



sirve
SEISMIC
PROTECTION
TECHNOLOGIES

PABELLÓN ARAUCANÍA

INSTALACIÓN DEL PABELLÓN EXPO-MILÁN EN CHILE
Michael Rendel K. – SIRVE S.A.

6 SEMINARIO DE
PROYECTOS





CONTENIDOS

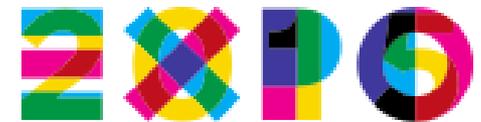
1. El Pabellón de Chile en Expo-Milán 2015
2. Aislamiento Sísmico
3. Verificación de la Estructura
4. Conclusiones

El amor de Chile.
Araucanía

El amor de Chile.

Amor Chile

1. El Pabellón de Chile en Expo-Milán 2015



MILANO 2015

1. El Pabellón en Expo-Milán 2015

Premio de Arquitectura



Equipo Creativo

Arquitectos: Cristian Undurraga
Sebastián Mallea

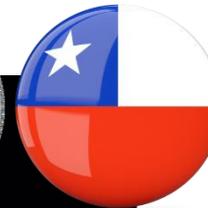
1. El Pabellón en Expo-Milán 2015

Premio de Arquitectura



Reino Unido

**Medalla de Plata en
Arquitectura y Paisajismo**



Chile



República Checa

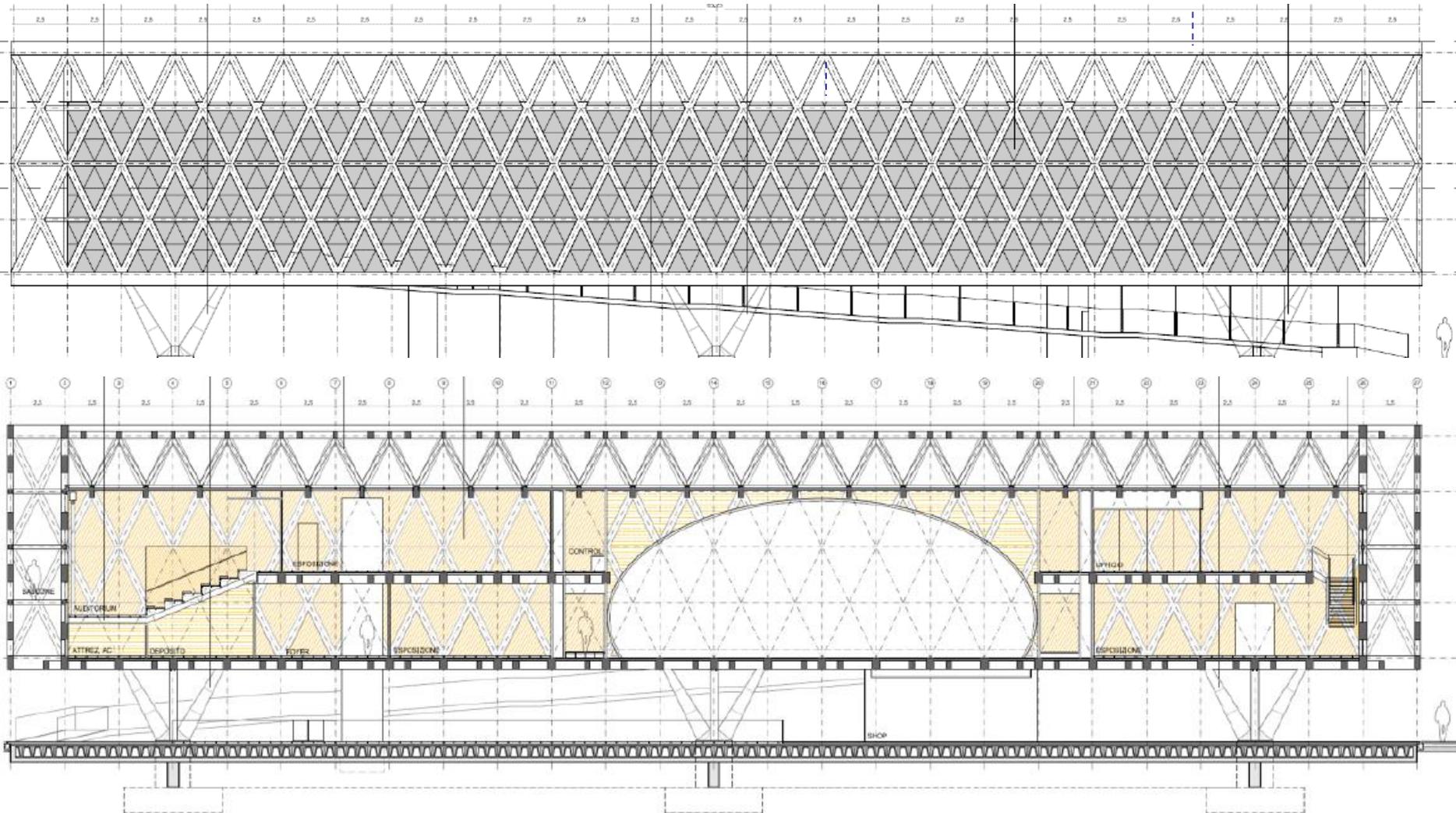


1. El Pabellón en Expo-Milán 2015

Descripción General

Elevación Lateral

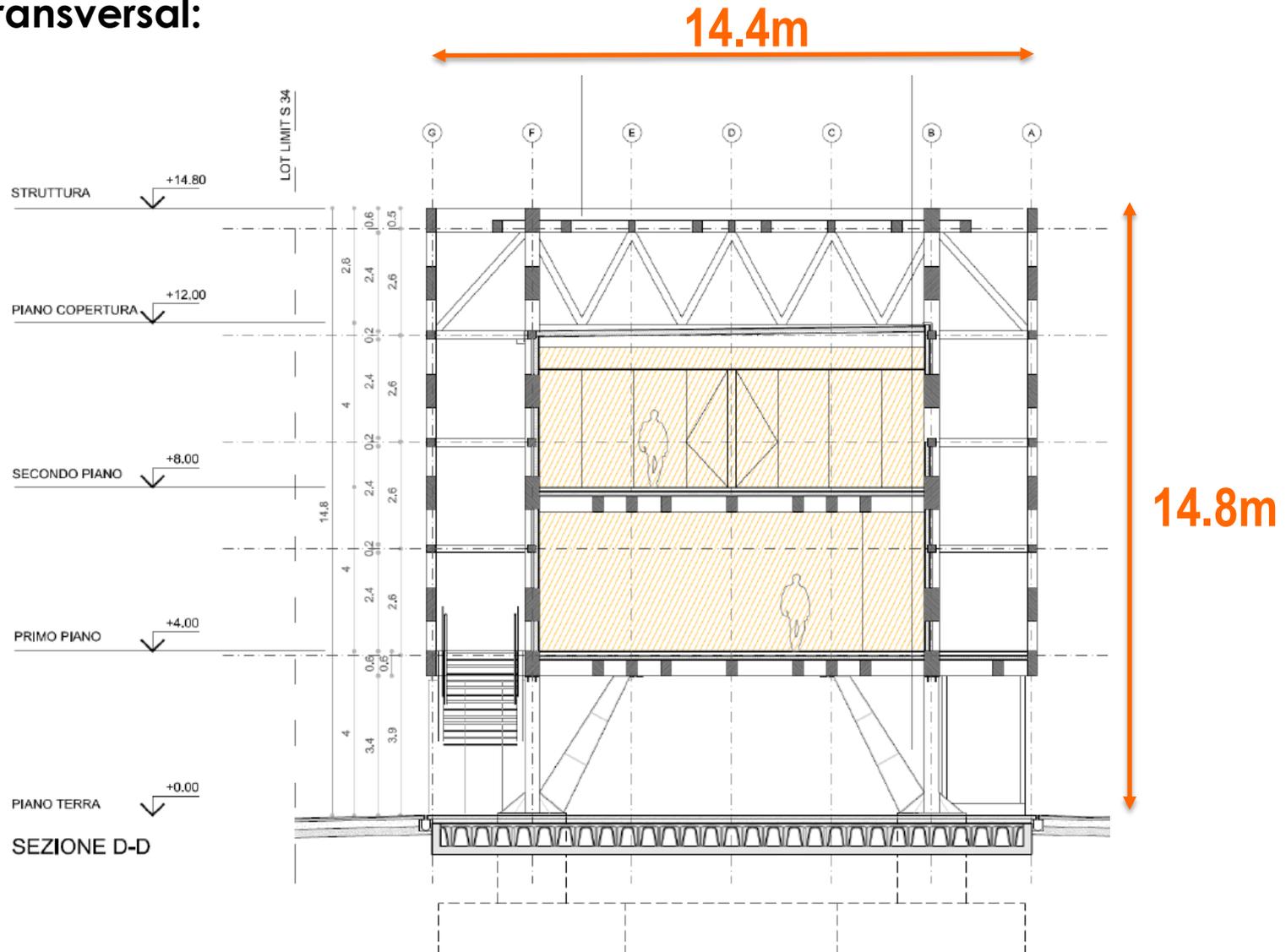
65m



1. El Pabellón en Expo-Milán 2015

Descripción General

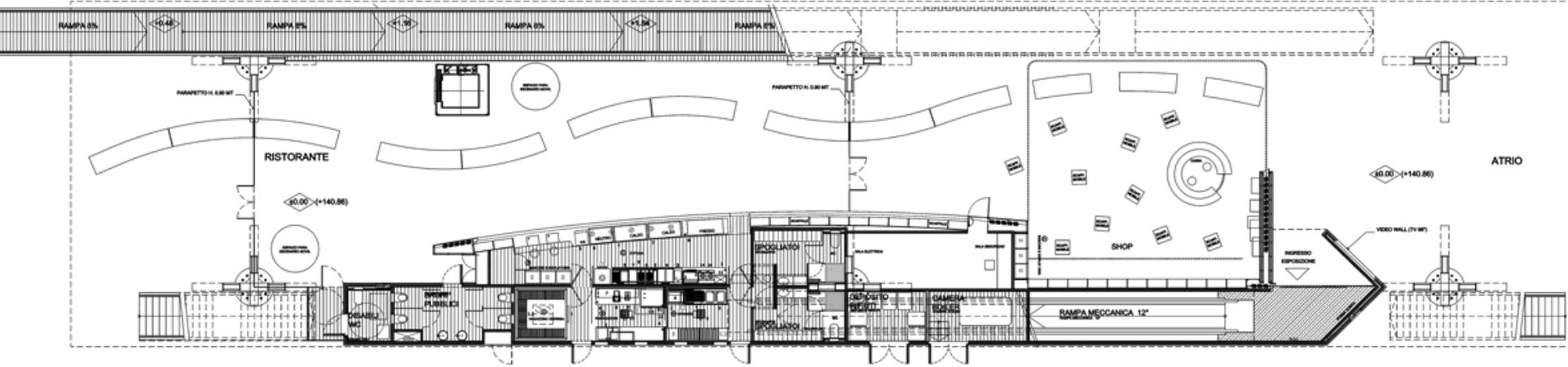
Corte Transversal:



1. El Pabellón en Expo-Milán 2015

Descripción General

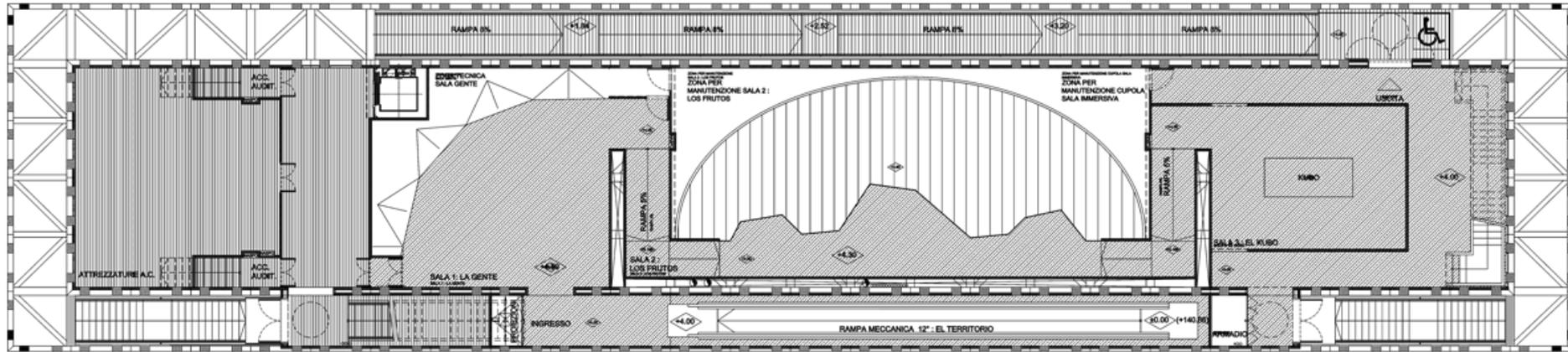
Piso 1: Tienda productos típicos, Restaurante y cafetería.



1. El Pabellón en Expo-Milán 2015

Descripción General

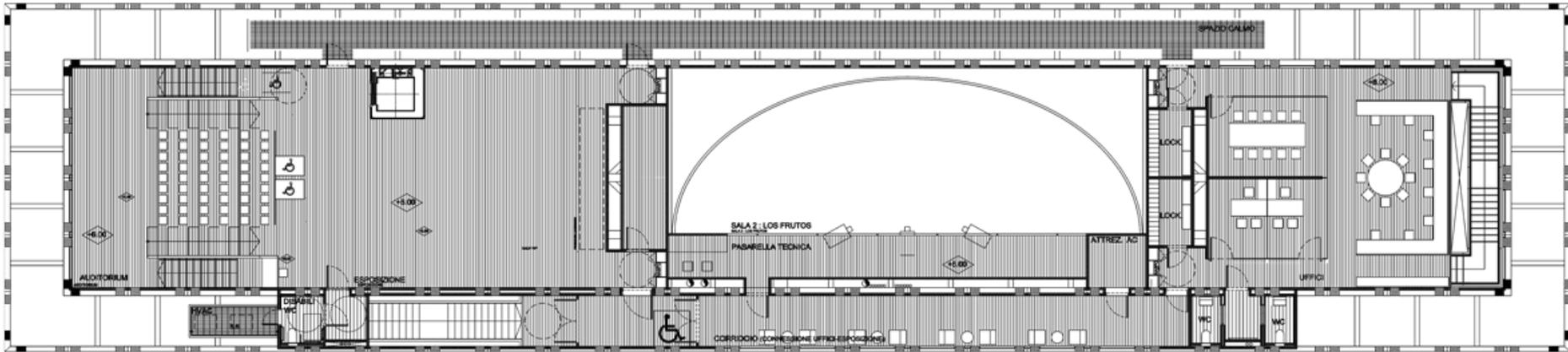
Piso 2: Salas de exposición interactiva, uso flexible



1. El Pabellón en Expo-Milán 2015

Descripción General

Piso 3: Auditorio (70 p.), Sala Multiuso, Oficinas Administrativas





2. Aislamiento Sísmico para el Pabellón Araucanía

2. Aislamiento Sísmico Pabellón

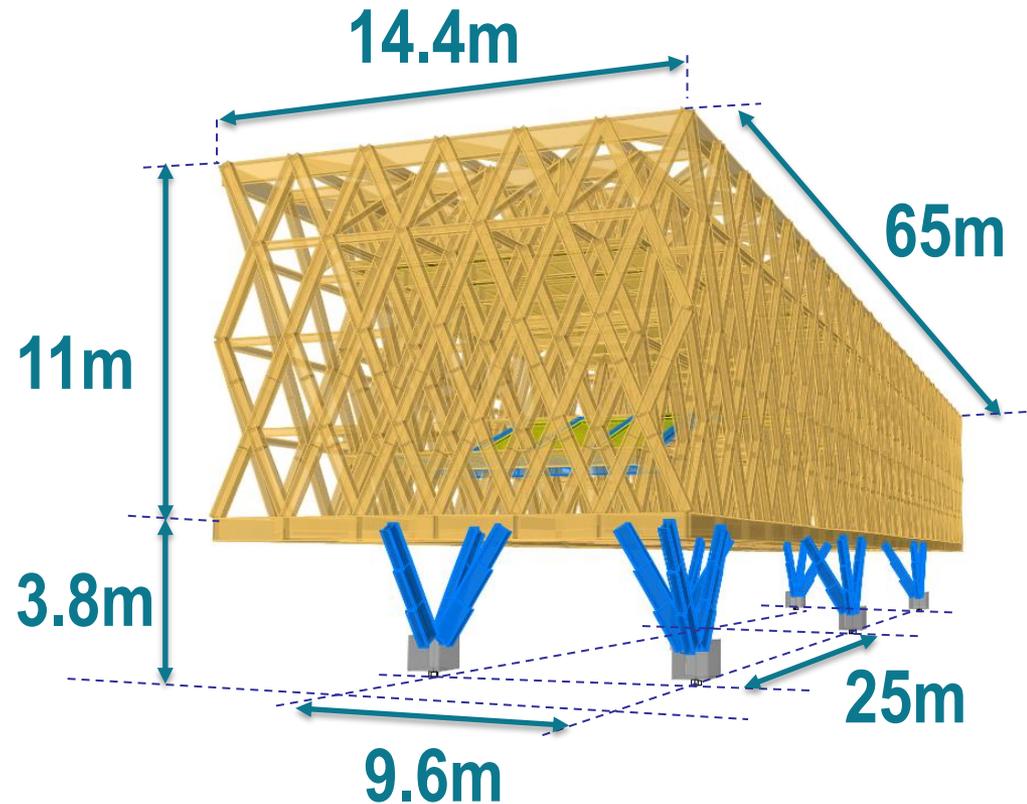
Descripción de la Estructura

Dimensiones Generales

Largo: 65m
Ancho: 14.4m
Alto: 14.8m

Materialidad y Peso:

Soportes: Acero
Edificio: Madera
Peso Total: ~570 Ton

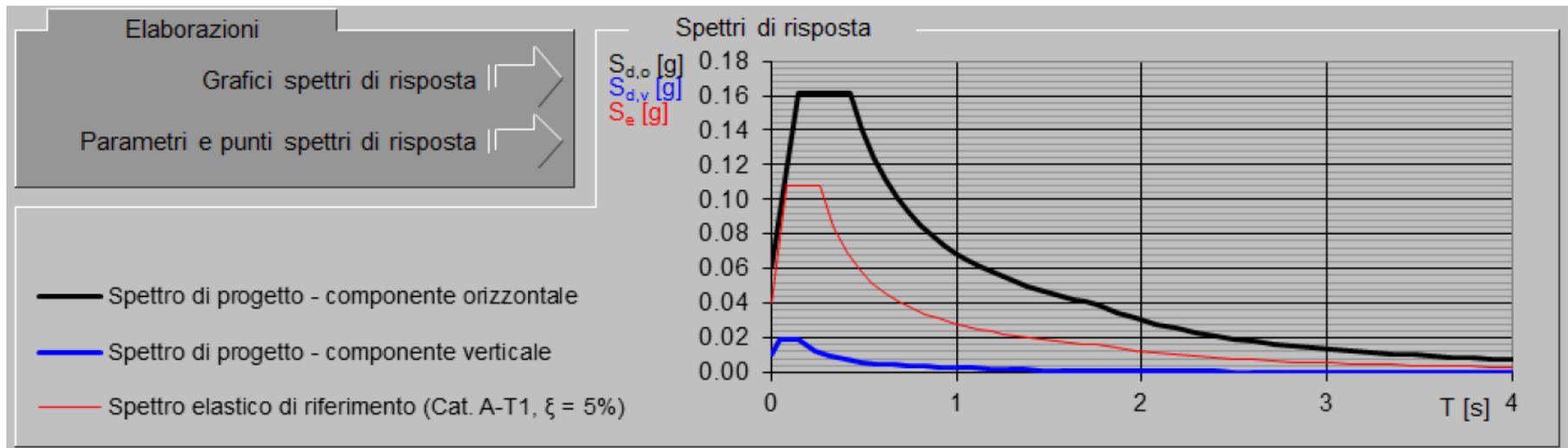


2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Análisis Sísmico Diseño Original

Análisis Sísmico Original (F&M)

Tipo de Análisis:	AME
Factor de Ductilidad (μ):	1.0 (elástico)
Pseudo aceleración max.:	0.16g



2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Análisis Sísmico Base Fija (Chile)

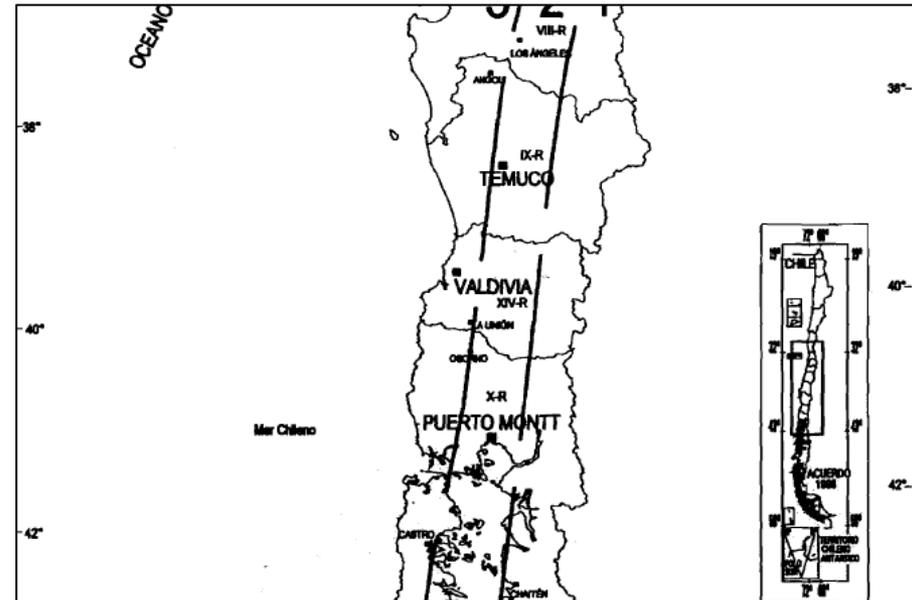
Análisis Sísmico Base Fija

Normas:	NCh433 + D.S.61 - 2011
Factor de Reducción (R):	2.0
Corte Basal máximo:	0.28g
Zona Sísmica:	2
Tipo de Suelo:	C

Períodos Fundamentales:

Tx: 0.197s

Ty: 0.476s



2. Aislamiento Sísmico Pabellón

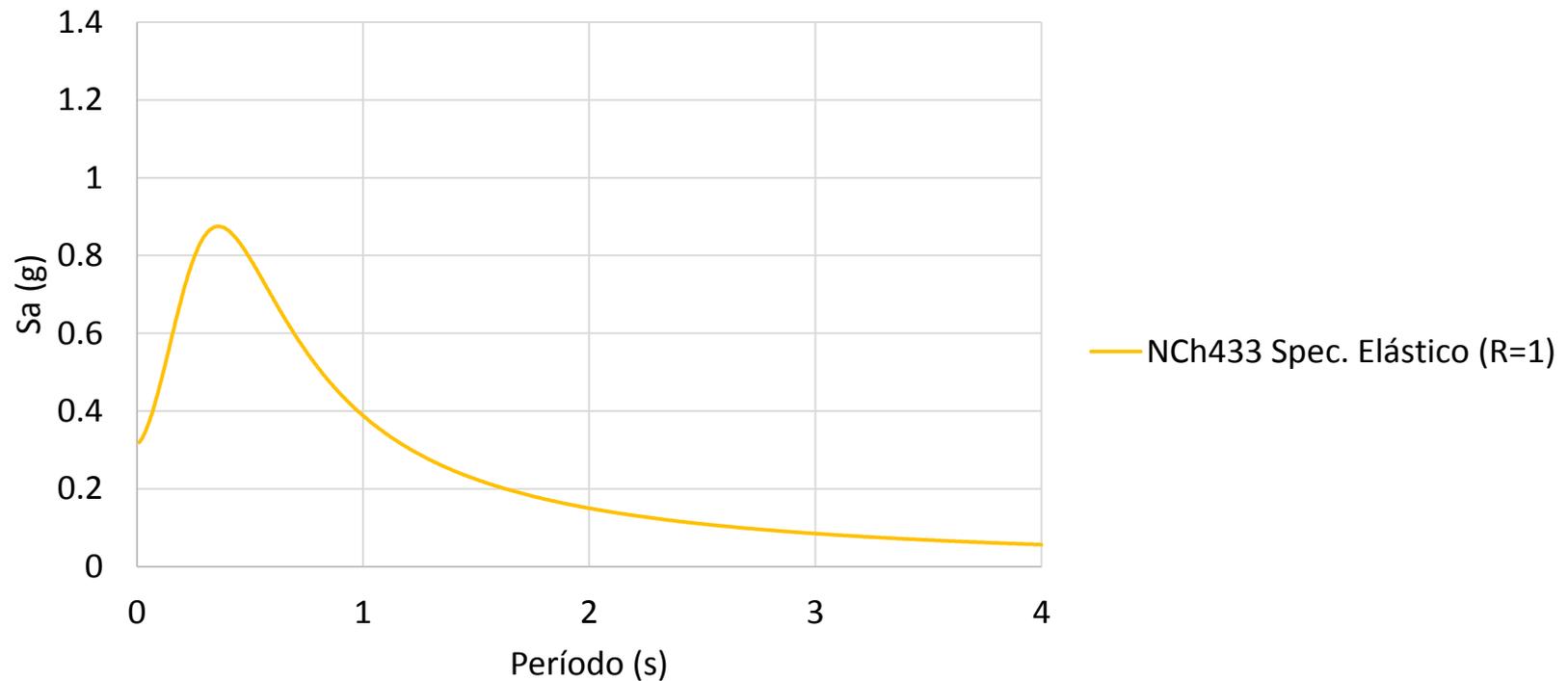
Análisis Sísmico Base Fija (Chile)

Análisis Sísmico Base Fija

Normas: NCh433 + D.S.61 - 2011

Factor de Reducción (R): 2.0

Corte Basal máximo: 0.28g



2. Aislamiento Sísmico Pabellón

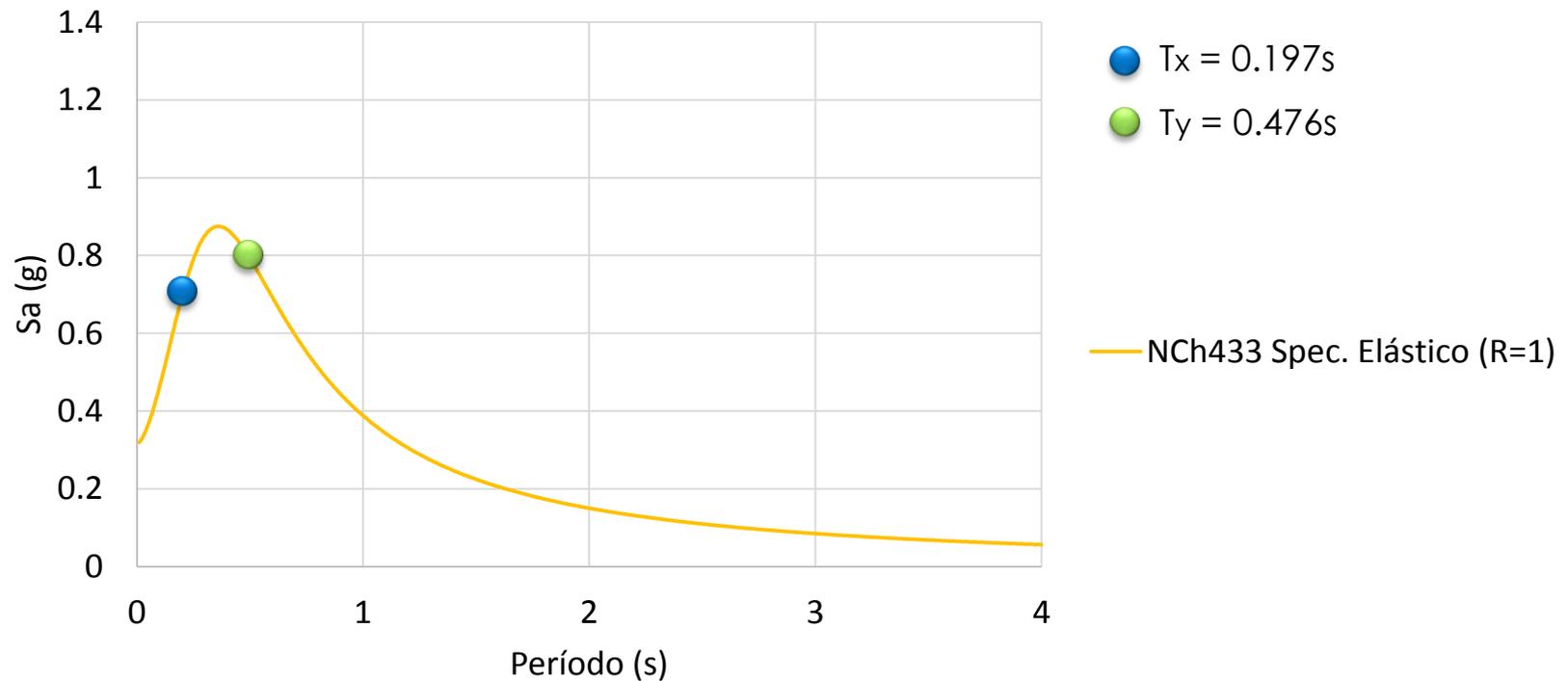
Análisis Sísmico Base Fija (Chile)

Análisis Sísmico Base Fija

Normas: NCh433 + D.S.61 - 2011

Factor de Reducción (R): 2.0

Corte Basal máximo: 0.28g

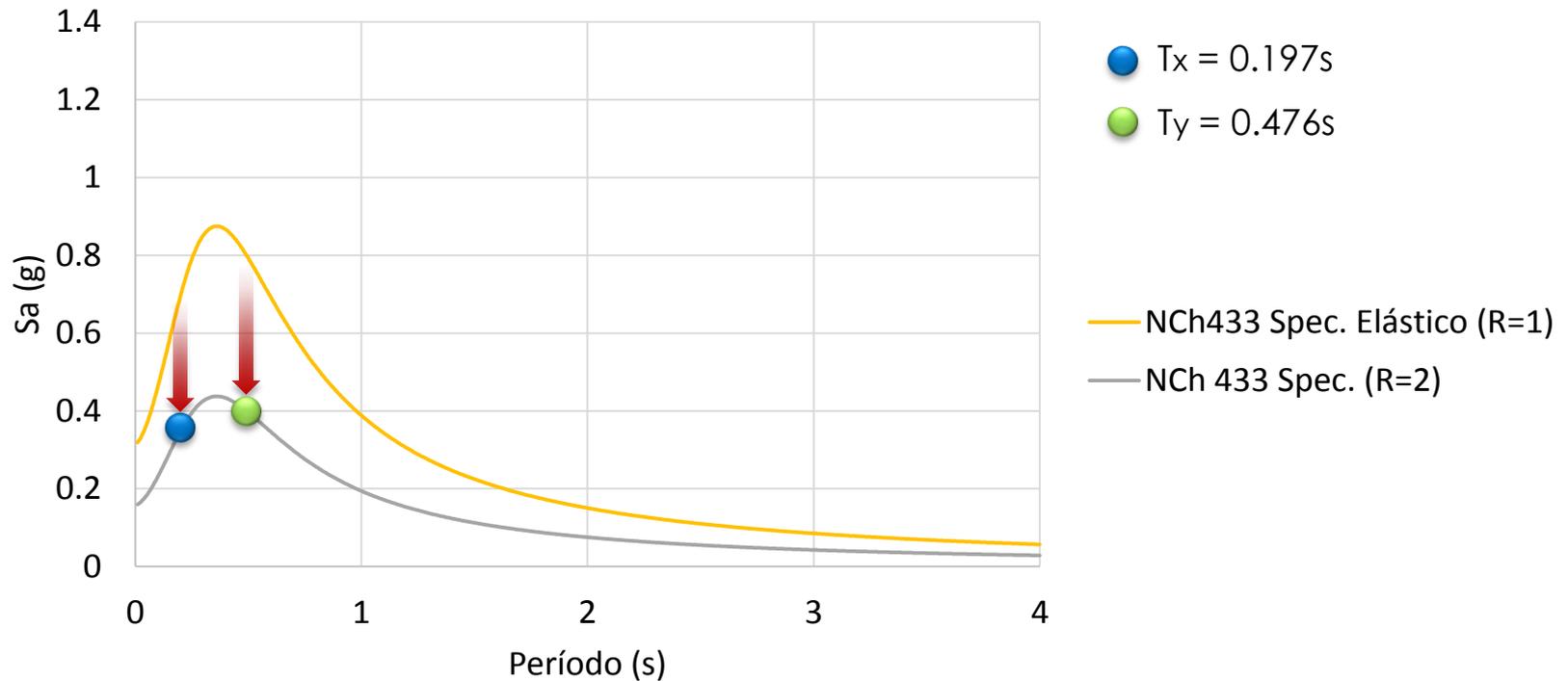


2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Análisis Sísmico Base Fija (Chile)

Análisis Sísmico Base Fija

Normas: NCh433 + D.S.61 - 2011
Factor de Reducción (R): 2.0
Corte Basal máximo: 0.28g

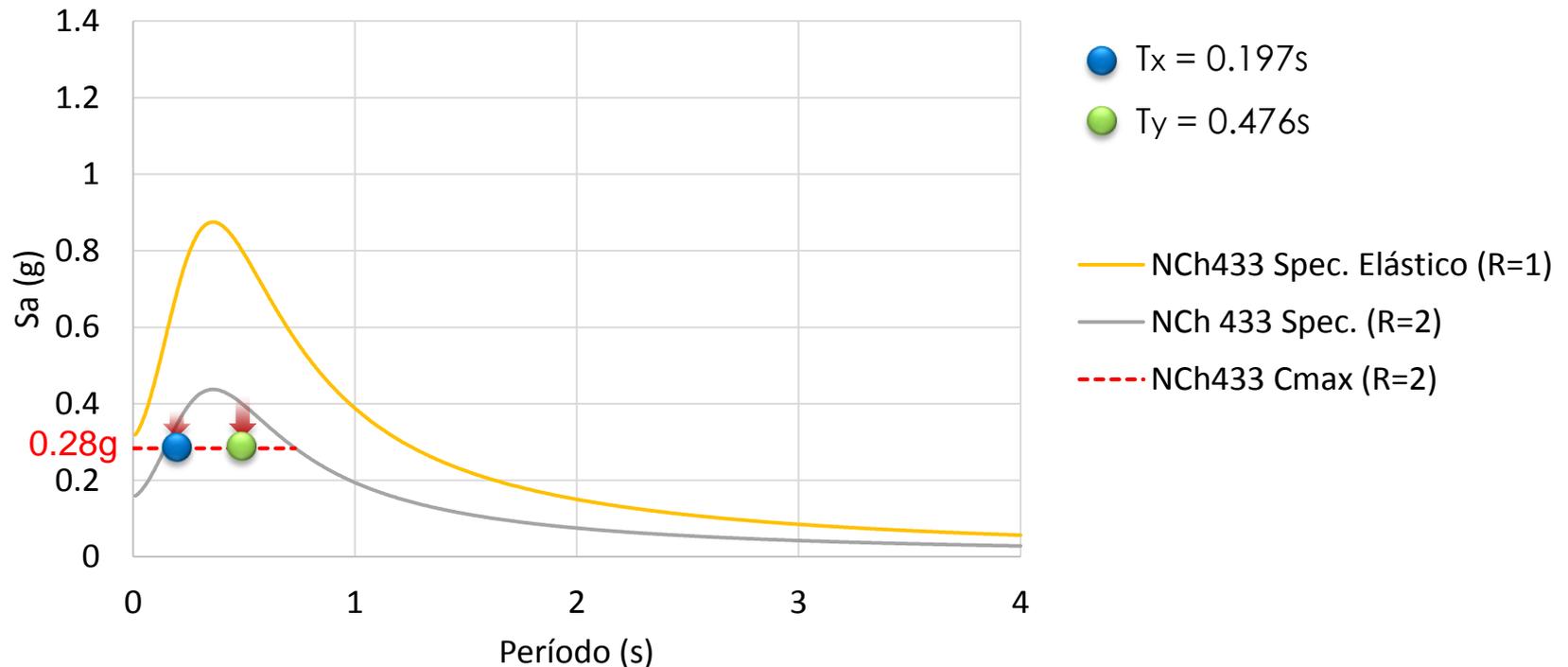


2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Análisis Sísmico Base Fija (Chile)

Análisis Sísmico Base Fija

Normas: NCh433 + D.S.61 - 2011
Factor de Reducción (R): 2.0
Corte Basal máximo: 0.28g

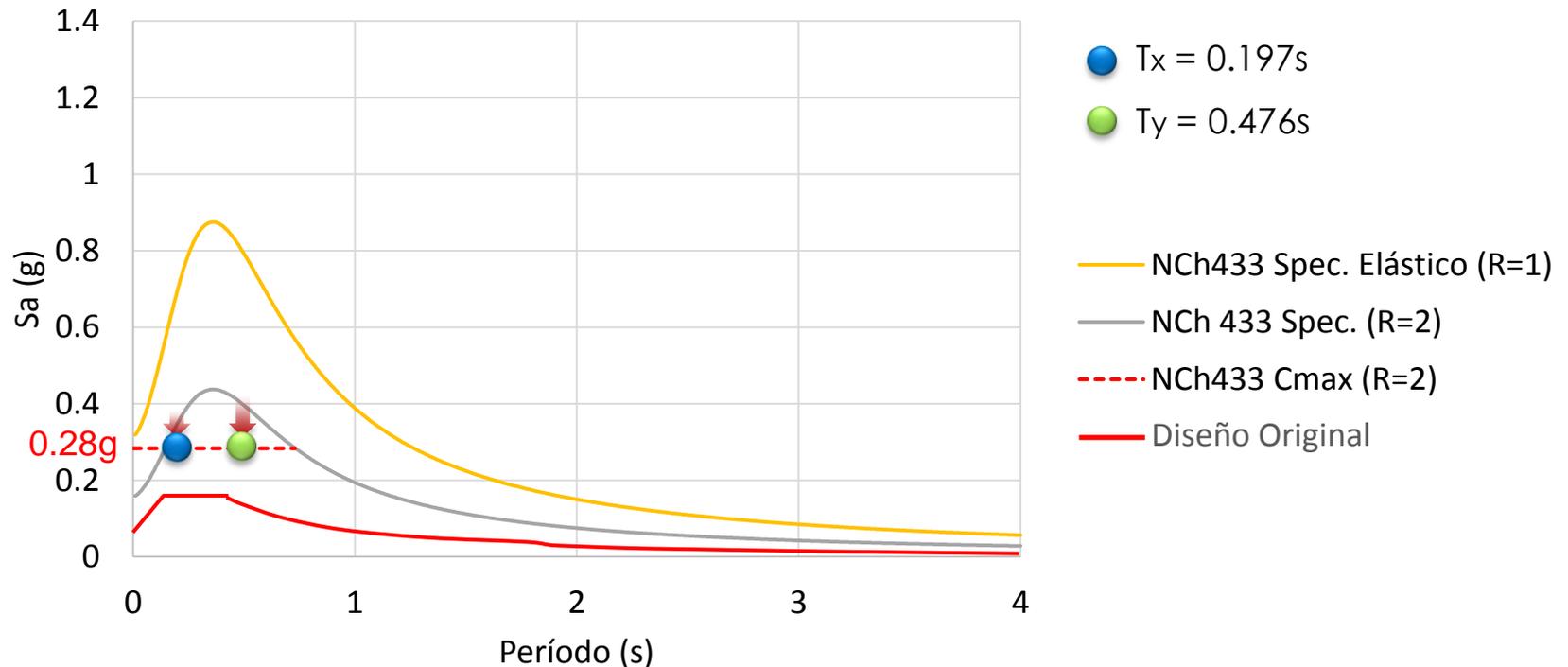


2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Análisis Sísmico Base Fija (Chile)

Análisis Sísmico Base Fija

Normas: NCh433 + D.S.61 - 2011
Factor de Reducción (R): 2.0
Corte Basal máximo: 0.28g



2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Análisis Sísmico c/Aislamiento Sísmico

Análisis Sísmico con Aislamiento Basal

Normas: NCh 2745.Of2013

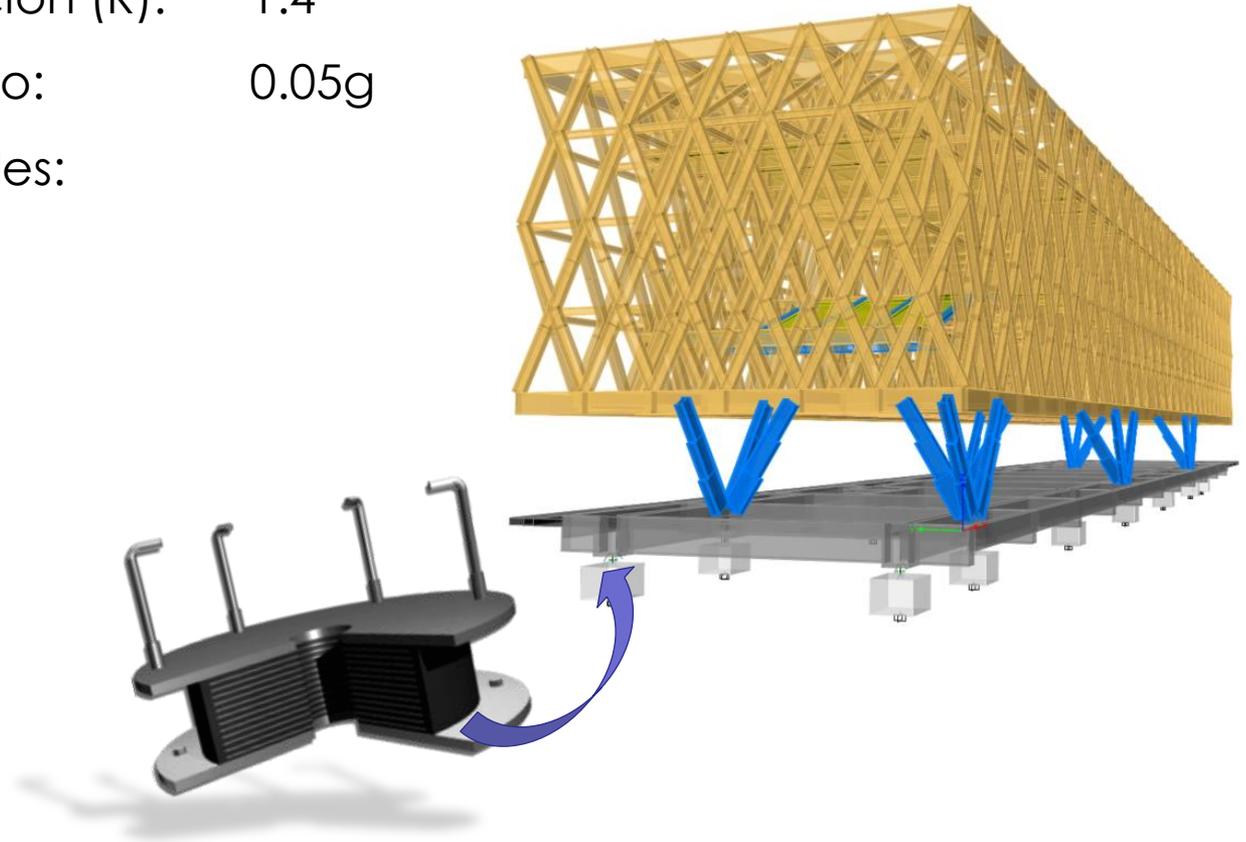
Factor de Reducción (R): 1.4

Corte Basal mínimo: 0.05g

Períodos Fundamentales:

T_x: 2.93s

T_y: 2.95s



2. Aislamiento Sísmico Pabellón

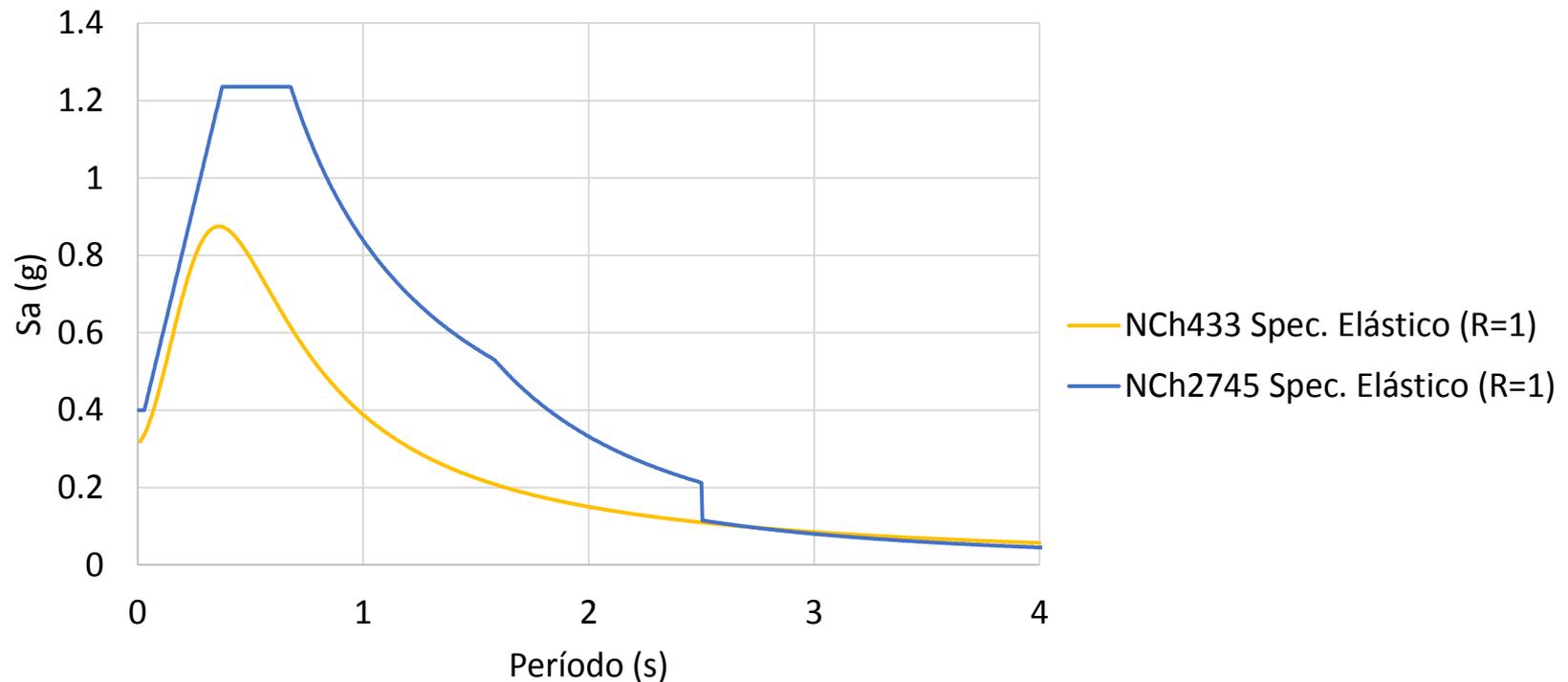
Análisis Sísmico c/Aislamiento Sísmico

Análisis Sísmico con Aislamiento Basal

Normas: NCh 2745.Of2013

Factor de Reducción (R): 1.4

Corte Basal mínimo: 0.05g



2. Aislamiento Sísmico Pabellón

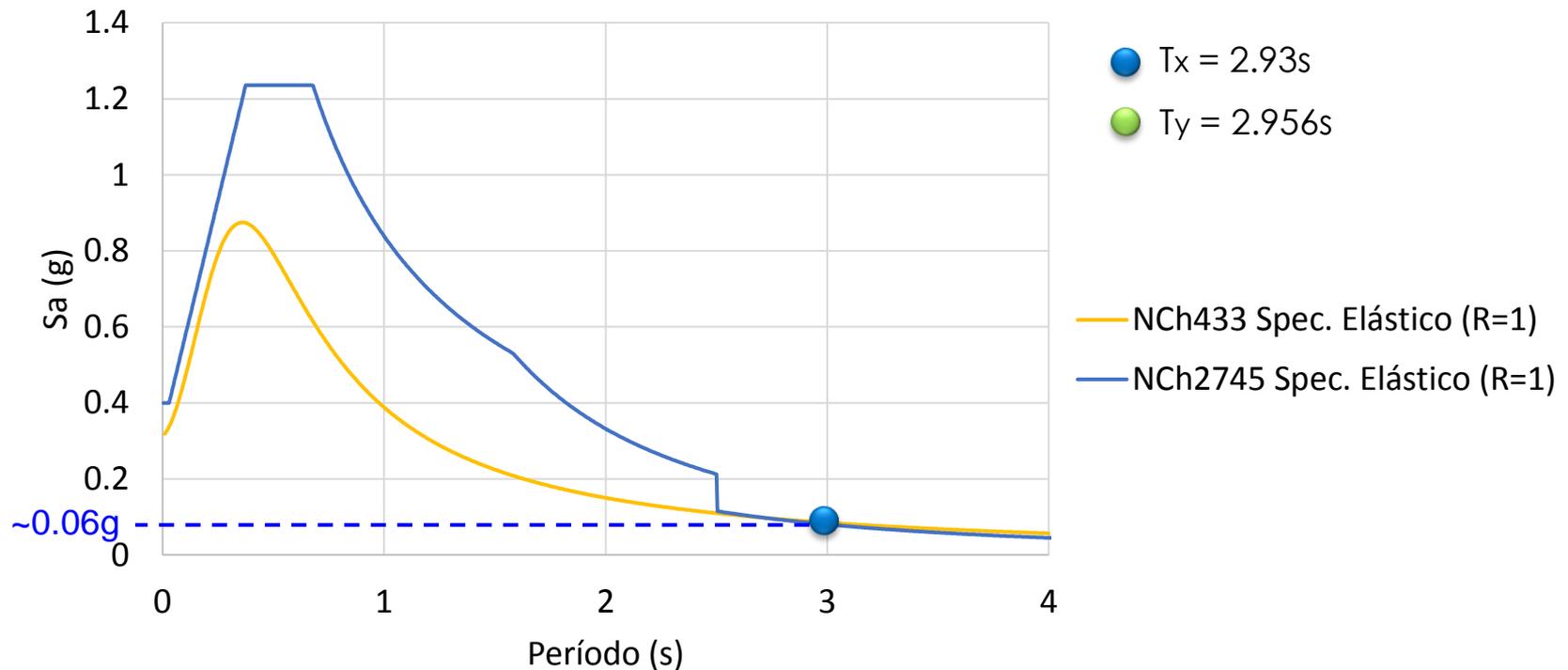
Análisis Sísmico c/Aislamiento Sísmico

Análisis Sísmico con Aislamiento Basal

Normas: NCh 2745.Of2013

Factor de Reducción (R): 1.4

Corte Basal mínimo: 0.05g



2. Aislamiento Sísmico Pabellón

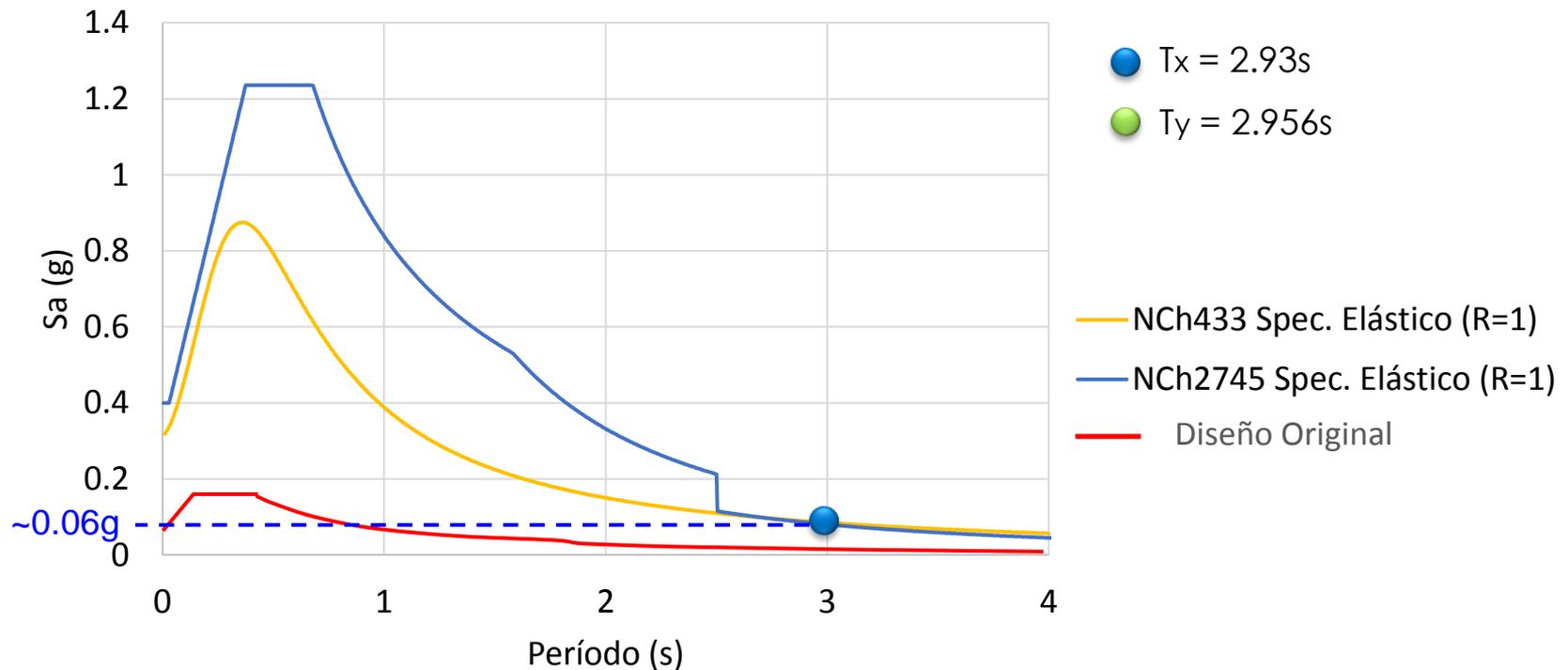
Análisis Sísmico c/Aislamiento Sísmico

Análisis Sísmico con Aislamiento Basal

Normas: NCh 2745.Of2013

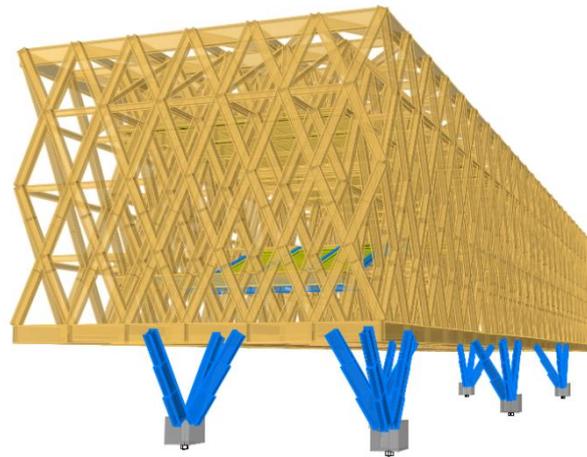
Factor de Reducción (R): 1.4

Corte Basal mínimo: 0.05g



2. Aislamiento Sísmico Pabellón Comparación de Esfuerzos de Diseño

Corte Basal de Diseño:

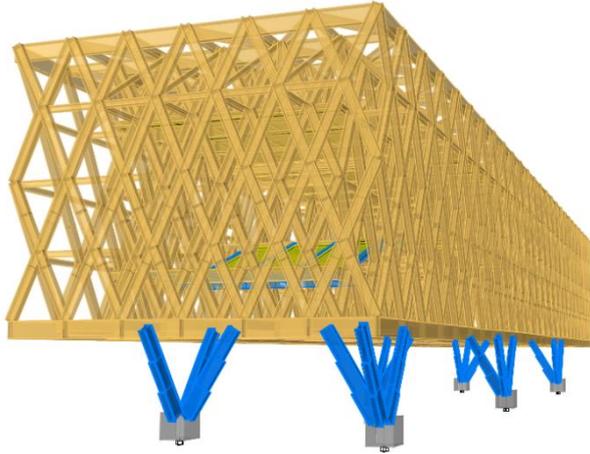


Base Fija - Italia
~ 150 Ton

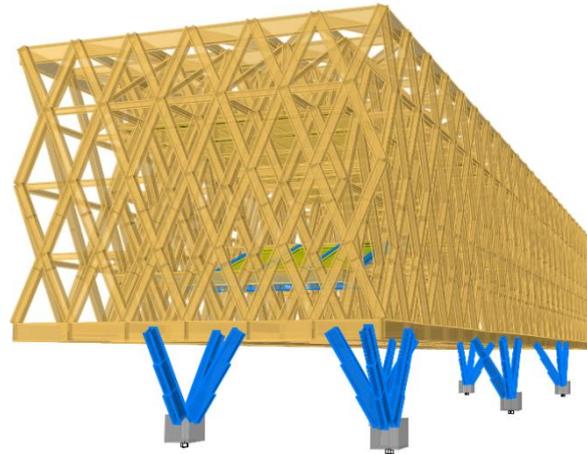
2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Comparación de Esfuerzos de Diseño

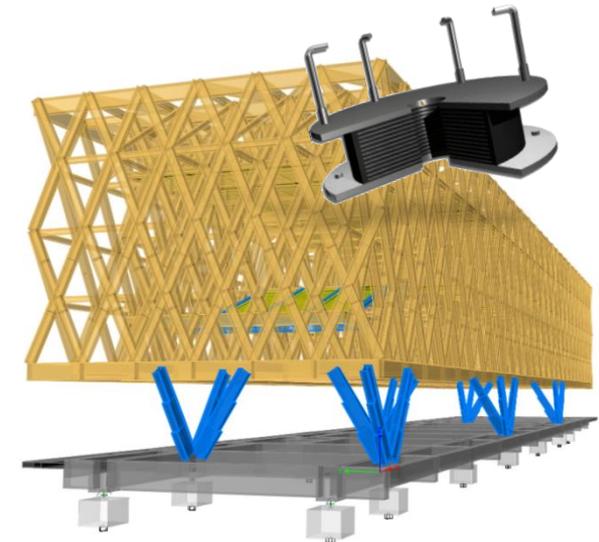
Corte Basal de Diseño:



Base Fija - Chile
~ 270 Ton (+80%)



Base Fija - Italia
~ 150 Ton



Aislamiento - Chile
~ 60 Ton (-60%)

2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Descripción del sistema de Aislamiento

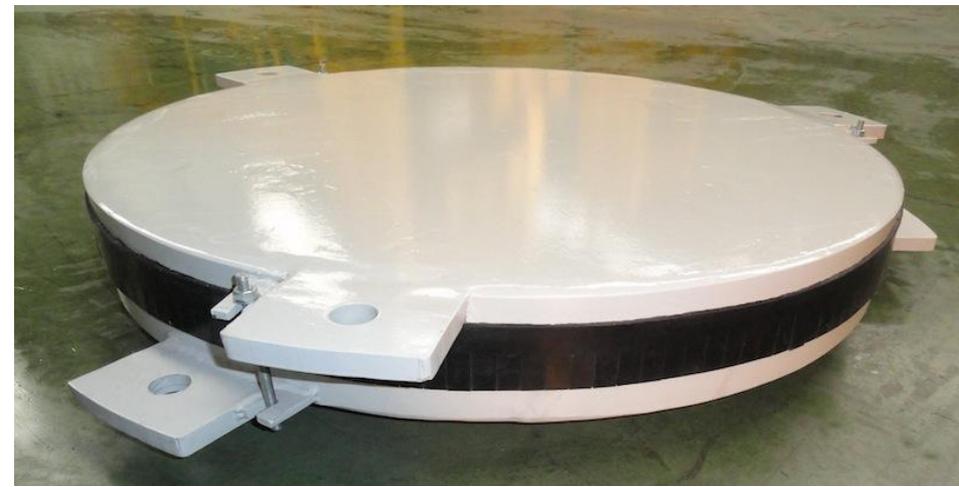
Dispositivos considerados

- **Aisladores elastoméricos:** Capas de acero y goma intercaladas, capacidad restitutiva, aportan rigidez y amortiguamiento
- **Deslizadores friccionales:** Superficies de baja fricción, no poseen restitutiva, disipan energía en forma de fricción

Aislador Elastomérico



Deslizador Friccional

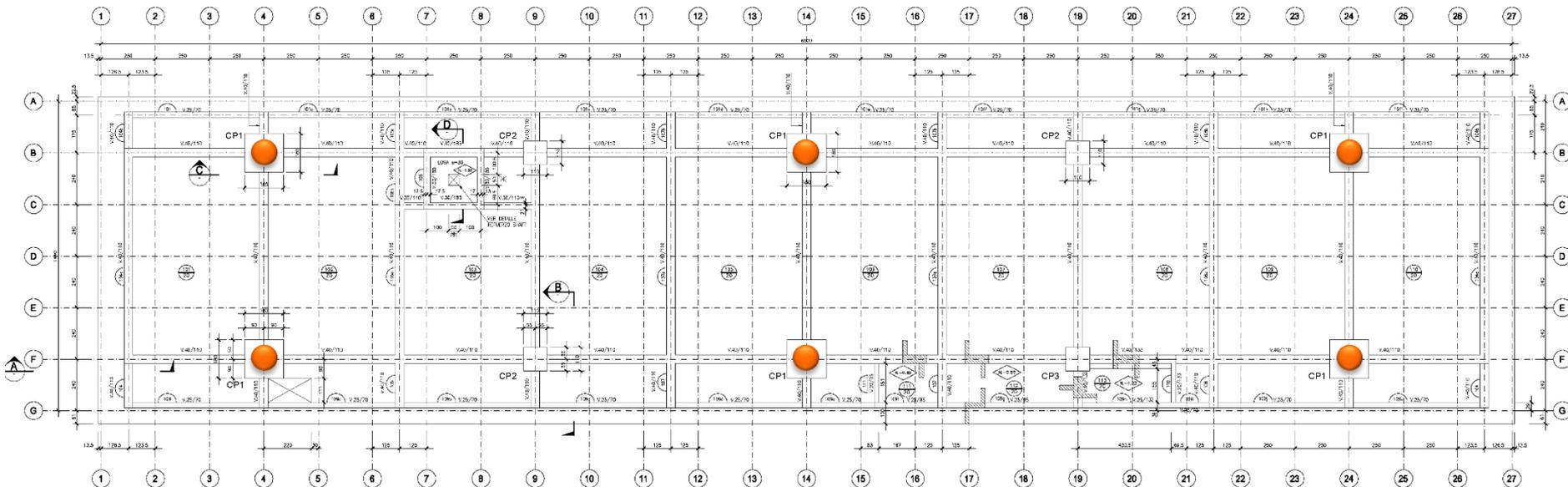


2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Descripción del sistema de Aislamiento

Sistema de Aislamiento Sísmico

- Sistema de losa y vigas soporta el edificio sobre aisladores
- 6 Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento, bajo cada uno de los trípodes metálicos

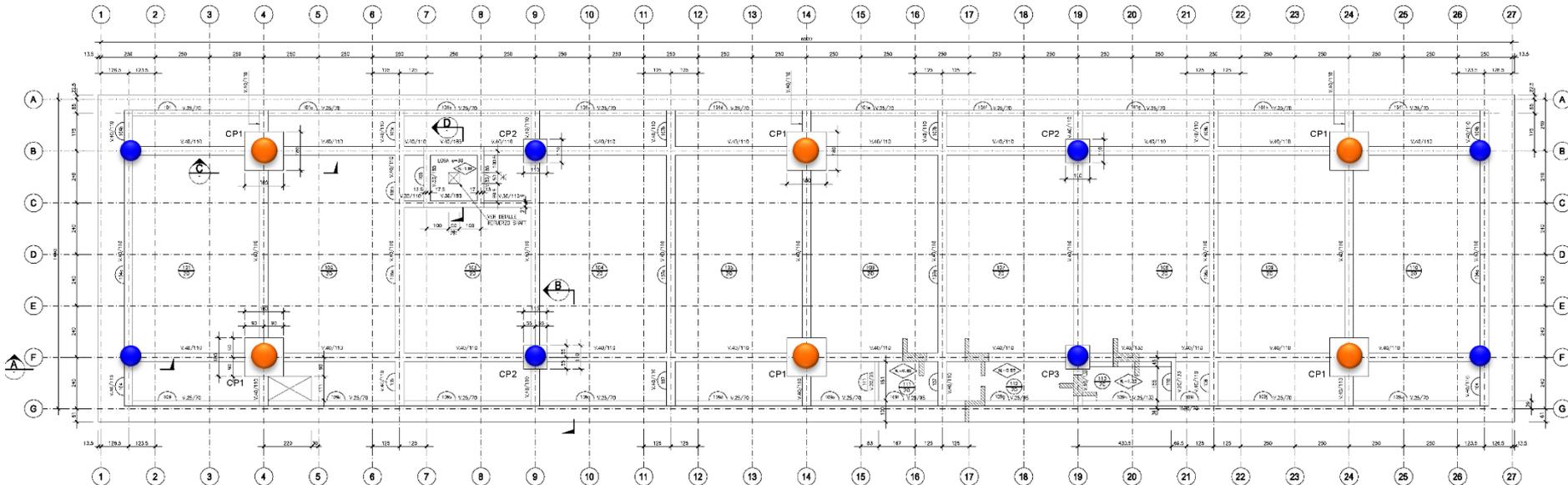


2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Descripción del sistema de Aislamiento

Sistema de Aislamiento Sísmico

- Sistema de losa y vigas soporta el edificio sobre aisladores
- 6 Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento, bajo cada uno de los trípodos metálicos
- 8 Deslizadores friccionales para apoyo intermedio de vigas y voladizos

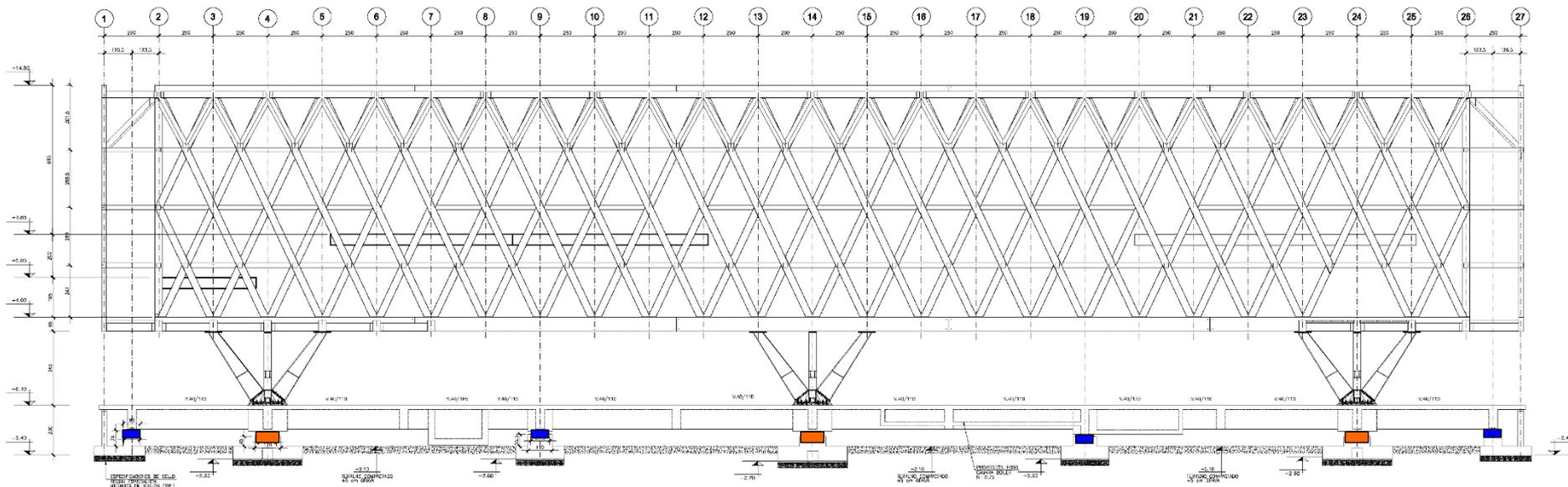


2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Descripción del sistema de Aislamiento

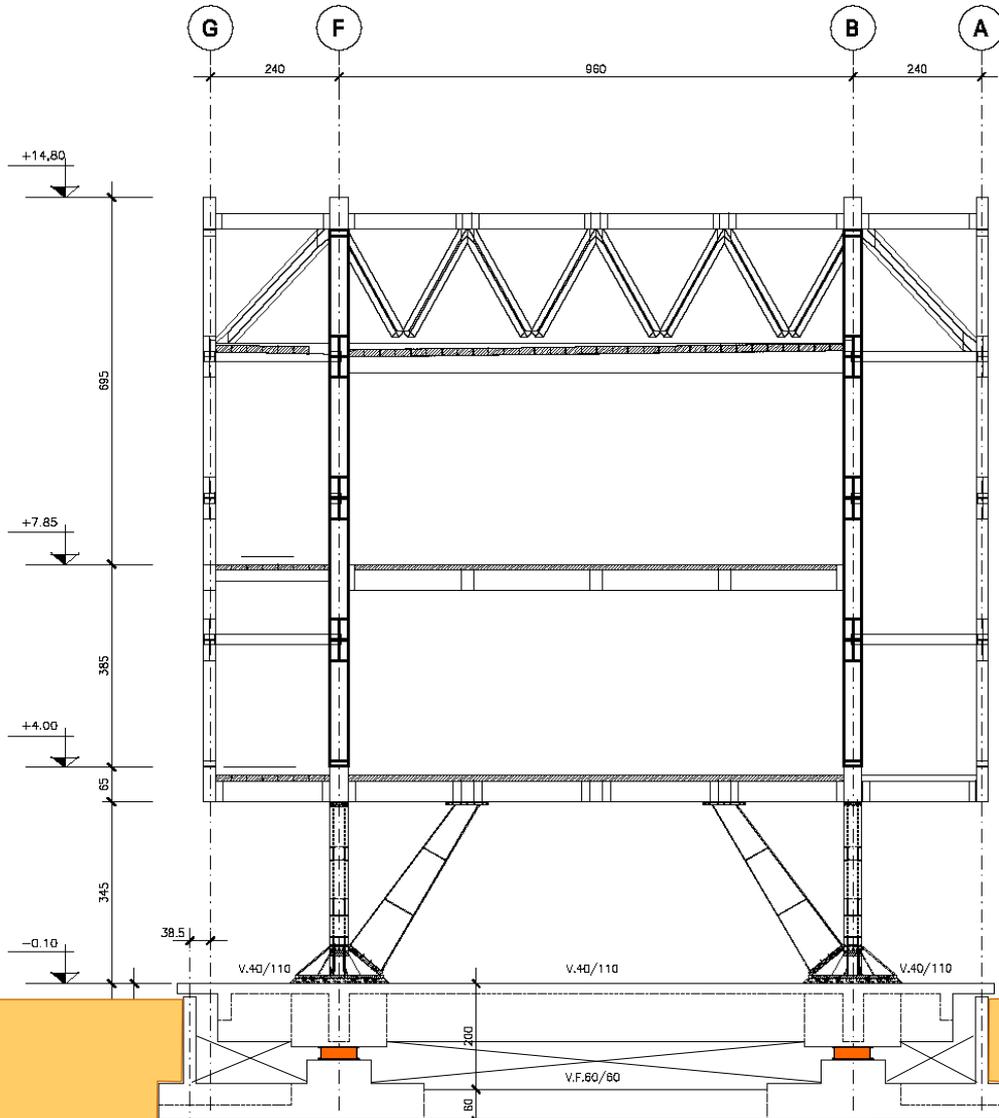
Sistema de Aislamiento Sísmico

- Sistema de losa y vigas soporta el edificio sobre aisladores
- 6 Aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento, bajo cada uno de los trípodes metálicos
- 8 Deslizadores friccionales para apoyo intermedio de vigas y voladizos



2. Aislamiento Sísmico Pabellón

Descripción del sistema de Aislamiento





3. Verificación de la Estructura

3. Verificación de la Estructura

Trípodes Metálicos

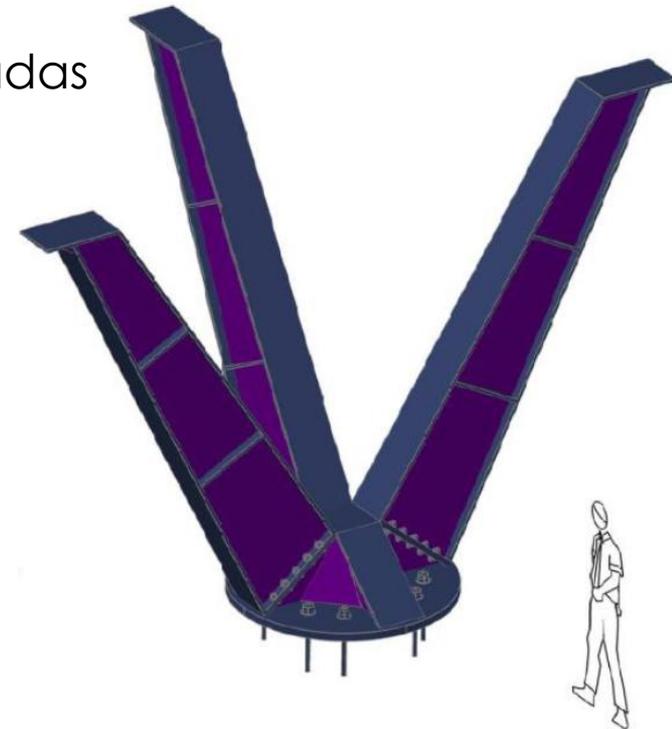
Normas y Códigos

- **AISC 360-05:** "Specification for Structural Steel Buildings"

Verificación:

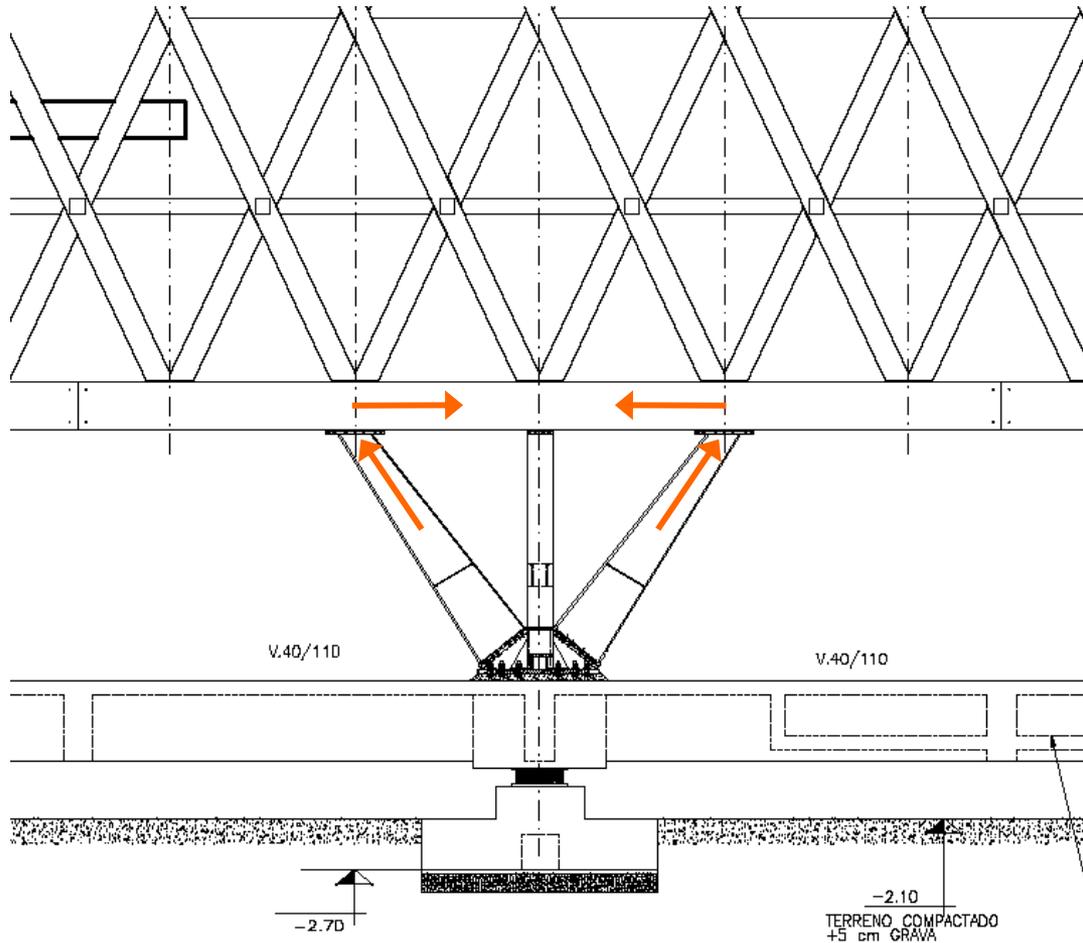
- Anclajes a Losa Aislada (capiteles aisladores)
- Conexión en la base de columnas inclinadas
- Verificación de columna inclinadas
- Anclaje a superestructura

⇒ *Se detectaron problemas en el anclaje a la superestructura y en algunos elementos de madera producto de la configuración tipo trípode invertido.*



3. Verificación de la Estructura

Trípodes Metálicos

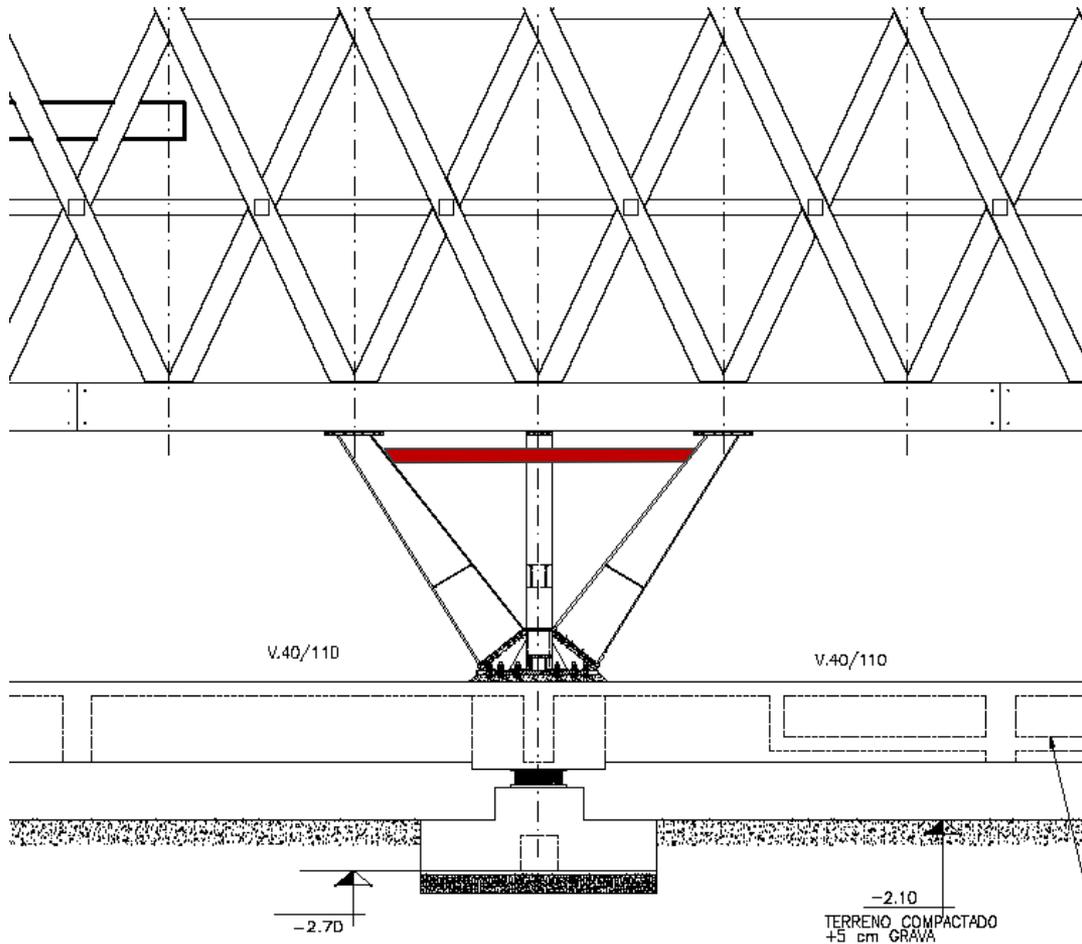


Insuficiencia en:

- Conexión friccional entre pilar inclinado y el herraje metálico en la estructura de madera
- Aplastamiento en el apoyo del herraje metálico sobre la viga de madera
- Tensión admisible de tracción en viga de madera

3. Verificación de la Estructura

Trípodes Metálicos



Solución:

- Se agrega tensor metálico en la parte superior del trípode invertido
- El tensor fue instalado en la fase final de construcción de la obra gruesa.
- Se especificó soltar y volver a torquear la conexión friccional para aliviar las tensiones en la viga de madera

3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

Normas de Madera

Principales:

- **NCh 1198 Of.2006:** “Construcciones en Madera – Cálculo”
- **NCh2165:** “Tensiones Admisibles Madera Laminada”

Otras...

- **NCh1207 Of. 2005:** “Pino Radiata – Clasificación visual para uso estructural – Especificaciones de los grados de calidad”
- **NCh2150:** “Clasificación Madera de Pino”
- **NCh2148:** “Madera Laminada encolada estructural- Requisitos, métodos de muestreo e inspección”

3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

Elementos Estructurales

Madera laminada encolada:

- Pino Radiata Grado A
- Procedencia chilena, preparada y laminada en Italia
- Tensiones Admisibles

Flexión: $F_{f,i} = 24/2.1 = 11.42 \text{ Mpa}$

Compresión paralela: $F_{cp,i} = 24/2.1 = 11.43 \text{ Mpa}$

Tracción paralela: $F_{tp,i} = 16.5/2.1 = 7.86 \text{ MPa}$

Cizalle: $F_{cz,i} = 1.3 \text{ Mpa}$

- Todos los elementos cumplen adecuadamente las sollicitaciones

3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

Conexiones entre elementos

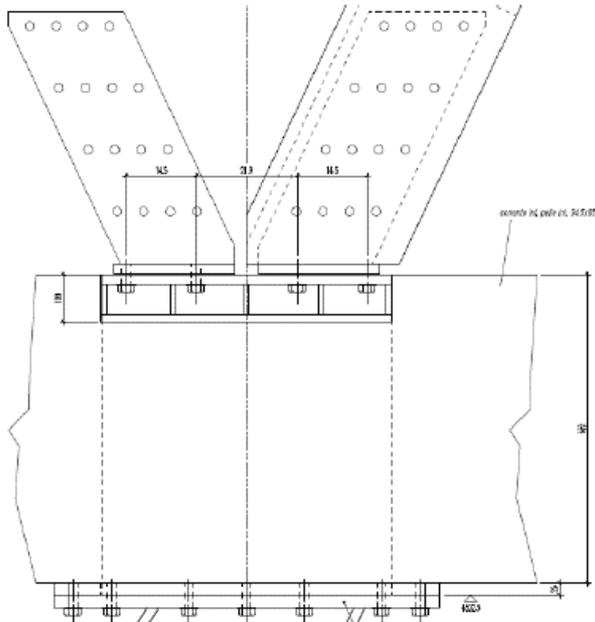
- Generalmente mediante herrajes metálicos
- Tipo de conexiones entre herrajes metálicos:
 - Conexiones apernadas por fricción
 - Conexiones apernadas o con pasadores por aplastamiento
- Tipos de conexiones de herrajes a elementos de madera
 - Conexiones apernadas o con pasadores por aplastamiento
 - Barras ancladas mediante anclaje epóxico
- Todos las conexiones cumplen adecuadamente las sollicitaciones

3. Verificación de la Estructura

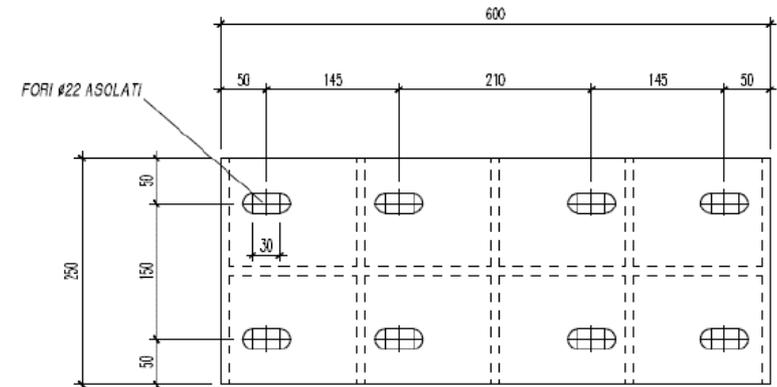
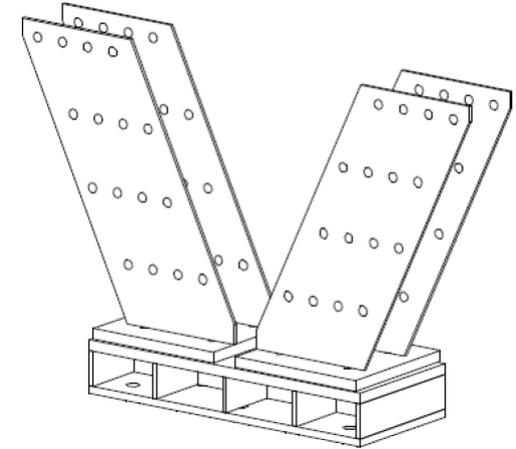
Estructura de madera y conexiones

Conexión de columnas metálicas inclinadas

Columnas inclinadas
madera



Viga
Madera

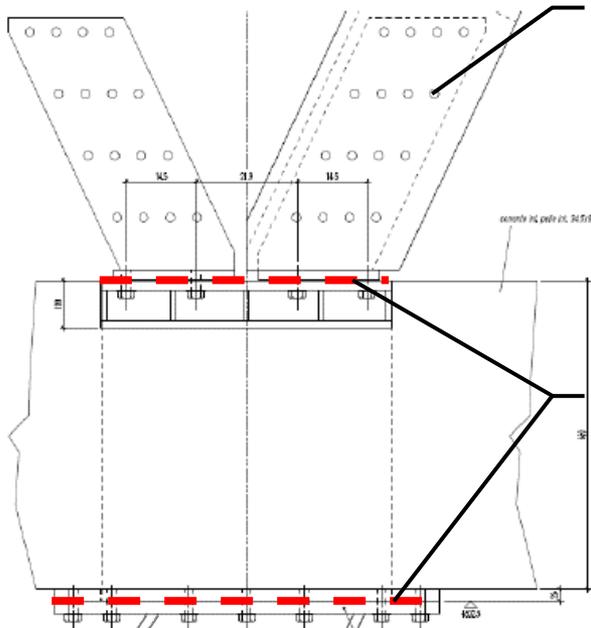


3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

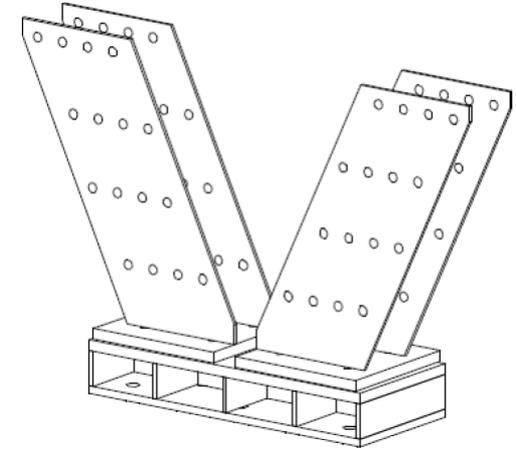
Conexión de columnas metálicas inclinadas

Columnas inclinadas
madera

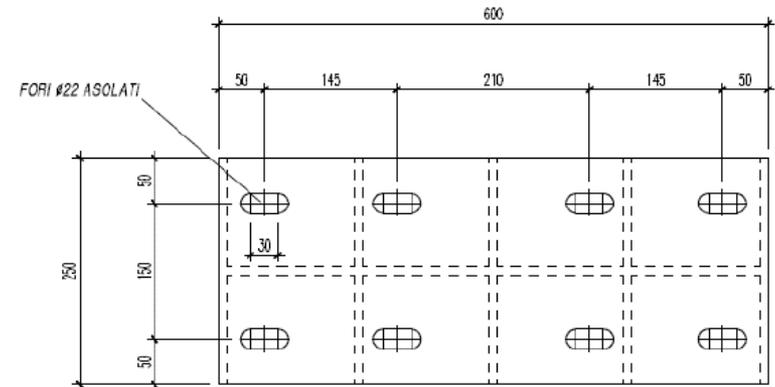


Viga
Madera

Conexión a
madera por
pasadores



Conexión
friccional



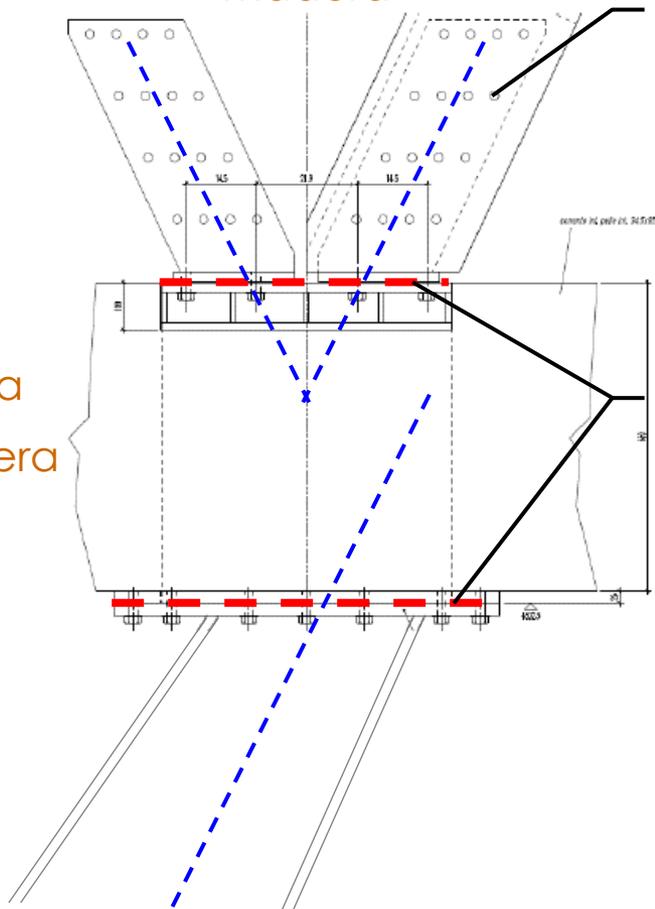
3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

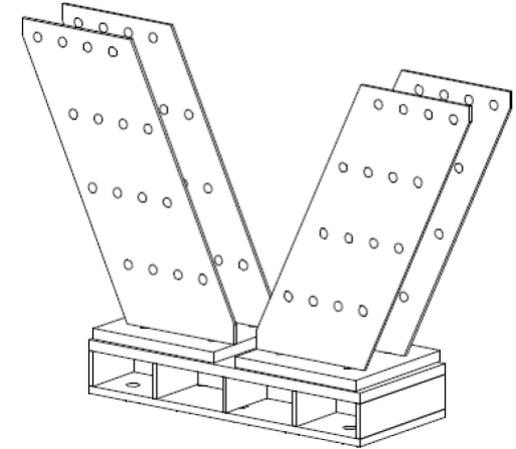
Conexión de columnas metálicas inclinadas

Columnas inclinadas
madera

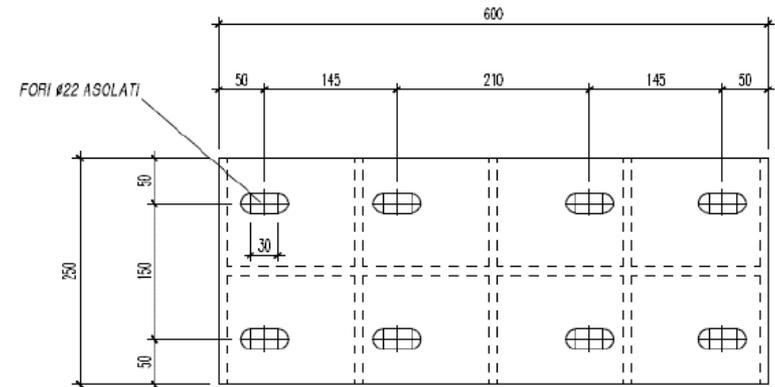
Viga
Madera



Conexión a
madera por
pasadores



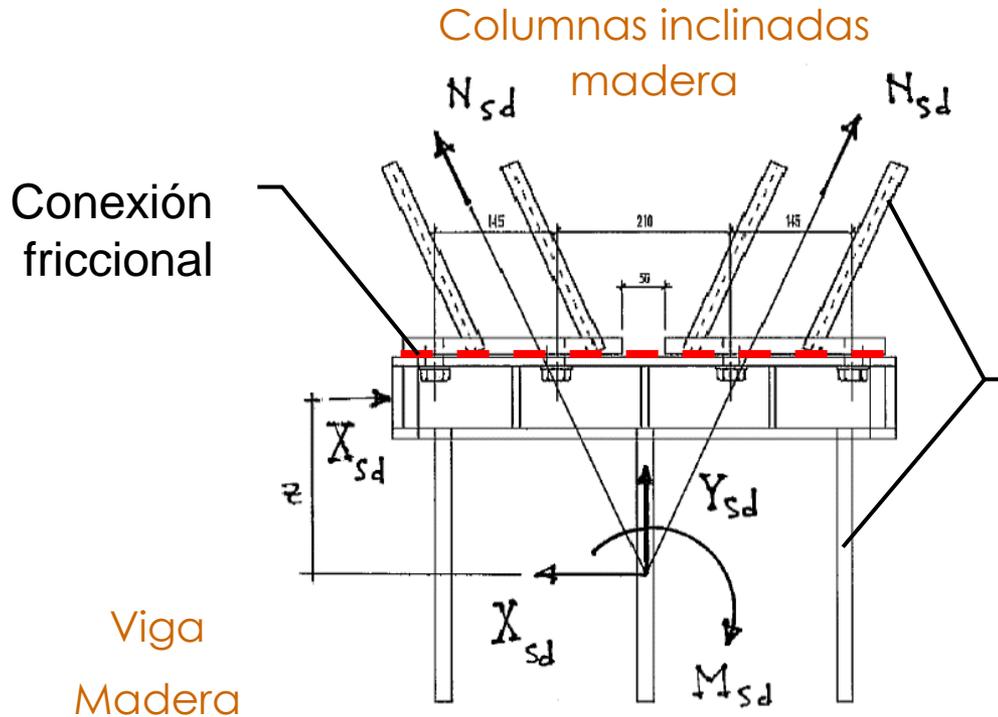
Conexión
friccional



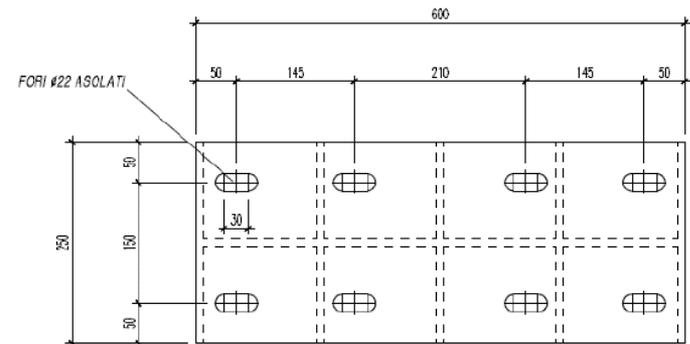
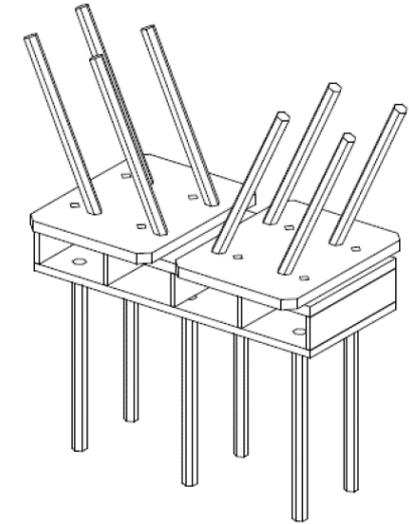
3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

Conexión de columnas inclinadas de madera



Anclaje
Epóxico a
Madera



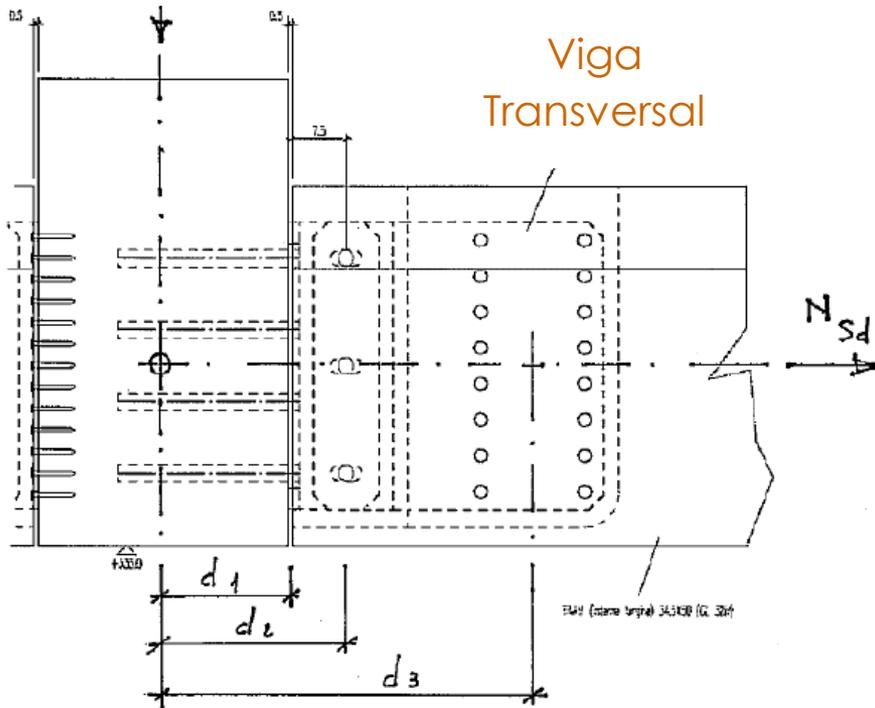
3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

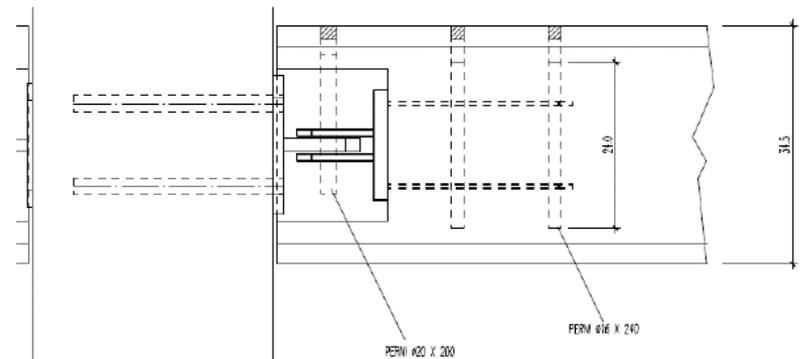
Conexión a vigas secundarias (transversales)

Viga
longitudinal

Viga
Transversal



Elevación

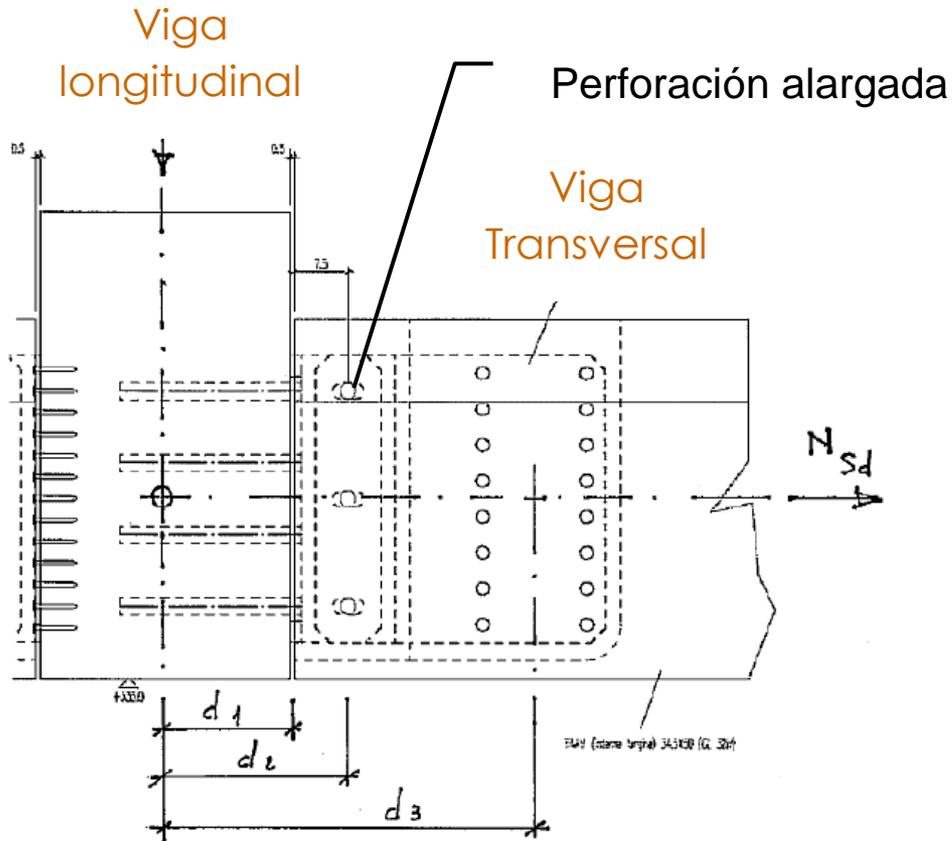


Vista Superior

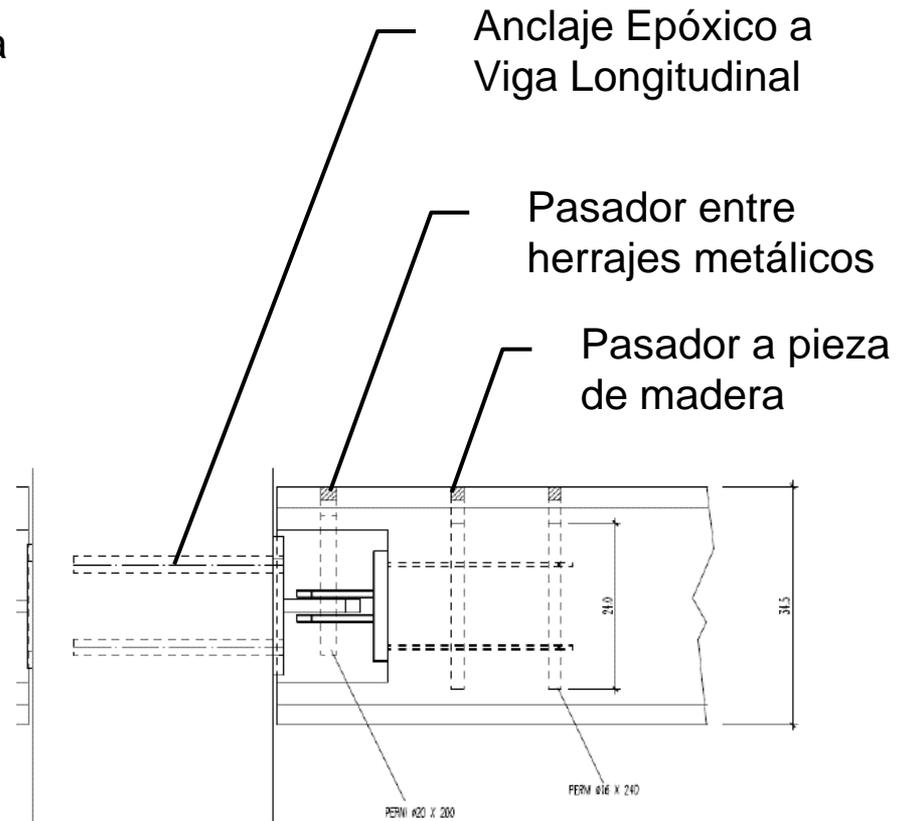
3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

Conexión a vigas secundarias (transversales)



Elevación

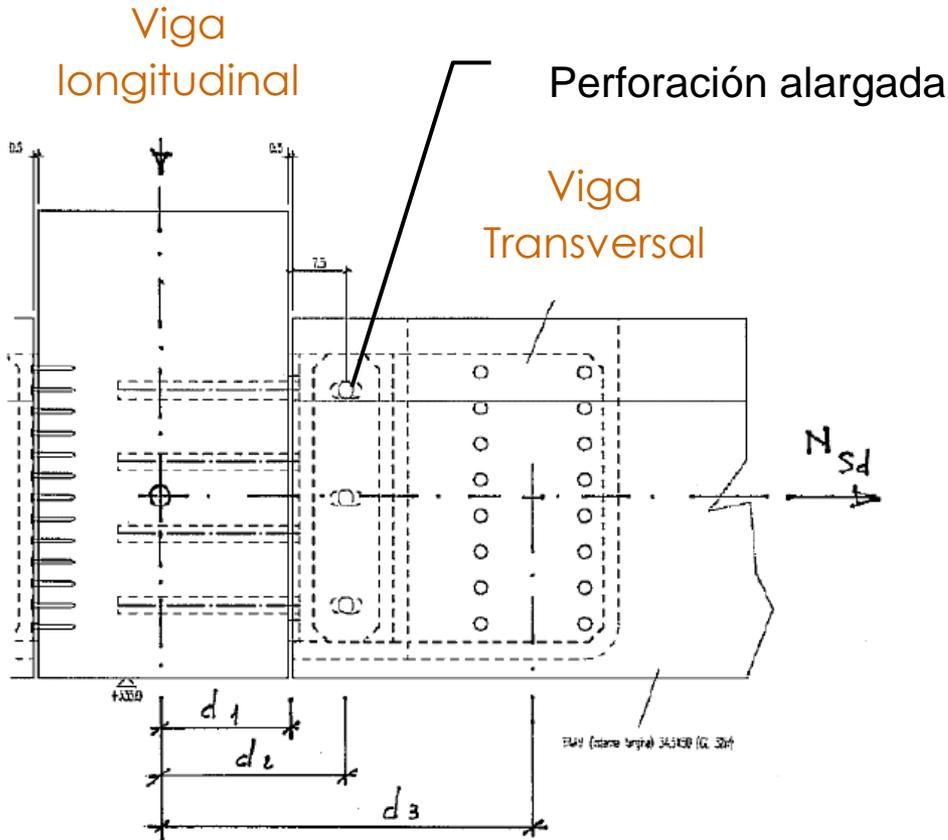


Vista Superior

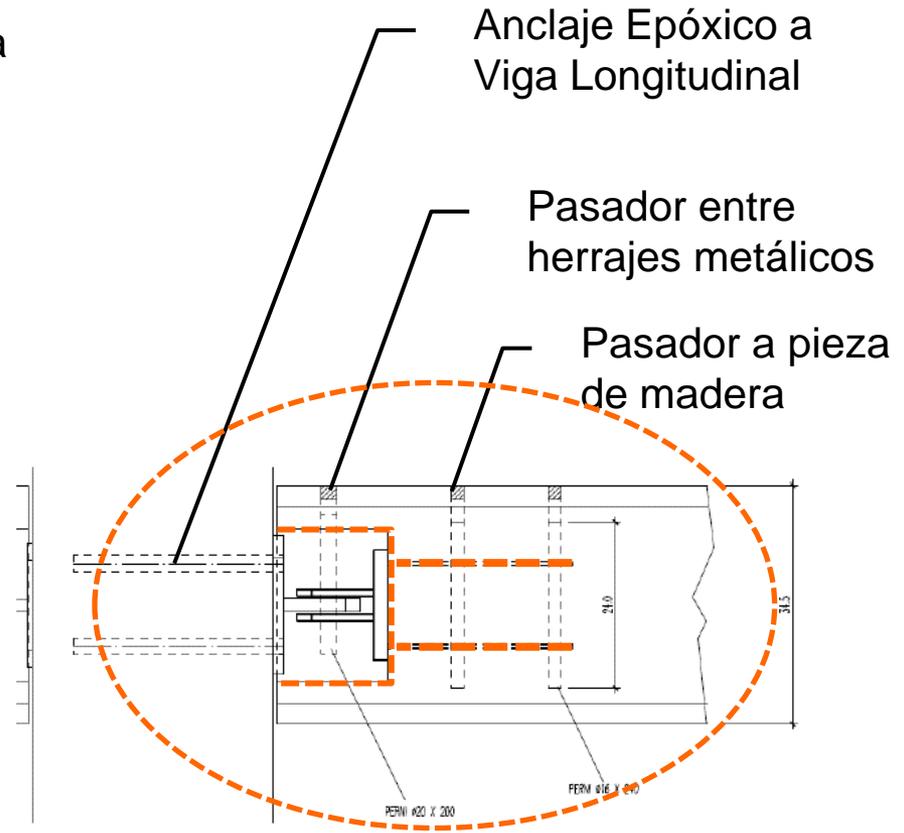
3. Verificación de la Estructura

Estructura de madera y conexiones

Conexión a vigas secundarias (transversales)



Elevación



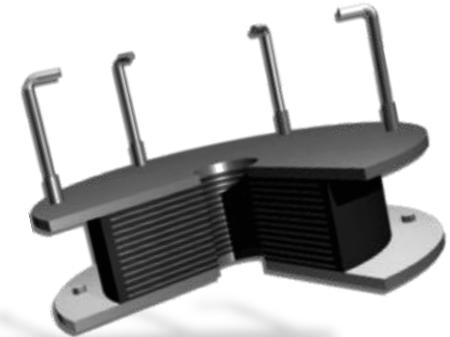
Vista Superior



4. Resumen y algunas fotos...

Síntesis:

- El diseño original del edificio considera solicitaciones sísmicas, aunque inferiores a las requeridas por la normativa local (aproximadamente la mitad)
- La implementación de un sistema de aislamiento sísmico permite que las solicitaciones sísmicas se reduzcan a menos de la mitad de las consideradas en el diseño original.
- El aislamiento sísmico corresponde a la técnica más eficaz disponible hoy en día para la protección sísmica de estructuras.
- El sistema de aislamiento sísmico considera una losa basal ubicada sobre aisladores elastoméricos (6) y friccionales (8)
- Tanto el diseño, como la fabricación de todos los dispositivos de aislamiento sísmico de este proyecto, fueron desarrollados íntegramente en Chile.



4. Resumen y algunas fotos



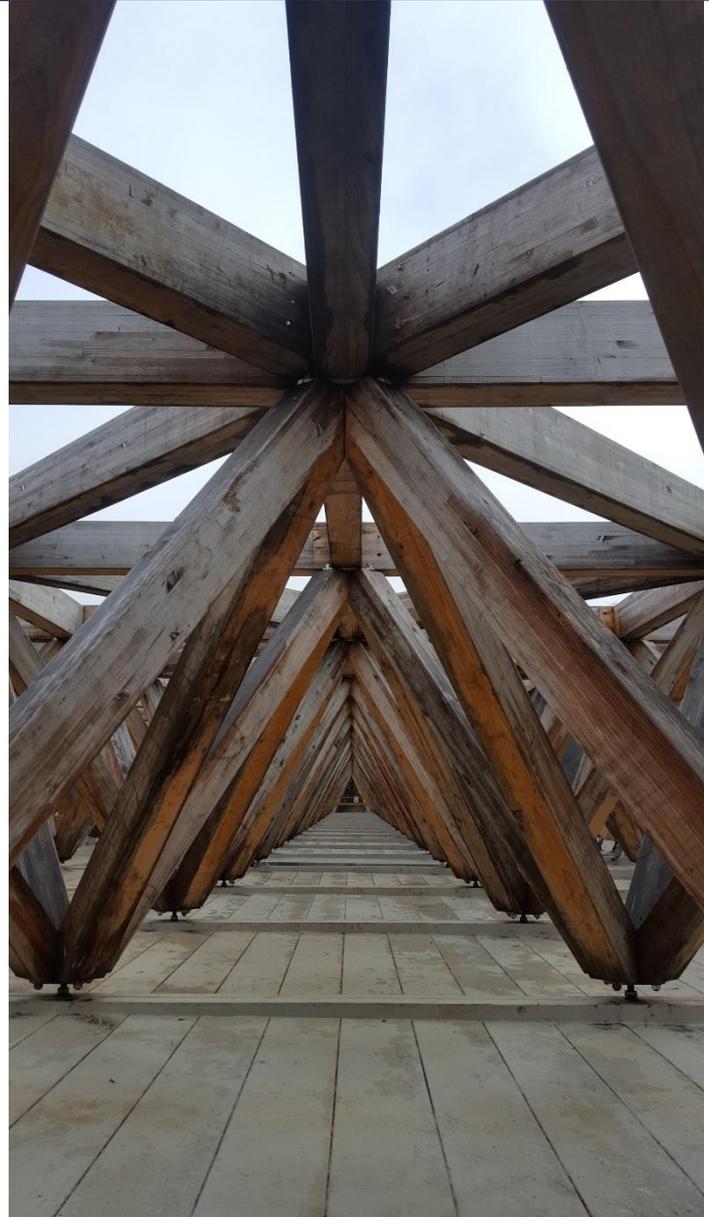
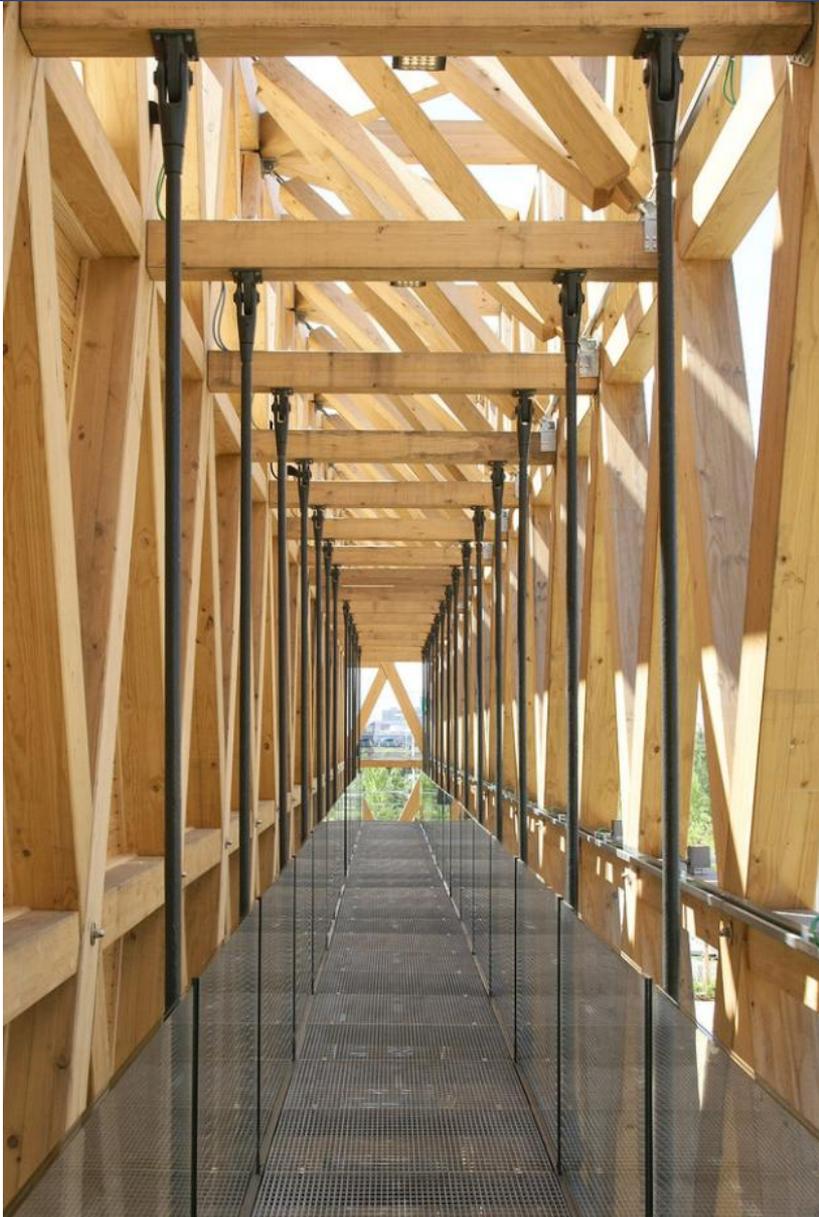
4. Resumen y algunas fotos



4. Resumen y algunas fotos



4. Resumen y algunas fotos



Gracias por su
Atención!

