f_1 , para pisos rectangulares simplemente apoyados en cuatro lados se estima:

$$f_1 = \frac{\pi}{2 \times L^2} \times \sqrt{\frac{(EI)_{long}}{m}} \times \sqrt{1 + \left(2 \times \left(\frac{L}{B} \right)^2 + \left(\frac{L}{B} \right)^4 \right) \times \frac{(EI)_{tran}}{(EI)_{long}}} \geq 9 \text{ Hz} \quad (\text{Ec. 2.29})$$

Donde:

f_1 :Frecuencia fundamental vertical de vibración libre del piso (Hz)

B :Longitud de apoyo del envigado, medido en la dirección perpendicular a las vigas (m)

L :Longitud de apoyo del envigado, medido en la dirección paralela a las vigas (m)

- m :Masa por unidad de área del piso (kg/m^2). Esta masa debe incluir a la totalidad de las cargas muertas más un porcentaje de las cargas vivas (mayor o igual a 25%)
- $(EI)_{long}$:Rigidez equivalente a flexión del piso con respecto a un eje perpendicular a la dirección de las vigas (Nm^2/m)
- $(EI)_{tran}$:Rigidez equivalente a flexión del piso con respecto a un eje paralelo a la dirección de las vigas (Nm^2/m)

2.3.4. Control de desplazamiento vertical en diafragmas de piso

Para verificar el desplazamiento vertical de un envidado de piso, se realiza una comparación entre el desplazamiento vertical total (d_1) y se compara con una deformación de 1 mm.

$$d_1 \leq 1\text{mm} \quad (\text{Ec. 2.30})$$

Se considera el desplazamiento vertical menor entre las expresiones a continuación:

$$d_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{F \times L^2}{42 \times k_\delta \times (EI)_{long}} \\ \frac{F \times L^3}{42 \times s \times (EI)_{long}} \end{array} \right. \quad (\text{Ec. 2.31})$$

Donde:

- d_1 :Desplazamiento vertical del sistema de piso para una carga puntual de 1kN
- F :Carga puntual vertical de magnitud 1 kN
- s :Espaciamiento entre vigas del sistema de piso(m)
- k_δ :Factor de razón de rigideces a flexión. Debe ser menor o igual que B/L para pisos simplemente apoyados en dos lados

El factor de razón de rigideces a flexión se obtiene de la siguiente ecuación:

$$k_\delta = \sqrt[4]{\frac{(EI)_{trans}}{(EI)_{long}}} \quad (\text{Ec. 2.32})$$

Donde:

$(EI)_{long}$:Rigidez equivalente a flexión del piso con respecto a un eje perpendicular a la dirección de las vigas (Nm^2/m)

$(EI)_{tran}$:Rigidez equivalente a flexión del piso con respecto a un eje paralelo a la dirección de las vigas (Nm^2 /m)

2.4. Método simplificado de modelación de muros de corte con software FEM para estructuras de madera en entramado ligero

La modelación en software FEM se complejiza gracias a que el diseño estructural de muros de corte considera todos los elementos individuales que aportan rigidez. Por este motivo, González & Vargas (2019) desarrollaron una metodología simplificada, con el objetivo de reducir los tiempos de modelación para diseño sísmico de edificaciones de mediana altura en software FEM. Esta metodología consiste en el cálculo y aplicación de factores de modificación de rigidez, estos factores varían dependiendo de la configuración del muro a evaluar. Para esto se considera un análisis lineal que cumple con las formulaciones presentadas por Euler-Bernoulli y la teoría de vigas de Timochenko.

Para la implementación de la metodología simplificada se pueden obtener los factores de modificación directamente por medio del software de diseño estructural C+T de Eligemadera, para su posterior incorporación al software FEM donde se realiza el análisis sísmico.

En los siguientes acápites, se detallan las expresiones para el cálculo de los factores de modificación de rigidez.

2.4.1. Coeficiente de rigidez λ en dirección x e y

El coeficiente de rigidez λ , modifica los factores de rigidez de los respectivos Shell del software de elementos finitos en dirección f11 y f22.

$$\lambda = \frac{E' \times A'}{E \times A} \quad (\text{Ec. 2.33})$$

Donde:

- E' :Módulo de elasticidad de pie derecho (MPa)
 A' :Área de totalidad de pies derechos (mm²)
 E :Módulo de elasticidad de modelo computacional (MPa)
 A :Área de sección transversal del elemento área (mm²)

2.4.2. Coeficiente de rigidez ψ producto de las tensiones de corte

El coeficiente de rigidez de corte ψ , modifica el factor de rigidez por corte de los respectivos Shell del software de elementos finitos en f12.

$$\psi = \frac{\frac{L}{h}}{b \times \left(\frac{K_v}{K_H} \times \left(\frac{L}{h} \right)^2 - 4 \right)} \times \frac{K_v}{G} \quad (\text{Ec. 2.34})$$

Donde:

- K_v :Rigidez axial del muro marco-plataforma
 K_H :Rigidez lateral total del muro marco-plataforma
 G :Módulo de corte del elemento tipo área modelado
 b :Espesor de muro modelado
 L :Largo de muro modelado
 h :Altura de muro modelado

2.4.3. Coeficiente ρ de peso y masa sísmica

El coeficiente de peso y masa sísmica ρ , modifica los respectivos Shell del software de elementos finitos, ya que en el software se modelan los elementos como sólidos y homogéneos.

$$\rho = \frac{A_{TPD} \times \gamma_{PR} + n \times A_{OSB} \times \gamma_{OSB}}{A \times \gamma_{PR}} \quad (\text{Ec. 2.35})$$

Donde:

- A_{TPD} :Área total de los pies derechos en el muro

γ_{PR} :Peso específico de la especie maderera considerada
 n :Número de placas de OSB
 A_{OSB} :Área de placas de OSB
 γ_{OSB} :Peso específico placa de OSB
 A :Área de sección transversal del elemento área

Como mencionan González & Vargas (2019), este método tiene limitaciones: no se incursiona en modelos no lineales, modificaciones complejas de cada elemento, cálculos de propiedades de los elementos e iteraciones de verificación de cada uno de los elementos que componen el sistema marco-plataforma.

En el siguiente diagrama de flujo se detalla el procedimiento de diseño de muros utilizando los softwares C+T y ETABS.

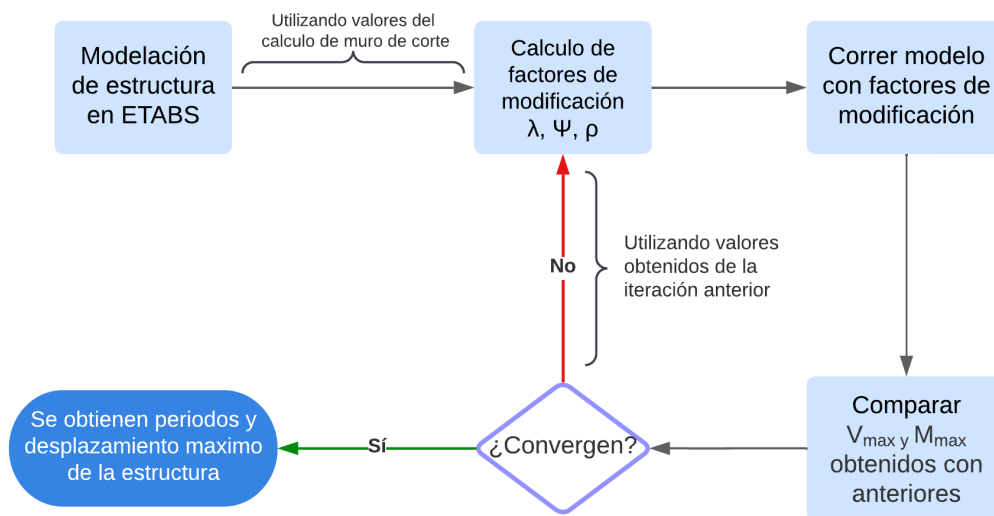


Figura 2.1: Diagrama de flujo modelación muro de corte con método simplificado

Fuente: Elaboración propia, 2025

3. ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA

3.1. Arquitectura

La estructura diseñada consiste en un edificio habitacional de cuatro pisos estructurado en entramado ligero con madera estructural de pino radiata. Cada planta tiene un área de 353,49 m², esto se divide en de cuatro departamentos separados por un pasillo de uso común que además cuenta con un sector de escaleras y ascensores a extremos opuestos.

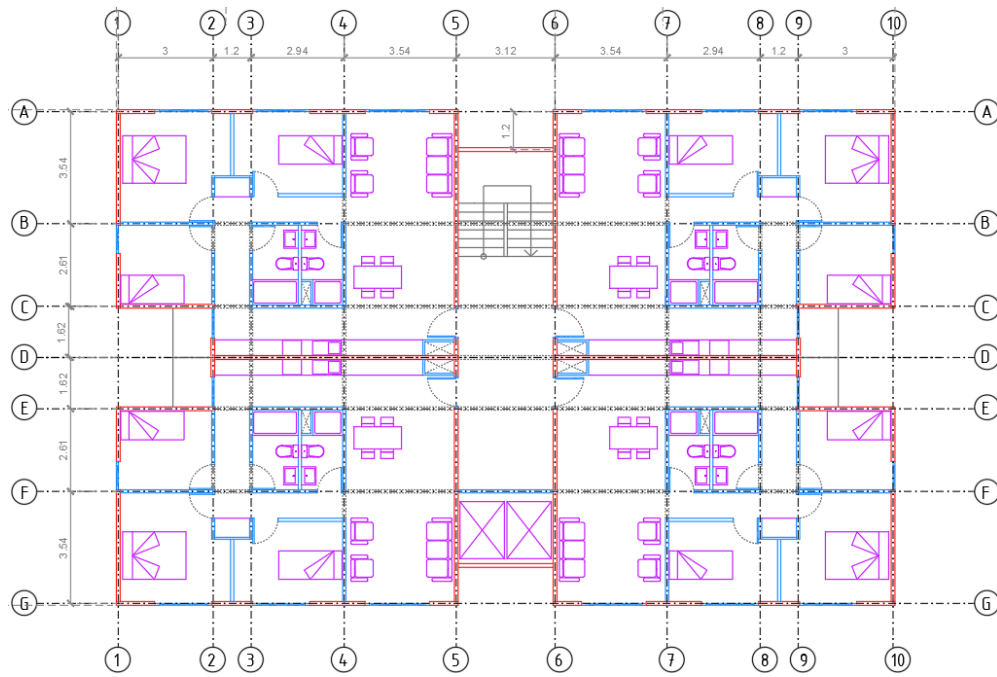


Figura 2.1: Vista planta arquitectura

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.2. Mecánica de suelos

Se consideró un caso desfavorable en concordancia con la NCh433:1996 mod 2009 y el Decreto Supremo 61 (2011). Para esto, se optó por un suelo tipo E emplazado en zona sísmica 3.

3.3. Materiales

3.3.1. Madera maciza

Se consideró madera maciza de pino radiata grado estructural C16 y humedad de servicio al 12%. A continuación, se muestran las propiedades del material de acuerdo con lo detallado en la NCh1198:2014 y NCh1198:2024.

Tensión admisible de flexión (F_f)	: 5,2 MPa
Tensión admisible de compresión (F_{cp})	: 7,5 MPa
Tensión admisible de tracción paralela (F_{tp})	: 3,5 MPa
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	: 2,5 MPa
Tensión admisible de cizalle (F_{cz})	: 1,1 MPa
Módulo de elasticidad en flexión (E_f)	: 7900 MPa
Índice de aplastamiento de compresión normal ($E_{cn,h}$)	: 5,65 MPa/mm
Densidad normal pino radiata NCh1198:2014	: 476 kg/m ³
Densidad normal pino radiata NCh1198:2024	: 478 kg/m ³

3.3.2. Tableros arriostrantes

Los tableros arriostrantes utilizados para los muros en el cálculo estructural están conformados por placas de OSB de espesor 11,1 mm, con las siguientes propiedades:

Densidad placa estructural (ρ)	: 690 kg/m ³
---------------------------------------	-------------------------

3.4. Cargas de diseño

3.4.1. Peso propio

Se definieron los muros externos, muros internos, entrepiso y techumbre, con sus respectivas soluciones constructivas, las que se detallan en los siguientes acápite.

3.4.1.1. Entrepiso

La siguiente Figura presenta la solución constructiva de los entrepisos de la estructura.

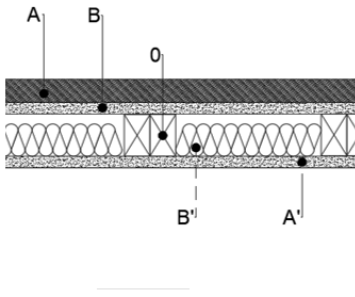
ENTREPISO									
DETALLE EN CORTE		DESCRIPCIÓN				PESO			
						NCh1198:2014	NCh1198:2024		
		EXTERIOR							
			E						
			D						
			C						
			B	Plancha OSB estructural 11,1mm	7,66 kg/m ²	7,66 kg/m ²			
		A	Losa Hormigón perlado e=5 cm	60 kg/m ²	60 kg/m ²				
		NUCLEO	0	ESPECIE	TERMINACIÓN	PRESERVACIÓN	GRADO ESTRUCTURAL	28,1 kg/m ²	28,22 kg/m ²
			PINO RADIATA	CEPILLADO	PRESERVADO		C16		
					C. HUMEDAD	PIE DERECHO	INSTANCIAMIENTO		
					12%	2 2X8 241X185mm	@40 cm		
		A'	Plancha yeso cartón generico 15mm	15 kg/m ²	15 kg/m ²				
		B'	Aislación lana de vidrio 120mm	11 kg/m ²	11 kg/m ²				
		C'							
		D'							
		E'							
		NORMA		PESO (POR METRO ²)	CARGA ADMISIBLE	ESPESOR			
NCh1198:2014	121,8 kg/m ²			304,1 mm					
NCh1198:2024	121,9 kg/m ²			304,1 mm					

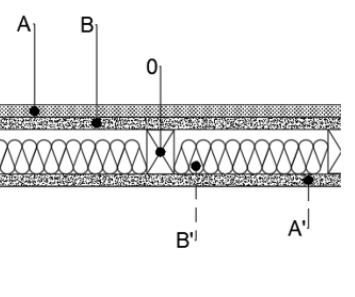
Figura 3.2: Soluciones constructivas entrepiso

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.4.1.2. Techumbre

La siguiente Figura presenta la solución constructiva de la techumbre de la estructura.

TECHUMBRE

DETALLE EN CORTE		DESCRIPCIÓN					PESO			
							NCh1198:2014	NCh1198:2024		
		EXTERIOR								
			E							
			D							
			C							
		NUCLEO	B	Plancha OSB estructural 11,1mm					7,66 kg/m²	7,66 kg/m²
			A	Teja asfáltica 2mm					10 kg/m²	10 kg/m²
			0	PINO RADIATA	CEPILLADO	PRESERVADO		C16	16,05 kg/m²	16,12 kg/m²
						C. HUMEDAD	PIE DERECHO	INSTANCIAMIENTO		
						12%	2X8 41X185mm	@40 cm		
		INTERIOR	A'	Plancha yeso cartón generico 15mm					15 kg/m²	15 kg/m²
			B'	Aislación lana de vidrio 120mm					11 kg/m²	11 kg/m²
			C'							
			D'							
			E'							

NORMA	PESO (POR METRO²)	CARGA ADMISIBLE	ESPESOR
NCh1198:2014	59,71 kg/m²		118,1 mm
NCh1198:2024	59,78 kg/m²		118,1 mm

Figura 3.3: Soluciones constructivas techumbre

Fuente: Elaboración propia, 2025

3.4.1.3. Muros

La siguiente Figura presenta la solución constructiva de los muros.

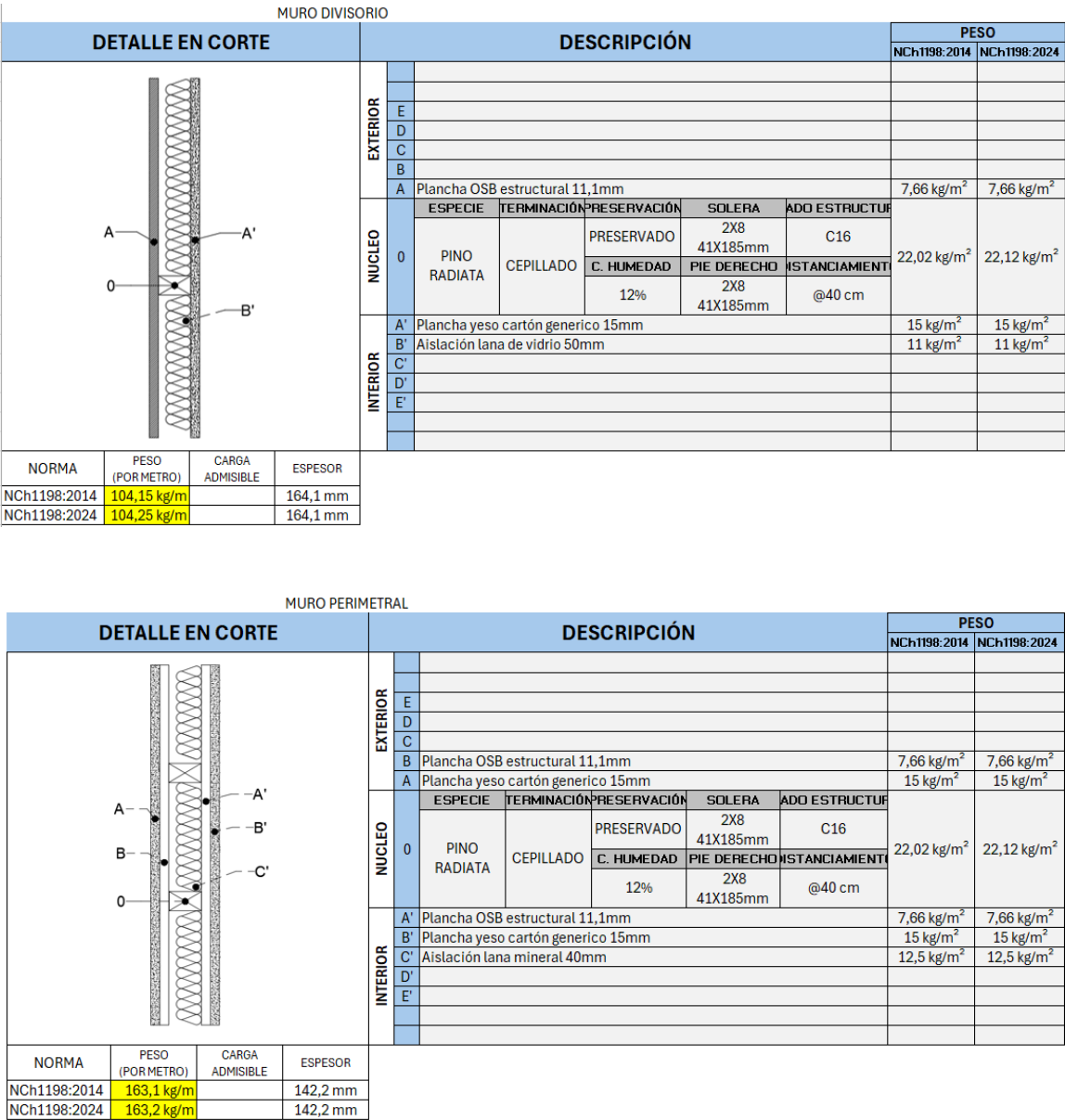


Figura 3.4: Soluciones constructivas muros
Fuente: Elaboración propia, 2025

3.4.2. Sobrecargas

Las sobrecargas consideradas se obtienen de la norma NCh1537:2009:

Sobrecarga de uso habitacional	: 200 kg/m ²
Sobrecarga de uso de techo	: 100 kg/m ²

3.4.3. Sismo

El análisis sísmico se establece considerando el uso y ubicación del edificio. Se utilizó la zona sísmica más desfavorable, lo cual implica caracterizar la estructura con los parámetros que se indican a continuación:

Tabla 3.1: Parámetros usados en el análisis sísmico

Parámetros	Valor
Zona sísmica	3
Tipo de suelo	E
Categoría del edificio	II
Coeficiente de importancia	1
Factor de modificación de respuesta	5,5
Coeficiente sísmico máximo	0,208

Fuente: Elaboración propia, 2025

Se verifica un análisis estático equivalente de acuerdo con lo establecido en la norma NCh433:1996 mod 2009. Las masas sísmicas consideradas son el peso propio de la estructura más un 25% de la sobrecarga.

3.5. Combinaciones de carga

Las combinaciones de carga requeridas para el diseño corresponden a las estipuladas en la norma NCh3171:2017 y que se presentan a continuación:

- D
- $D + L$
- $D + L_r$
- $D + 0,75L + 0,75L_r$
- $D + E$
- $D + 0,75E + 0,75L$

Donde:

D :Peso propio

L :Sobrecarga de uso

L_r :Sobrecarga de techo

E :Sismo en ambas direcciones principales del plano

4. DISEÑO ESTRUCTURAL

4.1. Modelo estructural

Se realizó un modelo estructural utilizando el software ETABS. Como se observa en la Figura 4.1, se emplean 3 tipos de elementos: **frame** para las vigas, **shell** para los muros y **slab** para las losas.

Se asigna un diafragma rígido a las losas de cada nivel para que cumplan con la función de distribuir cargas gravitacionales a las vigas y muros de corte, respectivamente.

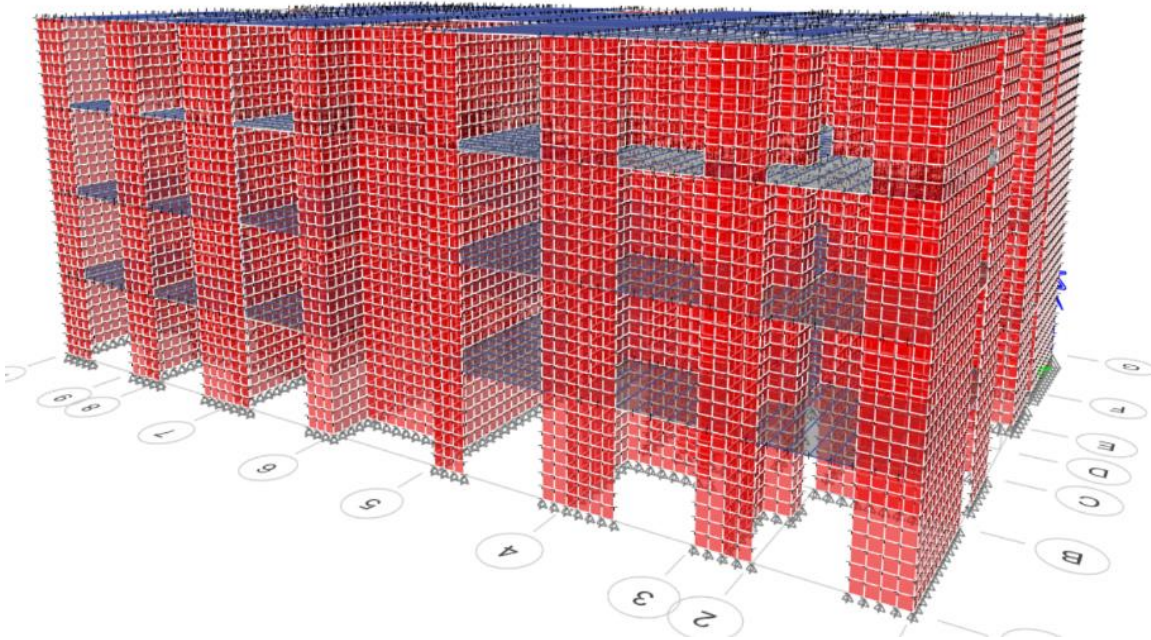
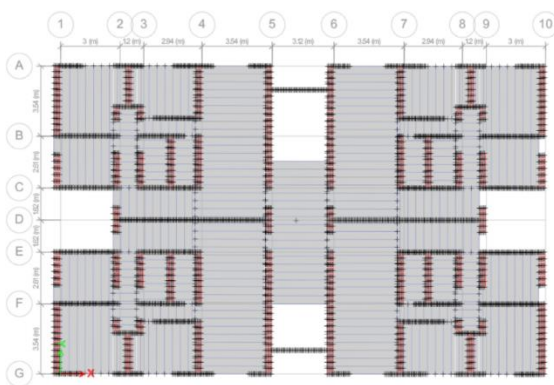


Figura 4.1: Modelo tridimensional de la estructura en ETABS

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.1.1. Análisis estático equivalente

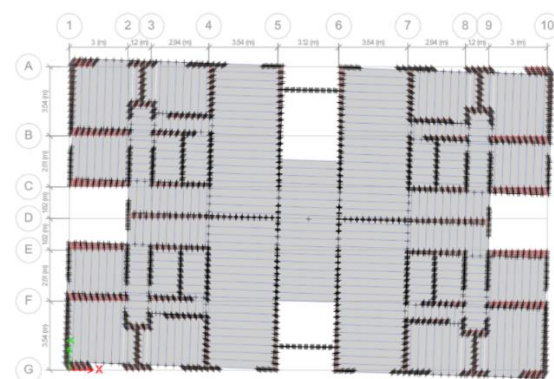
Según lo especificado en la NCh433:1996 mod 2009, se realiza el respectivo análisis sísmico, del cual se desprenden los siguientes modos de vibrar:



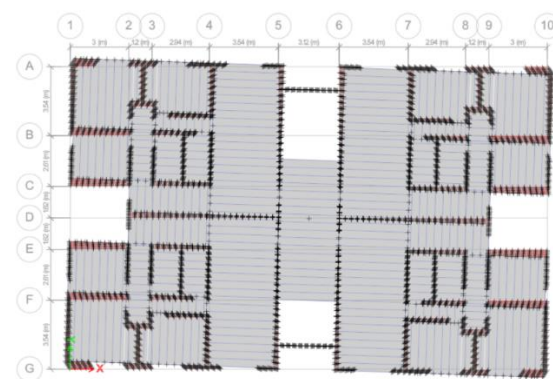
Modo de vibrar N°1 - NCh1198:2014
T=0.350 [s]



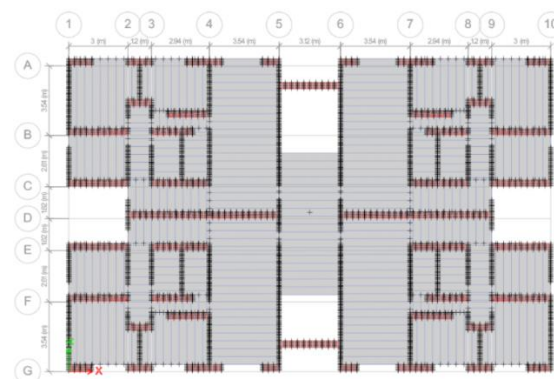
Modo de vibrar N°1 - NCh1198:2024
T=0.393 [s]



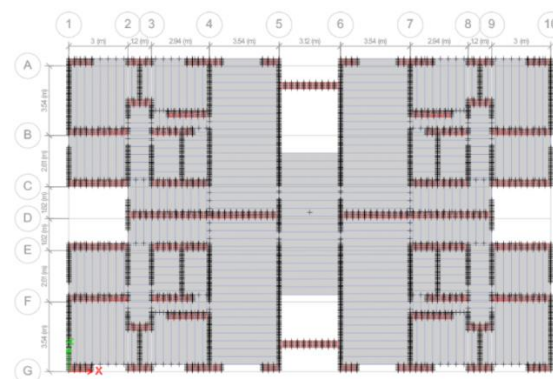
Modo de vibrar N°2 - NCh1198:2014
T=0.343 [s]



Modo de vibrar N°2 - NCh1198:2024
T=0.379 [s]



Modo de vibrar N°3 - NCh1198:2014
T=0.308 [s]



Modo de vibrar N°3 - NCh1198:2024
T=0.357 [s]

Figura 4.2: Detalle modos de vibrar
Fuente: Elaboración propia, 2025

4.1.2. Verificación de deformaciones sísmicas

De acuerdo con lo dispuesto en la norma NCh433:1996 mod 2009 artículo 5.9.2, la estructura debe cumplir con el desplazamiento máximo relativo entre dos pisos consecutivos medido en el centro de masa en cada una de las direcciones de análisis, lo que no debe superar el valor límite estipulado de 0,002.

A continuación, se presentan las Figuras 4.3 y 4.4 que representan los desplazamientos laterales en los ejes X e Y, estos desplazamientos corresponden a los calculados según la NCh433 y los resultados obtenidos de las iteraciones realizadas en software FEM, según los diseños NCh1198:2014 y NCh1198:2024.

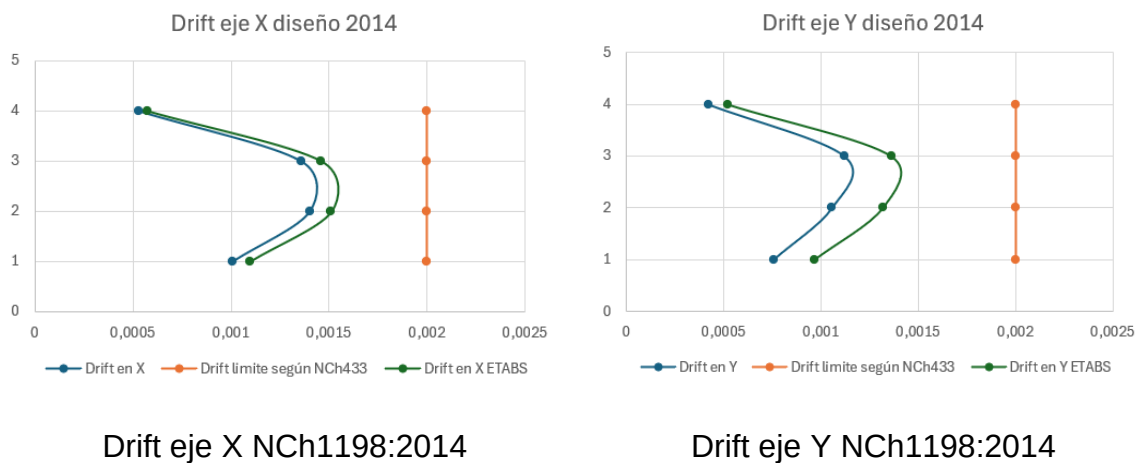


Figura 4.3: Drifts NCh1198:2014
Fuente: Elaboración propia, 2025

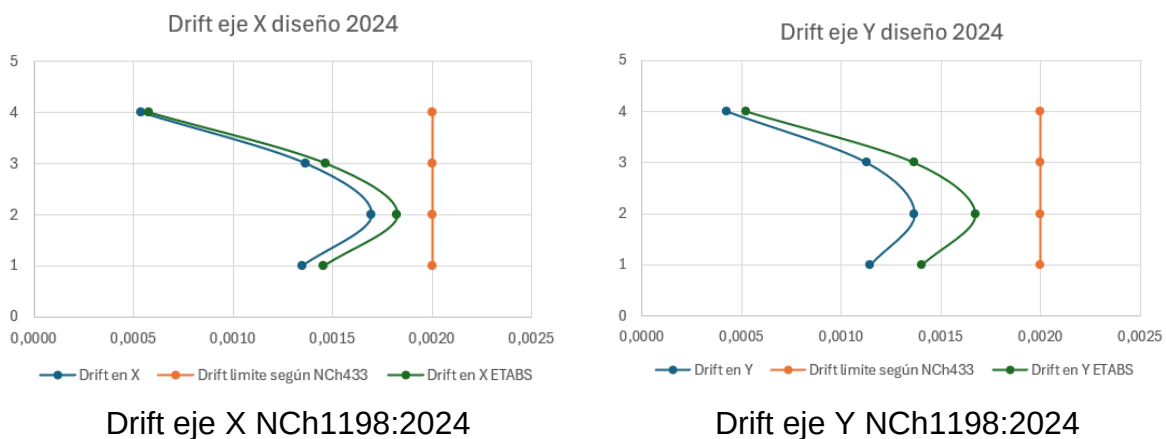


Figura 4.4: Drifts NCh1198:2024
Fuente: Elaboración propia, 2025

Para ambos diseños se verifican las deformaciones sísmicas impuestas por la NCh433:1996 mod 2009.

4.2. Diseño de vigas

4.2.1. Vigas de techo

De acuerdo con la metodología contenida en la normativa NCh1198:2014 y NCh1198:2024, se realiza el diseño de las vigas de techo mediante el siguiente flujo:

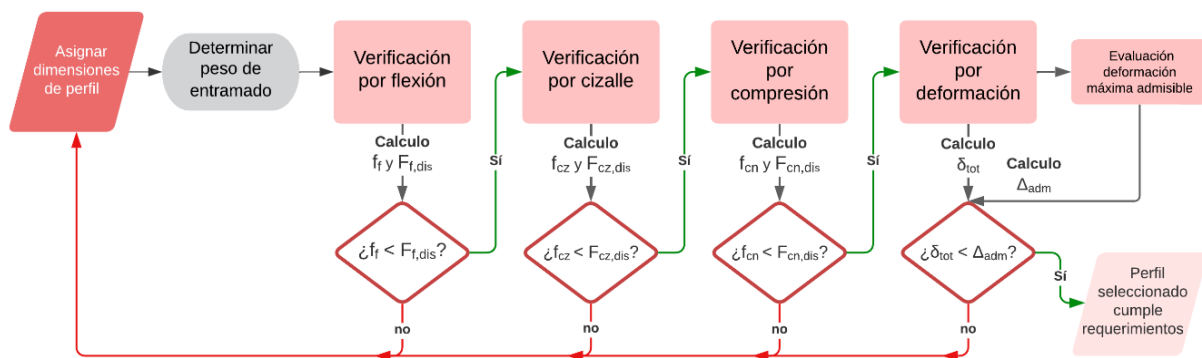


Figura 4.5: Diagrama de flujo para diseño viga de techumbre
Fuente: Elaboración propia, 2025

En la Tabla 4.1 se presentan los resultados correspondientes a vigas de techo de escuadría 2x8 de pino radiata aserrado.

Tabla 4.1: Resultados vigas de techo

Propiedades	Valor nominal	Valor de diseño	Relación de uso (%)
NCh1198:2014			
Tensión admisible de flexión (F_f)	3,941 MPa	6,472 MPa	60,89 %
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	0,291 MPa	2 MPa	14,55 %
Tensión admisible de cizalle (F_{cz})	0,213 MPa	1,375 MPa	15,49 %
Deformación de peso propio + sobrecarga (δ_{tot})	11 mm	11 mm	100 %
Deformación de sobrecarga (δ_{tots})	7 mm	10 mm	70 %
NCh1198:2024			
Tensión admisible de flexión (F_f)	3,943 MPa	6,472 MPa	60,92 %
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	0,291 MPa	2 MPa	14,55 %

Tensión admisible de cizalle (F_{cz})	0,213 MPa	1,375 MPa	15,49 %
Deformación de peso propio + sobrecarga (δ_{tot})	11 mm	11 mm	100 %
Deformación de sobrecarga (δ_{tots})	7 mm	10 mm	70 %

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.2.2. Vigas de entrepiso

De acuerdo con la metodología expuesta en la normativa NCh1198:2014 y NCh1198:2024, se obtiene el diseño de las vigas de entrepiso mediante el siguiente flujo:

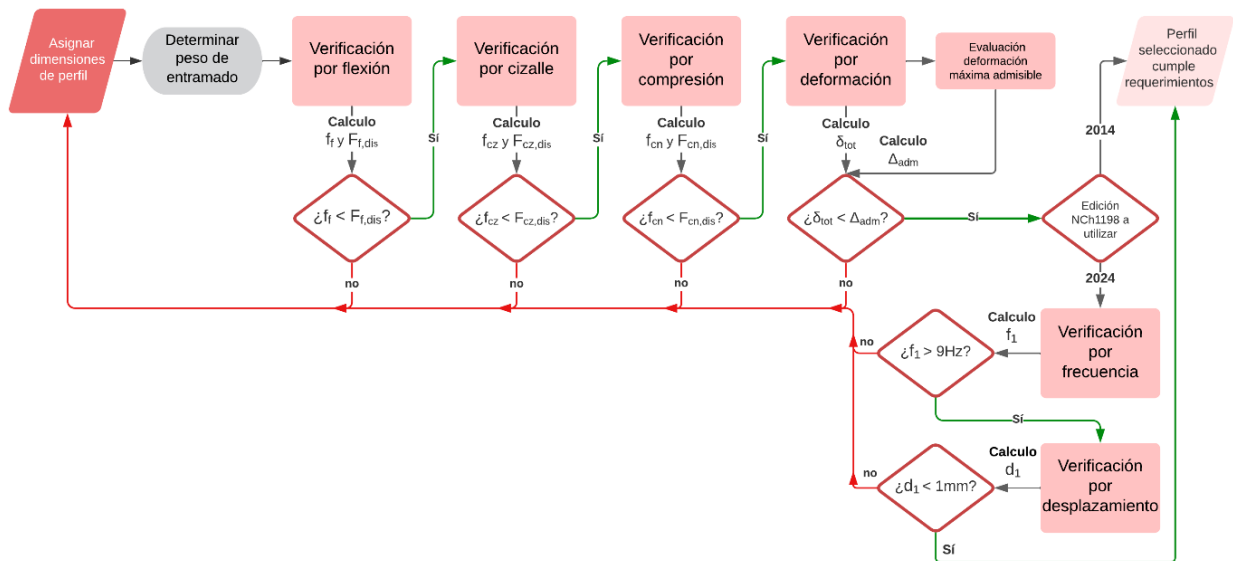


Figura 4.6: Diagrama de flujo para diseño viga de entrepiso

Fuente: Elaboración propia, 2025

En la Tabla 4.2 se presentan los resultados correspondientes a vigas de entrepiso de escuadría 2x8 de pino radiata aserrado.

Tabla 2.2: Resultados vigas de piso

Propiedades	Valor nominal	Valor de diseño	Relación de uso (%)
NCh1198:2014			
Tensión admisible de flexión (F_t)	3,97 MPa	6,472 MPa	61,34 %
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	0,293 MPa	2 MPa	14,65 %
Tensión admisible de cizalle (F_{cz})	0,214 MPa	1,375 MPa	15,56 %
Deformación de peso propio + sobrecarga (δ_{tot})	9 mm	11 mm	81,81 %
Deformación de sobrecarga (δ_{tots})	6 mm	10 mm	60 %

NCh1198:2024			
Tensión admisible de flexión (F_f)	3,971 MPa	6,472 MPa	61,36 %
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	0,294 MPa	2 MPa	14,7 %
Tensión admisible de cizalle (F_{cz})	0,214 MPa	1,375 MPa	15,56 %
Deformación de peso propio + sobrecarga (δ_{tot})	9 mm	11 mm	81,81 %
Deformación de sobrecarga (δ_{tot_s})	6 mm	10 mm	60 %
Frecuencia vertical de vibración de piso (f_1)	9,446 Hz	> 9 Hz	CUMPLE
Desplazamiento vertical de piso (d_1)	0,735 mm	< 1 mm	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.3. Diseño pies derechos

De acuerdo con la metodología expuesta en la normativa NCh1198:2014 y NCh1198:2024, se obtiene el diseño de los pies derechos de muros mediante el siguiente flujo:

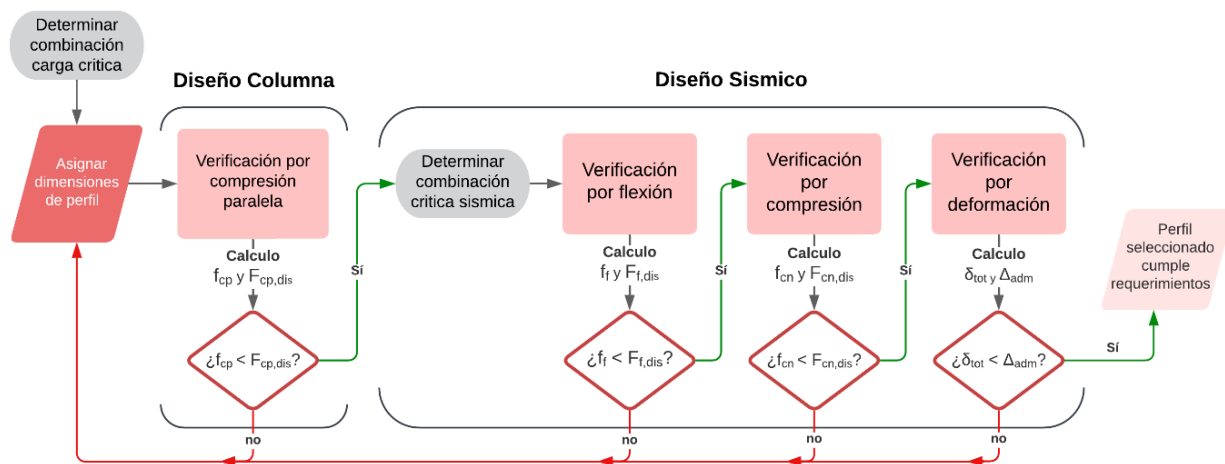


Figura 4.7: Diagrama de flujo para diseño pie derecho

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.3.1. Pies derechos interiores

En la Tabla 4.3 se presentan los resultados correspondientes a los pies derechos de muros interiores de escuadría 2x8 de pino radiata aserrado.

Tabla 4.3: Resultados pies derechos interiores

Propiedades	Valor nominal	Valor de diseño	Relación de uso (%)
NCh1198:2014			
Tensión admisible de flexión (F_f)	7,493 MPa	8,284 MPa	90,45 %
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	0,379 MPa	2 MPa	18,95 %
Deformación lateral (δ_{sis})	10 mm	10 mm	100 %
NCh1198:2024			
Tensión admisible de flexión (F_f)	7,498 MPa	8,284 MPa	90,51 %
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	0,379 MPa	2 MPa	18,95 %
Deformación lateral (δ_{sis})	10 mm	10 mm	100 %

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.3.2. Pies derechos exteriores

En la Tabla 4.4 se presentan los resultados correspondientes a los pies derechos de muros exteriores de escuadría 2x8 de pino radiata aserrado

Tabla 4.4: Resultados pies derechos exteriores

Propiedades	Valor nominal	Valor de diseño	Relación de uso (%)
NCh1198:2014			
Tensión admisible de flexión (F_f)	7,493 MPa	8,284 MPa	90,45 %
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	0,379 MPa	2 MPa	18,95 %
Deformación lateral (δ_{sis})	10 mm	10 mm	100 %
NCh1198:2024			
Tensión admisible de flexión (F_f)	7,498 MPa	8,284 MPa	90,51 %
Tensión admisible de compresión normal (F_{cn})	0,379 MPa	2 MPa	18,95 %
Deformación lateral (δ_{sis})	10 mm	10 mm	100 %

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.4. Diseño muros de corte

De acuerdo con las metodologías expuestas en la normativa NCh1198:2014, SDPWS:2015 y NCh1198:2024, se obtiene el diseño de los muros de corte mediante el siguiente flujo:

4.4.2. Muro de corte exterior

En la Tabla 4.6 se presentan los resultados correspondientes a los muros de corte interiores:

Tabla 4.6: Resultados muros de corte exteriores

Propiedades	Valor nominal	Valor de diseño	%
NCh1198:2014			
Tracción en pie derecho (T)	0,988 Ton	1,38 Ton	71,59 %
Compresión máxima (F_{cmax})	0,762 MPa	6,003 MPa	12,69 %
Deformación total (δ_{tot})	4,792 mm	4,88 mm	98,2 %
NCh1198:2024			
Tracción en pie derecho (T)	0,989 Ton	1,38 Ton	71,67 %
Compresión máxima (F_{cmax})	0,763 MPa	6,003 MPa	12,71 %
Deformación total (δ_{tot})	3,304 mm	4,88 mm	67,7 %

Fuente: Elaboración propia, 2025

4.4.3. Resumen tipologías muros de corte

En la Tabla 4.7 se presentan las tipologías de muros resultantes de las iteraciones realizadas con el método simplificado detallado en el acápite 2.4

Tabla 4.7: Resultados pies derechos interiores

Tipología	Separación de pies derechos	Tipo de madera	Placa arriostrante	Piso	Patrón de clavado	Pie derecho		Hold-down
Muro A1: Muro Más Cargado ed2014	40 cm	Pino radiata, aserrada, grado C16	OSB 11,1mm	4	15cm	2x8	1	HD3B_1
				3	15cm		1	HD3B_1
				2	7.5cm		2	HD5B_2
				1	5cm		2	HD7B_1
Muro A2: Muro Más Cargado ed2024	40 cm	Pino radiata, aserrada, grado C16	OSB 11,1mm	4	15cm	2x8	1	HD3B_1
				3	15cm		1	HD3B_1
				2	15cm		2	HD5B_2
				1	15cm		2	HD7B_1
Muro B1: Muro Genérico ed2014	40 cm	Pino radiata, aserrada, grado C16	OSB 11,1mm	4	15cm	2x8	1	HD3B_1
				3	15cm		1	HD3B_1
				2	5cm		1	HD3B_1
				1	5cm		2	HD5B_2
Muro B2: Muro Genérico ed2024	40 cm	Pino radiata, aserrada, grado C16	OSB 11,1mm	4	15cm	2x8	1	HD3B_1
				3	15cm		1	HD3B_1
				2	15cm		1	HD3B_1
				1	15cm		2	HD3B_3
Muro C1: Muro Externo ed2014	40 cm	Pino radiata, aserrada, grado C16	OSB 11,1mm	4	15cm	2x8	1	HD3B_1
				3	15cm		1	HD3B_1
				2	10cm		1	HD3B_1

				1	15cm		1	HD3B_1
Muro C2: Muro Externo ed2024	40 cm	Pino radiata, aserrada, grado C16	OSB 11,1mm	4	15cm	2x8	1	HD3B_1
				3	15cm		1	HD3B_1
				2	15cm		1	HD3B_1
				1	15cm		1	HD3B_1

Fuente: Elaboración propia, 2025

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los análisis y discusiones de los resultados presentados en el capítulo 4.

5.1. Vigas

5.1.1. Vigas de techumbre

Al comparar los diseños con ambas normativas no se observan diferencias. La escuadría resultante de diseño es la misma para ambos casos, lo que se responde con que la normativa no cambió en términos metodológicos en este ítem, solo aumentó en 2 kg/m³ la densidad normal de pino radiata (476 kg/m³ a 478 kg/m³), pero no se traduce en un efecto directo en el aumento del peso propio del sistema y, por consiguiente, un aumento de escuadría.

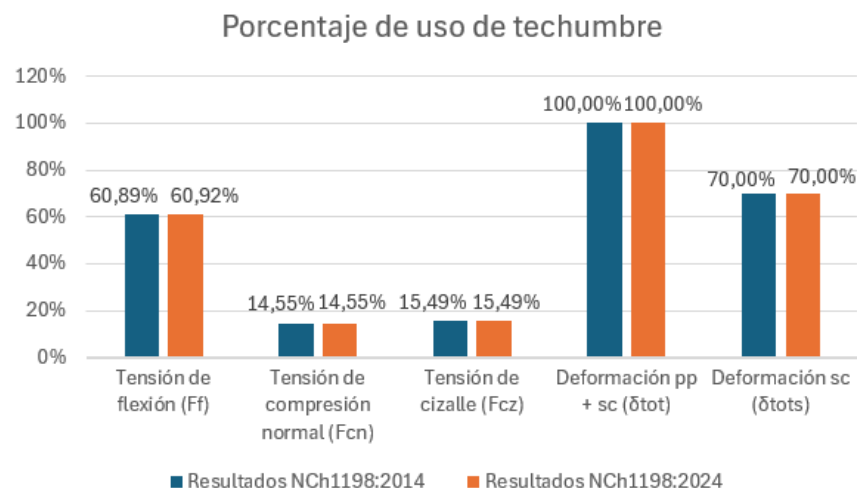


Figura 5.1: Porcentaje de uso de techumbre

Fuente: Elaboración propia, 2025

5.1.2. Vigas de entrepiso

Al comparar los diseños con ambas normativas no se observan diferencias. La escuadría resultante de diseño es la misma para ambos casos. Si bien gran parte de la metodología de la normativa no cambió en este ítem, se incorporaron dos verificaciones, tanto de vibración como de deformación instantánea, que, en este caso, no determinaron el diseño.

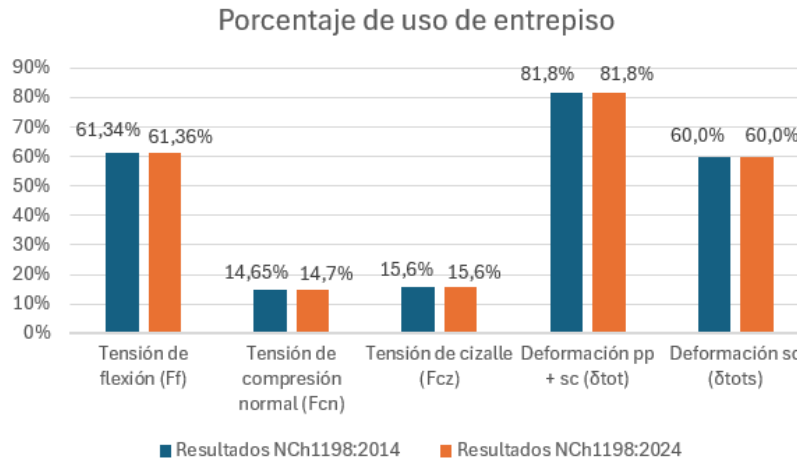


Figura 5.2: Porcentaje de uso de entrepiso
Fuente: Elaboración propia, 2025

5.2. Pies derechos

5.2.1. Pies derechos – Compresión paralela

Al comparar los diseños con ambas normativas no se observan diferencias. La escuadría resultante de diseño es la misma para ambos casos, lo que se responde con que la normativa no cambió en términos metodológicos en este ítem, solo aumentó en 2 kg/m³ la densidad normal de pino radiata (476 kg/m³ a 478 kg/m³), pero no se traduce en un efecto directo en el aumento del peso propio del sistema y por consiguiente, un aumento de escuadría.

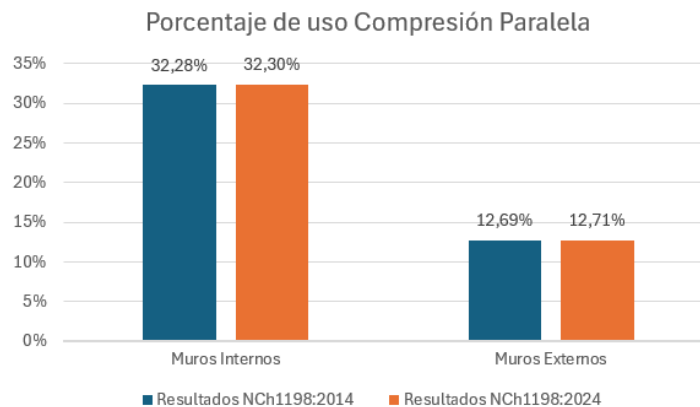


Figura 5.3: Porcentaje de uso compresión paralela
Fuente: Elaboración propia, 2025

5.2.2. Pies derechos – Flexo compresión.

Al comparar los diseños con ambas normativas no se observan diferencias. La escuadría resultante de diseño es la misma para ambos casos, lo que se responde con que la normativa no cambió en términos metodológicos en este ítem, solo aumentó en 2 kg/m³ la densidad normal de pino radiata (476 kg/m³ a 478 kg/m³), lo que se traduce en un aumento del 4,2% en el porcentaje de utilización en flexión y un 0,9% en el porcentaje de utilización en compresión normal. Sin desmedro de lo anterior, esto afecta de manera directa en el aumento del peso propio del sistema, sin embargo, no es suficiente para que se traduzca en un aumento de escuadría.

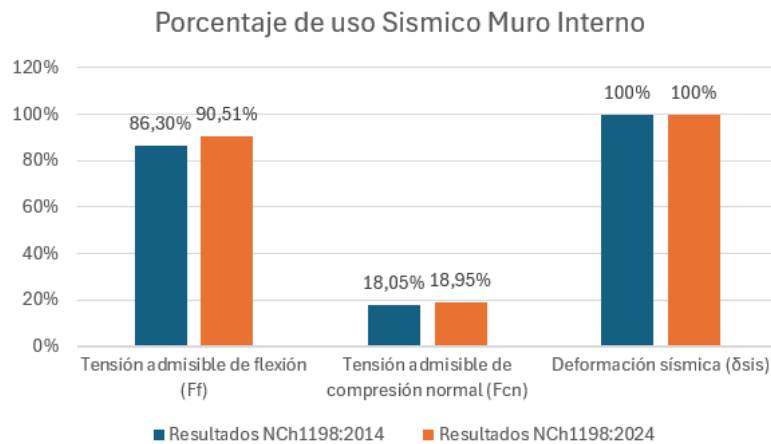


Figura 5.4: Porcentaje de uso flexo-compresión muro máximo
Fuente: Elaboración propia, 2025

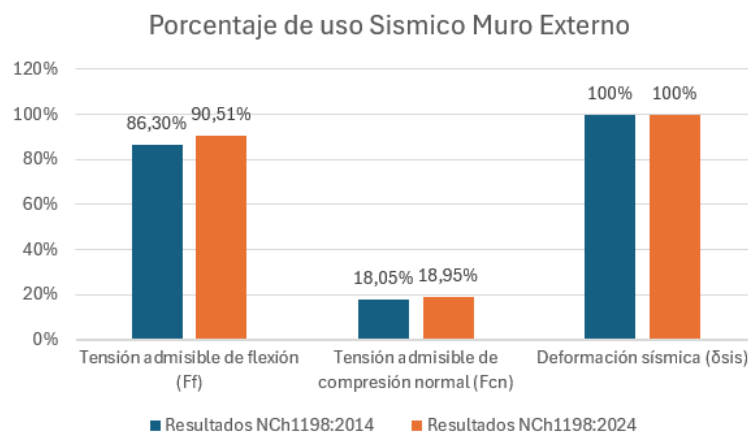


Figura 5.5: Porcentaje de uso flexo-compresión muro externo
Fuente: Elaboración propia, 2025

5.3. Muros de corte

5.3.1. Esfuerzos internos

Como se observa en el acápite 5.2.1, los porcentajes de uso en compresión paralela no presentan una variación significativa dado que la escuadría es la misma para ambos casos y la normativa no cambió en cuanto a su cálculo. Como consecuencia los esfuerzos internos como: corte, momento y tracción. Tienen una variación de hasta un 0,1% adicional. Esta variación de porcentaje de uso de esfuerzos internos se debe al incremento de densidad normal de pino radiata (476 kg/m^3 a 478 kg/m^3), incrementando la carga de techo y entrepiso.

5.3.2. Desplazamiento lateral

Como se puede observar en la Figura 5.6, existe una disminución en las deformaciones laterales de los muros internos. Dentro de los tres macro términos que caracterizan la deformación lateral de un muro de corte, los de deformación por flexión y volcamiento aportan exactamente con el mismo desplazamiento, sin embargo, el término de deformación por corte es el que induce variaciones en el desplazamiento lateral.

Esta disminución no solo puede estar dada por la geometría en planta de la estructura y su distribución de muros internos, sino también consecuencia directa de los cambios normativos, ya que se establecieron cambios directos sobre los valores de capacidad de corte unitario (V_c) y rigidez de corte aparente (G_a), provocando diseños menos conservadores en relación con lo que plantea la SDPWS:2015.

Se observa que a medida que se va analizando los pisos superiores, las diferencias incrementan, llegando a una disminución del desplazamiento lateral en los pisos 3 y 4 de un 38% y 34%, respectivamente.

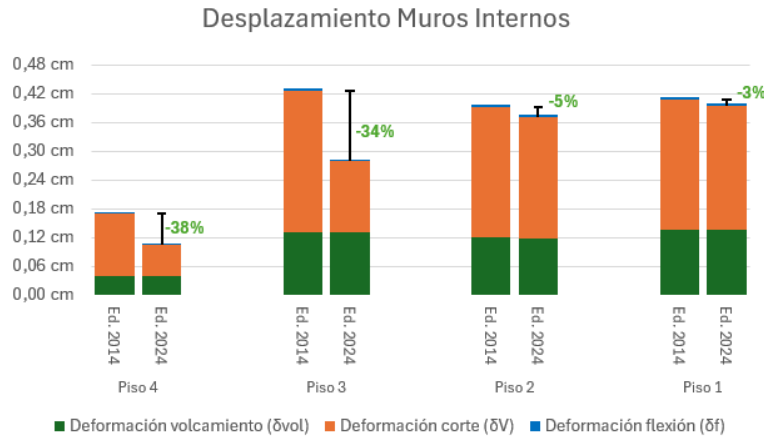


Figura 5.6: Desplazamiento muro interno
Fuente: Elaboración propia, 2025

Al igual que en el caso de los muros internos, en la Figura 5.7 se aprecia el comportamiento en términos de deformación lateral de los muros externos de la estructura. Se observa un comportamiento similar al caso anterior, es decir, la deformación por flexión y volcamiento aportan exactamente con el mismo desplazamiento en ambos diseños, sin embargo, el término de deformación por corte es el que induce variaciones en el desplazamiento lateral.

Esta disminución no solo puede estar dada y ser más o menos sensible por la geometría en planta de la estructura y su distribución de muros internos y externos, sino también consecuencia directa de los cambios normativos sobre los valores de capacidad de corte unitario (V_c) y rigidez de corte aparente (G_a), provocando diseños menos conservadores en relación con lo que plantea la SDPWS:2015.

En particular, para los muros externos se observa que a medida que se va analizando los pisos superiores, las diferencias no consiguen tener un patrón claro de comportamiento, sin embargo, en el análisis global, si es consistente la disminución en las deformaciones por corte.

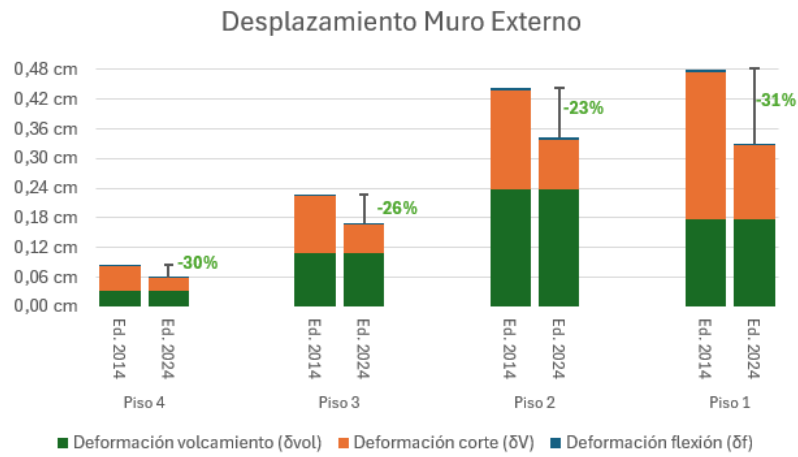


Figura 5.7: Desplazamiento muro máximo
Fuente: Elaboración propia, 2025

6. CONCLUSIONES

Se diseñó un edificio de 4 pisos en entramado ligero, modelado con el método simplificado para software FEM de González & Vargas (2019), verificando los elementos estructurales simples y los muros de corte con todas las normativas nacionales vigentes. En este contexto y en relación con el método de modelación, se concluye que:

- La utilización del método optimiza el tiempo de modelación y diseño de los muros de corte del proyecto, alrededor del 50%, permitiendo iterar de manera más eficientemente a la hora de determinar tipologías de los muros de la estructura, incentivando el desarrollo de proyectos con esta metodología de diseño.
- Sin desmedro de lo anterior, es esencial que se respeten las limitaciones y recomendaciones propias del método, como el tamaño de malla, geometrías regulares y poco complejas, ya que eventualmente podrían generarse errores en el funcionamiento producto de no linealidades, cosa que no está dentro de las hipótesis fundamentales del método de modelación simplificada.

En relación con el diseño de elementos estructurales en madera según las normas nacionales para el edificio presentado en este documento, se concluye que:

- El diseño de edificios de madera es viable bajo cumplimiento de toda normativa nacional, incluyendo los requerimientos sísmicos y requerimientos de seguridad y confortabilidad, como las soluciones constructivas que dan cumplimiento a otros requerimientos técnicos, por ejemplo, fuego, térmico y acústico. De esta manera, se evidencia que este tipo de estructuras en madera son completamente competitivas desde el punto de vista estructural en relación con los otros materiales de construcción utilizados de manera más tradicional y masiva.
- Es esencial procurar realizar plantas estructurales simétricas y simples si se estructuran en madera maciza, ya que para que tengan un buen desempeño, se debe hacer que los elementos estructurales estén dispuestos de manera óptima para no tener que realizar piezas especiales y comenzar a complejizar el proceso de diseño y luego el constructivo.

Finalmente, en la comparación de los diseños de la edificación con ambas normativas, en donde las principales modificaciones que presenta la norma NCh1198:2024 en relación a la NCh1198:2014 son tres: (1) cambio en la densidad normal de distintas especies madereras, en particular del pino radiata; (2) incorporación de dos verificaciones para entramados de piso: vibraciones y deformaciones instantáneas; (3) incorporación del capítulo de diseño de diafragmas verticales, cuya filosofía de diseño se basa en la normativa norteamericana SDPWS. Posterior a los análisis y discusión de resultados, se concluye que:

- En relación con el cambio de densidad normal del pino radiata, el aumento de 2 kg/m³ no afectó de manera puntual al diseño de los elementos simples de la estructura, manteniéndose las mismas escuadrías para ambos diseños. Sin desmedro de lo anterior, para diseño de estructuras de una mayor envergadura, pudiese ser que eventualmente haga un aumento de escuadría mínimo, sobre todo en los elementos estructurales verticales de los primeros pisos.
- En tanto a la incorporación de las verificaciones de vibraciones y deformación instantánea para envigados de entrepiso, queda en evidencia que, para este proyecto en particular, no implicó un cambio de escuadría en relación con el diseño con la normativa NCh1198:2014, traduciéndose en que no generó ningún cambio puntual en el entrepiso. Sin embargo, esto puede cambiar dependiendo de la solución constructiva con la que se evalúe el envigado, ya que variará el peso del sistema, y de la geometría de este, entendiéndose que estos aspectos responden a que los diseños entreguen un mayor confort y mejores desempeños. Como futura investigación, se sugiere realizar un análisis de sensibilidad de estas verificaciones, tanto para la geometría como para el peso del sistema de entrepiso.
- Finalmente, la incorporación a la normativa nacional del capítulo de cálculo de diafragmas verticales si evidenció un cambio en el diseño de los elementos de muros de corte y el comportamiento global de la estructura, traduciéndose en elementos menos robustos y con un diseño menos conservador, pero que aun así, dan cumplimiento a las normativas sísmicas nacionales. El parámetro más sensible de este capítulo es la deformación por corte del muro, otorgando diseños

con espaciamientos de clavados de placa estructural hasta un 50% mayor. Como futura investigación, se sugiere realizar un análisis económico de la disminución de costos de muros de corte producto de disminuir los medios de unión en las placas estructurales.

7. BIBLIOGRAFÍA

American Wood Council (2015). *Special Design Provisions for wind and Seismic 2015 Edition*.

Cárcamo, S. (2017). *Modelo de muros marco plataforma para un programa de elementos finitos mediante elementos área*. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

González, I & Vargas, J (2019). *Método simplificado para modelación de edificios en media altura tipo marco-plataforma de madera utilizando un programa computacional de elementos finitos*. ACHISINA 2019, Valdivia, Chile.

Instituto Nacional de Normalización (1996). *NCh433: Diseño Sísmico de edificios*.

Instituto Nacional de Normalización (2014). *NCh1198: Madera- Construcciones en madera - Cálculo*

Instituto Nacional de Normalización (2024). *NCh1198: Madera- Construcciones en madera - Cálculo*

Instituto Nacional de Normalización (2009). *NCh1537:2009: Diseño estructural – Cargas permanentes y cargas de uso*

Instituto Nacional de Normalización (2010). *NCh3171: Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de cargas*

Jara, M. (2015). *Comparación de la huella de carbono en la construcción de edificaciones de hormigón armado y madera sólida contralaminada*. Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Título de Ingeniero Civil, Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile.

Poblete Hernández, P., et al. (2024). *Anuario Forestal 2024*.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2011). *Decreto 61, Reglamento que fija el diseño sísmico de edificios y deroga Decreto N° 117, de 2010*

Montaño, J., et al. (2021). *Manual de diseño de estructuras en madera CIM-UC*

8. ANEXOS

Anexo A.1: Entramado ligero Entrepiso 2014

Viga de Piso		
Pie Derecho @40cm Grado estructural C16 Pino Radiata Madera aserrada Humedad 12% -> $K_h=1.0$		
$b := 0.082 \text{ m}$	$h := 0.185 \text{ m}$	$\frac{h}{b} = 2.256$ 4 > h/b > 2 requiere cadenas NCh1198:2014 7.2.2.5.2
$b_T := 40 \text{ cm}$	$S_{cp} := 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	5 > h/b > 4 requiere cubierta o base NCh1198:2014 7.2.2.5.2
$P_p := 121.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	Largo viga $l := 3.43 \text{ m}$	
$q := (P_p + S_{cp}) \cdot b_T$		
$q_s := (S_{cp}) \cdot b_T$		
D	$p1 := \frac{P_p}{0.9} = 135.333 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	
D + L	$p2 := \frac{(P_p + S_{cp})}{1.25} = 257.44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	
$W_n := \frac{b \cdot h^2}{6}$	$M_{max0} := \frac{q \cdot l^2}{8}$	NCh1198:2014 7.2.2.1
$W_n = 467741.667 \text{ mm}^3$	$M_{max0} = 189.297 \text{ kg} \cdot \text{m}$	
	$M_{max} := M_{max0} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	
$f_f := \frac{M_{max}}{W_n}$	$k_d := 1.25$ NCh1198:2014 Anexo G carga permanente	
$f_f = 3.97 \text{ MPa}$	$k_c := 1.15$ NCh1198:2014 6.1.3	
	$k_h := 1$ NCh1198:2014 6.1.1	
$F_f := 5.2 \text{ MPa}$	NCh1198:2014 Tabla 8	
$F_{f,dis} := \min(F_{f,dis}, F_{f,dis})$	NCh1198:2014 7.2.2.3	
1- $F_{f,dis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_{hf}$	$k_{hf} := \left(\frac{90 \text{ mm}}{h}\right)^5$ $k_{hf} = 0.866$	
2- $F_{f,dis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_\lambda$	$\frac{h}{b} = 2.256 > 2$ al tener apoyo $k_\lambda = 1$	
$F_{f,dis} = 6.472 \text{ MPa}$	$F_{f,dis} = 7.475 \text{ MPa}$	

$F_{f,dis} := F_{f,dis}$	
$F_{f,dis} = 6.472 \text{ MPa}$	
$f_f = 3.97 \text{ MPa} < F_{f,dis} = 6.472 \text{ MPa}$	cumple verificación
Verificación por Cizalle	
$V_{max} := \frac{q \cdot l}{2}$	$V_{max} = 220.755 \text{ kg}$
$f_{c0} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{max}}{b \cdot h}$	$f_{c0} = f_{c0} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
$f_{c0} = 0.214 \text{ MPa}$	
	$h_r := h$
$F_{c0} := 1.1 \text{ MPa}$	NCh1198:2014 Tabla 8
	$k_r := \frac{h_r}{h}$ $k_r = 1$
$F_{c,dis} := F_{c0} \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_r$	
$f_{c0} = 0.214 \text{ MPa} < F_{c,dis} = 1.375 \text{ MPa}$	cumple verificación
Verificación por Compresión Normal	
$R := \frac{q \cdot l}{2}$	$A_n := b \cdot l_{ap}$ $l_{ap} = 90 \text{ mm}$
$f_{c0} := \frac{R}{A_n}$	$f_{c0} = f_{c0} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
$f_{c0} = 0.293 \text{ MPa}$	
$F_{c0} := 2.5 \text{ MPa}$	NCh1198:2014 Tabla 8
	$k_{c0} := 0.8$
$F_{c,dis} := F_{c0} \cdot k_h \cdot k_{c0}$	
$f_{c0} = 0.293 \text{ MPa} < F_{c,dis} = 2 \text{ MPa}$	cumple verificación

Verificación por Deformación	
$I := b \cdot \frac{h^3}{12}$	$q := q \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
	$q_s := q_s \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
$\delta_{tot} := \left(\frac{5}{384}\right) \cdot \frac{(q \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I}$	$\Delta_{adm} := \frac{l}{300}$
$\delta_{tot} = 0.009 \text{ m} < \Delta_{adm} = 0.011 \text{ m}$	cumple verificación
$\delta_{tots} := \left(\frac{5}{384}\right) \cdot \frac{(q_s \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I}$	$\Delta_{adms} := \frac{l}{360}$
$\delta_{tots} = 0.006 \text{ m} < \Delta_{adms} = 0.01 \text{ m}$	

$$E := 9700 \text{ MPa} \quad \text{NCh1198:2014 Tabla 8}$$

$$E_k := 0.6 \cdot E \quad k_{hE} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}}\right)^4$$

$$E_{dis} := E_k \cdot k_h \cdot k_{hE}$$

Anexo A.2: Entramado ligero Techo 2014

Viga de Techo					
Pie Derecho @40cm Grado estructural C16 Pino Radiata Madera aserrada Humedad 12% -> Kh=1.0					
b:=0.041 m	h:=0.185 m	$\frac{h}{b}=4.512$	4 > h/b > 2 requiere cadenas NCh1198:2014 7.2.2.5.2		
b _T :=40 cm	S _{cp} :=100 $\frac{kg}{m^2}$				
P _p :=59.71 $\frac{kg}{m^2}$	Largo viga l:=3.43 m				
q:=(P _p +S _{cp})·b _T					
q _s =(S _{cp})·b _T	D	p1:= $\frac{P_p}{1}=59.71 \frac{kg}{m^2}$			
	D + L	p2:= $\frac{(P_p+S_{cp})}{1.25}=127.768 \frac{kg}{m^2}$			
W _n := $\frac{b \cdot h^2}{6}$	M _{max0} := $\frac{q \cdot l^2}{8}$	NCh1198:2014 7.2.2.1			
W _n =233870.833 mm ³	M _{max0} =93.949 kg·m				
	M _{max} :=M _{max0} ·9.81 $\frac{m}{s^2}$				
f _f := $\frac{M_{max}}{W_n}$	k _d :=1.25	NCh1198:2014 Anexo G carga permanente			
f _f =3.941 MPa	k _c :=1.15	NCh1198:2014 6.1.3			
	k _h :=1	NCh1198:2014 6.1.1			
F _f :=5.2 MPa	NCh1198:2014 Tabla 8				
F _{f,dis} :=min(F _{f,dis} ,F _{f,dis})	NCh1198:2014 7.2.2.3				
	k _{hf} := $\left(\frac{90 \text{ mm}}{h}\right)^5$	k _{hf} =0.866			
1- F _{f,dis} :=F _f ·k _h ·k _d ·k _c ·k _{hf}	$\frac{h}{b}=4.512$	> 2 al tener apoyo k _λ =1			
2- F _{f,dis} :=F _f ·k _h ·k _d ·k _c ·k _λ					
F _{f,dis} =6.472 MPa	F _{f,dis} =7.475 MPa				
		F _{f,dis} :=6.472 MPa			
		f _f =3.941 MPa	< F _{f,dis} =6.472 MPa cumple verificación		
Verificación por Cizalle					
V _{max} := $\frac{q \cdot l}{2}$		V _{max} =109.561 kg			
f _{c0} := $\frac{3}{2} \cdot \frac{V_{max}}{b \cdot h}$		f _{c0} :=f _{c0} ·9.81 $\frac{m}{s^2}$			
f _{cz} =0.213 MPa					
		h _r :=h			
F _{cz} :=1.1 MPa		NCh1198:2014 Tabla 8			
		k _r := $\frac{h_r}{h}$	k _r =1		
F _{cz,dis} :=F _{cz} ·k _h ·k _d ·k _r					
f _{cz} =0.213 MPa		F _{cz,dis} =1.375 MPa	cumple verificación		
Verificación por Compresión Normal					
R:= $\frac{q \cdot l}{2}$		A _n :=b·l _{ap}	l _{ap} =90 mm		
f _{cn0} := $\frac{R}{A_n}$		f _{cn0} :=f _{cn0} ·9.81 $\frac{m}{s^2}$			
f _{cn} =0.291 MPa					
F _{cn} :=2.5 MPa		NCh1198:2014 Tabla 8			
F _{cn,dis} :=F _{cn} ·k _h ·k _{cn}		k _{cn} :=0.8			
f _{cn} =0.291 MPa		F _{cn,dis} =2 MPa	cumple verificación		

Verificación por Deformación		$E := 7900 \text{ MPa}$	NCh1198:2014 Tabla 8
$I := b \cdot \frac{h^3}{12}$	$q := q \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$E_k := 0.6 \cdot E$	$k_{hE} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}} \right)^4$
	$q_s := q_s \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$E_{dis} := E_k \cdot k_h \cdot k_{hE}$	
$\delta_{tot} := \left(\frac{5}{384} \right) \cdot \frac{(q \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I}$	$\Delta_{adm} := \frac{l}{300}$		
$\delta_{tot} = 0.011 \text{ m}$	$\Delta_{adm} = 0.011 \text{ m}$		
$\delta_{tots} := \left(\frac{5}{384} \right) \cdot \frac{(q_s \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I}$	$\Delta_{adms} := \frac{l}{360}$		
$\delta_{tots} = 0.007 \text{ m}$	$\Delta_{adms} = 0.01 \text{ m}$		

Anexo A.3: Entramado ligero Entrepiso 2024

Viga de Piso

Pie Derecho @40cm
Grado estructural C16
Pino Radiata
Madera aserrada
Humedad 12% -> Kh=1.0

$$b := 0.082 \text{ m} \quad h := 0.185 \text{ m} \quad \frac{h}{b} = 2.256 \quad 4 > h/b > 2 \text{ requiere cadenas}$$

NCh1198:2014 7.2.2.5.2

$$b_T := 40 \text{ cm} \quad S_{cp} := 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_p := 121.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad 5 > h/b > 4 \text{ requiere cubierta o base}$$

NCh1198:2014 7.2.2.5.2

$$q := (P_p + S_{cp}) \cdot b_T \quad \text{Largo viga}$$

$$l := 3.43 \text{ m}$$

$$q_s := (S_{cp}) \cdot b_T$$

D

$$p1 := \frac{P_p}{0.9} = 135.444 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

D + L

$$p2 := \frac{(P_p + S_{cp})}{1.25} = 257.52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$W_n := \frac{b \cdot h^2}{6} \quad M_{max0} := \frac{q \cdot l^2}{8} \quad \text{NCh1198:2014 7.2.2.1}$$

$$W_n = 467741.667 \text{ mm}^3 \quad M_{max0} = 189.356 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{max} := M_{max0} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$f_f := \frac{M_{max}}{W_n}$$

$$k_d := 1.25 \quad \text{NCh1198:2014 Anexo G}$$

$$k_c := 1.15 \quad \text{NCh1198:2014 6.1.3}$$

$$k_h := 1 \quad \text{NCh1198:2014 6.1.1}$$

$$\text{NCh1198:2014 7.2.2.3}$$

$$k_{hf} := \left(\frac{90 \text{ mm}}{h} \right)^5 \quad k_{hf} = 0.866$$

$$1- \quad F_{fdis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_{hf}$$

$$\frac{h}{b} = 2.256 > 2 \text{ al tener apoyo } k_\lambda := 1$$

$$2- \quad F_{fvdis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_\lambda$$

$$F_{fdis} = 6.472 \text{ MPa} \quad F_{fvdis} = 7.475 \text{ MPa}$$

$$F_{fdis} := F_{fvdis}$$

$$F_{fdis} = 6.472 \text{ MPa}$$

$$f_f = 3.971 \text{ MPa} < F_{fdis} = 6.472 \text{ MPa} \quad \text{cumple verificación}$$

Verificación por Cizalle

$$V_{max} := \frac{q \cdot l}{2} \quad V_{max} = 220.823 \text{ kg}$$

$$f_{cz0} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{max}}{b \cdot h} \quad f_{cz} := f_{cz0} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$f_{cz} = 0.214 \text{ MPa}$$

$$h_r := h$$

$$F_{cz} := 1.1 \text{ MPa} \quad \text{NCh1198:2014 Tabla 8} \quad k_r := \frac{h_r}{h} \quad k_r = 1$$

$$F_{czdis} := F_{cz} \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_r$$

$$f_{cz} = 0.214 \text{ MPa} < F_{czdis} = 1.375 \text{ MPa} \quad \text{cumple verificación}$$

Verificación por Compresión Normal

$$R := \frac{q \cdot l}{2} \quad A_n := b \cdot l_{ap}$$

$$l_{ap} := 90 \text{ mm}$$

$$f_{cn0} := \frac{R}{A_n} \quad f_{cn} := f_{cn0} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$f_{cn} = 0.294 \text{ MPa}$$

$$F_{cn} := 2.5 \text{ MPa} \quad \text{NCh1198:2014 Tabla 8} \quad k_{cn} := 0.8$$

$$F_{cndis} := F_{cn} \cdot k_h \cdot k_{cn}$$

$$f_{cn} = 0.294 \text{ MPa} < F_{cndis} = 2 \text{ MPa} \quad \text{cumple verificación}$$

Verificación por Deformación

$$I := b \cdot \frac{h^3}{12} \quad q := q \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$q_s := q_s \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\delta_{tot} := \left(\frac{5}{384} \right) \cdot \frac{(q \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I} \quad \Delta_{adm} := \frac{l}{300}$$

$$\delta_{tot} = 0.009 \text{ m} < \Delta_{adm} = 0.011 \text{ m} \quad \text{cumple verificación}$$

$$\delta_{vota} := \left(\frac{5}{384} \right) \cdot \frac{(q_s \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I} \quad \Delta_{adms} := \frac{l}{360}$$

$$\delta_{vota} = 0.006 \text{ m} < \Delta_{adms} = 0.01 \text{ m}$$

$$E := 9700 \text{ MPa} \quad \text{NCh1198:2014 Tabla 8}$$

$$E_k := 0.6 \cdot E \quad k_{hE} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}} \right)^4$$

$$E_{dis} := E_k \cdot k_h \cdot k_{hE}$$

frecuencia de vibrado

$$E := 7900 \text{ MPa}$$

$$k_{he} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}} \right)^4 \quad k_{he} = 1.007$$

$$E_{dis} := E \cdot k_h \cdot k_{he}$$

apoyo en 2 lados

$$EI_{long} := \frac{(h^3 \cdot b)}{12} \cdot E_{dis} \cdot \frac{1}{0.4 \text{ m}} \quad EI_{tran} := \frac{(h \cdot b^3)}{12} \cdot E_{dis} \cdot \frac{1}{0.4 \text{ m}}$$

$$EI_{long} = (8.604 \cdot 10^5) \text{ m} \cdot \text{N}$$

$$f1 := \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{EI_{long}}{(P_p + S_{cp}) \cdot 0.25} \right)}$$

$$f1 = 9.446 \text{ Hz} > 9 \text{ Hz}$$

$$k_s := \left(\sqrt[4]{\frac{EI_{tran}}{EI_{long}}} \right) = 0.666$$

$$\frac{b}{h} = 0.443$$

$$k_s := \frac{b}{h}$$

$$d1 := \min \left(\frac{1000 \text{ N} \cdot l^2}{42 \cdot k_s \cdot EI_{long}}, \frac{1000 \text{ N} \cdot l^2}{48 \cdot 0.4 \text{ m} \cdot EI_{long}} \right)$$

$$d1 = 0.735 \text{ mm} < 1 \text{ mm}$$

Anexo A.4: Entramado ligero Techo 2024

Viga de Techo		
Pie Derecho @40cm		
Grado estructural C16		
Pino Radiata		
Madera aserrada		
Humedad 12% -> $K_h=1.0$		
$b := 0.082 \text{ m}$	$h := 0.185 \text{ m}$	$\frac{h}{b} = 2.256$ $4 > h/b > 2$ requiere cadenas NCh1198:2014 7.2.2.5.2
$b_T := 40 \text{ cm}$	$S_{cp} := 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	
$P_p := 71.88 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$		Largo viga $l := 3.43 \text{ m}$
$q := (P_p + S_{cp}) \cdot b_T$		
$q_s := (S_{cp}) \cdot b_T$		
	D	$p1 := \frac{P_p}{1} = 71.88 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
	D + L	$p2 := \frac{(P_p + S_{cp})}{1.25} = 137.504 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
$W_n := \frac{b \cdot h^2}{6}$	$M_{max(t)} := \frac{q \cdot l^2}{8}$	NCh1198:2014 7.2.2.1
$W_n = 467741.667 \text{ mm}^3$	$M_{max(t)} = 101.108 \text{ kg} \cdot \text{m}$	
	$M_{max} := M_{max(t)} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	
$f_f := \frac{M_{max}}{W_n}$	$k_d := 1.25$	NCh1198:2014 Anexo G carga permanente
$f_f = 2.121 \text{ MPa}$	$k_c := 1.15$	NCh1198:2014 6.1.3
	$k_h := 1$	NCh1198:2014 6.1.1
$F_f := 5.2 \text{ MPa}$		NCh1198:2014 Tabla 8
$F_{f,dis} := \min(F_{f,dis}, F_{f,v,dis})$	$k_{hf} := \left(\frac{90 \text{ mm}}{h}\right)^5$	$k_{hf} = 0.866$
1- $F_{f,dis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_{hf}$	$\frac{h}{b} = 2.256$	> 2 al tener apoyo $k_\lambda = 1$
2- $F_{f,v,dis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_\lambda$		

$F_{f,dis} := F_{f,dis}$		
$F_{f,dis} = 6.472 \text{ MPa}$		
$f_f = 2.121 \text{ MPa}$	$<$	$F_{f,dis} = 6.472 \text{ MPa}$ cumple verificación
Verificación por Cizalle		
$V_{max} := \frac{q \cdot l}{2}$	$V_{max} = 117.91 \text{ kg}$	
$f_{c30} := \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{max}}{b \cdot h}$	$f_{c2} := f_{c30} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	
$f_{c2} = 0.114 \text{ MPa}$		
	$h_r := h$	
$F_{c2} := 1.1 \text{ MPa}$	NCh1198:2014 Tabla 8	$k_r := \frac{h_r}{h}$ $k_r = 1$
$F_{c2,dis} := F_{c2} \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_r$		
$f_{c2} = 0.114 \text{ MPa}$	$<$	$F_{c2,dis} = 1.375 \text{ MPa}$ cumple verificación
Verificación por Compresión Normal		
$R := \frac{q \cdot l}{2}$	$A_n := b \cdot l_{ap}$	$l_{ap} := 90 \text{ mm}$
$f_{cn0} := \frac{R}{A_n}$	$f_{cn} := f_{cn0} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	
$f_{cn} = 0.157 \text{ MPa}$		
$F_{cn} := 2.5 \text{ MPa}$	NCh1198:2014 Tabla 8	$k_{cn} := 0.8$
$F_{cn,dis} := F_{cn} \cdot k_h \cdot k_{cn}$		
$f_{cn} = 0.157 \text{ MPa}$	$<$	$F_{cn,dis} = 2 \text{ MPa}$ cumple verificación

Verificación por Deformación	
$I := b \cdot \frac{h^3}{12}$	$E := 7900 \text{ MPa}$ NCh1198:2014 Tabla 8
$q := q \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$E_k := 0.6 \cdot E$
$q_s := q_s \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$k_{hE} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}}\right)^4$
	$E_{dis} := E_k \cdot k_h \cdot k_{hE}$
$\delta_{tot} := \left(\frac{5}{384}\right) \cdot \frac{(q \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I}$	$\Delta_{adm} := \frac{l}{300}$
$\delta_{tot} = 0.006 \text{ m}$	$\Delta_{adm} = 0.011 \text{ m}$
$\delta_{vib} := \left(\frac{5}{384}\right) \cdot \frac{(q_s \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I}$	$\Delta_{adm} := \frac{l}{360}$
$\delta_{vib} = 0.003 \text{ m}$	$<$ $\Delta_{adm} = 0.01 \text{ m}$
frecuencia de vibrado	
$k_{he} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}}\right)^4$	$E := 7900 \text{ MPa}$
$k_{he} = 1.007$	
$E_{dis} := E \cdot k_h \cdot k_{he}$	
apoyo en 2 lados	
$EI_{long} := \frac{(h^3 \cdot b)}{12} \cdot E_{dis} \cdot \frac{1}{0.4 \text{ m}}$	$EI_{tran} := \frac{(h \cdot b^3)}{12} \cdot E_{dis} \cdot \frac{1}{0.4 \text{ m}}$
$EI_{long} = (8.604 \cdot 10^5) \text{ m} \cdot \text{N}$	
$f1 := \frac{\pi}{2 \cdot l^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{EI_{long}}{(P_p + S_{cp}) \cdot 0.25}\right)}$	$f1 = 12.582 \text{ Hz}$ $> 9 \text{ Hz}$
$k_\phi := \left(\frac{4}{\sqrt{\frac{EI_{tran}}{EI_{long}}}}\right) = 0.666$	$\frac{b}{h} = 0.443$
$k_\phi := \frac{b}{h}$	
$d1 := \min\left(\frac{1000 \text{ N} \cdot l^2}{42 \cdot k_\phi \cdot EI_{long}}, \frac{1000 \text{ N} \cdot l^3}{48 \cdot 0.4 \text{ m} \cdot EI_{long}}\right)$	$d1 = 0.735 \text{ mm}$ $< 1 \text{ mm}$

Anexo A.5: PD y muros de corte interior 2014

Grado estructural C16
Pino Radiata
Madera aserrada
Humedad 12% -> $K_1=1.0$

$R=5.5$ NCh433 Tabla 5.1 $esp=40$ cm

Tipo de suelo E Decreto 61
 $S=1.30$

$A_0=0.4$ g NCh433 Tabla 6.2
 $A_0=3.923$ $\frac{m}{s^2}$

$I=1$ NCh433 Tabla 6.1

$C_{max}=0.4 \cdot S \cdot \frac{A_0}{g}$ NCh433 Tabla 6.4
 $C_{max}=0.208$ $C=C_{max}$

$P_{techo}=59.71$ $\frac{kg}{m^2}$ $P_{piso}=121.8$ $\frac{kg}{m^2}$

$SC_{techo}=100$ $\frac{kg}{m^2}$ NCh1537
 $SC_{piso}=200$ $\frac{kg}{m^2}$

D+L+Lr

$b_T:=\left(\frac{3.54}{2}m + \frac{2.62}{2}m\right)$ $P:=(P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(SC_{techo}+3 \cdot SC_{piso})$
 $P=1125.11$ $\frac{kg}{m^2}$

$b_T=3.08$ m $h:=185$ mm $b:=41$ mm

$N:=P \cdot esp \cdot b_T \cdot 9.81$ $\frac{m}{s^2}$ $A:=h \cdot b$
 $N=13597.989$ N $\frac{h}{b}=4.512$

$f_{cp}:=\frac{N}{A}$
 $f_{cp}=1.793$ MPa

$l_p:=2.44$ m $i:=\frac{h}{\sqrt{12}}$

$\lambda:=\frac{l_p}{i}$
 $\lambda=45.689 < 170$

$E=7900$ MPa NCh1198:2014 Tabla 8

$F_{cp}=7.5$ MPa por tabla para C16 en compresión paralela $k_h=1$ $k_d=1.25$

$c=0.80$ NCh1198:2014 Tabla 7

$k_{he}=1$

$k_{he}:=\left(\frac{h}{180 \text{ mm}}\right)^4$ $k_{he}=1.007$ $F_{cp,dis}=F_{cp} \cdot k_h \cdot k_d$
 $F_{cp,dis}=9.375$ MPa

$E_{dis}=E \cdot k_h \cdot k_{he}$

$F_{ce}:=\frac{3.6 \cdot E_{dis}}{\lambda^2}$ $F_{ce}=13.718$ MPa

$A:=\frac{F_{ce}}{F_{cp,dis}} \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{200}\right) + 1$ $B:=\frac{F_{ce}}{F_{cp,dis}}$

$k_\lambda=A - \sqrt{A^2 - B}$
 $k_\lambda=0.64$

$F_{cp,dis}=F_{cp} \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_\lambda$

$f_{cp}=1.793$ MPa $<$ $F_{cp,dis}=6.003$ MPa cumple verificación

$f_{cp} < F_{cp,dis}$

$l_m:=3$ m

$A_T:=l_m \cdot b_T$

$P_o:=A_T \cdot ((P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(SC_{techo}+3 \cdot SC_{piso}) \cdot 0.25)$
 $P_o=5545.016$ kg

$Q_o:=C \cdot I \cdot P_o$
 $Q_o=1153.363$ kg

corte basal se debe distribuir por los pisos

$p1=2.44$ m + 195 mm $A_k:=\sqrt{1 - \frac{Z_k}{h}} - \sqrt{1 - \frac{Z_k}{h}}$
 $p2=2.44$ m + 195 mm
 $p3=2.44$ m + 195 mm
 $p4=2.44$ m + 153 mm $h_t:=p1+p2+p3+p4$

$A_{k1}:=\sqrt{1 - \left(\frac{0}{h_t}\right)} - \sqrt{1 - \frac{p1}{h_t}}$
 $A_{k1}=0.135$

$A_{k2}:=\sqrt{1 - \frac{p1}{h_t}} - \sqrt{1 - \frac{p1+p2}{h_t}}$
 $A_{k2}=0.16$

$A_{k3}:=\sqrt{1 - \frac{p1+p2}{h_t}} - \sqrt{1 - \frac{p1+p2+p3}{h_t}}$
 $A_{k3}=0.209$

$A_{k4}:=\sqrt{1 - \frac{p1+p2+p3}{h_t}} - \sqrt{1 - \frac{h_t}{h_t}}$
 $A_{k4}=0.497$

$P1:=(P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(SC_{techo}+3 \cdot SC_{piso}) \cdot 0.25 \cdot A_T$ $P1=5545.016$ kg
 $P2:=(P_{techo}+2 \cdot P_{piso})+(SC_{techo}+2 \cdot SC_{piso}) \cdot 0.25 \cdot A_T$ $P2=3957.584$ kg
 $P3:=(P_{techo}+P_{piso})+(SC_{techo}+SC_{piso}) \cdot 0.25 \cdot A_T$ $P3=2370.152$ kg
 $P4:=(P_{techo})+(SC_{techo}) \cdot 0.25 \cdot A_T$ $P4=782.72$ kg

$\sum_{j=1}^n A_j \cdot P_k$

Calculamos F1 y F2 para la estructura

$F_k:=\frac{A_k \cdot P_k}{\sum_{j=1}^n A_j \cdot P_k}$

Fuerza sísmica para el primer entre piso

$F_1:=\frac{A_{k1} \cdot P1}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_1=380.423$ kg

$F_2:=\frac{A_{k2} \cdot P2}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_2=322.376$ kg

$F_3:=\frac{A_{k3} \cdot P3}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_3=252.216$ kg

$F_4:=\frac{A_{k4} \cdot P4}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_4=198.348$ kg

$F_1+F_2+F_3+F_4=1153.363$ kg

MUROS DE CORTE			
Distribución corte y momento			
$F_1 = 380.423 \text{ kg}$	$F_2 = 322.376 \text{ kg}$	$F_3 = 252.216 \text{ kg}$	$F_4 = 198.348 \text{ kg}$
$F_1 = 0.38 \text{ tonne}$	$F_2 = 0.322 \text{ tonne}$	$F_3 = 0.252 \text{ tonne}$	$F_4 = 0.198 \text{ tonne}$
Distribución de corte			
$V_4 = F_4$	$V_4 = 0.198 \text{ tonne}$		
$V_3 = F_3 + F_4$	$V_3 = 0.451 \text{ tonne}$		
$V_2 = F_2 + F_3 + F_4$	$V_2 = 0.773 \text{ tonne}$		
$V_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$	$V_1 = 1.153 \text{ tonne}$	$=$	$Q_0 = 1.153 \text{ tonne}$ Cumple :D
Distribución de momento			
$M_4 = V_4 \cdot p_4$	$M_4 = 0.514 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_3 = V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_3 = 1.702 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_2 = V_2 \cdot p_2 + V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_2 = 3.738 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_1 = V_1 \cdot p_1 + V_2 \cdot p_2 + V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_1 = 6.777 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$l' = l_m - b_{ext}$	$b_{ext} = b = 4.1 \text{ cm}$		
$T = \frac{M_1}{l'}$	$h_{ext} = h = 18.5 \text{ cm}$	$b_{ext} = b_{ext} \cdot 2 = 8.2 \text{ cm}$	
$T = 2.323 \text{ tonne}$	$A_{ext} = h_{ext} \cdot b_{ext}$		
HD7B_1	$T_{adm} = 2.563 \text{ tonne}$	$K_{anc} = 7105.453 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$	
$T = 2.323 \text{ tonne}$	$<$	$T_{adm} = 2.563 \text{ tonne}$	cumple verificación

OSB 11.1 mm @7,5cm	$k_n = 2$	$vs = 1.741 \frac{\text{tonne}}{\text{m}}$	$G_a = 500.023 \frac{\text{tonne}}{\text{m}}$
$V_{adm} = \frac{vs}{2} \cdot l_m \cdot k_n$			$G_a = \frac{G_a}{2}$
$V_1 = 1.153 \text{ tonne}$	$<$	$V_{adm} = 5.223 \text{ tonne}$	cumple verificación
		$H = 2.44 \text{ m}$	$E = \frac{E}{g} = 80.558 \frac{\text{tonne}}{\text{cm}^2}$
$\delta_{adm} = 0.002 \cdot H$			
$\delta = V_1 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{H^3}{(E \cdot A_{ext} \cdot l_m^2)} \right) + V_1 \cdot \left(\frac{H}{l_m \cdot G_a \cdot k_n} \right) + T \cdot \left(\frac{H}{l_m \cdot K_{anc}} \right)$			
$\delta = 4.636 \text{ mm}$	$<$	$\delta_{adm} = 4.88 \text{ mm}$	cumple verificación
Verificación Tracción Compresión Max	$A = h \cdot b$	$A = 0.008 \text{ m}^2$	
$C_{max} = \frac{T}{A} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$			
$f_{cp} = 1.793 \text{ MPa}$	$<$	$C_{max} = 3.004 \text{ MPa}$	

Muro flexión por sismo				
D + E				
$p1 = \frac{((P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{c_{techo}} + 3 \cdot S_{c_{piso}}) \cdot 0.25)}{1.6}$	$p1 = 640.763 \frac{kg}{m^2}$			
D+0.75E+0.75L				
$p2 = \frac{((P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + ((P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{c_{techo}} + 3 \cdot S_{c_{piso}}) \cdot 0.25) \cdot 0.75 + (S_{c_{techo}} + 3 \cdot S_{c_{piso}}) \cdot 0.75)}{1.6}$				
$p2 = 875.12 \frac{kg}{m^2}$				
$q = ((P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{c_{techo}} + 3 \cdot S_{c_{piso}}) \cdot 0.25) \cdot esp$				
$l = 2.44 \text{ m}$				
$W_n = \frac{b \cdot h^2}{6}$	$M_{max} = \frac{q \cdot l^2}{8}$	NCh1198:2014 7.2.2.1	$q = 240.044 \frac{kg}{m}$	
$W_n = 233870.833 \text{ mm}^3$	$M_{max} = 178.641 \text{ kg} \cdot \text{m}$			
$M_{max} = M_{max} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$				
$f_f = \frac{M_{max}}{W_n}$	$k_d = 1.6$	NCh1198:2014 Anexo G carga permanente		
$f_f = 7.493 \text{ MPa}$	$k_c = 1.15$	NCh1198:2014 6.1.3		
$F_f = 5.2 \text{ MPa}$	$k_h = 1$	NCh1198:2014 6.1.1		
$F_{f,dis} = \min(F_{f,dis}, F_{f,dis})$	NCh1198:2014 7.2.2.3			
1- $F_{f,dis} = F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_{hf}$	$k_{hf} = \left(\frac{90 \text{ mm}}{h} \right)^5$	$k_{hf} = 0.866$		
2- $F_{f,dis} = F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_{\lambda}$	$\frac{h}{b} = 4.512 > 2$	al tener apoyo $k_{\lambda} = 1$		
$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$	$F_{f,dis} = 9.568 \text{ MPa}$			
$F_{f,dis} = F_{f,dis}$				
$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$				
$f_f = 7.493 \text{ MPa}$	$<$	$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$	cumple verificación	

Verificación por Compresión Normal			
$R := \frac{q \cdot l}{2}$	$A_n := b \cdot l_{ap}$	$l_{ap} := h$	
$f_{cn0} := \frac{R}{A_n}$	$f_{cn} := f_{cn0} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$		
$f_{cn} = 0.379 \text{ MPa}$			
$F_{cn} := 2.5 \text{ MPa}$	NCh1198:2014 Tabla 8	$k_{cn} := 0.8$	
$F_{cn,dis} := F_{cn} \cdot k_h \cdot k_{cn}$			
$f_{cn} = 0.379 \text{ MPa}$	<	$F_{cn,dis} = 2 \text{ MPa}$	cumple verificación
Verificación por Deformación			
$E := E \cdot g = 7900 \text{ MPa}$ NCh1198:2014 Tabla 8			
$I := b \cdot \frac{h^3}{12}$	$q := q \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$	$E_k := 0.6 \cdot E$	$k_{hE} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}} \right)^4$
$\delta_{tot} := \left(\frac{5}{384} \right) \cdot \left(\frac{q \cdot l^4}{E_{dis} \cdot I} \right)$	$\Delta_{adm} := H \cdot 0.002$		
$\delta_{tot} = 0.01 \text{ m}$	$\Delta_{adm} = 0.01 \text{ m}$	+	

Anexo A.6: PD y muros de corte exterior 2014

Grado estructural C16
Pino Radiata
Madera aserrada
Humedad 12% -> $K_1=1.0$

$R=5.5$ NCh433 Tabla 5.1 $esp=40 \text{ cm}$

Tipo de suelo E Decreto 61
 $S=1.30$

$A_0=0.4 \text{ g}$ NCh433 Tabla 6.2 $Sc_{techo}=100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ NCh1537
 $A_0=3.923 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $Sc_{piso}=200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$I=1$ NCh433 Tabla 6.1

$C_{max}=0.4 \cdot S \cdot \frac{A_0}{g}$ NCh433 Tabla 6.4 $P_{techo}=59.71 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ $P_{piso}=121.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
 $C_{max}=0.208$ $C=C_{max}$

D+L+Lr

$b_T=\left(\frac{2.62}{2} \text{ m}\right)$ $P=(P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(Sc_{techo}+3 \cdot Sc_{piso})$
 $b_T=1.31 \text{ m}$ $P=1125.11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
 $h=185 \text{ mm}$ $b=41 \text{ mm}$

$N=P \cdot esp \cdot b_T \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $A=h \cdot b$
 $N=5783.56 \text{ N}$ $\frac{h}{b}=4.512$

$f_{cp}=\frac{N}{A}$
 $f_{cp}=0.762 \text{ MPa}$

$l_p=2.44 \text{ m}$ $i=\frac{h}{\sqrt{12}}$
 $\lambda=\frac{l_p}{i}$
 $\lambda=45.689 < 170$

corte basal se debe distribuir por los pisos

$p1=2.44 \text{ m}+195 \text{ mm}$ $A_k=\sqrt{1-\frac{Z_k-1}{h}}-\sqrt{1-\frac{Z_k}{h}}$
 $p2=2.44 \text{ m}+195 \text{ mm}$
 $p3=2.44 \text{ m}+195 \text{ mm}$
 $p4=2.44 \text{ m}+153 \text{ mm}$ $h_t=p1+p2+p3+p4$

$A_{k1}=\sqrt{1-\left(\frac{0 \text{ m}}{h_t}\right)}-\sqrt{1-\frac{p1}{h_t}}$
 $A_{k1}=0.135$
 $A_{k2}=\sqrt{1-\frac{p1}{h_t}}-\sqrt{1-\frac{p1+p2}{h_t}}$
 $A_{k2}=0.16$
 $A_{k3}=\sqrt{1-\frac{p1+p2}{h_t}}-\sqrt{1-\frac{p1+p2+p3}{h_t}}$
 $A_{k3}=0.209$
 $A_{k4}=\sqrt{1-\frac{p1+p2+p3}{h_t}}-\sqrt{1-\frac{h_t}{h_t}}$
 $A_{k4}=0.497$

$P1=((P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(Sc_{techo}+3 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P1=2358.432 \text{ kg}$
 $P2=((P_{techo}+2 \cdot P_{piso})+(Sc_{techo}+2 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P2=1683.258 \text{ kg}$
 $P3=((P_{techo}+P_{piso})+(Sc_{techo}+Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P3=1008.084 \text{ kg}$
 $P4=((P_{techo})+(Sc_{techo}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P4=332.91 \text{ kg}$

$E=7900 \text{ MPa}$ NCh1198:2014 Tabla 8

$F_{cp}=7.5 \text{ MPa}$ por tabla para C16 en compresión paralela $k_h=1$ $k_d=1.25$
 $c=0.80$ NCh1198:2014 Tabla 7

$k_{he}=1$
 $k_{he}=\left(\frac{h}{180 \text{ mm}}\right)^4$ $k_{he}=1.007$ $F_{cp,dis}=F_{cp} \cdot k_h \cdot k_d$
 $F_{cp,dis}=9.375 \text{ MPa}$

$E_{dis}=E \cdot k_h \cdot k_{he}$

$F_{ce}=\frac{3.6 \cdot E_{dis}}{\lambda^2}$ $F_{ce}=13.718 \text{ MPa}$

$A=\frac{F_{ce}}{F_{cp,dis}} \cdot \left(1+\frac{\lambda}{200}\right)+1$ $B=\frac{F_{ce}}{F_{cp,dis}}$
 $k_\lambda=A-\sqrt{A^2-B}$
 $k_\lambda=0.64$
 $F_{cp,dis}=F_{cp} \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_\lambda$

$f_{cp}=0.762 \text{ MPa}$ $F_{cp,dis}=6.003 \text{ MPa}$ cumple verificación

$f_{cp} < F_{cp,dis}$

$l_m=3 \text{ m}$
 $A_T=l_m \cdot b_T$
 $P_o=A_T \cdot ((P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(Sc_{techo}+3 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25)$
 $P_o=2358.432 \text{ kg}$
 $Q_o=C \cdot I \cdot P_o$
 $Q_o=490.554 \text{ kg}$

$$\sum_{j=1}^n A_j \cdot P_k$$

Calculamos F1 y F2 para la estructura

$$F_k=\frac{A_k \cdot P_k}{\sum_{j=1}^n A_j \cdot P_k}$$

Fuerza sísmica para el primer entre piso

$$F_1=\frac{A_{k1} \cdot P1}{A_{k1} \cdot P1+A_{k2} \cdot P2+A_{k3} \cdot P3+A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$$

$$F_1=161.803 \text{ kg}$$

$$F_2=\frac{A_{k2} \cdot P2}{A_{k1} \cdot P1+A_{k2} \cdot P2+A_{k3} \cdot P3+A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$$

$$F_2=137.115 \text{ kg}$$

$$F_3=\frac{A_{k3} \cdot P3}{A_{k1} \cdot P1+A_{k2} \cdot P2+A_{k3} \cdot P3+A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$$

$$F_3=107.274 \text{ kg}$$

$$F_4=\frac{A_{k4} \cdot P4}{A_{k1} \cdot P1+A_{k2} \cdot P2+A_{k3} \cdot P3+A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$$

$$F_4=84.362 \text{ kg}$$

$$F_1+F_2+F_3+F_4=490.554 \text{ kg}$$

MUROS DE CORTE			
Distribución corte y momento			
$F_1 = 161.803 \text{ kg}$	$F_2 = 137.115 \text{ kg}$	$F_3 = 107.274 \text{ kg}$	$F_4 = 84.362 \text{ kg}$
$F_1 = 0.162 \text{ tonne}$	$F_2 = 0.137 \text{ tonne}$	$F_3 = 0.107 \text{ tonne}$	$F_4 = 0.084 \text{ tonne}$
Distribución de corte			
$V_4 = F_4$	$V_4 = 0.084 \text{ tonne}$		
$V_3 = F_3 + F_4$	$V_3 = 0.192 \text{ tonne}$		
$V_2 = F_2 + F_3 + F_4$	$V_2 = 0.329 \text{ tonne}$		
$V_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$	$V_1 = 0.491 \text{ tonne}$	$=$	$Q_o = 0.491 \text{ tonne}$ Cumple : D
Distribución de momento			
$M_4 = V_4 \cdot p_4$	$M_4 = 0.219 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_3 = V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_3 = 0.724 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_2 = V_2 \cdot p_2 + V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_2 = 1.59 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_1 = V_1 \cdot p_1 + V_2 \cdot p_2 + V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_1 = 2.883 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
	$b_{ext} = 4.1 \text{ cm}$		
	$h_{ext} = 18.5 \text{ cm}$	$b_{ext} = b_{ext} \cdot 2 = 8.2 \text{ cm}$	
$l' = l_m - b_{ext}$	$A_{ext} = h_{ext} \cdot b_{ext}$		
$T = \frac{M_1}{l'}$			
$T = 0.988 \text{ tonne}$			
HD3B_3	$T_{adm} = 1.380 \text{ tonne}$	$K_{anc} = 4538.896 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$	
$T = 0.988 \text{ tonne}$	$<$	$T_{adm} = 1.38 \text{ tonne}$	cumple verificación

OSB 11.1 mm @15cm	$k_n = 1$	$vs = 0.714 \frac{\text{tonne}}{\text{m}}$	$G_a := 267.869 \frac{\text{tonne}}{\text{m}}$
$V_{adm} := \frac{vs}{2} \cdot l_m \cdot k_n$			
		$G_a := \frac{G_a}{2}$	
$V_1 = 0.491 \text{ tonne}$	<	$V_{adm} = 1.071 \text{ tonne}$	cumple verificación
		$H = 2.44 \text{ m}$	$E := \frac{E}{g} = 80.558 \frac{\text{tonne}}{\text{cm}^2}$
$\delta_{adm} := 0.002 \cdot H$			
$\delta := V_1 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{H^3}{(E \cdot A_{ext} \cdot l_m^2)} \right) + V_1 \cdot \left(\frac{H}{l_m \cdot G_a \cdot k_n} \right) + T \cdot \left(\frac{H}{l_m \cdot K_{anc}} \right)$			
$\delta = 4.792 \text{ mm}$	<	$\delta_{adm} = 4.88 \text{ mm}$	cumple verificación
Verificación Tracción Compresión Max	$A := h \cdot b$	$A = 0.008 \text{ m}^2$	
$C_{max} := \frac{T}{A} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$			
$f_{cp} = 0.762 \text{ MPa}$	<	$C_{max} = 1.278 \text{ MPa}$	

Muro flexión por sismo			
D + E			
$p1 := \frac{((P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{cTecho} + 3 \cdot S_{cpiso}) \cdot 0.25)}{1.6}$	$p1 = 640.763 \frac{kg}{m^2}$		
D + 0.75E + 0.75L			
$p2 := \frac{((P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + ((P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{cTecho} + 3 \cdot S_{cpiso}) \cdot 0.25) \cdot 0.75 + (S_{cTecho} + 3 \cdot S_{cpiso}) \cdot 0.75)}{1.6}$	$p2 = 875.12 \frac{kg}{m^2}$		
$q := ((P_{Techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{cTecho} + 3 \cdot S_{cpiso}) \cdot 0.25) \cdot esp$			
$l := 2.44 \text{ m}$			
$W_n := \frac{b \cdot h^3}{6}$	$M_{max0} := \frac{q \cdot l^2}{8}$	NCh1198:2014 7.2.2.1	$q = 240.044 \frac{kg}{m}$
$W_n = 233870.833 \text{ mm}^3$	$M_{max0} = 178.641 \text{ kg} \cdot \text{m}$		
	$M_{max} := M_{max0} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$		
$f_f := \frac{M_{max}}{W_n}$	$k_d := 1.6$	NCh1198:2014 Anexo G carga permanente	
$f_f = 7.493 \text{ MPa}$	$k_c := 1.15$	NCh1198:2014 6.1.3	
	$k_h := 1$	NCh1198:2014 6.1.1	
$F_f := 5.2 \text{ MPa}$	NCh1198:2014 Tabla 8		
$F_{f,dis} := \min(F_{f,dis}, F_{fv,dis})$	NCh1198:2014 7.2.2.3		
	$k_{hf} := \left(\frac{90 \text{ mm}}{h}\right)^5$	$k_{hf} = 0.866$	+
1- $F_{f,dis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_{hf}$	$\frac{h}{b} = 4.512 > 2$	al tener apoyo $k_\lambda := 1$	
2- $F_{fv,dis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_\lambda$			
$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$	$F_{fv,dis} = 9.568 \text{ MPa}$		
$F_{f,dis} := F_{f,dis}$			
$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$			
$f_f = 7.493 \text{ MPa}$	<	$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$	cumple verificación

Verificación por Compresión Normal

$$R := \frac{q \cdot l}{2}$$

$$A_n := b \cdot l_{ap}$$

$$l_{ap} := h$$

$$f_{cn0} := \frac{R}{A_n}$$

$$f_{cn} := f_{cn0} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$f_{cn} = 0.379 \text{ MPa}$$

$$F_{cn} := 2.5 \text{ MPa}$$

NCh1198:2014 Tabla 8

$$k_{cn} := 0.8$$

$$F_{c,dis} := F_{cn} \cdot k_h \cdot k_{cn}$$

$$f_{cn} = 0.379 \text{ MPa} < F_{c,dis} = 2 \text{ MPa}$$

cumple verificación

Verificación por Deformación

$$E := E \cdot g = 7900 \text{ MPa}$$

NCh1198:2014 Tabla 8

$$I := b \cdot \frac{h^3}{12}$$

$$q := q \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$E_k := 0.6 \cdot E$$

$$k_{hE} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}} \right)^4$$

$$E_{dis} := E_k \cdot k_h \cdot k_{hE}$$

$$\delta_{tot} := \left(\frac{5}{384} \right) \cdot \frac{(q \cdot l^4)}{E_{dis} \cdot I}$$

$$\Delta_{adm} := H \cdot 0.002$$

$$\delta_{tot} = 0.01 \text{ m}$$

$$\Delta_{adm} = 0.01 \text{ m}$$

Anexo A.7: PD y muros de corte interior 2024

Grado estructural C16
Pino Radiata
Madera aserrada
Humedad 12% -> $K_h=1.0$

$R=5.5$ NCh433 Tabla 5.1 $esp=40 \text{ cm}$

Tipo de suelo E Decreto 61
 $S=1.30$

$A_0=0.4 \text{ g}$ NCh433 Tabla 6.2 $Sc_{techo}=100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ NCh1537
 $A_0=3.923 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $Sc_{piso}=200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$I=1$ NCh433 Tabla 6.1

$C_{max}=0.4 \cdot S \cdot \frac{A_0}{g}$ NCh433 Tabla 6.4 $P_{techo}=71.88 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ $P_{piso}=121.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
 $C_{max}=0.208$ $C=C_{max}$

D+L+Lr
 $b_T=\left(\frac{3.54}{2} \text{ m} + \frac{2.62}{2} \text{ m}\right)$ $P=(P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(Sc_{techo}+3 \cdot Sc_{piso})$
 $b_T=3.08 \text{ m}$ $P=1137.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
 $h=185 \text{ mm}$ $b=41 \text{ mm}$

$N=P \cdot esp \cdot b_T \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $A=h \cdot b$
 $N=13748.701 \text{ N}$ $\frac{h}{b}=4.512$

$f_{cp}=\frac{N}{A}$
 $f_{cp}=1.813 \text{ MPa}$

$l_p=2.44 \text{ m}$ $i=\frac{h}{\sqrt{12}}$
 $\lambda=\frac{l_p}{i}$
 $\lambda=45.689 < 170$

$E=7900 \text{ MPa}$ NCh1198:2024 Tabla U.1

$F_{cp}=7.5 \text{ MPa}$ por tabla para C16 en compresión paralela $k_h=1$ $k_d=1.25$
 $c=0.80$ NCh1198:2024 Tabla 9

$k_{he}=1$
 $k_{he}=\left(\frac{h}{180 \text{ mm}}\right)^4$ $k_{he}=1.007$ $F_{cp,dis}=F_{cp} \cdot k_h \cdot k_d$
 $F_{cp,dis}=9.375 \text{ MPa}$

$E_{dis}=E \cdot k_h \cdot k_{he}$

$F_{ce}=\frac{3.6 \cdot E_{dis}}{\lambda^2}$ $F_{ce}=13.718 \text{ MPa}$

$A=\frac{F_{ce}}{F_{cp,dis}} \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{200}\right) + 1$ $B=\frac{F_{ce}}{F_{cp,dis}}$

$k_\lambda=A - \sqrt{A^2 - B}$
 $k_\lambda=0.64$

$F_{cp,dis}=F_{cp} \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_\lambda$

$f_{cp}=1.813 \text{ MPa} < F_{cp,dis}=6.003 \text{ MPa}$ cumple verificación

$f_{cp} < F_{cp,dis}$

$l_m=3 \text{ m}$
 $A_T=l_m \cdot b_T$

$P_o=A_T \cdot ((P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(Sc_{techo}+3 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25)$
 $P_o=5660.239 \text{ kg}$

$Q_o=C \cdot I \cdot P_o$
 $Q_o=1177.33 \text{ kg}$

corte basal se debe distribuir por los pisos

$p1=2.44 \text{ m} + 195 \text{ mm}$ $A_k=\sqrt{1-\frac{Z_k-1}{h}} - \sqrt{1-\frac{Z_k}{h}}$
 $p2=2.44 \text{ m} + 195 \text{ mm}$
 $p3=2.44 \text{ m} + 195 \text{ mm}$
 $p4=2.44 \text{ m} + 153 \text{ mm}$ $h_t=p1+p2+p3+p4$

$A_{k1}=\sqrt{1-\left(\frac{0 \text{ m}}{h_t}\right)} - \sqrt{1-\frac{p1}{h_t}}$
 $A_{k1}=0.135$
 $A_{k2}=\sqrt{1-\frac{p1}{h_t}} - \sqrt{1-\frac{p1+p2}{h_t}}$
 $A_{k2}=0.16$
 $A_{k3}=\sqrt{1-\frac{p1+p2}{h_t}} - \sqrt{1-\frac{p1+p2+p3}{h_t}}$
 $A_{k3}=0.209$
 $A_{k4}=\sqrt{1-\frac{p1+p2+p3}{h_t}} - \sqrt{1-\frac{h_t}{h_t}}$
 $A_{k4}=0.497$

$P1=((P_{techo}+3 \cdot P_{piso})+(Sc_{techo}+3 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P1=5660.239 \text{ kg}$
 $P2=((P_{techo}+2 \cdot P_{piso})+(Sc_{techo}+2 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P2=4071.883 \text{ kg}$
 $P3=((P_{techo}+P_{piso})+(Sc_{techo}+Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P3=2483.527 \text{ kg}$
 $P4=((P_{techo})+(Sc_{techo}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P4=895.171 \text{ kg}$

$\sum_{j=1}^n A_j \cdot P_k$

Calculamos F1 y F2 para la estructura

$F_k=\frac{A_k \cdot P_k}{\sum_{j=1}^n A_j \cdot P_k}$

Fuerza sísmica para el primer entre piso

$F_1=\frac{A_{k1} \cdot P1}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_1=377.488 \text{ kg}$

$F_2=\frac{A_{k2} \cdot P2}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_2=322.427 \text{ kg}$

$F_3=\frac{A_{k3} \cdot P3}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_3=256.903 \text{ kg}$

$F_4=\frac{A_{k4} \cdot P4}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_4=220.511 \text{ kg}$

$F_1+F_2+F_3+F_4=1177.33 \text{ kg}$

MUROS DE CORTE			
Distribución corte y momento			
$F_1 = 377.488 \text{ kg}$	$F_2 = 322.427 \text{ kg}$	$F_3 = 256.903 \text{ kg}$	$F_4 = 220.511 \text{ kg}$
$F_1 = 0.377 \text{ tonne}$	$F_2 = 0.322 \text{ tonne}$	$F_3 = 0.257 \text{ tonne}$	$F_4 = 0.221 \text{ tonne}$
Distribución de corte			
$V_4 = F_4$	$V_4 = 0.221 \text{ tonne}$		
$V_3 = F_3 + F_4$	$V_3 = 0.477 \text{ tonne}$		
$V_2 = F_2 + F_3 + F_4$	$V_2 = 0.8 \text{ tonne}$		
$V_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$	$V_1 = 1.177 \text{ tonne}$	$=$	$Q_o = 1.177 \text{ tonne}$ Cumple :D
Distribución de momento			
$M_4 = V_4 \cdot p4$	$M_4 = 0.572 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_3 = V_3 \cdot p3 + V_4 \cdot p4$	$M_3 = 1.83 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_2 = V_2 \cdot p2 + V_3 \cdot p3 + V_4 \cdot p4$	$M_2 = 3.937 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_1 = V_1 \cdot p1 + V_2 \cdot p2 + V_3 \cdot p3 + V_4 \cdot p4$	$M_1 = 7.04 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$l' = l_m - b_{ext}$	$b_{ext} = b = 4.1 \text{ cm}$	$b_{ext} = b_{ext} \cdot 2 = 8.2 \text{ cm}$	
$T = \frac{M_1}{l'}$	$A_{ext} = h_{ext} \cdot b_{ext}$		
$T = 2.412 \text{ tonne}$			
HD7B_1	$T_{adm} = 2.563 \text{ tonne}$	$K_{anc} = 7105.453 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$	
$T = 2.412 \text{ tonne}$	$<$	$T_{adm} = 2.563 \text{ tonne}$	cumple verificación

OSB 11.1 mm @7,5m	$vs = 6.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$	$G_a = 4905 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$
$k_n = 1$	$vs = \frac{vs}{g} = 0.673 \frac{\text{tonne}}{\text{m}}$	$G_a = \frac{G_a}{g} = 500.171 \frac{\text{tonne}}{\text{m}}$
$V_{adm} = vs \cdot l_m \cdot k_n$		
$V_1 = 1.177 \text{ tonne}$	$<$	$V_{adm} = 2.019 \text{ tonne}$ cumple verificación
	$H = 2.44 \text{ m}$	$E = \frac{E}{g} = 80.558 \frac{\text{tonne}}{\text{cm}^2}$
$\delta_{adm} = 0.002 \cdot H$		
$\delta = V_1 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{H^3}{(E \cdot A_{ext} \cdot l_m^2)} \right) + V_1 \cdot \left(\frac{H}{l_m \cdot G_a \cdot k_n} \right) + T \cdot \left(\frac{H}{l_m \cdot K_{anc}} \right)$		
$\delta = 4.78 \text{ mm}$	$<$	$\delta_{adm} = 4.88 \text{ mm}$ cumple verificación
Verificación Tracción Compresión Max	$A = h \cdot b$	$A = 0.008 \text{ m}^2$
$C_{max} = \frac{T}{A} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$		
$f_{cp} = 1.813 \text{ MPa}$	$<$	$C_{max} = 3.12 \text{ MPa}$

Muro flexión por sismo			
D + E			
$p1 := \frac{((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{c_{techo}} + 3 \cdot S_{c_{piso}}) \cdot 0.25)}{1.6}$	$p1 = 656.35$	$\frac{kg}{m^2}$	
D+0.75E+0.75L			
$p2 := \frac{((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + ((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{c_{techo}} + 3 \cdot S_{c_{piso}}) \cdot 0.25) \cdot 0.75 + (S_{c_{techo}} + 3 \cdot S_{c_{piso}}) \cdot 0.75)}{1.6}$	$p2 = 888.759$	$\frac{kg}{m^2}$	
$q := ((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{c_{techo}} + 3 \cdot S_{c_{piso}}) \cdot 0.25) \cdot esp$			
$l = 2.44 \text{ m}$			
$W_n := \frac{b \cdot h^2}{6}$	$M_{max0} := \frac{q \cdot l^2}{8}$	NCh1198:2024 8.2.2.1	$q = 245.032 \frac{kg}{m}$
$W_n = 233870.833 \text{ mm}^3$	$M_{max0} = 182.353 \text{ kg} \cdot \text{m}$		
	$M_{max} := M_{max0} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$		
$f_f := \frac{M_{max}}{W_n}$	$k_d := 1.6$	NCh1198:2024 Anexo G	carga permanente
$f_f = 7.649 \text{ MPa}$	$k_c := 1.15$	NCh1198:2024 7.1.3	
	$k_h := 1$	NCh1198:2024 7.1.1	
$F_f := 5.2 \text{ MPa}$	NCh1198:2024 Tabla 8.1		
$F_{f,dis} := \min(F_{f,dis}, F_{f,dis})$	NCh1198:2024 8.2.2.3		
1.- $F_{f,dis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_{hf}$	$k_{hf} := \left(\frac{90 \text{ mm}}{h} \right)^5$	$k_{hf} = 0.866$	
2.- $F_{f,dis} := F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_\lambda$	$\frac{h}{b} = 4.512 > 2$	al tener apoyo $k_\lambda = 1$	
$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$	$F_{f,dis} = 9.568 \text{ MPa}$		
$F_{f,dis} := F_{f,dis}$			
$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$			
$f_f = 7.649 \text{ MPa}$	<	$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$	cumple verificación

Verificación por Compresión Normal			
$R := \frac{q \cdot l}{2}$	$A_n := b \cdot l_{ap}$	$l_{ap} := h$	
$f_{cn0} := \frac{R}{A_n}$	$f_{cn} := f_{cn0} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$		
$f_{cn} = 0.387$	MPa		
$F_{cn} := 2.5$	MPa	NCh1198:2024 Tabla 8.1	$k_{cn} := 0.8$
$F_{cn,dis} := F_{cn} \cdot k_h \cdot k_{cn}$			
$f_{cn} = 0.387$	MPa	$<$	$F_{cn,dis} = 2$ MPa cumple verificación
Verificación por Deformación			
	$E := E \cdot g = 7900$	MPa	NCh1198:2024 Tabla U.1
$I := b \cdot \frac{h^3}{12}$	$q := q \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$	$E_k := 0.6 \cdot E$	$k_{hE} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}} \right)^4$
		$E_{dis} := E_k \cdot k_h \cdot k_{hE}$	
$\delta_{tot} := \left(\frac{5}{384} \right) \cdot \left(\frac{q \cdot l^4}{E_{dis} \cdot I} \right)$	$\Delta_{adm} := H \cdot 0.002$		
$\delta_{tot} = 0.01$	m	$\Delta_{adm} = 0.01$	m

Anexo A.8: PD y muros de corte exterior 2024

Grado estructural C16
Pino Radiata
Madera aserrada
Humedad 12% -> Kh=1.0

$R := 5.5$ NCh433 Tabla 5.1 $esp := 40 \text{ cm}$

Tipo de suelo E Decreto 61
 $S := 1.30$

$A_0 := 0.4 \text{ g}$ NCh433 Tabla 6.2 $Sc_{techo} := 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ NCh1537
 $A_0 = 3.923 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $Sc_{piso} := 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

$I := 1$ NCh433 Tabla 6.1

$C_{max} := 0.4 \cdot S \cdot \frac{A_0}{g}$ NCh433 Tabla 6.4 $P_{techo} := 71.88 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ $P_{piso} := 121.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
 $C_{max} = 0.208$ $C := C_{max}$

D+L+Lr

$b_T := \left(\frac{2.62}{2} \text{ m} \right)$ $P := (P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (Sc_{techo} + 3 \cdot Sc_{piso})$
 $b_T = 1.31 \text{ m}$ $P = 1137.58 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
 $h := 185 \text{ mm}$ $b := 41 \text{ mm}$

$N := P \cdot esp \cdot b_T \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $A := h \cdot b$
 $N = 5847.662 \text{ N}$ $\frac{h}{b} = 4.512$

$f_{cp} := \frac{N}{A}$
 $f_{cp} = 0.771 \text{ MPa}$

$l_p := 2.44 \text{ m}$ $i := \frac{h}{\sqrt{12}}$
 $\lambda := \frac{l_p}{i}$
 $\lambda = 45.689 < 170$

corte basal se debe distribuir por los pisos

$p1 := 2.44 \text{ m} + 195 \text{ mm}$ $A_k := \sqrt{1 - \frac{Z_k - 1}{h}} - \sqrt{1 - \frac{Z_k}{h}}$
 $p2 := 2.44 \text{ m} + 195 \text{ mm}$
 $p3 := 2.44 \text{ m} + 195 \text{ mm}$
 $p4 := 2.44 \text{ m} + 153 \text{ mm}$ $h_i := p1 + p2 + p3 + p4$

$A_{k1} := \sqrt{1 - \left(\frac{0 \text{ m}}{h_i} \right)} - \sqrt{1 - \frac{p1}{h_i}}$
 $A_{k1} = 0.135$
 $A_{k2} := \sqrt{1 - \frac{p1}{h_i}} - \sqrt{1 - \frac{p1 + p2}{h_i}}$
 $A_{k2} = 0.16$
 $A_{k3} := \sqrt{1 - \frac{p1 + p2}{h_i}} - \sqrt{1 - \frac{p1 + p2 + p3}{h_i}}$
 $A_{k3} = 0.209$
 $A_{k4} := \sqrt{1 - \frac{p1 + p2 + p3}{h_i}} - \sqrt{1 - \frac{h_i}{h_i}}$
 $A_{k4} = 0.497$

$P1 := ((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (Sc_{techo} + 3 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P1 = 2407.439 \text{ kg}$
 $P2 := ((P_{techo} + 2 \cdot P_{piso}) + (Sc_{techo} + 2 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P2 = 1731.872 \text{ kg}$
 $P3 := ((P_{techo} + P_{piso}) + (Sc_{techo} + Sc_{piso}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P3 = 1056.305 \text{ kg}$
 $P4 := ((P_{techo}) + (Sc_{techo}) \cdot 0.25) \cdot A_T$ $P4 = 380.738 \text{ kg}$

$E := 7900 \text{ MPa}$ NCh1198:2024 Tabla U.1

$F_{cp} := 7.5 \text{ MPa}$ por tabla para C16 en compresión paralela $k_h := 1$ $k_d := 1.25$

$c := 0.80$ NCh1198:2024 Tabla 9

$k_{he} := 1$ $k_{he} := \left(\frac{h}{180 \text{ mm}} \right)^4$ $k_{he} = 1.007$ $F_{cp,dis} := F_{cp} \cdot k_h \cdot k_d$
 $F_{cp,dis} = 9.375 \text{ MPa}$

$E_{dis} := E \cdot k_h \cdot k_{he}$

$F_{ce} := \frac{3.6 \cdot E_{dis}}{\lambda^2}$ $F_{ce} = 13.718 \text{ MPa}$

$A := \frac{\frac{F_{ce}}{F_{cp,dis}} \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{200} \right) + 1}{2 \cdot c}$ $B := \frac{F_{ce}}{F_{cp,dis} \cdot c}$

$k_\lambda := A - \sqrt{A^2 - B}$

$k_\lambda = 0.64$

$F_{cp,dis} := F_{cp} \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_\lambda$

$f_{cp} = 0.771 \text{ MPa} < F_{cp,dis} = 6.003 \text{ MPa}$ cumple verificación

$f_{cp} < F_{cp,dis}$

$l_m := 3 \text{ m}$

$A_T := l_m \cdot b_T$

$P_o := A_T \cdot ((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (Sc_{techo} + 3 \cdot Sc_{piso}) \cdot 0.25)$
 $P_o = 2407.439 \text{ kg}$

$Q_o := C \cdot I \cdot P_o$

$Q_o = 500.747 \text{ kg}$

$\sum_{j=1}^n A_j \cdot P_k$

Calculamos F1 y F2 para la estructura

$F_k := \frac{A_k \cdot P_k}{\sum_{j=1}^n A_j \cdot P_k}$

Fuerza sísmica para el primer entre piso

$F_1 := \frac{A_{k1} \cdot P1}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_1 = 160.555 \text{ kg}$

$F_2 := \frac{A_{k2} \cdot P2}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_2 = 137.136 \text{ kg}$

$F_3 := \frac{A_{k3} \cdot P3}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_3 = 109.267 \text{ kg}$

$F_4 := \frac{A_{k4} \cdot P4}{A_{k1} \cdot P1 + A_{k2} \cdot P2 + A_{k3} \cdot P3 + A_{k4} \cdot P4} \cdot Q_o$
 $F_4 = 93.789 \text{ kg}$

$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 500.747 \text{ kg}$

MUROS DE CORTE			
Distribución corte y momento			
$F_1 = 160.555 \text{ kg}$	$F_2 = 137.136 \text{ kg}$	$F_3 = 109.267 \text{ kg}$	$F_4 = 93.789 \text{ kg}$
$F_1 = 0.161 \text{ tonne}$	$F_2 = 0.137 \text{ tonne}$	$F_3 = 0.109 \text{ tonne}$	$F_4 = 0.094 \text{ tonne}$
Distribución de corte			
$V_4 = F_4$	$V_4 = 0.094 \text{ tonne}$		
$V_3 = F_3 + F_4$	$V_3 = 0.203 \text{ tonne}$		
$V_2 = F_2 + F_3 + F_4$	$V_2 = 0.34 \text{ tonne}$		
$V_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$	$V_1 = 0.501 \text{ tonne}$	$=$	$Q_0 = 0.501 \text{ tonne}$ Cumple :D
Distribución de momento			
$M_4 = V_4 \cdot p_4$	$M_4 = 0.243 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_3 = V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_3 = 0.778 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_2 = V_2 \cdot p_2 + V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_2 = 1.675 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
$M_1 = V_1 \cdot p_1 + V_2 \cdot p_2 + V_3 \cdot p_3 + V_4 \cdot p_4$	$M_1 = 2.994 \text{ m} \cdot \text{tonne}$		
	$b_{ext} = b = 4.1 \text{ cm}$		
	$h_{ext} = h = 18.5 \text{ cm}$	$b_{ext} = b_{ext} \cdot 2 = 8.2 \text{ cm}$	
$l' = l_m - b_{ext}$	$A_{ext} = h_{ext} \cdot b_{ext}$		
$T = \frac{M_1}{l'}$			
$T = 1.026 \text{ tonne}$			
HD3B_3	$T_{adm} = 1.380 \text{ tonne}$	$K_{anc} = 4538.896 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$	
$T = 1.026 \text{ tonne}$	$<$	$T_{adm} = 1.38 \text{ tonne}$	cumple verificación

Muro flexión por sismo			
D + E			
$p1 = \frac{((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{techo} + 3 \cdot S_{piso}) \cdot 0.25)}{1.6}$	$p1 = 656.35 \frac{kg}{m^2}$		
D+0.75E+0.75L			
$p2 = \frac{((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + ((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{techo} + 3 \cdot S_{piso}) \cdot 0.25) \cdot 0.75 + (S_{techo} + 3 \cdot S_{piso}) \cdot 0.75)}{1.6}$			
$p2 = 888.759 \frac{kg}{m^2}$			
$q = ((P_{techo} + 3 \cdot P_{piso}) + (S_{techo} + 3 \cdot S_{piso}) \cdot 0.25) \cdot esp$			
$l = 2.44 \text{ m}$			
$W_n = \frac{b \cdot h^2}{6}$	$M_{max0} = \frac{q \cdot l^2}{8}$	NCh1198:2014 7.2.2.1	$q = 245.032 \frac{kg}{m}$
$W_n = 233870.833 \text{ mm}^3$	$M_{max0} = 182.353 \text{ kg} \cdot \text{m}$		
	$M_{max} = M_{max0} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$		
$f_f = \frac{M_{max}}{W_n}$	$k_d = 1.6$	NCh1198:2024 Anexo G carga permanente	
$f_f = 7.649 \text{ MPa}$	$k_c = 1.15$	NCh1198:2024 7.1.3	
	$k_h = 1$	NCh1198:2024 7.1.1	
$F_f = 5.2 \text{ MPa}$	NCh1198:2024 Tabla U.1		
$F_{f,dis} = \min(F_{f,dis}, F_{v,dis})$	NCh1198:2024 8.2.2.3		
	$k_{hf} = \left(\frac{90 \text{ mm}}{h}\right)^5$	$k_{hf} = 0.866$	
1- $F_{f,dis} = F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_{hf}$	$\frac{h}{b} = 4.512 > 2$	al tener apoyo $k_h = 1$	
2- $F_{f,dis} = F_f \cdot k_h \cdot k_d \cdot k_c \cdot k_h$			
$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$	$F_{v,dis} = 9.568 \text{ MPa}$		
$F_{f,dis} = F_{f,dis}$			
$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$			
$f_f = 7.649 \text{ MPa}$	<	$F_{f,dis} = 8.284 \text{ MPa}$	cumple verificación

OSB 11.1 mm @15cm	$vs = 3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$	$G_a = 2628 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$	
$k_n = 1$	$vs = \frac{vs}{g} = 0.357 \frac{\text{tonne}}{\text{m}}$	$G_a = \frac{G_a}{g} = 267.981 \frac{\text{tonne}}{\text{m}}$	
$V_{adm} = vs \cdot l_m \cdot k_n$			
$V_1 = 0.501 \text{ tonne}$	$<$	$V_{adm} = 1.071 \text{ tonne}$	cumple verificación
	$H = 2.44 \text{ m}$	$E = \frac{E}{g} = 80.558 \frac{\text{tonne}}{\text{cm}^2}$	
$\delta_{adm} = 0.002 \cdot H$			
$\delta = V_1 \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{H^3}{(E \cdot A_{ext} \cdot l_m^2)}\right) + V_1 \cdot \left(\frac{H}{l_m \cdot G_a \cdot k_n}\right) + T \cdot \left(\frac{H}{l_m \cdot K_{anc}}\right)$			
$\delta = 3.403 \text{ mm}$	$<$	$\delta_{adm} = 4.88 \text{ mm}$	cumple verificación
Verificación Tracción Compresión Max		$A = h \cdot b$	$A = 0.008 \text{ m}^2$
$C_{max} = \frac{T}{A} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$			
$f_{cp} = 0.771 \text{ MPa}$	$<$	$C_{max} = 1.327 \text{ MPa}$	

Verificación por Compresión Normal			
$R = \frac{q \cdot l}{2}$	$A_n = b \cdot l_{ap}$	$l_{ap} = h$	
$f_{cn0} = \frac{R}{A_n}$	$f_{cn} = f_{cn0} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$		
$f_{cn} = 0.387 \text{ MPa}$			
$F_{cn} = 2.5 \text{ MPa}$	NCh1198:2024 Tabla U.1		$k_{cn} = 0.8$
$F_{cndis} = F_{cn} \cdot k_h \cdot k_{cn}$			
$f_{cn} = 0.387 \text{ MPa}$	$<$	$F_{cndis} = 2 \text{ MPa}$	cumple verificación
Verificación por Deformación			
	$E = E \cdot g = 7900 \text{ MPa}$	NCh1198:2024 Tabla U.1	
$I = b \cdot \frac{h^3}{12}$	$q = q \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$E_k = 0.6 \cdot E$	$k_{hE} = \left(\frac{h}{180 \text{ mm}}\right)^4$
		$E_{dis} = E_k \cdot k_h \cdot k_{hE}$	
$\delta_{tot} = \left(\frac{5}{384}\right) \cdot \left(\frac{q \cdot l^4}{E_{dis} \cdot I}\right)$	$\Delta_{adms} = H \cdot 0.002$		
$\delta_{tot} = 0.01 \text{ m}$	$\Delta_{adms} = 0.01 \text{ m}$		

Anexo B.1: ETABS NCh1198:2014

TABLE: Centers Of Mass And Rigidity 2014

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCCM	YCCM
		tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	m	m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	m	m
Story1	D1	3,70867	3,70867	12,24	7,7404	3,70867	3,70867	12,24	7,7404
Story2	D2	3,6703	3,6703	12,24	7,7401	3,6703	3,6703	12,24	7,7401
Story3	D3	3,66575	3,66575	12,24	7,74	3,66575	3,66575	12,24	7,74
Story4	D4	1,1173	1,1173	12,24	7,7479	1,1173	1,1173	12,24	7,7479

TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements 2014

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z
						m	m	rad		m	m	m
Story4	D4	Emv	Combination	Max		0,010494	0,00819	0,000161	914	12,24	7,7479	9,76
Story3	D3	Emv	Combination	Max		0,009198	0,007159	0,000141	915	12,24	7,74	7,32
Story2	D2	Emv	Combination	Max		0,005883	0,004423	0,000094	916	12,24	7,7401	4,88
Story1	D1	Emv	Combination	Max		0,002461	0,001844	0,000042	917	12,24	7,7404	2,44

TABLE: Mass Summary by Diaphragm 2014

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	Mass Moment of Inertia	X Mass Center	Y Mass Center
		tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf-m-s ²	m	m
Story4	D4	1,1173	1,1173	86,3508	12,24	7,7479
Story3	D3	3,66575	3,66575	275,0703	12,24	7,74
Story2	D2	3,6703	3,6703	275,2017	12,24	7,7401
Story1	D1	3,70867	3,70867	277,7632	12,24	7,7404

TABLE: Modal Direction Factors 2014

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0,35	0,995	0	0	0,005
Modal	2	0,343	0,005	0	0	0,995
Modal	3	0,308	0	1	0	0
Modal	4	0,13	0,998	0	0	0,002
Modal	5	0,126	0,002	0	0	0,998
Modal	6	0,116	0	1	0	0
Modal	7	0,083	0,999	0	0	0,001
Modal	8	0,08	0,001	0	0	0,999
Modal	9	0,077	0,999	0	0	0,001
Modal	10	0,075	0	1	0	0
Modal	11	0,073	0,001	0	0	0,999
Modal	12	0,068	0	1	0	0

Anexo B.2: ETABS NCh1198:2024

TABLE: Centers Of Mass And Rigidity 2024

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCCM	YCCM
		tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	m	m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	m	m
Story1	D1	3,70867	3,70867	12,24	7,7404	3,70867	3,70867	12,24	7,7404
Story2	D2	3,6703	3,6703	12,24	7,7401	3,6703	3,6703	12,24	7,7401
Story3	D3	3,66575	3,66575	12,24	7,74	3,66575	3,66575	12,24	7,74
Story4	D4	1,43205	1,43205	12,24	7,7437	1,43205	1,43205	12,24	7,7437

TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements 2024

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z
						m	m	rad		m	m	m
Story4	D4	D + Ex	Combination	Max		0,012713	3,527E-07	0,000125	914	12,24	7,7437	9,76
Story4	D4	D + Ey	Combination	Max		0,000005	0,010454	0,00019	914	12,24	7,7437	9,76
Story3	D3	D + Ex	Combination	Max		0,011179	2,218E-07	0,00011	915	12,24	7,74	7,32
Story3	D3	D + Ey	Combination	Max		0,000005	0,009226	0,000168	915	12,24	7,74	7,32
Story2	D2	D + Ex	Combination	Max		0,007653	1,087E-07	0,000077	916	12,24	7,7401	4,88
Story2	D2	D + Ey	Combination	Max		0,000003	0,006317	0,000117	916	12,24	7,7401	4,88
Story1	D1	D + Ex	Combination	Max		0,003369	2,423E-08	0,000035	917	12,24	7,7404	2,44
Story1	D1	D + Ey	Combination	Max		0,000002	0,002866	0,000054	917	12,24	7,7404	2,44

TABLE: Mass Summary by Diaphragm 2024

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	Mass Moment of Inertia	X Mass Center	Y Mass Center
		tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf-m-s ²	m	m
Story4	D4	1,43205	1,43205	108,759	12,24	7,7437
Story3	D3	3,66575	3,66575	275,0703	12,24	7,74
Story2	D2	3,6703	3,6703	275,2017	12,24	7,7401
Story1	D1	3,70867	3,70867	277,7632	12,24	7,7404

TABLE: Modal Direction Factors 2024

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0,393	0,998	0	0	0,002
Modal	2	0,379	0,002	0	0	0,998
Modal	3	0,357	0	1	0	0
Modal	4	0,141	0,999	0	0	0,001
Modal	5	0,134	0,001	0	0	0,999
Modal	6	0,129	0	1	0	0
Modal	7	0,093	0,999	0	0	0,001
Modal	8	0,088	0,001	0	0	0,999
Modal	9	0,085	0	1	0	0
Modal	10	0,082	0,999	0	0	0,001
Modal	11	0,077	0,001	0	0	0,999
Modal	12	0,075	0	1	0	0