



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FÍSICAS Y  
NATURALES

---

ASIGNATURA: PRÁCTICA SUPERVISADA

**DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO  
INDUSTRIAL METÁLICO - ARCOR CERRILLOS**

ALUMNO: MÁRMOL, FLORENCIA

MATRICULA: 37 724 491

PLAN: 20105

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
1.1	OBJETIVOS	5
1.2	ALCANCES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA	5
1.3	METODOLOGÍA DE TRABAJO	6
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>7</b>
2.1	LOCALIZACIÓN DE LA OBRA	7
2.2	ESTUDIO DE PLANOS DE ARQUITECTURA	8
2.3	PLANTEO DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE	12
2.4	SECCIONES UTILIZADAS	19
2.4.1	<i>Columnas</i>	19
2.4.2	<i>Vigas principales</i>	20
2.4.3	<i>Vigas secundarias</i>	21
2.4.4	<i>Correas</i>	22
2.4.5	<i>Arriostramientos</i>	23
2.5	MARCO REGLAMENTARIO	24
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE CARGAS</b>	<b>26</b>
3.1	CLASIFICACIÓN DE ACCIONES	26
3.2	ANÁLISIS DE CARGAS	27
3.2.1	<i>Carga permanente (D)</i>	27
3.2.2	<i>Sobrecarga de uso de techo (Lr)</i>	28
3.2.3	<i>Carga de viento (W)</i>	29
3.2.4	<i>Carga de sismo (E)</i>	32
3.3	COMBINACIONES DE CARGA	38
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS ESTRUCTURAL: MODELIZACIÓN</b>	<b>41</b>
4.1	ESTADOS DE CARGA	42
4.1.1	<i>Combinaciones de carga de diseño</i>	42
4.1.2	<i>Combinaciones de carga de servicio</i>	42
4.2	DESCRIPCIÓN MODELADO	43
<b>5</b>	<b>DIMENSIONADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES</b>	<b>44</b>
5.1	DIMENSIONADO POR ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS	44
5.1.1	<i>Columnas</i>	46
5.1.2	<i>Vigas</i>	54
5.1.3	<i>Arriostramientos</i>	55
5.1.4	<i>Correas</i>	61
5.2	VERIFICACIÓN ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO	75

5.2.1	Verificación desplazamiento lateral de columna .....	76
5.2.2	Verificación de deformación vertical en vigas 5.8m .....	78
5.2.3	Verificación de deformación vertical en vigas 8.8m .....	80
<b>6</b>	<b>DISEÑO DE FUNDACIONES .....</b>	<b>83</b>
6.1	BASES .....	83
6.1.1	Compresión .....	85
6.1.2	Levantamiento .....	86
6.2	VIGAS DE FUNDACIÓN .....	87
6.2.1	ARMADURA DE FLEXION .....	91
6.2.2	ARMADURA DE CORTE .....	92
<b>7</b>	<b>DISEÑO DE INSERTOS METÁLICOS .....</b>	<b>93</b>
7.1	RESISTENCIAS REQUERIDAS: .....	99
7.2	PRE DIMENSIONADO DE LA PLACA BASE: .....	100
7.3	DIMENSIONADO DE LOS PERNOS DE ANCLAJE: .....	101
7.4	DIMENSIONADO DE PLACA BASE: .....	102
7.5	DIMENSIONADO DE LAS CARTELAS .....	103
7.6	SOLDADURAS.....	105
<b>8</b>	<b>DETALLES .....</b>	<b>108</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>109</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>110</b>
<b>11</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>111</b>

<i>Figura 2.1 Localización de la obra</i> .....	7
<i>Figura 2.2 Plano de arquitectura N° 1</i> .....	8
<i>Figura 2.3 Plano de arquitectura N° 2</i> .....	9
<i>Figura 2.4 Antecedentes estructura colindante</i> .....	10
<i>Figura 2.5 Especificaciones paneles de techo</i> .....	11
<i>Figura 2.6 Planta de estructura de cubierta</i> .....	12
<i>Figura 2.7 Planta de replanteo de columnas metálicas</i> .....	13
<i>Figura 2.8 Planta de techo</i> .....	14
<i>Figura 2.9 Pórtico tipo 1</i> .....	16
<i>Figura 2.10 Pórtico Tipo 2</i> .....	17
<i>Figura 2.11 Tillas</i> .....	18
<i>Figura 2.12 Tornapunta</i> .....	18
<i>Figura 2.13 Seccion W10x26</i> .....	19
<i>Figura 2.14 Sección W10x12</i> .....	20
<i>Figura.2.15 Sección W8x10</i> .....	21
<i>Figura 2.16 C160x60x20x2</i> .....	22
<i>Figura 2.17 Perfil L</i> .....	23
<i>Figura 3.1 Representación de las zonas de presión de viento</i> .....	31
<i>Figura 3.2 – Acción del viento sobre la estructura en sentido longitudinal</i> .....	31
<i>Figura 3.3– Acción del viento sobre la estructura en sentido transversal</i> .....	32

# 1 INTRODUCCIÓN

---

El presente trabajo responde al diseño y cálculo estructural de un edificio industrial metálico ubicado en la comuna de Cerrillos, Santiago de Chile. A lo largo de éste escrito se detallarán las distintas actividades que conformaron el proceso de diseño:

- Análisis de antecedentes – Estudio del marco reglamentario.
- Planteo de la estructura principal en relación a la arquitectura propuesta.
- Análisis de Cargas.
- Predimensionado de la estructura.
- Análisis estructural: Modelización en RAM ELEMENTS v8i 13.4. Determinación de solicitaciones de sección críticas. Resistencias requeridas
- Calculo estructural: dimensionado de los miembros estructurales.
- Verificación de condiciones de servicio.
- Calculo de fundaciones.

Las tareas se desarrollaron en la empresa *Fraqueiro&Novillo S.A.* ubicada en Barrio Jardín, ciudad de Córdoba, dónde, con la ayuda y participación de un gran equipo de trabajo fue posible finalizar el proyecto con éxito.

## 1.1 OBJETIVOS

El *objetivo principal* de ésta práctica es obtener una estructura económica, segura y factible, que cumpla con todos los requisitos estructurales fijados en reglamentos y también, con aquellos requisitos estéticos fijados en el proyecto.

Como objetivos personales se pretende:

- Obtener una primera experiencia laboral dentro del campo profesional.
- Incorporar virtudes de los profesionales que forman parte del equipo de trabajo.
- Adquirir destreza en la utilización de programas de cálculo.
- Utilización y familiarización con reglamentos.
- Vincular los conocimientos adquiridos a lo largo de los años de estudio con la práctica de la ingeniería.

## 1.2 ALCANCES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA

El trabajo se enfoca en el diseño y cálculo de todos los miembros estructurales del edificio industrial (columnas, vigas, correas y tensores) como así también de los insertos metálicos necesarios para transmitir las solicitaciones de la columna a la base de hormigón armado.

No se desarrolla el cálculo de uniones ni empalmes. Tampoco se profundiza en el dimensionado del sistema de fundación adoptado, solo se lo menciona con el fin de entender la estructura en forma global.

### **1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Para la realización de éste proyecto se realizaron las actividades citadas anteriormente, al mismo tiempo en que se iba avanzando con los planos estructurales, planos de detalles y memoria de cálculo; los cuales siempre fueron revisados y corregidos por el supervisor externo.

El diseño y tipología estructural fue brindado por un estudio de Arquitectura, con el cual se mantuvo contacto para despejar las dudas que surgieron durante el estudio de la arquitectura propuesta.

La determinación de acciones actuantes sobre la estructura, solicitaciones de sección y dimensionado de los miembros estructurales fue realizado siguiendo los reglamentos correspondientes.

En cuanto a los cálculos, algunos fueron realizados con la ayuda de software y otros a mano; los cuales se adjuntan en el presente trabajo.

Para la modelización, se utilizó el programa RAM ELEMENTS V8i 13.4.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

---

### 2.1 LOCALIZACIÓN DE LA OBRA

El edificio industrial formará parte de la industria ARCOR, y será utilizado como depósito de insumos. El terreno destinado para su construcción se encuentra en la comuna de Cerrillos, ubicada en la capital de Chile, Santiago.



Figura 2.1 Localización de la obra

Como se puede observar en la Figura 2.1, el depósito se construirá al lado de una construcción existente, lo cual se debe tener en cuenta en el estudio del proyecto.

## 2.2 ESTUDIO DE PLANOS DE ARQUITECTURA

Al recibir los planos enviados por el estudio de arquitectura VICTORIO ABBA ARQUITECTOS se realizó un análisis de los mismos con el fin de lograr un diseño estructural óptimo.

El primer plano enviado presentaba la siguiente configuración:

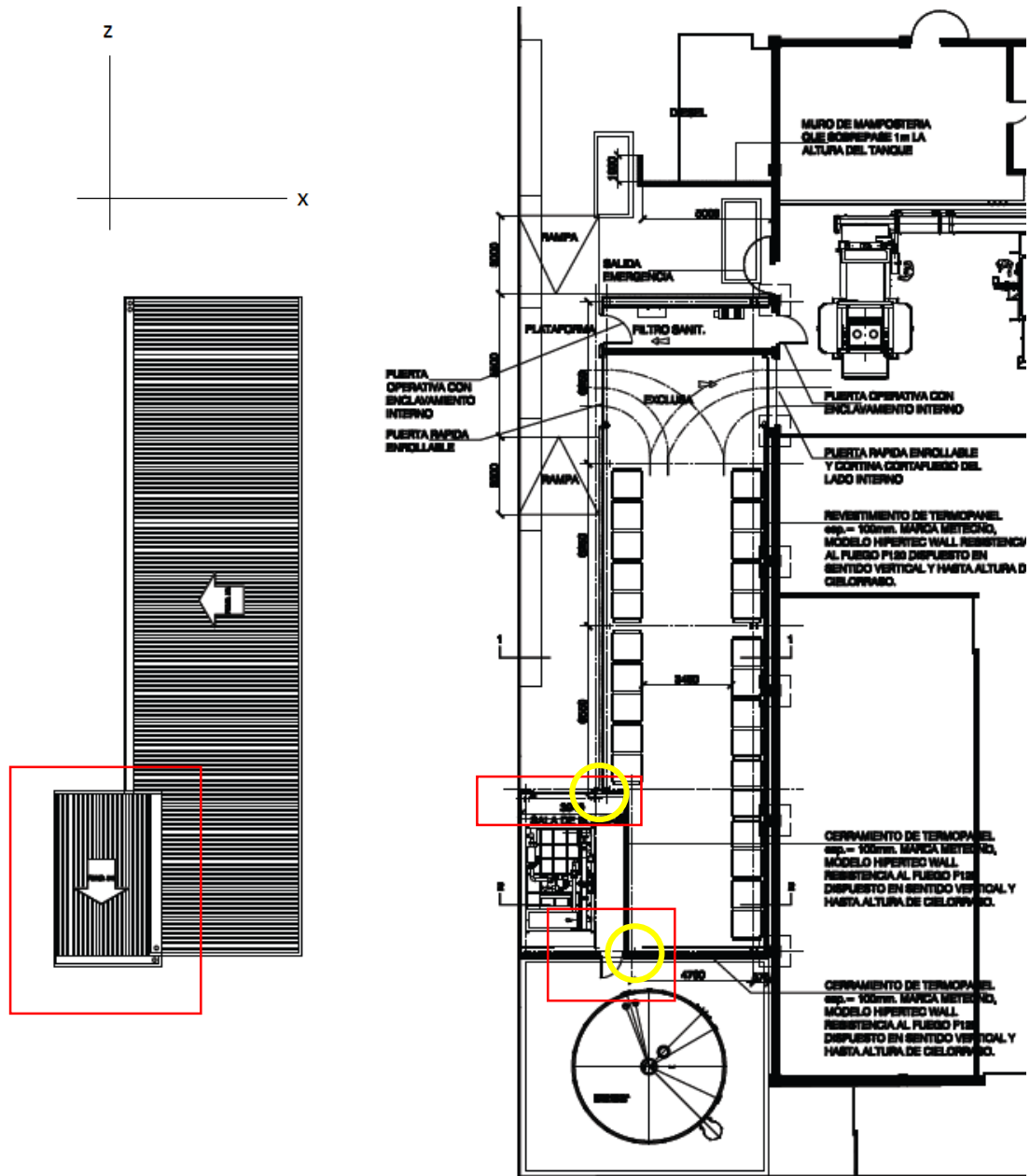


Figura 2.2 Plano de arquitectura N° 1



La primera inquietud que surgió fue la forma en que se realizaría el desagüe del agua de lluvia.

Si bien es posible encontrar una solución, se propuso al estudio de arquitectura simplificar la situación y mantener una misma pendiente en ambos techos, economizando así costos.

Por otro lado, la modulación en dirección Z-Z resultaba distinta en ambos ambientes, por lo que se propuso igualarla.

Lo mismo sucedió con la modulación Z-Z, la cual fue imposible de cambiar ya que la puerta debía materializarse en ese lugar.

Realizados los cambios, el plano de arquitectura sobre el que luego se trabajó resulta:

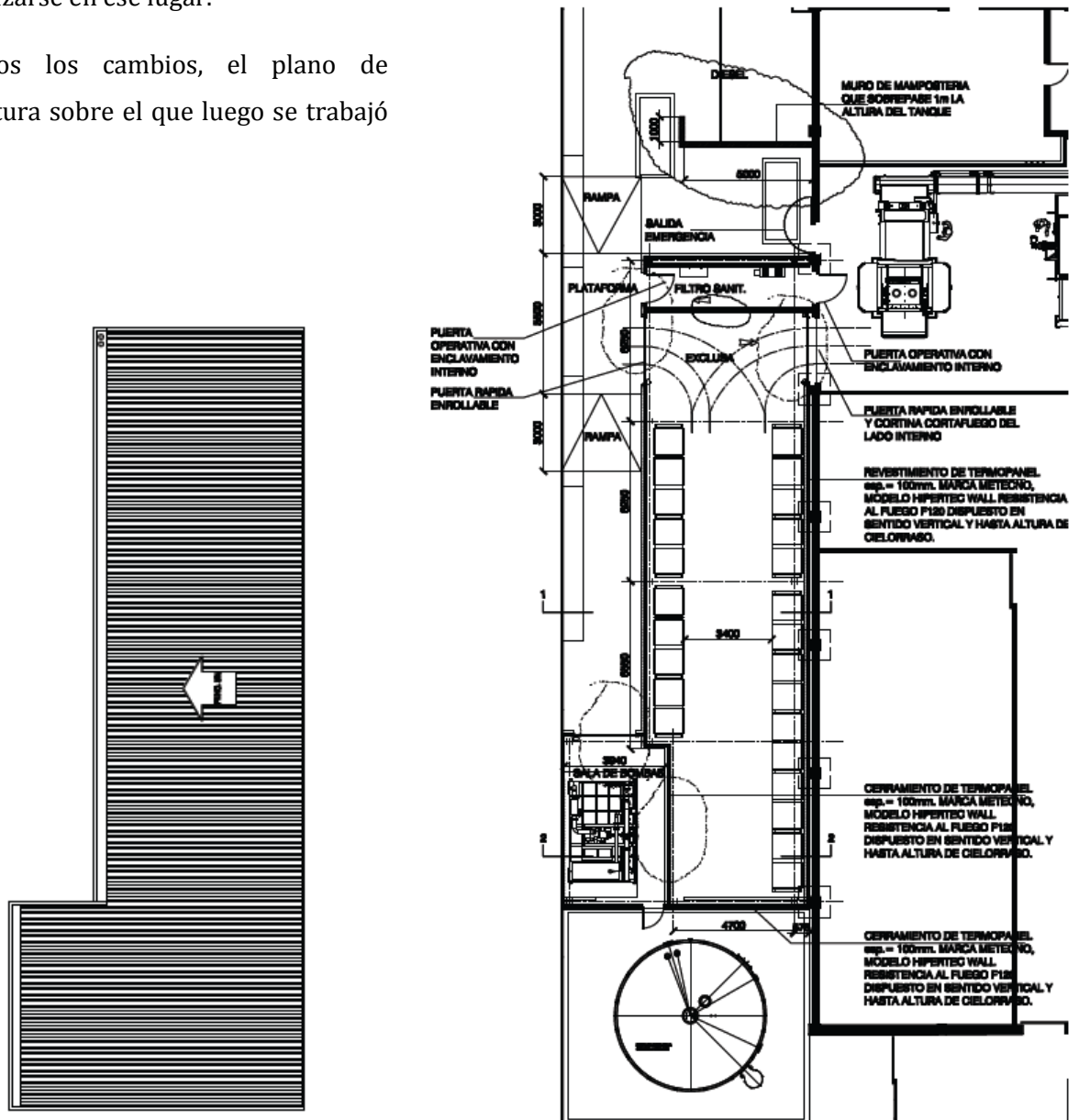


Figura 2.3 Plano de arquitectura N° 2

Otro antecedente que resultó necesario conocer es la ubicación y dimensiones de las bases de la estructura colindante, ya que las mismas pueden interferir con las que se colocarían en la nueva obra.

Desde el estudio de arquitectura se recibió el siguiente plano, donde se puede observar que las bases tienen un ancho de 0.7 m, es decir, que sobresalen 0.2 m del paramento externo de la nave.

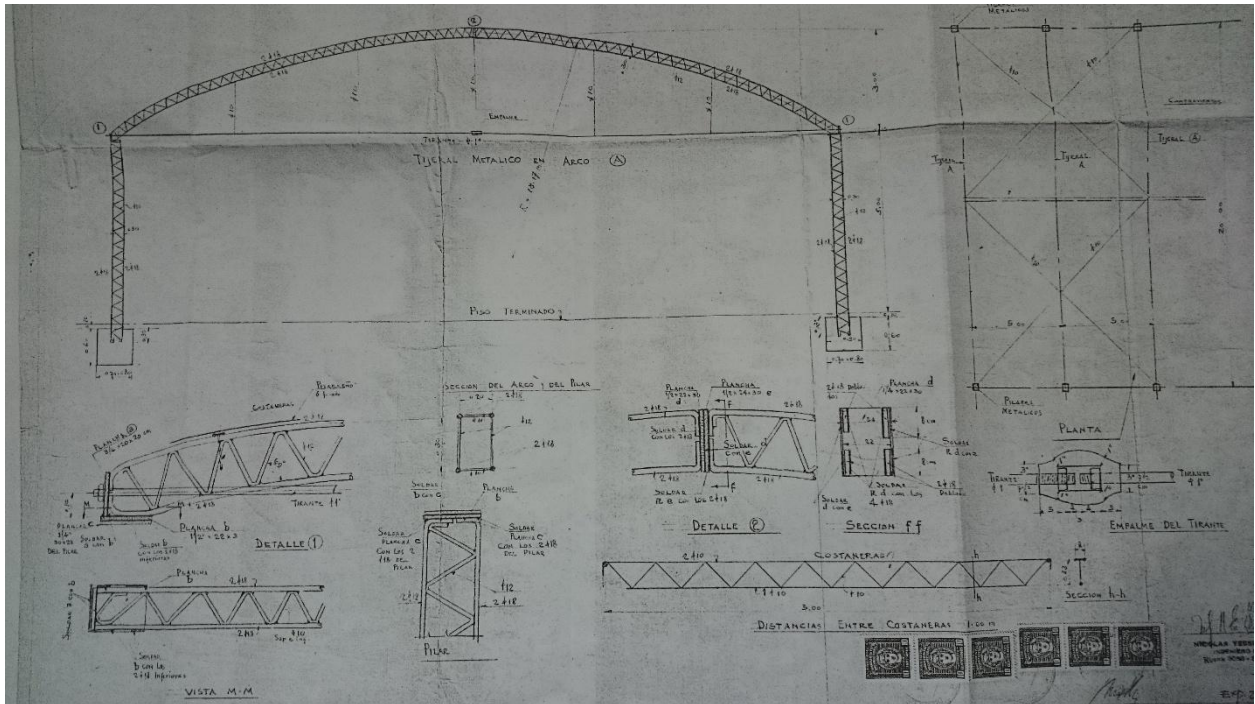


Figura 2.4 Antecedentes estructura colindante

Esto fue tenido en cuenta a la hora de proyectar las bases para la nueva estructura.

Otros aspectos que se pueden apreciar en los planos de arquitectura son:

- La estructura resistente propuesta es completamente metálica.
- Los cerramientos laterales serán materializados con termopaneles de 100mm marca Metecno modelo “Hipertec Wall” con una resistencia al fuego F120 dispuestos en sentido vertical.
- El techo se realizará con paneles de techo aislados con lana de roca y ambas caras en lámina de acero galvanizada prepintada de 100mm de espesor. Marca Metecno, modelo “Hipertec roof”

**ESPECIFICACIONES**

- Pendiente mínima recomendada del 5%. Consultar con su asesor técnico.
- Longitud mínima de 2,50 metros y largos máximos según medios de transporte en carreteras nacionales, transporte marítimo y manipulación.
- Ancho útil de 1 metro.
- Carga admisible según tablas.

**VENTAJAS**

- Excelente resistencia al fuego según espesor de núcleo aislante y resultados de ensayos de laboratorios nacionales.
- Facilidad de montaje y rapidez de instalación.
- Compatible con diferentes sistemas de acabados.
- Por ser modular permite realizar ampliaciones con gran facilidad.
- Se vende sistema completo que incluye panel, fijaciones, sellos y plancha lisa para desarrollo de hojalatería (remates).

Resistencia al fuego

HIPERTEC ROOF 50	F-30
HIPERTEC ROOF 80	F-60
HIPERTEC ROOF 100	F-120

**FIJACION**

Es tipo “a la vista” con el correspondiente grupo de fijación y la conformación de las partes terminales del panel, que uniéndolos, forman un perfecto ensamblaje.

- 1 Tornillo auto perforante con cabeza en PVC o Hexagonal.
- 2 Arandela en PVC / Neopreno.
- 3 Clip/Capelote en acero prepintado con EPDM.
- 4 Sello Butilo.

Figura 2.5 Especificaciones paneles de techo

El techo inclinado posee una pendiente de 5%, recomendada por el fabricante de los paneles de techo, y además necesaria para lograr un desagüe adecuado, evitando así la aparición de carga por acumulación de agua por deformación en el techo.

### 2.3 PLANTEO DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE

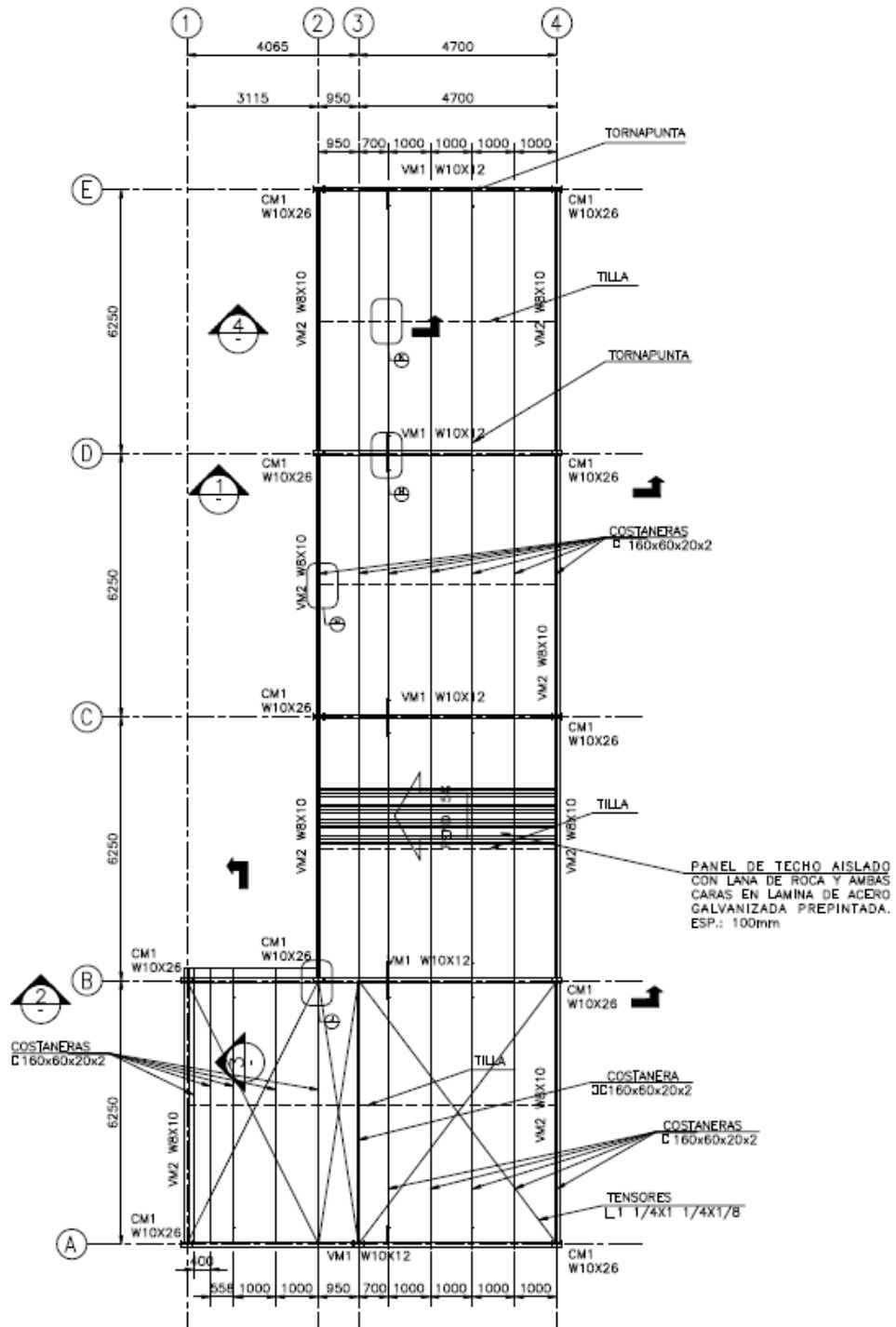
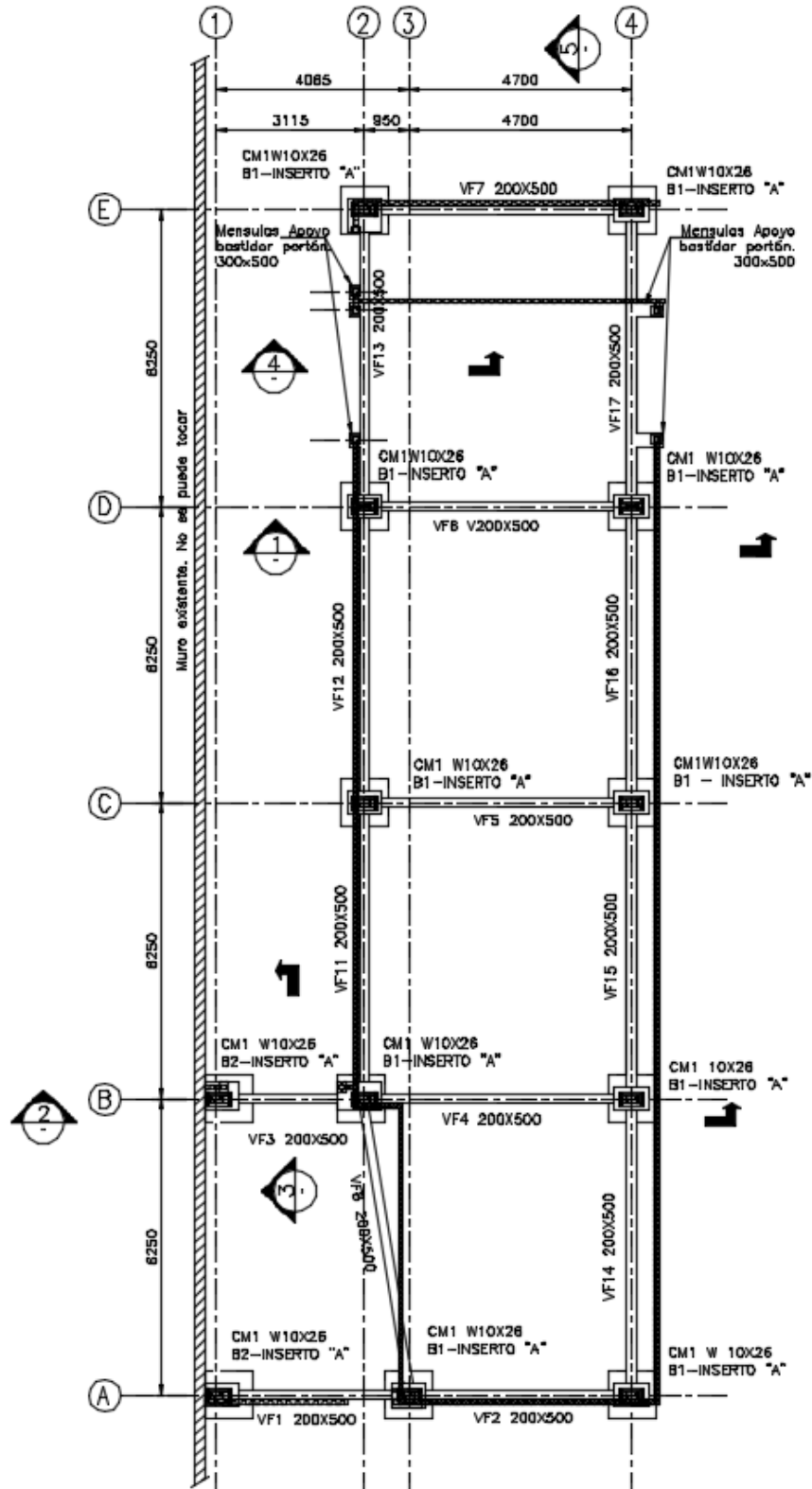


Figura 2.6 Planta de estructura de cubierta



PLANTA DE REPLANTEO DE COLUMNAS METÁLICAS  
Esc. 1:100

Figura 2.7 Planta de replanteo de columnas metálicas

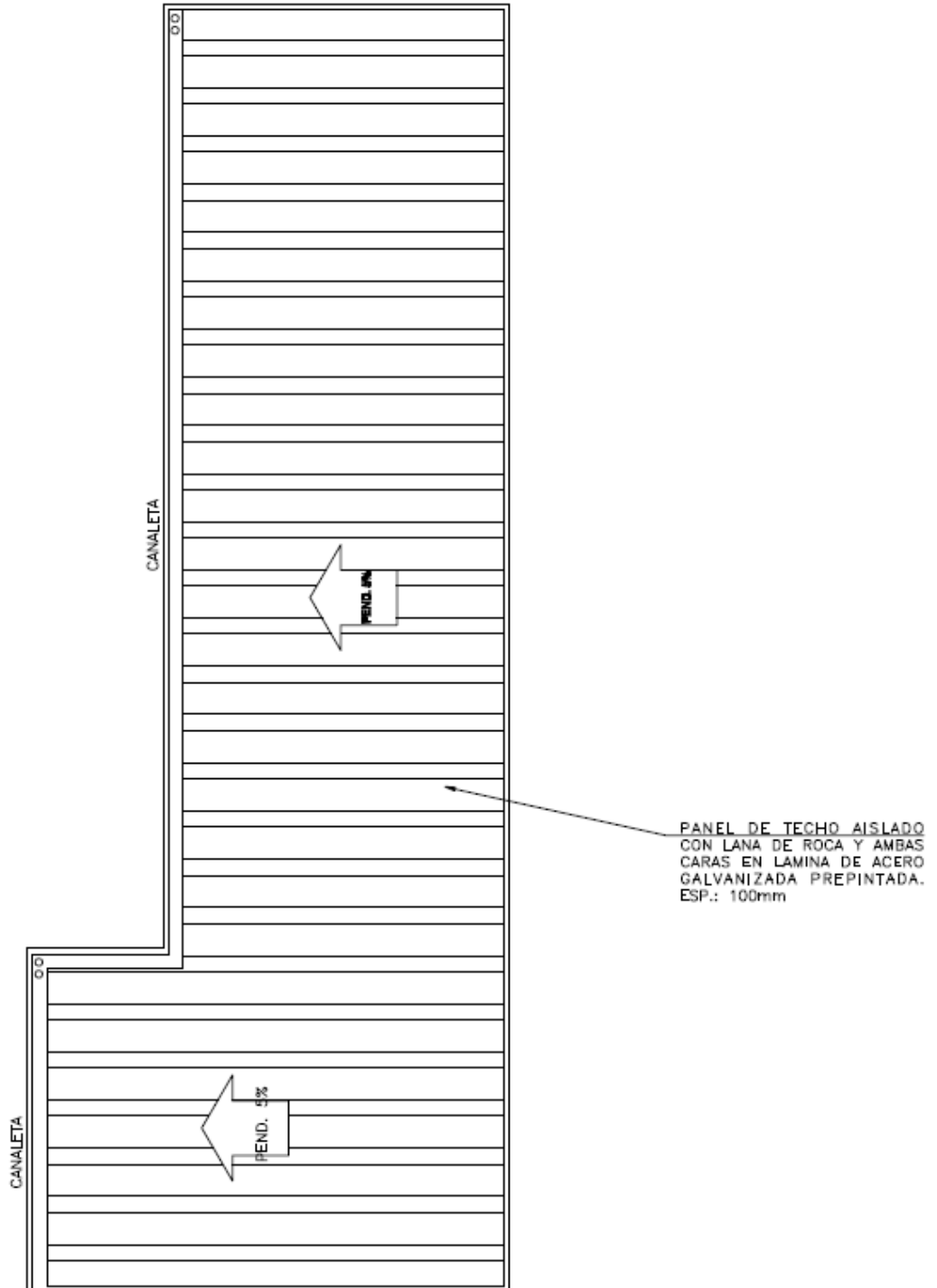


Figura 2.8 Planta de techo

A la hora de diseñar una estructura resistente se debe procurar cumplir con las siguientes condiciones:

- 1- **ESTABILIDAD:** Toda solicitación aplicada sobre la estructura la deforma. Desaparecida aquella la estructura debe volver a su posición original. Por lo tanto, para garantizar la *estabilidad global de la estructura*, es necesario que tenga la capacidad de transmitir las fuerzas actuantes a la fundación. Además *localmente* ningún miembro debe presentar inestabilidad, como por ejemplo el pandeo en elementos comprimidos.
- 2- **RESISTENCIA:** capacidad de resistir los esfuerzos de diseño.
- 3- **RIGIDEZ:** capacidad de soportar esfuerzos sin sufrir grandes deformaciones (admisibles a su función).

En ciertas condiciones, como en estado de servicio, las deflexiones y/o giros máximos no deben superar ciertos valores, para no generar malas sensaciones como flechas excesivas o vibraciones molestas en entresijos.

Todo lo anterior es referido a la estática. Sin embargo no debemos olvidarnos de la dinámica, ya que Chile es un país con elevada actividad sísmica.

Para asegurarnos de que nuestra estructura será segura ante sismos (estructura sismo resistente) deberá tener una amplia reserva de resistencia o ser capaz de disipar grandes cantidades de energía antes de fallar (más allá del límite elástico). Para esto, debemos asegurarnos de que:

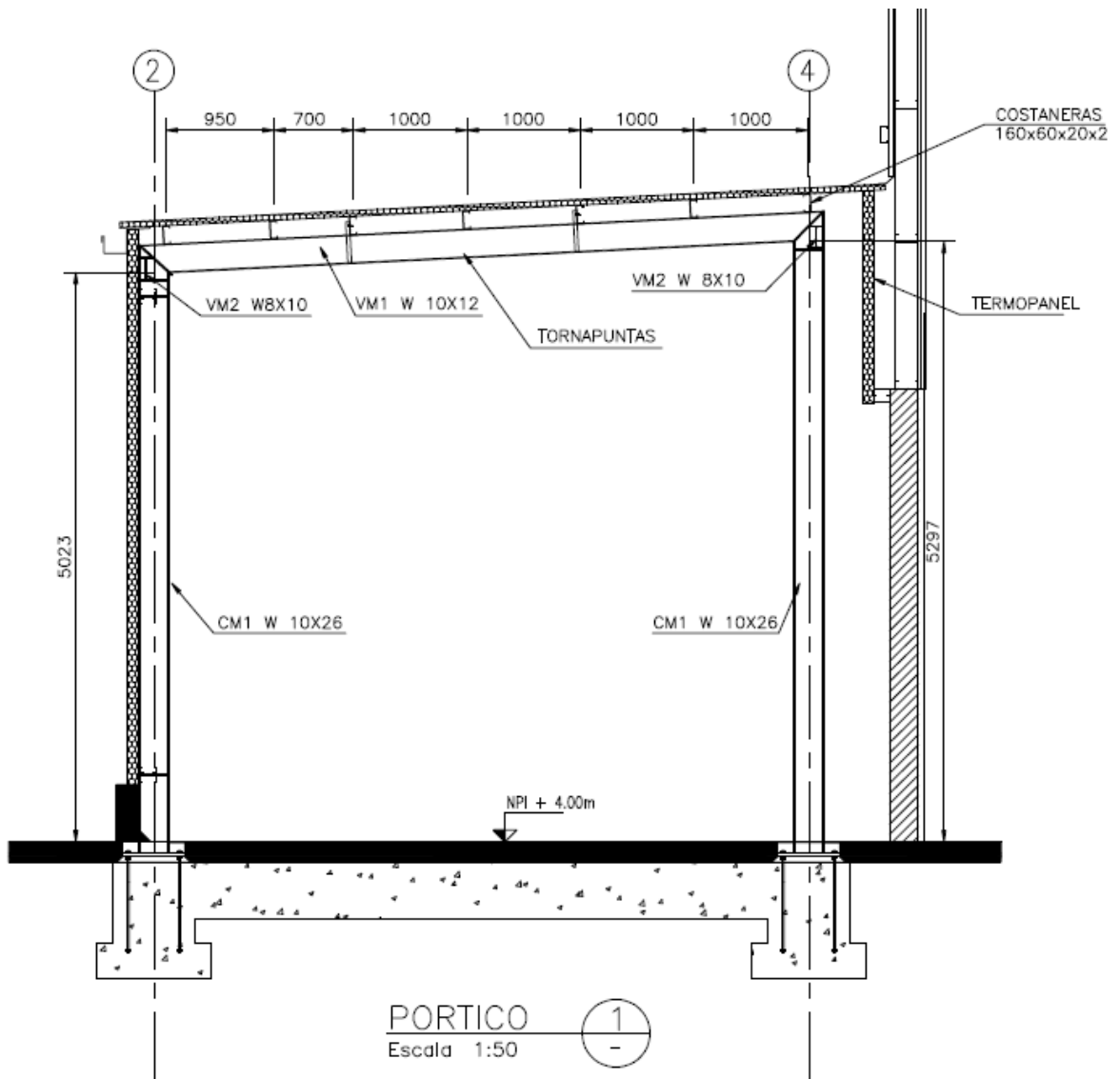
- Los elementos resistentes y sus conexiones tengan un comportamiento dúctil evitando así fallas por inestabilidad o fragilidad.
- La estructura debe ser hiperestática dando más de una línea de resistencia.

El esquema estructural planteado consiste en llevar las acciones (que actúan sobre cubierta y cerramientos laterales) a planos transversales resistentes (A-B-C-D-E) por medio de elementos estructurales que trabajan a flexión y corte (Termopaneles y correas). En decir, no se hace "viajar" a las cargas.

Estos planos transversales, llamados pórticos (estructura principal) fueron proyectados de modo tal que sean capaces de llevar al suelo fuerzas verticales y horizontales (columnas empotradas en ambas direcciones).

La estructura consta de 5 pórticos (A-B-C-D-E) con una separación de 6.25m entre sí. Podemos distinguir dos tipologías de pórticos:

Figura 2.9 Pórtico tipo 1



Es importante destacar que los PO1 son desplazables en el sentido "X" (lado más corto del edificio) ya que a la altura de los nudos, estos no están vinculados a cruces de San Andrés.

El PO2, consta de tres columnas metálicas vinculadas entre sí por una viga principal. Éste pórtico es indesplazable en ambos sentidos ya que los nudos se encuentran vinculados por cruces de San Andrés.



Estos arriostramientos se colocaron para poder absorber las cargas provenientes de la columna intermedia, ya que la correa a la cual se le transfiere la carga no posee la rigidez suficiente.

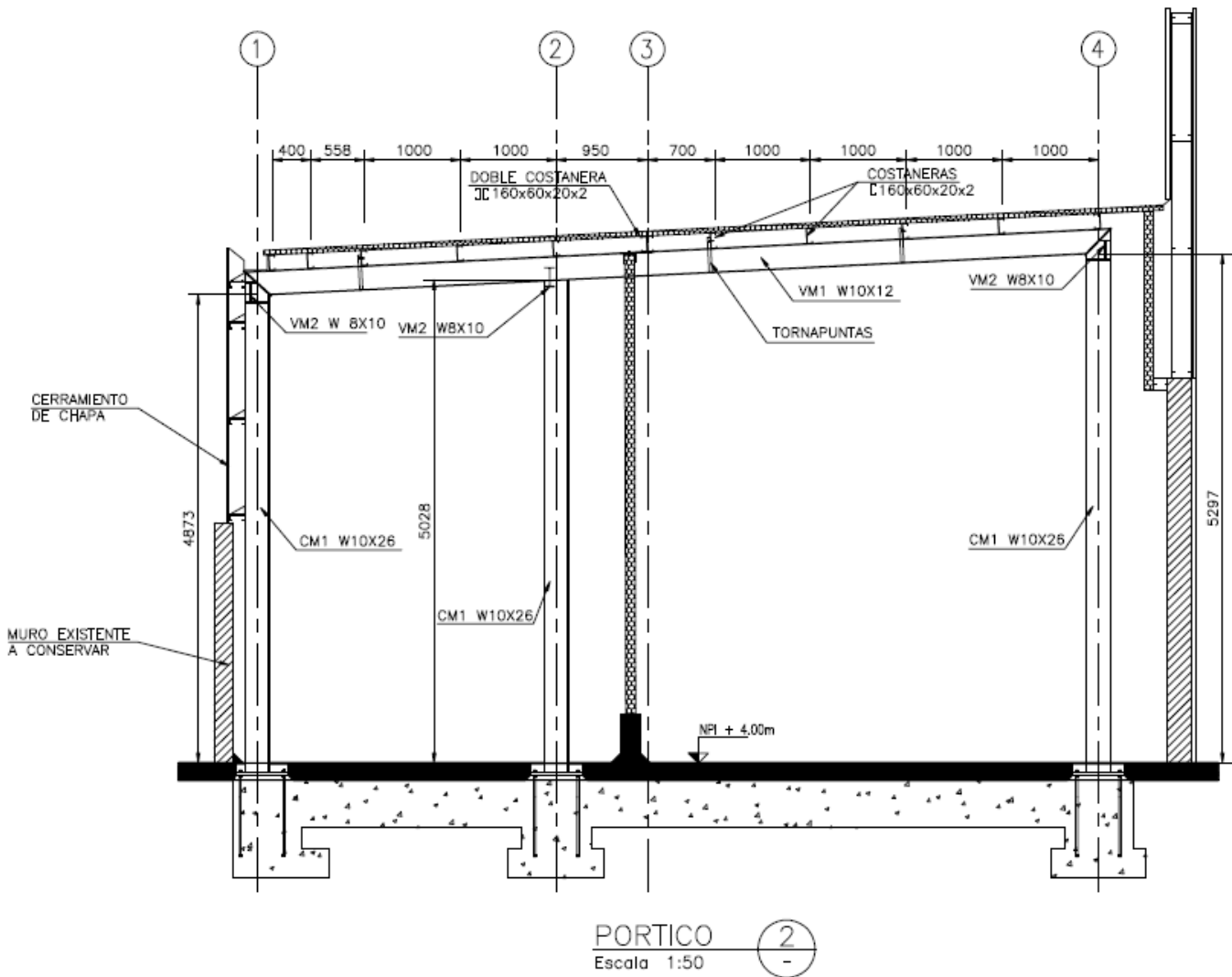


Figura 2.10 Pórtico Tipo 2

A su vez, estos pórticos se cierran con vigas secundarias (perimetrales), las cuales son fundamentales para dar rigidez lateral ante sismo y viento, como así también para garantizar la estabilidad global de la estructura.

En cuanto a las correas, se pudo observar que para la flexión generada por la acción del viento, la longitud no arriostrada de 6.25m nos llevaría a secciones muy grandes. Para evitar un mayor consumo de material, se disminuyó la misma mediante la colocación de *tillas*, las cuales transfieren la reacción de los apoyos intermedios al plano principal. Las mismas resultan traccionadas.

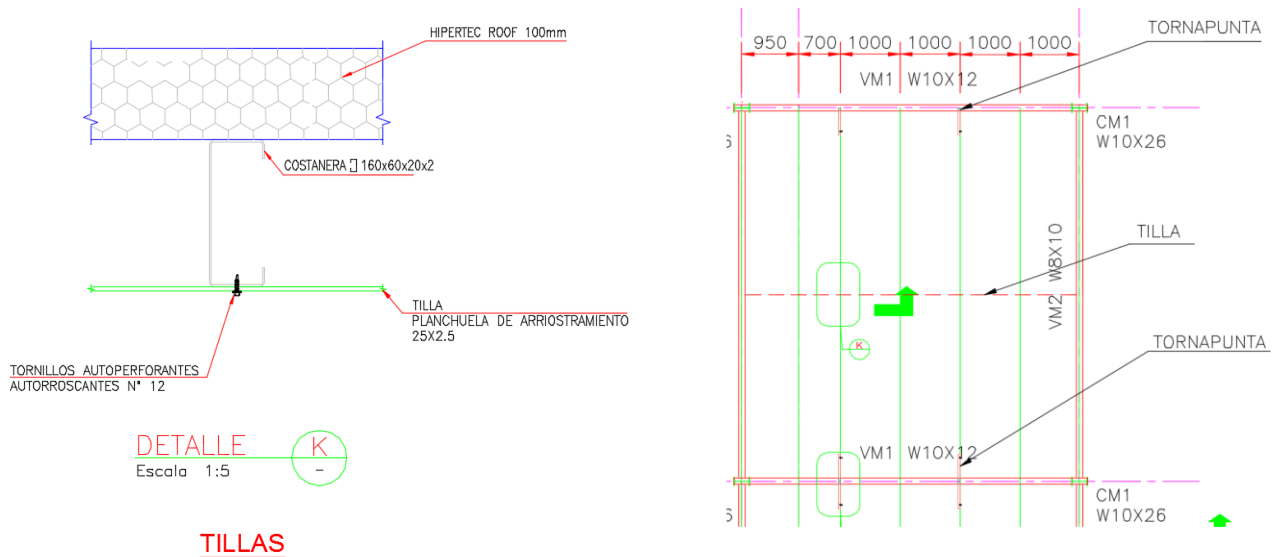


Figura 2.11 Tillas

Además se colocan *tornapuntas* cada 2m, los cuales unen los cordones inferiores de las vigas con las correas a fin de disminuir la luz de pandeo en la dirección X-X. (Pandeo lateral torsional)

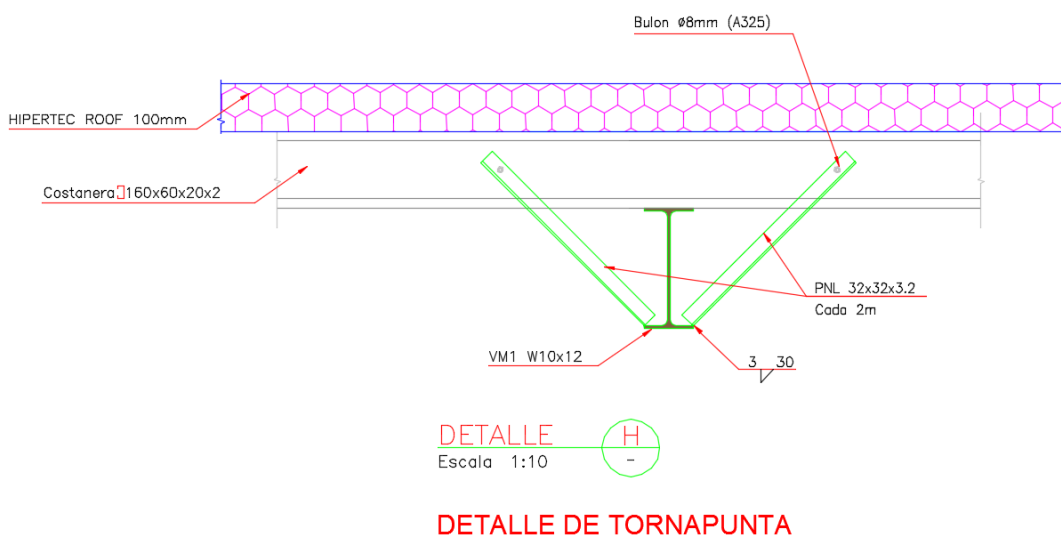


Figura 2.12 Tornapunta

La existencia de esta estructura, capaz de llevar al suelo las acciones en dos direcciones no coincidentes garantiza la capacidad de la estructura frente a acciones horizontales en cualquier dirección tales como el sismo.

## 2.4 SECCIONES UTILIZADAS

### 2.4.1 Columnas

Las columnas metálicas son de alma llena de sección doble T de altura constante. Se optó por un perfil **W10x26**

#### Dimensiones

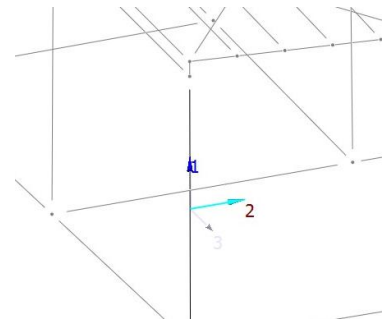
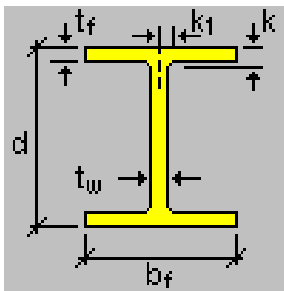


Figura 2.13 Sección W10x26

$b_f$	=	14.656 [cm]	Ancho
$d$	=	26.162 [cm]	Profundidad
$k$	=	1.880 [cm]	Distancia $k$
$k_1$	=	1.746 [cm]	Distancia $k_1$
$t_f$	=	1.118 [cm]	Espesor de ala
$t_w$	=	0.660 [cm]	Espesor de alma

#### Propiedades

$A_g$	:	49.097 [cm <sup>2</sup> ]	Área bruta de la sección.
$I_{33}$	:	5993.732 [cm <sup>4</sup> ]	Inercia alrededor del eje local 3.
$I_{22}$	:	586.886 [cm <sup>4</sup> ]	Inercia alrededor del eje local 2.
$I_{33'}$	:	5993.732 [cm <sup>4</sup> ]	Inercia alrededor del eje principal 3.
$I_{22'}$	:	586.886 [cm <sup>4</sup> ]	Inercia alrededor del eje principal 2.
$r_o$	:	11.577 [cm]	Radio de giro polar.
$S_{33}$	:	457.199 [cm <sup>3</sup> ]	Módulo elástico de sección superior respecto al eje 3.

$S_{22}$	:	80.133	[cm <sup>3</sup> ] Módulo elástico de sección superior respecto al eje 2.
$Z_{33}$	:	512.915	[cm <sup>3</sup> ] Módulo de sección plástico respecto al eje 3.
$Z_{22}$	:	122.903	[cm <sup>3</sup> ] Módulo de sección plástico respecto al eje 2.
$A_{w3}$	:	32.774	[cm <sup>2</sup> ] Área del ala para corte.
$A_{w2}$	:	17.290	[cm <sup>2</sup> ] Área del alma para corte.

### 2.4.2 Vigas principales

Las vigas principales son de alma llena de sección doble T de altura constante. Se optó por un perfil **W10x12**

#### Dimensiones

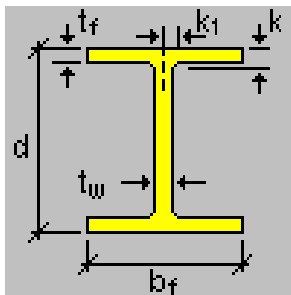


Figura 2.14 Sección W10x12

$bf$	=	10.058 [cm]	Ancho
$d$	=	25.070 [cm]	Profundidad
$k$	=	1.295 [cm]	Distancia k
$k1$	=	1.429 [cm]	Distancia k1
$tf$	=	0.533 [cm]	Espesor de ala
$tw$	=	0.483 [cm]	Espesor de alma

#### Propiedades

$A_g$	:	22.839	[cm <sup>2</sup> ] Área bruta de la sección.
$I_{33}$	:	2239.325	[cm <sup>4</sup> ] Inercia alrededor del eje local 3.
$I_{22}$	:	90.738	[cm <sup>4</sup> ] Inercia alrededor del eje local 2.
$I_{33'}$	:	2239.325	[cm <sup>4</sup> ] Inercia alrededor del eje principal 3.
$I_{22'}$	:	90.738	[cm <sup>4</sup> ] Inercia alrededor del eje principal 2.
$r_o$	:	10.102	[cm] Radio de giro polar.
$S_{33}$	:	178.619	[cm <sup>3</sup> ] Módulo elástico de sección superior respecto al eje local 3.
$S_{22}$	:	18.026	[cm <sup>3</sup> ] Módulo elástico de sección superior respecto al eje local 2.

$Z_{33}$	:	206.477	[cm <sup>3</sup> ] Módulo de sección plástico respecto al eje local 3.
$Z_{22}$	:	28.513	[cm <sup>3</sup> ] Módulo de sección plástico respecto al eje local 2.
$A_{w3}$	:	10.710	[cm <sup>2</sup> ] Área del ala para corte.
$A_{w2}$	:	12.129	[cm <sup>2</sup> ] Área del alma para corte.

### 2.4.3 Vigas secundarias

Las vigas secundarias son de alma llena de sección doble T de altura constante. Se optó por un perfil **W8x10**

#### Dimensiones

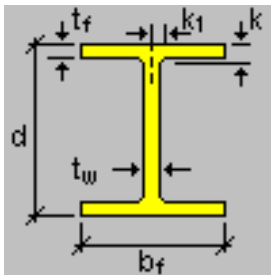


Figura.2.15 Sección W8x10

$b_f$	=	10.008 [cm]	Ancho
$d$	=	20.041 [cm]	Profundidad
$k$	=	1.283 [cm]	Distancia k
$k_1$	=	1.270 [cm]	Distancia k1
$t_f$	=	0.521 [cm]	Espesor de ala
$t_w$	=	0.432 [cm]	Espesor de alma

#### Propiedades

$A_g$	:	19.097	[cm <sup>2</sup> ] Área bruta de la sección.
$I_{33}$	:	1281.993	[cm <sup>4</sup> ] Inercia alrededor del eje local 3.
$I_{22}$	:	86.992	[cm <sup>4</sup> ] Inercia alrededor del eje local 2.
$I_{33'}$	:	1281.993	[cm <sup>4</sup> ] Inercia alrededor del eje principal 3.
$I_{22'}$	:	86.992	[cm <sup>4</sup> ] Inercia alrededor del eje principal 2.
$r_o$	:	8.466	[cm] Radio de giro polar.
$S_{33}$	:	127.983	[cm <sup>3</sup> ] Módulo elástico de sección superior respecto al eje local 3.
$S_{22}$	:	17.370	[cm <sup>3</sup> ] Módulo elástico de sección superior respecto al eje local 2.

$Z_{33}$	:	145.353	[cm <sup>3</sup> ]	Módulo de sección plástico respecto al eje local 3.
$Z_{22}$	:	27.203	[cm <sup>3</sup> ]	Módulo de sección plástico respecto al eje local 2.
$A_{w3}$	:	10.452	[cm <sup>2</sup> ]	Área del ala para corte.
$A_{w2}$	:	8.645	[cm <sup>2</sup> ]	Área del alma para corte.

#### 2.4.4 Correas

Se optó por un perfil conformado en frío **C 160x60x20x2**

##### Dimensiones

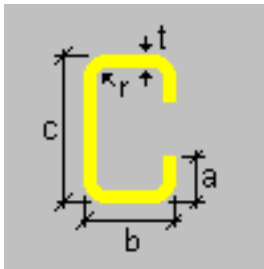


Figura 2.16 C160x60x20x2

a	=	2.000	[cm]	Lip
b	=	6.000	[cm]	Flange width
c	=	16.000	[cm]	Depth
r	=	0.200	[cm]	Inside bend radius
t	=	0.200	[cm]	Thickness

##### Propiedades

$A_g$	:	6.127	[cm <sup>2</sup> ]	Gross area of the section.
$I_{33}$	:	240.326	[cm <sup>4</sup> ]	Moment of inertia about local axis 3.
$I_{22}$	:	30.587	[cm <sup>4</sup> ]	Moment of inertia about local axis 2.
$I_{23}$	:	0.000	[cm <sup>4</sup> ]	Product of inertia.
$r_o$	:	8.135	[cm]	Polar radius of gyration.
$S_{33 \text{ top}}$	:	30.041	[cm <sup>3</sup> ]	Top elastic section modulus about local axis 3.
$S_{22 \text{ top}}$	:	7.396	[cm <sup>3</sup> ]	Top elastic section modulus about local axis 2.
$S_{22 \text{ bot}}$	:	16.408	[cm <sup>3</sup> ]	Bottom elastic section modulus about local axis 2.
$Z_{33}$	:	35.195	[cm <sup>3</sup> ]	Plastic section modulus about local axis 3.
$Z_{22}$	:	10.814	[cm <sup>3</sup> ]	Plastic section modulus about local axis 2.

Aw3 : 2.320 [cm<sup>2</sup>] Flange area for shear.  
 Aw2 : 3.920 [cm<sup>2</sup>] Web area for shear.

### 2.4.5 Arriostramientos

Se optó por un perfil L 1 1/4 x 1 1/4 x 1/8 , el cual trabaja únicamente a tracción.

#### Dimensiones

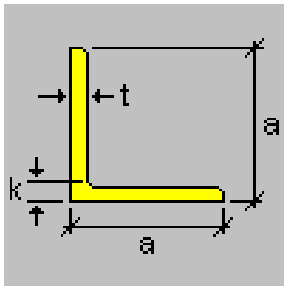


Figura 2.17 Perfil L

a = 3.175 [cm] Flange length  
 k = 0.820 [cm] Distance k  
 t = 0.317 [cm] Thickness

#### Propiedades:

Ag : 1.915 [cm<sup>2</sup>] Gross area of the section.  
 I 33 : 1.823 [cm<sup>4</sup>] Moment of inertia about local axis 3.  
 I 22 : 1.823 [cm<sup>4</sup>] Moment of inertia about local axis 2.  
 I 23 : -1.089 [cm<sup>4</sup>] Product of inertia.  
 I 33' : 2.912 [cm<sup>4</sup>] Moment of inertia about principal axis 3.  
 I 22' : 0.734 [cm<sup>4</sup>] Moment of inertia about principal axis 2.  
 ro : 1.742 [cm] Polar radius of gyration.  
 S 33 top : 0.806 [cm<sup>3</sup>] Top elastic section modulus about local axis 3.  
 S 33 bot : 1.997 [cm<sup>3</sup>] Bottom elastic section modulus about local axis 3.  
 S 33' top : 1.297 [cm<sup>3</sup>] Top elastic section modulus about principal axis 3.  
 S 33' bot : 1.297 [cm<sup>3</sup>] Bottom elastic section modulus about principal axis 3.  
 S 22' top : 0.623 [cm<sup>3</sup>] Top elastic section modulus about principal axis 2.  
 S 22' bot: 0.623 [cm<sup>3</sup>] Bottom elastic section modulus about principal axis 2.

Z 33	:	1.451	[cm <sup>3</sup> ]	Plastic section modulus about local axis 3.
Z 22	:	1.451	[cm <sup>3</sup> ]	Plastic section modulus about local axis 2.
Z 33'	:	2.042	[cm <sup>3</sup> ]	Plastic section modulus about principal axis 3.
Z 22'	:	1.021	[cm <sup>3</sup> ]	Plastic section modulus about principal axis 2.
Aw3	:	1.354	[cm <sup>2</sup> ]	Flange area for shear.
Aw2	:	1.354	[cm <sup>2</sup> ]	Web area for shear.

## 2.5 MARCO REGLAMENTARIO

- **NCh1537.Of2009** “*Cargas permanentes y cargas de uso*”  
Ésta norma establece las bases para determinar las cargas permanentes y los valores mínimos de las sobrecargas de uso normales que deben considerarse en el diseño de edificios.
- **NCh432.Of2010** “*Diseño estructural – cargas de viento*”  
Esta norma establece la forma en que se debe considerar la acción del viento en el cálculo de construcciones, tanto para su sistema principal resistente a las fuerzas de viento (SPRFV) como para los revestimientos y elementos secundarios.  
En la misma se establecen tres procedimientos para determinar las cargas de viento de diseño para las estructuras:
  - 1- Procedimiento simplificado: para edificios que cumplan los requerimientos allí especificados.
  - 2- Procedimiento analítico.
  - 3- Túnel de viento.
- **NCh3.Of1961** “*Escala de intensidad de los fenómenos sísmicos*”  
Esta norma establece la escala de grados para apreciar la intensidad de los fenómenos sísmicos.
- **NCh3171.Of2010** “*Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de carga*”  
Esta norma establece las combinaciones de carga para el diseño de edificios y otras construcciones.
- **NCh2369.Of2003** “*Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*”  
Esta norma establece los requisitos para el diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales, ya sea livianas o pesadas. Las disposiciones de diseño de esta norma están orientadas al cumplimiento de los siguientes objetivos:
  - Protección de vida en la industria.
  - Continuidad de operación de la industria.
- **NCh 427** “*Especificaciones para el cálculo, fabricación y construcción de estructuras de acero*”



Esta norma especifica el procedimiento para el cálculo de estructuras de acero para edificios. Especifica también las condiciones mínimas de resistencia que deben cumplir en esas estructuras los miembros componentes y sus uniones.

## 3 ANÁLISIS DE CARGAS

---

### 3.1 CLASIFICACIÓN DE ACCIONES

Sobre la estructura en su vida útil actúan acciones de distinto origen. La normativa chilena distingue:

$D$  = carga permanente;

$D_i$  = peso del hielo;

$E$  = carga sísmica según NCh433 y NCh2369;

$F$  = carga debido a los líquidos con presiones y alturas máximas bien definidas;

$F_a$  = carga de la inundación según ASCE/SEI 07, capítulo 5;

$H$  = carga debido a la presión lateral de tierra, a la presión del agua subterránea, o a la presión lateral de materiales a granel, más el empuje sísmico de suelo u otros materiales en las combinaciones que incluyan el efecto sísmico;

$L$  = carga de uso según NCh1537;

$L_r$  = carga de uso de techo según NCh1537;

$R$  = carga de lluvia según ASCE/SEI 07, capítulo 8;

$S$  = carga de nieve según NCh431;

$T$  = fuerzas internas;

$W$  = carga de viento según NCh432;

$W_i$  = viento-en-hielo según ASCE/SEI 07, capítulo 10.

Para poder dimensionar correctamente los elementos estructurales, será necesario estimar con el mayor grado de precisión posible las cargas que recibirá la estructura durante su vida útil. Para esto se realiza un análisis de cargas.

### 3.2 ANÁLISIS DE CARGAS

Se define como cargas a aquellas fuerzas y otras acciones resultantes del peso de todos los materiales de construcción, sus ocupantes y sus pertenencias, los efectos medioambientales, asentamientos diferenciales, y restricciones a las variaciones dimensionales y de operación. Las cargas permanentes son aquellas cargas para las cuales las variaciones en el tiempo son escasas y de magnitud menor. Las demás cargas son cargas variables.

#### 3.2.1 Carga permanente (D)

Se define como carga permanente a aquella acción cuya variación en el tiempo es despreciable en relación a sus valores medios o aquella para la cual la variación tiende a un valor constante; por ejemplo, peso de los elementos estructurales, instalaciones, recubrimientos, terminaciones, rellenos, etc.

<b>1. CUBIERTA</b>		
- Correas	Separación:	1m
	Peso promedio:	6.7 kg/m
	Peso distribuido:	6.7 kg/m <sup>2</sup>
- Termopanel	Marca:	Mactecno Hipertec roof, t=4"
	Peso de catálogo:	20.35 kg/m <sup>2</sup>
<b>2. VIGAS</b>	El peso propio de las vigas será tenido en cuenta por el programa con un peso específico del acero de 7850 kg/m <sup>3</sup>	
<b>3. COLUMNAS</b>	El peso propio de las columnas será tenido en cuenta por el programa con un peso específico del acero de 7850 kg/m <sup>3</sup>	
<b>4. PERFILERÍA EN GENERAL</b>	El peso propio de la perfilería será tenido en cuenta por el programa con un peso específico del acero de 7850 kg/m <sup>3</sup>	
<b>5. CERRAMIENTOS TIPO TERMOPANEL</b>	Marca:	Mactecno Hipertec Wall, t=4"
	Peso según catalogo:	19.3 kg/m <sup>2</sup>

### 3.2.2 Sobrecarga de uso de techo (Lr)

Se denomina sobrecarga de uso a aquella acción variable en el tiempo que se determina por la función y uso del edificio. Presenta variaciones frecuentes o continuas, no despreciables en relación a su valor medio.

Para el diseño de elementos estructurales tales como correas, cerchas, losas planas, vigas, columnas, muros y fundaciones, se permite reducir las sobrecargas de uso mínimas especificadas.

La carga de uso para techos accesibles solo para mantenimiento puede ser reducida por pendiente y área tributaria de acuerdo a la siguiente expresión:

$$q_{k,red} = q_k \times C_\alpha \times C_A \geq 0.3 \text{ KPa}$$

Donde:

$C_\alpha$  = *coeficiente de reducción por pendiente de techo*

$$C_\alpha = 1 - 0.0233 \times \alpha$$

$$C_\alpha = 1 - 0.0233 \times 5 = 0.88$$

$C_A$  = *coeficiente de reducción por área tributaria soportada por el elemento estructural considerado.*

$$A_{t_{min}} = 6.25m \times 5.65 = 35.31 \text{ m}^2$$

$$C_A = 1 - 0.008 A \quad \text{para } 20\text{m}^2 < A < 50\text{m}^2$$

$$C_A = 1 - 0.008 \times 35.31\text{m}^2 = 0.72$$

Por lo tanto resulta:

$$L_{r0} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Sobrecarga de uso de techo}$$

$$L_{rr} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 0.88 \times 0.72 = 63 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Sobrecarga de uso de techo reducida}$$

### 3.2.3 Carga de viento (W)

Los movimientos del aire en la atmosfera se producen principalmente por la acción de la gravedad en las masas de aire de diferente densidad. Estos movimientos crean corrientes de viento que ejercen presiones sobre los obstáculos que se encuentran en su trayectoria.

La evaluación de estos efectos se determina como la presión dinámica que ejerce el viento tratado como un fluido, la cual es convertida a una presión estática equivalente mediante una serie de consideraciones.

En el caso de las estructuras de acero, por su peso propio relativamente bajo y grandes superficies expuestas a la acción del viento, las cargas del viento pueden ser más importantes que las cargas debidas al sismo, por lo que no pueden ser despreciadas en el diseño.

Para determinarla se utilizó el procedimiento simplificado descrito en la norma NCh 432 Of2010. Su magnitud estará en función de la pendiente del techo, de la velocidad básica del viento [v], el factor de importancia I, la categoría de exposición y el coeficiente de ajuste por altura y exposición.

- *Altura de la construcción:* 5,6 m
- *Pendiente de techo:* 5% (2.9°)
- *Velocidad básica del viento:* 30.3 m/s
- *Factor de importancia I:* 1

Tabla 8 - Factor de importancia de la estructura

Categoría	Factor de importancia
I	0,87
II	1,00
III	1,15
IV	1,15

- *Categoría de exposición:* B. (áreas urbanas y suburbanas ).
- *Coeficiente de ajuste por altura y exposición [ $\lambda$ ]:* 1

Tabla 2 - Factor de ajuste por altura y exposición para construcciones,  $\lambda$  -  $h \leq 18,3$  m estructura cerrada, muros y techos

Altura media del techo m	$\lambda$		
	Exposición		
	B	C	D
4,6	1,00	1,21	1,47
6,1	1,00	1,29	1,55
7,6	1,00	1,35	1,61
9,1	1,00	1,40	1,66
10,7	1,05	1,45	1,70
12,2	1,09	1,49	1,74
13,7	1,12	1,53	1,78
15,2	1,16	1,56	1,81
16,8	1,19	1,59	1,84
18,3	1,22	1,62	1,87

- Factor topográfico [Kzt]: 1 →  
ya que no existen en la zona cambios abruptos en la topografía.
- Presión simplificada de diseño [ps30]

Velocidad básica del viento m/s	Angulo del techo °	Caso	Zonas									
			Presiones horizontales				Presiones verticales				Voladizos	
			A	B	C	D	E	F	G	H	Eoh	Goh
20	0 a 5	1	0,15	-0,08	0,10	-0,05	-0,18	-0,10	-0,13	-0,08	-0,25	-0,20
		10	1	0,17	-0,07	0,11	-0,04	-0,18	-0,11	-0,13	-0,08	-0,25
	15	1	0,19	-0,07	0,12	-0,03	-0,18	-0,12	-0,13	-0,09	-0,25	-0,20
		20	1	0,21	-0,06	0,14	-0,03	-0,18	-0,13	-0,13	-0,10	-0,25
	25	1	0,19	0,03	0,14	0,03	-0,08	-0,12	-0,06	-0,10	-0,16	-0,13
		2	-	-	-	-	-0,03	-0,06	-0,01	-0,04	-	-
30 a 45	1	0,17	0,12	0,14	0,10	0,01	-0,10	0,00	-0,09	-0,06	-0,07	
	2	0,17	0,12	0,14	0,10	0,07	-0,05	0,06	-0,04	-0,06	-0,07	
25	0 a 5	1	0,24	-0,12	0,16	-0,07	-0,29	-0,16	-0,20	-0,13	-0,39	-0,31
		10	1	0,27	-0,11	0,18	-0,07	-0,29	-0,17	-0,20	-0,13	-0,39
	15	1	0,30	-0,10	0,18	-0,05	-0,29	-0,19	-0,20	-0,14	-0,39	-0,31
		20	1	0,33	-0,09	0,22	-0,05	-0,29	-0,20	-0,20	-0,15	-0,39
	25	1	0,30	0,05	0,22	0,05	-0,13	-0,18	-0,10	-0,16	-0,25	-0,21
		2	-	-	-	-	-0,05	-0,10	-0,01	-0,06	-	-
30 a 45	1	0,27	0,18	0,21	0,15	0,02	-0,16	0,01	-0,14	-0,09	-0,11	
	2	0,27	0,18	0,21	0,15	0,11	-0,08	0,09	-0,06	-0,09	-0,11	
30	0 a 5	1	0,34	-0,18	0,23	-0,11	-0,41	-0,23	-0,29	-0,18	-0,56	-0,44
		10	1	0,38	-0,16	0,26	-0,09	-0,41	-0,25	-0,29	-0,19	-0,56
	15	1	0,43	-0,14	0,27	-0,08	-0,41	-0,27	-0,29	-0,21	-0,56	-0,44
		20	1	0,47	-0,13	0,32	-0,07	-0,41	-0,29	-0,29	-0,22	-0,56
	25	1	0,43	0,07	0,31	0,07	-0,19	-0,26	-0,14	-0,23	-0,36	-0,30
		2	-	-	-	-	-0,07	-0,14	-0,02	-0,09	-	-
30 a 45	1	0,38	0,26	0,31	0,21	0,03	-0,23	0,01	-0,20	-0,14	-0,16	
	2	0,38	0,26	0,31	0,21	0,15	-0,12	0,13	-0,08	-0,14	-0,16	

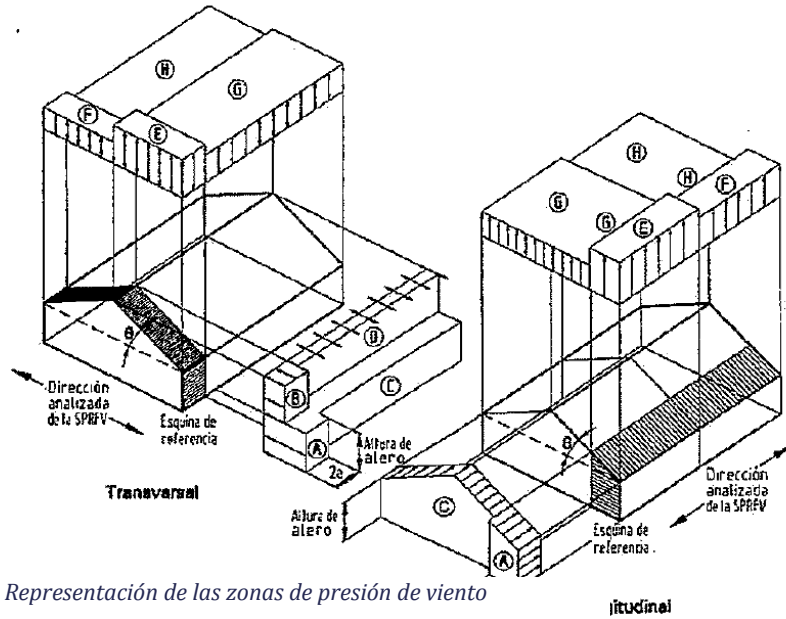


Figura 3.1 Representación de las zonas de presión de viento

Las presiones mostradas son aplicadas en las proyecciones horizontales y verticales, para exposición B, a una altura de 9.1m, I=K=1. Para realizar ajustes a estos valores se utiliza la siguiente ecuación:

$$ps = \lambda \times Kzt \times I \times ps30 = ps30$$

Siendo  $ps$  la presión de viento simplificada y representa la presión neta (interna más externa).

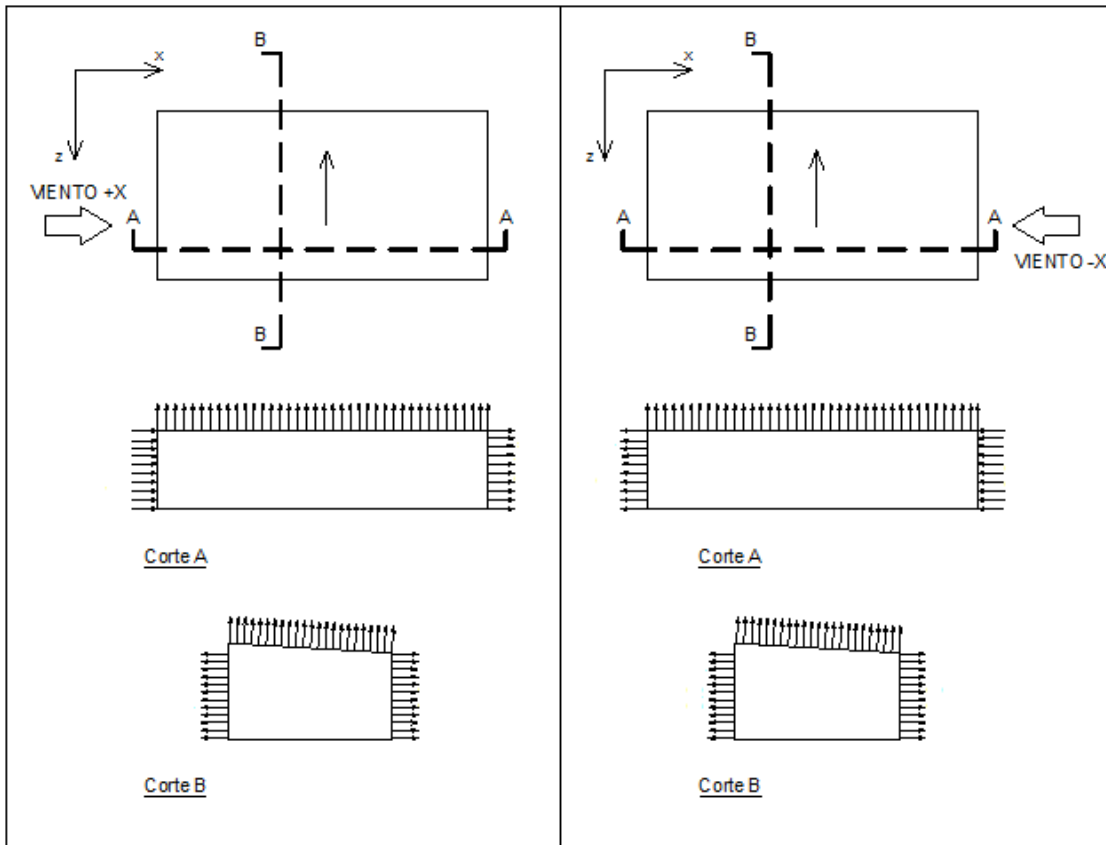


Figura 3.2 - Acción del viento sobre la estructura en sentido longitudinal

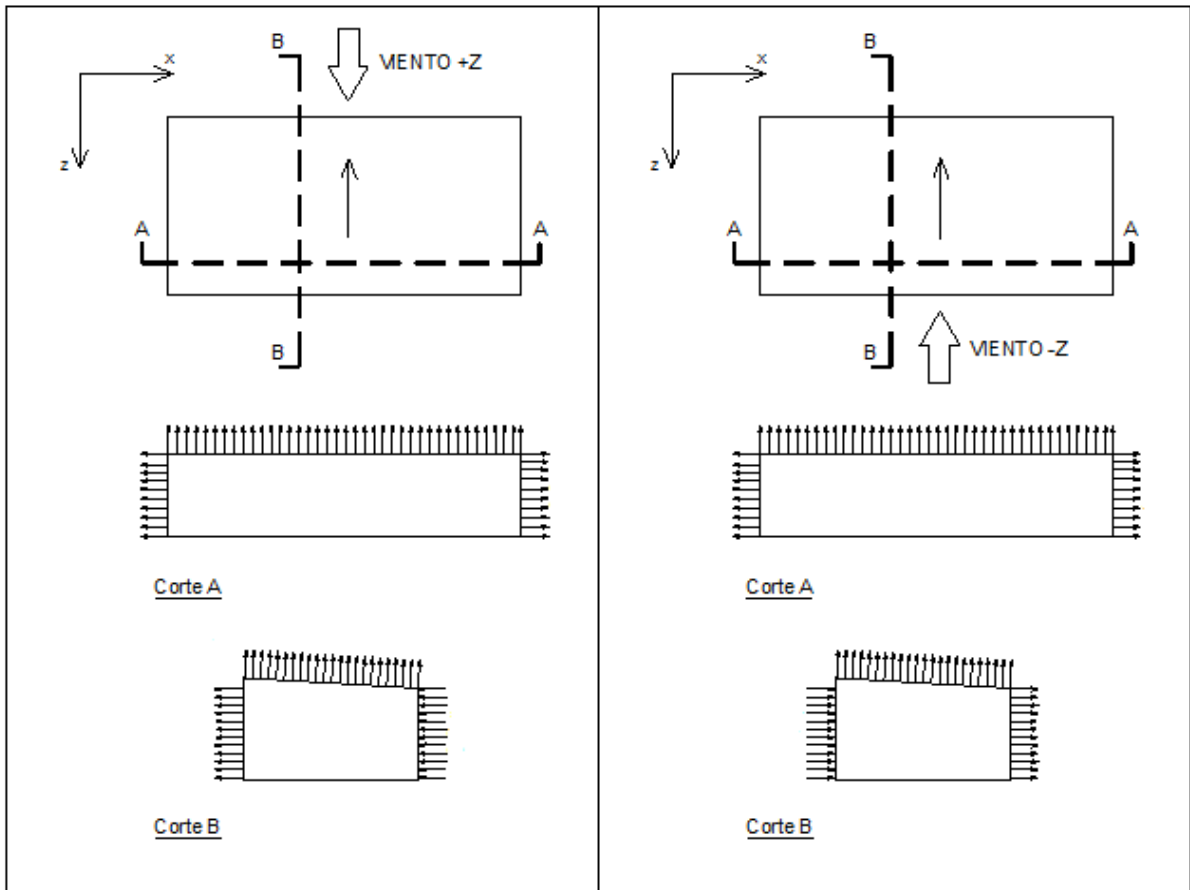


Figura 3.3- Acción del viento sobre la estructura en sentido transversal

### 3.2.4 Carga de sismo (E)

Los sismos resultan de la propagación de perturbaciones originadas por la liberación de energía de deformación acumulada en la corteza terrestre a través de un mecanismo de ruptura. Dichas perturbaciones viajan a través de la corteza como ondas sísmicas.

La acción sísmica se considera como un movimiento del suelo de fundación (desplazamiento impuesto en la base), el cual pondrá a oscilar la estructura y el movimiento que ésta experimente será función de su masa y de la distribución de la misma.

Es una fuerza inercial dinámica.

La respuesta de una estructura frente a un sismo determinado dependerá de las características dinámicas de la misma. Estas son básicamente sus frecuencias propias de vibración y su amortiguamiento.



Las disposiciones de diseño de la norma NCh 2369 para el diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales están orientadas a cumplir con los siguientes objetivos:

**1- Protección de la vida en la industria**

- Evitar el colapso de estructuras para sismos más severos que el sismo de diseño.
- Evitar incendios, explosiones o emanaciones de gases y líquidos tóxicos.
- Proteger el medio ambiente.
- Asegurar la operatividad de las vías de escape durante la emergencia sísmica.

**2- Continuidad de operación de la industria**

- Mantener los procesos y servicios esenciales.
- Evitar o reducir a un tiempo mínimo la paralización de la operación de la industria.
- Facilitar la inspección y reparación de los elementos dañados.

Para cumplir con estos objetivos el sistema estructural global debe:

- Asegurar un comportamiento dúctil de los elementos resistentes y sus conexiones, para evitar fallas por inestabilidad o fragilidad, o alternativamente, asegurar el comportamiento elástico.
- Proveer más de una línea de resistencia para las sollicitaciones sísmicas. Los sistemas sismorresistentes deben ser redundantes e hiperestáticos.
- Disponer de sistemas simples para la transmisión de esfuerzos sísmicos a las fundaciones, evitando estructuraciones de alta asimetría o complejidad.

A los efectos de aplicación de esta norma, las estructuras se clasifican en categorías según su importancia. Este edificio corresponde a una **categoría C2** (obras normales, que pueden tener fallas menores susceptibles de reparación rápida que no causan detenciones prolongadas ni pérdidas importantes de producción). A esta categoría corresponde un **coeficiente de importancia I=1**.

Por otro lado, *las estructuras deben ser analizadas, como mínimo, para las acciones sísmicas en dos dirección horizontales aproximadamente perpendiculares*. Y, en este caso, el efecto de las aceleraciones sísmicas verticales no se debe considerar.

Para el diseño de los elementos estructurales resistentes al sismo, en general, no es necesario combinar los efectos debidos a las dos componentes horizontales de la acción sísmica. Se puede proceder como si dichos efectos no fueran concurrentes y, en consecuencia, *los elementos se pueden diseñar para el sismo actuando según cada una de las direcciones de análisis considerada separadamente*, siempre y cuando la estructura no presente notorias irregularidades torsionales.

Este reglamento permite usar tres procedimientos para el cálculo de las acciones sísmicas. En este proyecto se hizo uso del Análisis Modal Espectral.

El análisis modal espectral se debe hacer para el espectro de diseño siguiente:

$$S_a = \frac{2.75A_0I}{R} \times \left(\frac{T'}{T}\right)^n \times \left(\frac{0.005}{\varepsilon}\right)^{0.4}$$

Donde:

T: Periodo de vibración del modo considerado.

A<sub>0</sub>: Aceleración efectiva máxima según la zonificación sísmica.

Tabla 5.2 - Valor de la aceleración efectiva máxima A<sub>0</sub>

Zona sísmica	A <sub>0</sub>
1	0,20 g
2	0,30 g
3	0,40 g

T', n: Parámetros relativos al tipo de suelo.

Tabla 5.4 - Valor de los parámetros que dependen del tipo de suelo

Tipo de suelo	T' (s)	n
I	0,20	1,00
II	0,35	1,33
III	0,62	1,80
IV	1,35	1,80

R: Factor de reducción

Tabla 5.6 - Valores máximos del factor de modificación de la respuesta

Sistema resistente	R
1. Estructuras diseñadas para permanecer elásticas	1
2. Otras estructuras no incluidas o asimilables a las de esta lista <sup>1)</sup>	2
3. Estructuras de acero	
3.1 Edificios y estructuras de marcos dúctiles de acero con elementos no estructurales dilatados	5
3.2 Edificios y estructuras de marcos dúctiles de acero con elementos no estructurales no dilatados e incorporados en el modelo estructural	3
3.3 Edificios y estructuras de marcos arriostrados, con anclajes dúctiles	5
3.4 Edificios industriales de un piso, con o sin puente grúa, y con arriostramiento continuo de techo	5
3.5 Edificios industriales de un piso, sin puente-grúa, sin arriostramiento continuo de techo, que satisfacen 11.1.2	3
3.6 Naves de acero livianas que satisfacen las condiciones de 11.2.1	4
3.7 Estructuras de péndulo invertido <sup>2)</sup>	3
3.8 Estructuras sísmicas isostáticas	3
3.9 Estructuras de plancha o manto de acero, cuyo comportamiento sísmico está controlado por el fenómeno de pandeo local	3

$\varepsilon$  = razón de amortiguamiento

Tabla 5.5 - Razones de amortiguamiento

Sistema resistente	$\xi$
Manto de acero soldado; chimeneas, silos, tolvas, tanques a presión, torres de proceso, cañerías, etc.	0,02
Manto de acero apernado o remachado	0,03
Marcos de acero soldados con o sin arriostramiento	0,02
<del>Marcos de acero con uniones de terreno apernadas, con o sin arriostramiento</del>	<del>0,03</del>
Estructuras de hormigón armado y albañilería	0,05
Estructuras prefabricadas de hormigón armado puramente gravitacionales	0,05

Por lo tanto la ecuación resulta:

$$S_a = \frac{2.75 \times 0.3g}{4} \times \left(\frac{0.35}{T}\right)^{1.33} \times \left(\frac{0.005}{0.02}\right)^{0.4}$$

Lo que nos da el valor de  $S_a$  para el periodo de vibración del modo considerado T.

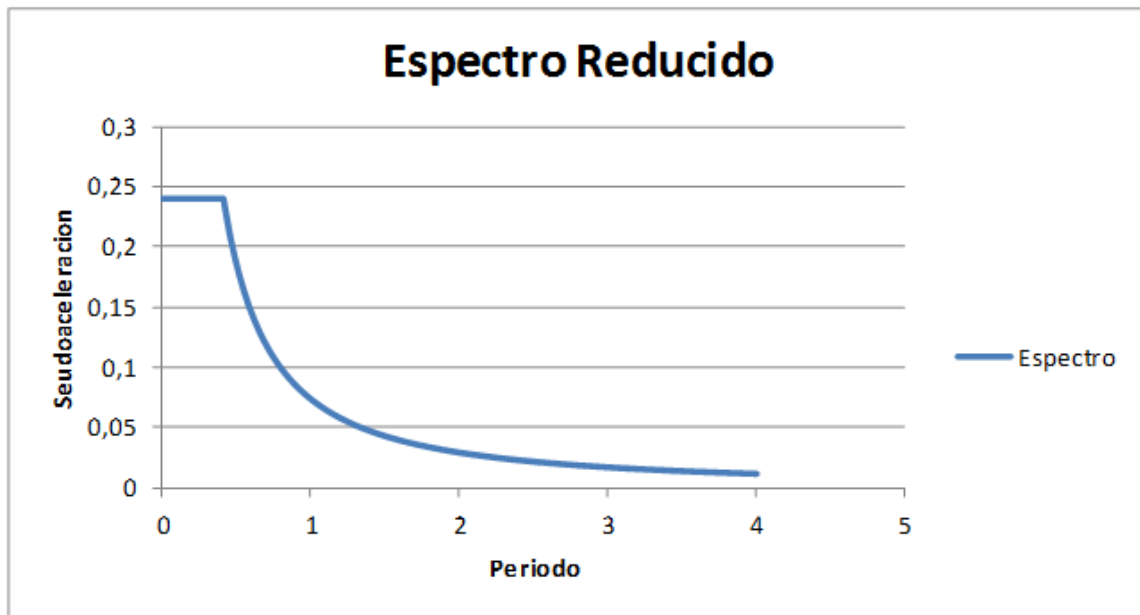
No obstante, *el valor de  $S_a$  no debe ser mayor que  $I \times C_{max} = 0.32 \times 0.75 = 0.24$*

Tabla 5.7 - Valores máximos del coeficiente sísmico

R	$C_{m\acute{a}x.}$		
	$\xi = 0,02$	$\xi = 0,03$	$\xi = 0,05$
1	0,79	0,68	0,55
2	0,60	0,49	0,42
3	0,40	0,34	0,28
4	0,32	0,27	0,22
5	0,26	0,23	0,18

NOTA - Los valores indicados son válidos para la zona sísmica 3. Para las zonas sísmicas 2 y 1, los valores de esta tabla se deben multiplicar por 0,75 y 0,50, respectivamente.

El espectro de diseño obtenido resulta:



El método de análisis consiste en representar la carga del sismo mediante este espectro de respuesta, el cual se carga en el programa, junto a la razón de amortiguamiento.

### 3.3 COMBINACIONES DE CARGA

Al tratarse de un diseño sísmico, se utilizaron las combinaciones de carga dadas por la normativa 3171 y 2369. Luego, para cada elemento estructural considerado se debe usar la combinación que produzca el efecto más desfavorable, “las solicitaciones de diseño”

#### **Combinaciones ultimas NCh 3171.Of 2010**

Designacion	Combinacion	Formula
C1	1.4 (DL1 + DL2 + CDL + BC)	1
C2	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.5 (CLL + LL)	2
C3	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.8 (Wxp + Wint)	3a
C4	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.8 (Wxp - Wint)	3b
C5	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.8 (Wxn + Wint)	3b
C6	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.8 (Wxn - Wint)	3b
C7	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.8 (Wzp + Wint)	3b
C8	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.8 (Wzp - Wint)	3b
C9	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.8 (Wzn + Wint)	3b
C10	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BC) + 1.6 LLr + 0.8 (Wzn - Wint)	3b
C11	0.9 DL1 + 1.6 (Wxp + Wint)	3b
C12	0.9 DL1 + 1.6 (Wxp - Wint)	4
C13	0.9 DL1 + 1.6 (Wxn + Wint)	4
C14	0.9 DL1 + 1.6 (Wxn - Wint)	4
C15	0.9 DL1 + 1.6 (Wzp + Wint)	4
C16	0.9 DL1 + 1.6 (Wzp - Wint)	4
C17	0.9 DL1 + 1.6 (Wzn + Wint)	4
C18	0.9 DL1 + 1.6 (Wzn - Wint)	4
C19	0.9 DL1 + 1.1 Eqx	4
C20	0.9 DL1 - 1.1 Eqx	5
C21	0.9 DL1 + 1.1 Eqz	5
C22	0.9 DL1 - 1.1 Eqz	5
C23	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.1 Eqx + 1.0 (CLLS) + 0.5 LL + 0.2 S	5
C24	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) - 1.1 Eqx + 1.0 (CLLS) + 0.5 LL + 0.2 S	6
C25	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.1 Eqz + 1.0 (CLLS) + 0.5 LL + 0.2 S	6
C26	1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) - 1.1 Eqz + 1.0 (CLLS) + 0.5 LL + 0.2 S	6

**Combinaciones ultimas NCh 2369.Of 2003**

C36	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL + 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) + 1.1 Eqv$	b) - i
C37	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL + 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) - 1.1 Eqv$	b) - i
C38	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL + 1.1 Eqx - 1.1 (0.3 Eqz) + 1.1 Eqv$	b) - i
C39	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL + 1.1 Eqx - 1.1 (0.3 Eqz) - 1.1 Eqv$	b) - i
C40	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL - 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) + 1.1 Eqv$	b) - i
C41	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL - 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) - 1.1 Eqv$	b) - i
C42	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL - 1.1 Eqx - 1.1 (0.3 Eqz) + 1.1 Eqv$	b) - i
C43	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL - 1.1 Eqx - 1.1 (0.3 Eqz) - 1.1 Eqv$	b) - i
C44	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL + 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) + 1.1 Eqv$	b) - i
C45	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL + 1.1 Eqz + 1.1 (0.3 Eqx) - 1.1 Eqv$	b) - i
C46	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL + 1.1 Eqz - 1.1 (0.3 Eqx) + 1.1 Eqv$	b) - i
C47	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL + 1.1 Eqz - 1.1 (0.3 Eqx) - 1.1 Eqv$	b) - i
C48	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL - 1.1 Eqz + 1.1 (0.3 Eqx) + 1.1 Eqv$	b) - i
C49	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL - 1.1 Eqz + 1.1 (0.3 Eqx) - 1.1 Eqv$	b) - i
C50	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL - 1.1 Eqz - 1.1 (0.3 Eqx) + 1.1 Eqv$	b) - i
C51	$1.2 (DL1 + DL2 + CDL + BCS) + 1.0 CLLS + 0.5 LL - 1.1 Eqz - 1.1 (0.3 Eqx) - 1.1 Eqv$	b) - i
C52	$0.9 DL1 + 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) + 0.3 Eqv$	b) - ii
C53	$0.9 DL1 + 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) - 0.3 Eqv$	b) - ii
C54	$0.9 DL1 + 1.1 Eqx - 1.1 (0.3 Eqz) + 0.3 Eqv$	b) - ii
C55	$0.9 DL1 + 1.1 Eqx - 1.1 (0.3 Eqz) - 0.3 Eqv$	b) - ii
C56	$0.9 DL1 - 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) + 0.3 Eqv$	b) - ii
C57	$0.9 DL1 - 1.1 Eqx + 1.1 (0.3 Eqz) - 0.3 Eqv$	b) - ii
C58	$0.9 DL1 - 1.1 Eqx - 1.1 (0.3 Eqz) + 0.3 Eqv$	b) - ii
C59	$0.9 DL1 - 1.1 Eqx - 1.1 (0.3 Eqz) - 0.3 Eqv$	b) - ii
C60	$0.9 DL1 + 1.1 Eqz + 1.1 (0.3 Eqx) + 0.3 Eqv$	b) - ii
C61	$0.9 DL1 + 1.1 Eqz + 1.1 (0.3 Eqx) - 0.3 Eqv$	b) - ii
C62	$0.9 DL1 + 1.1 Eqz - 1.1 (0.3 Eqx) + 0.3 Eqv$	b) - ii
C63	$0.9 DL1 + 1.1 Eqz - 1.1 (0.3 Eqx) - 0.3 Eqv$	b) - ii
C64	$0.9 DL1 - 1.1 Eqz + 1.1 (0.3 Eqx) + 0.3 Eqv$	b) - ii
C65	$0.9 DL1 - 1.1 Eqz + 1.1 (0.3 Eqx) - 0.3 Eqv$	b) - ii
C66	$0.9 DL1 - 1.1 Eqz - 1.1 (0.3 Eqx) + 0.3 Eqv$	b) - ii
C67	$0.9 DL1 - 1.1 Eqz - 1.1 (0.3 Eqx) - 0.3 Eqv$	b) - ii

**Combinaciones servicio NCh 3171.Of 2010**

CS1	$DL1 + DL2 + CDL + BC + CLL + LL$
CS2	$DL1 + DL2 + CDL + BC + Wxp + Wi$
CS3	$DL1 + DL2 + CDL + BC + Wxp - Wi$
CS4	$DL1 + DL2 + CDL + BC + Wzp + Wi$
CS5	$DL1 + DL2 + CDL + BC + Wzp - Wi$
CS6	$DL1 + DL2 + CDL + BC + Wxn + Wi$
CS7	$DL1 + DL2 + CDL + BC + Wxn - Wi$
CS8	$DL1 + DL2 + CDL + BC + Wzn + Wi$
CS9	$DL1 + DL2 + CDL + BC + Wzn - Wi$

Siendo:

Nombre Solicitud	Detalle de la solicitud
DL1	Carga muerta (no incluye cielorraso)
DL2	Carga muerta de cielorraso
CDL	Peso propio de cañeros
CLL	Contenido de cañeros
BC	Bandejas de cables
CLLS	Contenido de cañeros para combinaciones sismicas
BCS	Bandejas de cables para combinaciones sismicas
LL	Sobrecarga de entrepiso
LLr	Sobrecarga de techo
S	Nieve
Wxp	Viento en + X
Wxn	Viento en -X
Wzp	Viento en +Z
Wzn	Viento en -Z
Wint	Viento int
Eqx	Sismo en X
Eqz	Sismo en Z
Eqv	Sismo vertical



## 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL: MODELACIÓN

---

El análisis estructural consiste en la determinación y estudio de tensiones, deformaciones y reacciones que ocurren en una estructura al ser sometida a acciones exteriores tales como cargas (gravitatorias, viento, sismo, etc), efectos térmicos, movimientos de apoyo, etc.

En este trabajo el análisis estructural fue realizado con el programa *RAM elements V8i*. Para ello fue necesario crear un “modelo”, es decir, una representación simplificada de la realidad que refleje lo mejor posible el comportamiento de la estructura real.

La estructura real y las uniones entre barras, deben proyectarse para que se comporten lo más aproximadamente posible a lo supuesto.

Se realizó un análisis global elástico de primer orden.



## 4.1 ESTADOS DE CARGA

<b>DL</b>	<b>Permanentes</b>
<b>Lr</b>	<b>Sobrecarga de techo</b>
<b>Wxp</b>	<b>Viento Dirección X</b>
<b>Wzp</b>	<b>Viento Dirección Z</b>
<b>Ex</b>	<b>Sismo X</b>
<b>Ez</b>	<b>Sismo Z</b>
<b>Wxn</b>	<b>Viento Dirección -X</b>
<b>Wzn</b>	<b>Viento Dirección -Z</b>

### 4.1.1 Combinaciones de carga de diseño

C1	1.4DL
C2	1.2DL+1.6Lr
C3	1.2DL+1.6Lr+0.8Wxp+0.8Wint
C4	1.2DL+1.6Lr+0.8Wxp-0.8Wint
C5	1.2DL+1.6Lr+0.8Wxn+0.8Wint
C6	1.2DL+1.6Lr+0.8Wxn-0.8Wint
C7	1.2DL+1.6Lr+0.8Wzp+0.8Wint
C8	1.2DL+1.6Lr+0.8Wzp-0.8Wint
C9	1.2DL+1.6Lr+0.8Wzn+0.8Wint
C10	1.2DL+1.6Lr+0.8Wzn-0.8Wint
C11	0.9DL+1.6Wxp+1.6Wint
C12	0.9DL+1.6Wxp-1.6Wint
C13	0.9DL+1.6Wxn+1.6Wint
C14	0.9DL+1.6Wxn-1.6Wint
C15	0.9DL+1.6Wzp+1.6Wint
C16	0.9DL+1.6Wzp-1.6Wint
C17	0.9DL+1.6Wzn+1.6Wint
C18	0.9DL+1.6Wzn-1.6Wint
C19	0.9DL+1.1Ex
C20	0.9DL+0.5Lr-1.1Ex+Ez
C21	0.9DL+1.1Ez
C22	0.9DL-1.1Ez
C23	1.2DL+Lr+1.1Ex
C24	1.2DL+Lr-1.1Ex
C25	1.2DL+Lr+1.1Ez
C26	1.2DL+Lr-1.1Ez

### 4.1.2 Combinaciones de carga de servicio

CS1	DL+Lr
CS7	DL+Wxn-Wint
CS8	DL+Wzn+Wint
CS9	DL+Wzn-Wint
CS2	DL+Wxp+Wint
CS3	DL+Wxp-Wint
CS4	DL+Wzp+Wint
CS5	DL+Wzp-Wint
CS6	DL+Wxn+Wint

## 4.2 DESCRIPCIÓN MODELADO

1. Construir el esqueleto metálico en tres dimensiones conformado por vigas y columnas metálicas en función de la arquitectura planteada.
2. Colocar restricciones y masas en los nudos.
3. Definir los materiales y secciones a utilizar.

En primer lugar se colocaron secciones acordes a esas cargas y luces. Luego se fueron cambiando en función de los esfuerzos y deformaciones obtenidas hasta llegar a la sección óptima. Es un proceso iterativo.

4. Se cargan los parámetros de flexión en los miembros que corresponda:

$L_b$ : es la longitud no arriostrada del ala utilizada para el cálculo de la capacidad a pandeo lateral flexional torsional del miembro. Este parámetro permite calcular el momento nominal resistente  $M_n$ . Si su valor es cero, el programa adopta un valor igual a la longitud física del miembro (la distancia entre nudos).

5. Se cargan los parámetros de compresión en los miembros que correspondan:

$K_{33}$ = Es el factor de longitud efectiva para el plano 1-3 (fuerte).  $K_{33}$  es el factor alrededor del eje 3-3. El objetivo de esta variable es calcular la capacidad axial del miembro en cuestión, considerando la vulnerabilidad del pandeo.

$K_{22}$ = Es el factor de longitud efectiva para el plano 1-2 (débil).  $K_{22}$  es el factor alrededor del eje 2-2. El objetivo de esta variable es calcular la capacidad axial del miembro en cuestión, considerando la vulnerabilidad del pandeo

6. Se cargan los distintos estados de carga con los valores calculados según norma correspondiente. Se realizan las combinaciones de estados de carga de diseño y de servicio.
7. Se analiza el modelo, se diseña según norma y se obtienen los resultados.

## 5 DIMENSIONADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

---

El dimensionado y verificación de ésta estructura se realizó en base a la especificación ANSI/AISC 360-10 para construcciones de acero. (American Institute of Steel Construction).

Se realizará de acuerdo con las disposiciones del método “*Diseño en base a factores de Carga y Resistencia*” (LRFD). Este método fija distintos factores para cada tipo de carga y de resistencia y plantea el proyecto por estados límites.

Un **estado límite** es una condición que representa el límite de utilidad de una estructura o parte de ella, más allá del cual no logra satisfacer los comportamientos requeridos para el proyecto. Podemos distinguir:

- ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA: asociados con el colapso de la estructura u otro medio de falla (inestabilidad, fluencia en una sección, pandeo local). Varían de miembro a miembro y son establecidos con el fin de lograr seguridad pública y proteger la vida humana.
- ESTADO LIMITE DE SERVICIO: asociados con condiciones funcionales de la estructura (deformaciones, vibraciones, etc). Son establecidos para garantizar un comportamiento adecuado de la estructura bajo condiciones de servicio.

En el método por estados limites la condición de proyecto es que **“ningún estado límite sea superado cuando la estructura está sometida a todas las combinaciones de acciones”**.

### 5.1 DIMENSIONADO POR ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS

El diseño satisface los requisitos cuando la resistencia de diseño de cada miembro estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga LRFD:

$$R_u \leq \phi \times R_n \quad (\mathbf{B3 - 1})$$

- $R_u$ : Resistencia requerida determinada mediante análisis estructural para las combinaciones de carga que corresponda, considerando la máxima resultante.
- $R_n$ : Resistencia nominal propia de la sección.
- $\phi$ : Factor de resistencia que tiene en cuenta la variabilidad de  $E$  y  $F_y$ , la incertidumbre en las propiedades geométricas y las incertidumbres en las hipótesis usadas.

Los resultados arrojados por el programa fueron:



Steel Code Check

**Load conditions to be included in design:**

C1=1.4DL	C14=0.9DL+1.6Wxn-1.6Wint
C2=1.2DL+1.6Lr	C15=0.9DL+1.6Wzp+1.6Wint
C3=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxp+0.8Wint	C16=0.9DL+1.6Wzp-1.6Wint
C4=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxp-0.8Wint	C17=0.9DL+1.6Wzn+1.6Wint
C5=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxn+0.8Wint	C18=0.9DL+1.6Wzn-1.6Wint
C6=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxn-0.8Wint	C19=0.9DL+1.1Ex
C7=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzp+0.8Wint	C20=0.9DL+0.5Lr-1.1Ex+Ez
C8=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzp-0.8Wint	C21=0.9DL+1.1Ez
C9=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzn+0.8Wint	C22=0.9DL-1.1Ez
C10=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzn-0.8Wint	C23=1.2DL+Lr+1.1Ex
C11=0.9DL+1.6Wxp+1.6Wint	C24=1.2DL+Lr-1.1Ex
C12=0.9DL+1.6Wxp-1.6Wint	C25=1.2DL+Lr+1.1Ez
C13=0.9DL+1.6Wxn+1.6Wint	C26=1.2DL+Lr-1.1Ez

Description	Section Reference	Member	Ctrl Eq.	Ratio	Status
<b>ARRIOSTRAMIENTO</b> Eq. H1 1a	<b>L 1-1_4X1-1_4x1_8</b>	<b>125</b>	C17 at 0.00%	0.50	OK
<b>COLUMNA</b> Eq. H1-1b	<b>W 10X26</b>	<b>22</b>	C18 at 50.00%	0.94	OK
<b>CORREAS TECHO</b> C5.2.2-3	<b>aisiClipM 160x60x20x2</b>	<b>77</b>	C10 at 50.00%	<b>0.95</b>	<b>OK</b>
<b>CORREAS TECHO2</b> C5.2.2-1	<b>aisillipM 160x60x20x2</b>	<b>101</b>	C18 at 68.75%	0.79	OK
<b>V1</b> Eq. H1-1b	<b>W 10X12</b>	<b>2</b>	C4 at 0.00%	0.83	OK
<b>V2</b> Eq. H1-2	<b>W 8X10</b>	<b>123</b>	C18 at 0.00%	0.79	OK

### 5.1.1 Columnas



## Analysis result

#### MEMBER 24

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.07	C11	2.31	C12	0.71	C17	0.00	C14	1.38	C17	3.62	C13
	Min	-1.43	C14	-1.85	C13	-0.61	C16	0.00	C11	-1.09	C16	-3.89	C12
50%	Max	1.15	C11	1.05	C12	0.43	C17	0.00	C14	0.30	C22	0.62	C24
	Min	-1.35	C14	-1.04	C13	-0.34	C16	0.00	C11	-0.30	C25	-0.57	C19
100%	Max	1.23	C11	0.68	C15	0.68	C18	0.00	C14	0.92	C15	1.47	C11
	Min	-1.27	C14	-0.89	C14	-0.58	C15	0.00	C11	-1.09	C18	-1.71	C14

#### MEMBER 16

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.02	C11	2.22	C12	1.19	C17	0.00	C12	1.76	C17	3.39	C13
	Min	-1.82	C6	-1.62	C13	-1.57	C16	0.00	C13	-1.93	C16	-3.60	C12
50%	Max	1.11	C11	0.95	C11	0.44	C17	0.00	C12	0.51	C16	0.78	C14
	Min	-1.71	C6	-0.83	C14	-0.39	C16	0.00	C13	-0.32	C13	-0.77	C23
100%	Max	1.20	C11	0.70	C15	0.80	C16	0.00	C12	0.46	C13	1.53	C11
	Min	-1.59	C6	-0.71	C14	-0.64	C13	0.00	C13	-0.76	C18	-1.38	C6

#### MEMBER 17

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.08	C13	1.62	C11	1.17	C17	0.00	C11	1.70	C17	3.74	C14
	Min	-1.70	C4	-2.29	C14	-1.60	C16	0.00	C14	-1.99	C16	-3.32	C11
50%	Max	1.18	C13	0.74	C11	0.37	C17	0.00	C11	0.58	C16	0.73	C24
	Min	-1.58	C4	-0.90	C14	-0.35	C16	0.00	C14	-0.36	C11	-0.66	C19
100%	Max	1.27	C13	0.60	C12	0.91	C16	0.00	C11	0.55	C11	1.41	C4
	Min	-1.46	C4	-0.69	C17	-0.68	C11	0.00	C14	-0.71	C18	-1.57	C13

#### MEMBER 18

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.21	C13	3.15	C11	0.36	C17	0.00	C11	0.99	C17	7.48	C14
	Min	-3.17	C4	-4.56	C14	-0.32	C16	0.00	C14	-0.88	C16	-6.27	C11
50%	Max	2.31	C13	1.39	C11	0.36	C17	0.00	C11	0.34	C26	0.95	C24

100%	Min	-3.05	C4	-1.77	C14	-0.32	C16	0.00	C14	-0.33	C21	-1.13	C12
	Max	2.40	C13	1.12	C12	0.36	C17	0.00	C11	0.81	C16	2.71	C4
	Min	-2.93	C4	-1.43	C17	-0.32	C16	0.00	C14	-0.94	C17	-3.06	C13

MEMBER 19

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.31	C13	3.15	C11	0.36	C17	0.00	C13	0.98	C17	7.42	C14
	Min	-3.18	C4	-4.54	C14	-0.31	C16	0.00	C12	-0.86	C16	-6.27	C11
50%	Max	2.40	C13	1.39	C11	0.36	C17	0.00	C13	0.34	C26	0.88	C24
	Min	-3.06	C4	-1.77	C14	-0.31	C16	0.00	C12	-0.33	C21	-1.13	C12
100%	Max	2.50	C13	1.11	C12	0.36	C17	0.00	C13	0.79	C16	2.69	C4
	Min	-2.93	C4	-1.42	C17	-0.31	C16	0.00	C12	-0.93	C17	-3.05	C13

MEMBER 20

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.67	C13	2.48	C11	0.35	C18	0.00	C14	0.98	C18	5.22	C14
	Min	-2.82	C4	-3.91	C14	-0.31	C15	0.00	C11	-0.86	C15	-3.80	C11
50%	Max	1.76	C13	0.74	C3	0.35	C18	0.00	C14	0.33	C26	0.79	C9
	Min	-2.70	C4	-1.14	C14	-0.31	C15	0.00	C11	-0.33	C21	-1.47	C14
100%	Max	1.85	C13	1.63	C14	0.35	C18	0.00	C14	0.78	C15	1.95	C4
	Min	-2.57	C4	-1.37	C17	-0.31	C15	0.00	C11	-0.89	C18	-1.83	C13

MEMBER 21

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.82	C13	1.40	C11	1.47	C18	0.00	C14	1.93	C18	2.71	C14
	Min	-1.48	C4	-1.98	C14	-1.03	C15	0.00	C17	-1.50	C15	-2.36	C11
50%	Max	0.91	C13	0.52	C11	0.36	C18	0.00	C14	0.30	C13	0.51	C24
	Min	-1.36	C4	-0.60	C14	-0.33	C15	0.00	C17	-0.50	C18	-0.72	C14
100%	Max	1.00	C13	0.79	C14	0.56	C13	0.00	C14	0.63	C16	0.91	C4
	Min	-1.23	C4	-0.71	C15	-0.74	C18	0.00	C17	-0.40	C17	-0.90	C13

MEMBER 22

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.68	C13	0.70	C11	2.38	C18	0.00	C18	0.90	C18	1.83	C13
	Min	-1.95	C2	-0.58	C14	-1.52	C15	0.00	C11	-0.61	C15	-2.13	C12
50%	Max	0.78	C13	0.70	C11	0.17	C18	0.00	C18	1.56	C15	0.71	C24
	Min	-1.83	C2	-0.58	C14	-0.11	C15	0.00	C11	-2.48	C18	-0.77	C23
100%	Max	0.87	C13	0.70	C11	1.30	C15	0.00	C18	0.00	C18	1.59	C11

Min    -1.71 C2            -0.58 C14            -2.05 C18            0.00 C11            0.00 C13            -1.27 C14

---

**MEMBER 23**

Station		Axial [Ton]	Ic	Shear V2 [Ton]	Ic	Shear V3 [Ton]	Ic	Torsion [Ton*m]	Ic	M22 [Ton*m]	Ic	M33 [Ton*m]	Ic
0%	Max	0.73	C11	2.05	C12	1.45	C18	0.00	C14	1.87	C18	2.30	C13
	Min	-1.24	C6	-1.40	C13	-1.00	C15	0.00	C11	-1.40	C15	-3.02	C12
50%	Max	0.81	C11	0.78	C12	0.43	C18	0.00	C14	0.29	C22	0.48	C24
	Min	-1.13	C6	-0.59	C13	-0.35	C15	0.00	C11	-0.41	C18	-0.56	C23
100%	Max	0.90	C11	0.56	C17	0.49	C11	0.00	C14	0.71	C16	0.98	C11
	Min	-1.02	C6	-0.49	C12	-0.58	C18	0.00	C11	-0.62	C17	-0.77	C14

---

**MEMBER 25**

Station		Axial [Ton]	Ic	Shear V2 [Ton]	Ic	Shear V3 [Ton]	Ic	Torsion [Ton*m]	Ic	M22 [Ton*m]	Ic	M33 [Ton*m]	Ic
0%	Max	2.36	C13	2.44	C12	0.65	C17	0.00	C14	1.23	C17	3.94	C13
	Min	-3.93	C4	-1.89	C13	-0.64	C16	0.00	C11	-1.16	C16	-4.22	C12
50%	Max	2.44	C13	1.30	C11	0.37	C17	0.00	C14	0.28	C22	0.60	C14
	Min	-3.82	C4	-1.22	C14	-0.35	C16	0.00	C11	-0.31	C25	-0.86	C23
100%	Max	2.53	C13	0.87	C15	0.60	C18	0.00	C14	0.91	C15	2.42	C11
	Min	-3.70	C4	-1.10	C14	-0.58	C15	0.00	C11	-0.92	C18	-2.31	C14

---

**MEMBER 26**

Station		Axial [Ton]	Ic	Shear V2 [Ton]	Ic	Shear V3 [Ton]	Ic	Torsion [Ton*m]	Ic	M22 [Ton*m]	Ic	M33 [Ton*m]	Ic
0%	Max	2.19	C11	4.41	C12	0.44	C17	0.00	C14	1.15	C17	6.34	C13
	Min	-3.49	C6	-3.13	C13	-0.36	C16	0.00	C11	-0.93	C16	-7.14	C12
50%	Max	2.28	C11	1.87	C11	0.44	C17	0.00	C14	0.35	C26	1.42	C14
	Min	-3.38	C6	-1.54	C14	-0.36	C16	0.00	C11	-0.33	C21	-0.92	C23
100%	Max	2.36	C11	1.43	C15	0.44	C17	0.00	C14	0.86	C16	2.99	C11
	Min	-3.26	C6	-1.30	C14	-0.36	C16	0.00	C11	-1.07	C17	-2.68	C6

---

**MEMBER 27**

Station		Axial [Ton]	Ic	Shear V2 [Ton]	Ic	Shear V3 [Ton]	Ic	Torsion [Ton*m]	Ic	M22 [Ton*m]	Ic	M33 [Ton*m]	Ic
0%	Max	2.07	C11	4.42	C12	0.44	C17	0.00	C12	1.14	C17	6.35	C13
	Min	-3.48	C6	-3.07	C13	-0.37	C16	0.00	C13	-0.96	C16	-7.16	C12
50%	Max	2.16	C11	1.87	C11	0.44	C17	0.00	C12	0.34	C26	1.42	C14
	Min	-3.37	C6	-1.54	C14	-0.37	C16	0.00	C13	-0.33	C21	-1.01	C23
100%	Max	2.25	C11	1.42	C17	0.44	C17	0.00	C12	0.87	C16	2.98	C11
	Min	-3.25	C6	-1.30	C14	-0.37	C16	0.00	C13	-1.07	C17	-2.66	C6

---



**MEMBER 102**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.39	C11	1.42	C15	0.60	C18	0.01	C18	0.43	C8	2.98	C11
	Min	-3.12	C6	-1.30	C14	-0.67	C3	-0.01	C11	-0.49	C13	-2.66	C6
50%	Max	2.39	C11	1.51	C15	0.60	C18	0.01	C18	0.48	C8	3.08	C11
	Min	-3.11	C6	-1.29	C14	-0.67	C3	-0.01	C11	-0.45	C13	-2.82	C6
100%	Max	2.40	C11	1.59	C15	0.60	C18	0.01	C18	0.54	C2	3.17	C11
	Min	-3.10	C6	-1.28	C14	-0.67	C3	-0.01	C11	-0.47	C17	-2.99	C6

**MEMBER 103**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.45	C11	1.43	C17	1.14	C17	0.01	C18	0.36	C10	2.99	C11
	Min	-3.21	C6	-1.30	C14	-1.03	C2	-0.01	C15	-0.40	C15	-2.68	C6
50%	Max	2.46	C11	1.51	C17	1.14	C17	0.01	C18	0.42	C10	3.09	C11
	Min	-3.20	C6	-1.29	C14	-1.03	C2	-0.01	C15	-0.39	C15	-2.84	C6
100%	Max	2.46	C11	1.60	C17	1.14	C17	0.01	C18	0.55	C2	3.17	C11
	Min	-3.19	C6	-1.27	C14	-1.03	C2	-0.01	C15	-0.48	C17	-3.01	C6

**MEMBER 104**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.13	C11	0.69	C15	0.52	C5	0.01	C14	0.15	C5	1.53	C11
	Min	-1.53	C6	-0.70	C14	-0.50	C16	-0.01	C11	-0.13	C16	-1.38	C6
50%	Max	1.13	C11	0.74	C15	0.50	C5	0.01	C14	0.08	C5	1.58	C11
	Min	-1.52	C6	-0.70	C14	-0.43	C16	-0.01	C11	-0.06	C16	-1.47	C6
100%	Max	1.14	C11	0.78	C15	0.48	C5	0.01	C14	0.00	C14	1.62	C11
	Min	-1.51	C6	-0.69	C14	-0.36	C16	-0.01	C11	0.00	C11	-1.56	C6

**MEMBER 105**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.64	C13	0.87	C15	1.17	C8	0.01	C12	0.22	C15	2.42	C11
	Min	-3.63	C4	-1.10	C14	-1.17	C13	-0.01	C13	-0.27	C6	-2.31	C14
50%	Max	2.65	C13	0.91	C15	1.18	C8	0.01	C12	0.34	C15	2.52	C11
	Min	-3.63	C4	-1.09	C14	-1.19	C13	-0.01	C13	-0.43	C10	-2.47	C14
100%	Max	2.65	C13	0.96	C15	1.19	C8	0.01	C12	0.46	C15	2.62	C11
	Min	-3.62	C4	-1.09	C14	-1.21	C13	-0.01	C13	-0.61	C10	-2.64	C14

**MEMBER 106**

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.35	C11	0.68	C15	0.51	C3	0.00	C26	0.49	C13	1.47	C11
	Min	-1.28	C14	-0.89	C14	-0.81	C18	0.00	C18	-0.32	C10	-1.71	C14
50%	Max	1.35	C11	0.72	C15	0.50	C3	0.00	C26	0.48	C15	1.53	C11
	Min	-1.28	C14	-0.88	C14	-0.79	C18	0.00	C18	-0.32	C10	-1.84	C14
100%	Max	1.36	C11	0.76	C15	0.49	C3	0.00	C26	0.48	C15	1.59	C11
	Min	-1.27	C14	-0.88	C14	-0.77	C18	0.00	C18	-0.31	C10	-1.97	C14

MEMBER 107

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.87	C11	0.56	C17	0.90	C18	0.00	C26	0.25	C18	0.98	C11
	Min	-0.90	C6	-0.49	C12	-0.50	C7	0.00	C21	-0.14	C7	-0.77	C14
50%	Max	0.87	C11	0.61	C17	0.84	C18	0.00	C26	0.12	C18	0.99	C11
	Min	-0.89	C6	-0.57	C12	-0.48	C7	0.00	C21	-0.07	C7	-0.83	C14
100%	Max	0.88	C11	0.65	C17	0.78	C18	0.00	C26	0.00	C11	1.00	C11
	Min	-0.88	C6	-0.64	C12	-0.46	C7	0.00	C21	0.00	C18	-0.88	C14

MEMBER 108

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.20	C13	0.60	C12	0.43	C3	0.01	C14	0.12	C3	1.41	C4
	Min	-1.40	C4	-0.69	C17	-0.64	C16	-0.01	C11	-0.17	C16	-1.57	C13
50%	Max	1.20	C13	0.59	C12	0.41	C3	0.01	C14	0.06	C3	1.49	C4
	Min	-1.39	C4	-0.74	C17	-0.57	C16	-0.01	C11	-0.08	C16	-1.60	C13
100%	Max	1.21	C13	0.65	C14	0.40	C3	0.01	C14	0.00	C13	1.57	C4
	Min	-1.38	C4	-0.78	C17	-0.49	C16	-0.01	C11	0.00	C12	-1.63	C13

MEMBER 109

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.54	C13	1.12	C12	0.58	C16	0.01	C26	0.31	C8	2.71	C4
	Min	-2.80	C4	-1.43	C15	-0.48	C26	-0.01	C21	-0.50	C13	-3.06	C13
50%	Max	2.55	C13	1.15	C14	0.58	C16	0.01	C26	0.30	C8	2.87	C4
	Min	-2.79	C4	-1.51	C15	-0.48	C26	-0.01	C21	-0.45	C13	-3.13	C13
100%	Max	2.55	C13	1.30	C14	0.58	C16	0.01	C26	0.31	C2	3.02	C4
	Min	-2.78	C4	-1.60	C15	-0.48	C26	-0.01	C21	-0.46	C17	-3.19	C13

MEMBER 110

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.60	C13	1.12	C12	0.49	C17	0.01	C26	0.23	C2	2.69	C4

50%	Min	-2.84	C4	-1.42	C15	-0.36	C26	-0.01	C21	-0.32	C17	-3.05	C13
	Max	2.61	C13	1.15	C14	0.49	C17	0.01	C26	0.27	C2	2.84	C4
100%	Min	-2.83	C4	-1.51	C15	-0.36	C26	-0.01	C21	-0.39	C17	-3.12	C13
	Max	2.61	C13	1.31	C14	0.49	C17	0.01	C26	0.31	C2	2.99	C4
	Min	-2.82	C4	-1.59	C15	-0.36	C26	-0.01	C21	-0.46	C17	-3.18	C13

MEMBER 111

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.02	C13	1.64	C14	0.49	C25	0.01	C26	0.14	C26	1.95	C4
	Min	-2.48	C4	-1.37	C17	-0.39	C18	-0.01	C21	-0.12	C18	-1.83	C13
50%	Max	2.03	C13	1.79	C14	0.49	C25	0.01	C26	0.07	C26	2.04	C4
	Min	-2.47	C4	-1.46	C17	-0.39	C18	-0.01	C21	-0.06	C18	-1.79	C13
100%	Max	2.03	C13	1.95	C14	0.49	C25	0.01	C26	0.00	C11	2.12	C4
	Min	-2.46	C4	-1.54	C17	-0.39	C18	-0.01	C21	-0.01	C25	-1.75	C13

MEMBER 112

Station		Axial	Ic	Shear V2	Ic	Shear V3	Ic	Torsion	Ic	M22	Ic	M33	Ic
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.98	C13	0.78	C14	0.66	C18	0.01	C22	0.18	C18	0.91	C4
	Min	-1.17	C4	-0.71	C15	-0.57	C13	-0.01	C25	-0.16	C13	-0.90	C13
50%	Max	0.99	C13	0.86	C14	0.60	C18	0.01	C22	0.08	C18	0.96	C4
	Min	-1.16	C4	-0.75	C15	-0.54	C13	-0.01	C25	-0.08	C13	-0.89	C13
100%	Max	0.99	C13	0.94	C14	0.54	C18	0.01	C22	0.00	C26	1.00	C4
	Min	-1.16	C4	-0.80	C15	-0.51	C13	-0.01	C25	0.00	C21	-0.87	C13

Como se puede observar en el análisis, las columnas se encuentran sometidas a **compresión, corte y momento** alrededor de los ejes 22 y 33. Por lo tanto, los estados límites a verificar por el programa tienen en cuenta todos estos tipos de falla.

### 5.1.1.1 Estabilidad de la estructura (Global y local)

La compresión, por lo general no se resuelve como un problema de resistencia si no, como uno de estabilidad.

Las expresiones que determinan la resistencia nominal de una barra recta comprimida frente a pandeo flexional dependen de la esbeltez del elemento. Para esbelteces muy altas, la sección falla en zona elástica y para barras cortas en zona inelástica.

Sin embargo, para que estas expresiones sean válidas, las secciones deben ser compactas, es decir deben ser capaces de alcanzar la tensión de fluencia sin pandear localmente. Esto depende de la esbeltez local de los elementos de la sección.

Por lo tanto a la hora de determinar la resistencia nominal de una barra es importante determinar si la sección tiene, o no, elementos esbeltos y proceder a utilizar la fórmula adecuada al caso, verificando pandeo global y local en un mismo calculo.

➤ **Esbelteces locales**

- Alas:

$$\lambda_f = \frac{b}{2 \times t_f}$$

$$\lambda_f = \frac{14.65}{2 \times 1.12 \text{ cm}} = 6.54$$

- Alma:

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda_w = \frac{24 \text{ cm}}{0.66 \text{ cm}} = 36.4$$

➤ **Esbeltez límite**

Ala: Caso 5

$$\lambda_r = \frac{285}{\sqrt{\frac{F_y}{k_c}}}$$

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} = \frac{4}{\sqrt{\frac{24}{0.66 \text{ m}}}} = 0.66$$

$$\lambda_r = \frac{285}{\sqrt{\frac{235}{0.66}}} = 15.1$$

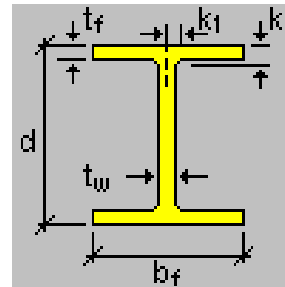
$\lambda_f = 6.54 < \lambda_r \Rightarrow$  **ALAS COMPACTAS**

Alma: Caso 12

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{F_y}} = \frac{665}{\sqrt{235}} = 43.38$$

$\lambda_w = 36.4 < \lambda_r \Rightarrow$  **ALMA COMPACTA**

Columna perfil W10x2



bf	=	14.656 [cm]	Ancho
d	=	26.162 [cm]	Profundidad
tf	=	1.118 [cm]	Espesor de ala
tw	=	0.660 [cm]	Espesor de alma

**Así, la resistencia nominal de la barra es el producto entre la tensión crítica de pandeo por el área bruta de la sección:**

$$\text{Si } \lambda_c \leq 1.5 \rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \times F_y$$

$$\text{Si } \lambda_c > 1.5 \rightarrow F_{cr} = \left( \frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) \times F_y$$

$$R_d = \varphi \times R_n \quad \Rightarrow \quad R_d = \varphi \times F_{cr} \times A_g \quad \text{con } \varphi = 0.85$$

Para poder determinar el valor de esbeltez crítica, es necesario determinar la longitud efectiva de pandeo. Al ser el pórtico a nudos desplazables, la configuración de la deformada depende de la relación de rigideces entre viga y columna. Se consideró un  $k=1.2$  en ambas direcciones.

### 5.1.1.2 Estados límites últimos para la Flexión simple.

#### 1- **Por acción del momento flector:**

**a) Plastificación:** la condición para que se alcance la plastificación es que la sección sea compacta. Cuando la sección se plastifica se desarrolla el momento plástico  $M_p$ .

El momento nominal resulta:

$$M_n = M_p = Z \times F_y < 1.5 (S.F_y)$$

Z= modulo resistente plástico

Propiedades de la sección.

S= modulo resistente elástico

**b) Pandeo lateral torsional:** se da solo cuando el miembro flexa alrededor del eje fuerte (3-3). Al deformarse, la cabeza comprimida de la columna flexada puede presentar problemas de inestabilidad pandeando alrededor de su eje débil. La cabeza traccionada tiende volver a la posición recta, se opone al desplazamiento por lo que la sección debe girar generando una torsión.

El momento flector alrededor de 3-3 que produce el inicio del PLT se denomina momento crítico de pandeo lateral y es el momento nominal para este estado límite último. Este momento está en función de la forma seccional, de la posición de la carga con respecto a la sección, de las longitudes no arriostradas límite (propiedades de la sección) y de la longitud lateral no arriostrada  $L_b$ , lo cual fue necesario definir en el programa y es igual a la longitud del elemento.

**c) Pandeo local del ala:** no sucede en secciones compactas. Pueden desarrollar su  $M_p$

**d) Pandeo local del alma:** no sucede en secciones compactas. Pueden desarrollar su  $M_p$

## RESISTENCIA DE DISEÑO

$$M_d = \varphi \times M_n \quad \text{con } \varphi = 0.9 \text{ Y } M_n \text{ el menor de los cuatro.}$$

### 2- Por acción del esfuerzo de corte:

a) **Plastificación del alma**

b) **Pandeo del alma:** el alma pandea antes de alcanzar la  $F_y$  al corte.

*Cualquiera de los estados límites (y su correspondiente modo de falla) analizados puede ser determinante. Además, hay que tener en cuenta que la fuerza de compresión produce momentos adicionales actuando en la barra deformada por la flexión y que estos momentos se suman al requerido por aquella (Efecto de segundo orden).*

*En otras palabras, el problema resulta inabordable en forma general por la gran cantidad de variables involucradas y posibles modos de falla. Surgen así las curvas de interacción obtenidas a partir de ensayos que determinan el límite de la combinación normal-flector que produce la superación de algún estado límite.*

*En éste caso, la fórmula de interacción que controla al elemento es Eq. H1-1b, que si la buscamos en el reglamento resulta:*

$$\frac{Pr}{2Pc} + \left( \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) \leq 1,0$$

Con:

$Pr$ = Resistencia de compresión axial requerida según combinaciones de carga.

$Pc$ = Resistencia de compresión axial disponible.

$Mr$ = resistencia de flexión requerida según combinaciones de carga.

$Mc$  = resistencia de flexión disponible.

$X$ = eje fuerte

$Y$ = eje débil

### 5.1.2 Vigas

En las vigas, los estados límites a verificar son los mismos que en las columnas. La sección también es compacta.

En el caso de las vigas, la longitud lateral no arriostrada resulta:

$L_{b_{pos}} = 1$  (Se encuentran las correas cada un metro)

$L_{b_{neg}} = 2$  (se colocan tornapuntas cada dos metros)

### 5.1.3 Arriostramientos

Los arriostramientos, materializados con un perfil L  $1\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{4} \times \frac{1}{8}$ , trabajan únicamente a tracción, por lo que no presentan problemas de inestabilidad.

Así, en principio, permite un mayor aprovechamiento de la capacidad resistente del acero. Sin embargo, la disposición de uniones extremas y la manera con que se transmite la carga inciden sobre la capacidad resistente de la barra.

La rotura se produce cuando la tensión de fluencia del acero alcanza  $F_u$ , lo cual trae aparejado grandes deformaciones. Dicha deformación solo puede ser permitida en la sección del agujero, ya que de ella no resulta una deformación significativa en la barra.

En el resto de las secciones (área bruta), no se puede superar la deformación de fluencia, ya que el alargamiento de la barra podría limitar su utilización.

Además, puede producirse en los extremos de las barras traccionadas la falla por rotura de bloque de corte, esto es, el arrancamiento en la conexión atornillada extrema. La falla puede ocurrir a lo largo de una trayectoria que implique tracción en un plano y corte en el plano perpendicular.

#### ESTADOS LÍMITES A VERIFICAR

1. *Fluencia en la sección bruta*

$$R_{d1} = \phi \cdot F_y \cdot A_g = \phi \cdot F_y \cdot t \cdot h \quad \text{con } \phi = 0.9$$

2. *Rotura en la sección neta*

$$R_{d2} = \phi \cdot F_u \cdot A_e \quad \text{con } \phi = 0.75$$

3. *Rotura del bloque de corte*

$$R_{d3} = \phi \cdot R_n$$

$$R_n = 0,6 \cdot F_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \leq 0,6 \cdot F_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt}$$

Donde:

$A_{nt}$  = Area neta a traccion

$A_{nv}$  = Area neta a corte

$A_{gt}$  = Area bruta a traccion

$A_{gv}$  = Area bruta a corte

**La relación Rd/Ru resulta 0.50 por lo que el perfil seleccionado resulta adecuado.**

VERIFICACIÓN BULONES Y CHAPA NODAL

En primer lugar determinamos la tracción máxima:

MEMBER 95

Station		Axial [Ton]	lc	Shear V2 [Ton]	lc	Shear V3 [Ton]	lc	Torsion [Ton*m]	lc
0%	Max	0.44	C11	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C15
	Min	-0.08	C25	0.00	C13	0.00	C15	0.00	C18
50%	Max	0.44	C11	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C15
	Min	-0.08	C25	0.00	C13	0.00	C15	0.00	C18
100%	Max	0.44	C11	0.00	C18	0.00	C18	0.00	C15
	Min	-0.08	C25	0.00	C13	0.00	C15	0.00	C18

MEMBER 98

Station		Axial [Ton]	lc	Shear V2 [Ton]	lc	Shear V3 [Ton]	lc	Torsion [Ton*m]	lc
0%	Max	0.27	C16	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C8
	Min	-0.09	C21	0.00	C15	0.00	C18	0.00	C11
50%	Max	0.27	C16	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C8
	Min	-0.09	C21	0.00	C15	0.00	C18	0.00	C11
100%	Max	0.27	C16	0.00	C18	0.00	C15	0.00	C8
	Min	-0.09	C21	0.00	C15	0.00	C10	0.00	C11

MEMBER 97

Station		Axial [Ton]	lc	Shear V2 [Ton]	lc	Shear V3 [Ton]	lc	Torsion [Ton*m]	lc
0%	Max	1.62	C17	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C15
	Min	-0.38	C25	0.00	C15	0.00	C15	0.00	C18
50%	Max	1.62	C17	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C15
	Min	-0.38	C25	0.00	C15	0.00	C15	0.00	C18
100%	Max	1.62	C17	0.00	C18	0.00	C18	0.00	C15



Min      -0.38   C25              0.00   C15              0.00   C15              0.00   C18

---

**MEMBER 96**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]	
0%	Max	1.58	C16	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C18
	Min	-0.39	C25	0.00	C11	0.00	C15	0.00	C13
50%	Max	1.58	C16	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C18
	Min	-0.39	C25	0.00	C11	0.00	C15	0.00	C13
100%	Max	1.58	C16	0.00	C1	0.00	C18	0.00	C18
	Min	-0.39	C25	0.00	C1	0.00	C15	0.00	C13

---

**MEMBER 99**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]	
0%	Max	1.41	C18	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C2
	Min	-0.42	C21	0.00	C16	0.00	C15	0.00	C18
50%	Max	1.41	C18	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C2
	Min	-0.42	C21	0.00	C16	0.00	C15	0.00	C18
100%	Max	1.41	C18	0.00	C17	0.00	C18	0.00	C2
	Min	-0.42	C21	0.00	C16	0.00	C15	0.00	C18

---

**MEMBER 121**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]	
0%	Max	1.09	C15	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C18
	Min	-0.41	C25	0.00	C15	0.00	C18	0.00	C13
50%	Max	1.09	C15	0.00	C1	0.00	C1	0.00	C18
	Min	-0.41	C25	0.00	C15	0.00	C18	0.00	C13
100%	Max	1.09	C15	0.00	C18	0.00	C15	0.00	C18
	Min	-0.41	C25	0.00	C15	0.00	C18	0.00	C13

---

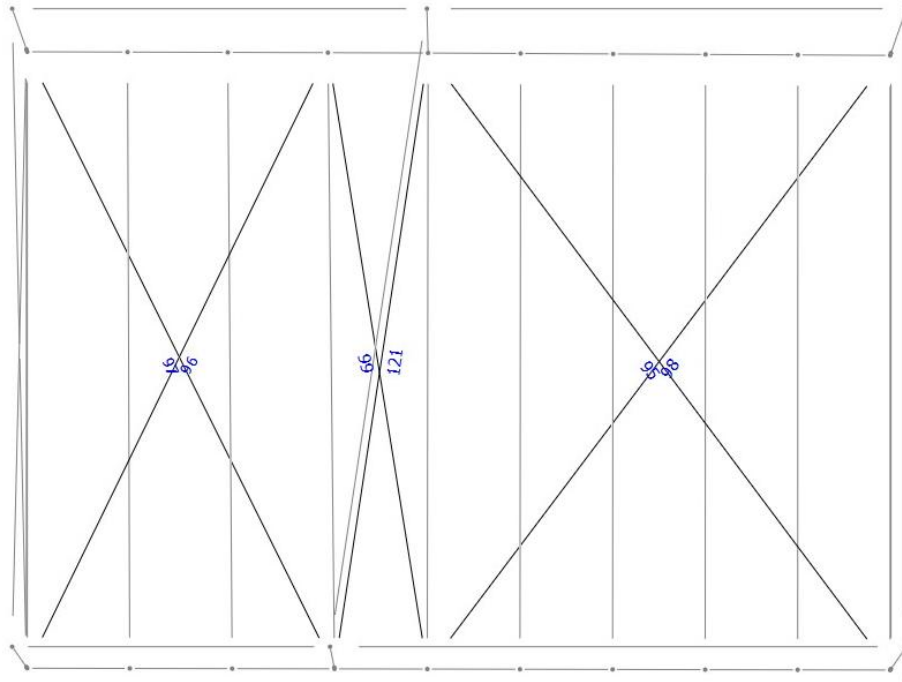


Figura 5-1 Arriostramientos

Miembros 96 y 97:

Miembro 96	Miembro 97	Suma
T = 1.58 (C16)	C = 0	1.58 tn
C = 0	T = 1.62 (C17)	<b>1.62 tn</b>

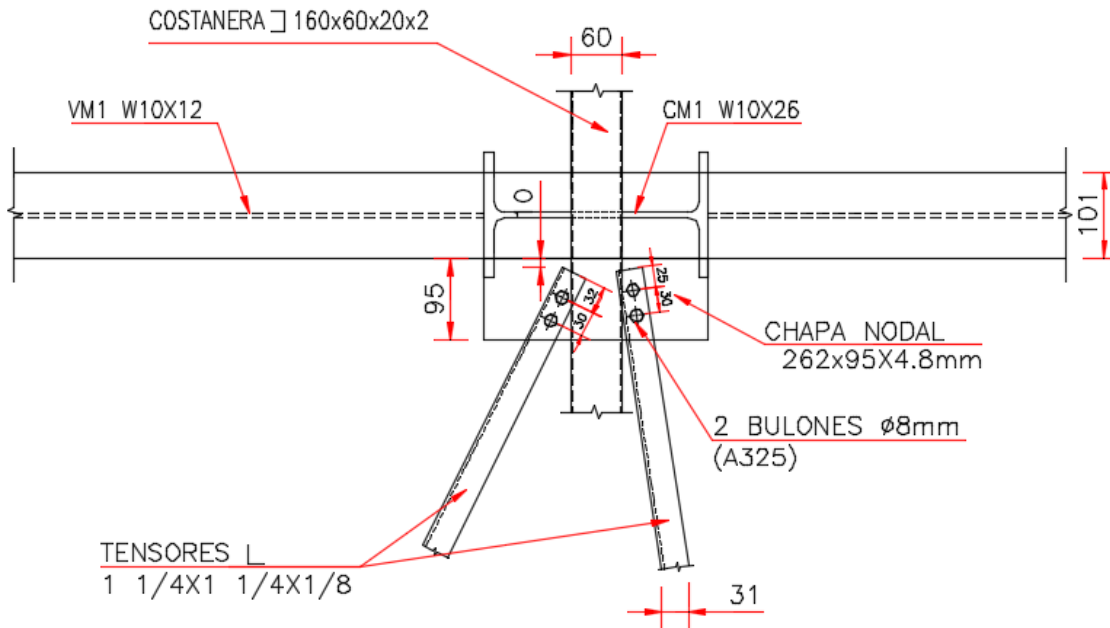
Miembros 121 y 99

Miembro 121	Miembro 99	Suma
T = 1.09 (C16)	C = 0	1.09 tn
C = 0	T = 1.41 (C18)	1.41 tn
C = -0.4	T = 0.4	0.8 tn

Miembros 95 y 98

Miembro 121	Miembro 99	Suma
T = 0.44 (C11)	C = 0	0.44 tn
C = 0	T = 0.27 (C16)	0.27 tn

**Máxima tracción para dimensionamiento de la unión = 1.62 tn**



La fuerza de tracción se transmite por aplastamiento del perfil L al bulón, luego pasa por corte del bulón de la parte superior a la inferior del mismo. De ésta, pasa por aplastamiento al extremo de la chapa nodal. Por lo tanto las probabilidades de falla son:

- Por corte del bulón
- Por desgarramiento de la chapa desde el bulón hasta su extremo libre.
- Por aplastamiento del bulón
- Por aplastamiento de la chapa
- Por rotura de la chapa en la sección del agujero.

De todas estas posibles fallas, habrá una que será determinante y definirá la resistencia de la unión.

☞ Resistencia de diseño al corte del bulón: (con rosca no excluida del plano de corte)

$$R_d = \phi \cdot n \cdot F'_v \cdot m \cdot A_b$$

$$\phi = 0,75$$

$$n = 2$$

$$F'_v = 0.4 Fu = 330 \text{ MPa}$$

$$m = 1$$

$$A_b = \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} = 0.5 \text{ cm}^2$$

$$R_d = 0,75 \cdot 2 \cdot 3,3 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} \cdot 0.5 \text{ cm}^2 = 2.5 \text{ tn} > 1.62 \text{ tn} = T_u$$

☞ Resistencia de diseño al aplastamiento de la chapa:

La resistencia de diseño es:

$$R_d = \phi \cdot R_n \quad \text{con } \phi = 0,75$$

La resistencia nominal al aplastamiento de la chapa para deformación no permitida:

$$R_n = 1,2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d_b \cdot t \cdot F_u$$

La resistencia al aplastamiento de la chapa será tomada como la suma de las resistencias al aplastamiento de la chapa en todos los agujeros de los bulones que pertenecen a la unión. Cada bulón tiene su capacidad en función de la distancia al borde y la separación entre bulones.

Bulón 1:

$$L_{c1} = 2,5 \text{ cm} - \frac{0,8 \text{ cm}}{2} = 2,1 \text{ cm}$$

$$R_{n1} = 1,2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u = 1,2 \cdot 2,1 \text{ cm} \cdot 0,48 \text{ cm} \cdot 3,7 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} = 4,47 \text{ tn}$$

$$R_{n1} = 2,4 \cdot d_b \cdot t \cdot F_u = 2,4 \cdot 0,8 \text{ cm} \cdot 0,48 \text{ cm} \cdot 3,7 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} = \mathbf{3,4 \text{ tn}}$$

Bulón 2:

$$L_{c2} = 3 \text{ cm} - 0,8 \text{ cm} = 2,2 \text{ cm}$$

$$R_{n2} = 1,2 \cdot L_c \cdot t \cdot F_u = 1,2 \cdot 2,2 \text{ cm} \cdot 0,48 \text{ cm} \cdot 3,70 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} = 4,7 \text{ tn}$$

$$R_{n2} = 2,4 \cdot d_b \cdot t \cdot F_u = 2,4 \cdot 0,8 \text{ cm} \cdot 0,48 \text{ cm} \cdot 3,70 \frac{\text{tn}}{\text{cm}^2} = \mathbf{3,4 \text{ tn}}$$

La resistencia de diseño al aplastamiento de la chapa es entonces:

$$R_d = \phi \cdot R_n = 0,75 \cdot (3,4 \cdot 2 \text{ tn}) = \mathbf{5,1 \text{ tn}} > \mathbf{1,62 \text{ tn}} = T_u$$

☞ Rotura de bloque de corte en la chapa:

La chapa de nudo no tiene bloque de corte.

### 5.1.4 Correos

Se colocaron perfiles C livianos de acero de sección abierta conformados en frío.

Las mismas se encuentran sometidas a flexión y corte.

Colocamos Tillas cada 3.25 m para mejorar su resistencia a flexión para cargas actuantes en

Para verificar las correas se obtuvieron los máximos momentos y corte a partir del análisis de carga obtenido en RAM y la verificación se llevó a cabo con el programa DIMperfil.

Los estados límites a verificar son:

- 1- Flexión
- 2- Corte
- 3- Flexión y corte combinados
- 4- Pandeo localizado del alma
- 5- Pandeo localizado en el ala
- 6- Pandeo lateral torsional
- 7- Pandeo distorsional

## Analysis result

### Forces envelope

#### MEMBER 61

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.02	C18	0.41	C2	0.00	C13	0.00	C13	0.01	C13	0.00	C2
	Min	-0.01	C21	-0.26	C13	0.00	C12	0.00	C12	-0.01	C12	0.00	CS8
50%	Max	0.02	C18	0.00	CS8	0.00	C13	0.00	C13	0.01	C22	0.64	C2
	Min	-0.01	C21	0.00	C5	0.00	C12	0.00	C12	-0.01	C25	-0.41	C13
100%	Max	0.02	C18	0.26	C13	0.00	C13	0.00	C13	0.01	C11	0.00	C1
	Min	-0.01	C21	-0.41	C2	0.00	C12	0.00	C12	-0.01	C25	0.00	C1

#### MEMBER 8

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.21	C18	0.21	C2	0.00	C25	0.00	C11	0.01	C26	0.00	C12
	Min	-0.44	C13	-0.29	C13	0.00	C22	0.00	C2	-0.01	C21	0.00	C13
50%	Max	0.21	C18	0.00	C13	0.00	C25	0.00	C11	0.01	C26	0.33	C2

100%	Min	-0.44	C13	0.00	C12	0.00	C22	0.00	C2	-0.01	C21	-0.45	C13
	Max	0.21	C18	0.29	C13	0.00	C25	0.00	C11	0.01	C22	0.00	C1
	Min	-0.44	C13	-0.21	C2	0.00	C22	0.00	C2	-0.01	C25	0.00	C1

**MEMBER 9**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.83	C18	0.21	C2	0.00	C21	0.00	C11	0.00	C22	0.00	C12
	Min	-0.75	C15	-0.29	C13	0.00	C26	0.00	C14	0.00	C25	0.00	C13
50%	Max	0.83	C18	0.00	C13	0.00	C21	0.00	C11	0.00	C26	0.33	C2
	Min	-0.75	C15	0.00	C12	0.00	C26	0.00	C14	0.00	C21	-0.45	C13
100%	Max	0.83	C18	0.29	C13	0.00	C21	0.00	C11	0.00	C26	0.00	C1
	Min	-0.75	C15	-0.21	C2	0.00	C26	0.00	C14	0.00	C18	0.00	C1

**MEMBER 10**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.20	C11	0.21	C2	0.00	C21	0.00	C12	0.01	C22	0.00	C2
	Min	-0.15	C18	-0.29	C13	0.00	C26	0.00	C13	-0.01	C25	0.00	C13
50%	Max	0.20	C11	0.00	C14	0.00	C21	0.00	C12	0.01	C26	0.33	C2
	Min	-0.15	C18	0.00	C11	0.00	C26	0.00	C13	-0.01	C21	-0.45	C13
100%	Max	0.20	C11	0.29	C13	0.00	C21	0.00	C12	0.01	C26	0.00	C1
	Min	-0.15	C18	-0.21	C2	0.00	C26	0.00	C13	-0.01	C21	0.00	C1

**MEMBER 11**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.83	C15	0.37	C2	0.00	C13	0.00	C11	0.01	C13	0.00	C5
	Min	-1.23	C18	-0.29	C13	0.00	C12	0.00	C14	-0.01	C12	0.00	C13
50%	Max	0.83	C15	0.00	C14	0.00	C13	0.00	C11	0.01	C24	0.58	C2
	Min	-1.23	C18	0.00	C5	0.00	C12	0.00	C14	-0.01	C23	-0.45	C13
100%	Max	0.83	C15	0.29	C13	0.00	C13	0.00	C11	0.01	C12	0.00	C1
	Min	-1.23	C18	-0.37	C2	0.00	C12	0.00	C14	-0.02	C13	0.00	C1

**MEMBER 12**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.13	C11	0.21	C2	0.00	C21	0.00	C4	0.01	C22	0.00	C13
	Min	-0.09	C16	-0.29	C13	0.00	C26	0.00	C15	-0.01	C25	0.00	C11
50%	Max	0.13	C11	0.00	C11	0.00	C21	0.00	C4	0.01	C22	0.33	C2
	Min	-0.09	C16	0.00	C6	0.00	C26	0.00	C15	-0.01	C25	-0.45	C13

-DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL METÁLICO-

100%	Max	0.13	C11	0.29	C13	0.00	C21	0.00	C4	0.01	C26	0.00	C1
	Min	-0.09	C16	-0.21	C2	0.00	C26	0.00	C15	-0.01	C21	0.00	C1

MEMBER 13

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.19	C13	0.37	C2	0.00	C15	0.00	C4	0.01	C15	0.00	C2
	Min	-0.21	C18	-0.29	C13	-0.01	C18	0.00	C13	-0.02	C18	0.00	C11
50%	Max	0.19	C13	0.00	C3	0.00	C15	0.00	C4	0.00	C26	0.58	C2
	Min	-0.21	C18	0.00	C5	-0.01	C18	0.00	C13	0.00	C21	-0.45	C13
100%	Max	0.19	C13	0.29	C13	0.00	C15	0.00	C4	0.02	C18	0.00	C1
	Min	-0.21	C18	-0.37	C2	-0.01	C18	0.00	C13	-0.01	C15	0.00	C1

MEMBER 14

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.50	C16	0.21	C2	0.00	C12	0.00	C5	0.01	C12	0.00	C13
	Min	-0.54	C11	-0.29	C13	-0.01	C13	0.00	C12	-0.02	C13	0.00	C11
50%	Max	0.50	C16	0.00	C11	0.00	C12	0.00	C5	0.01	C22	0.33	C2
	Min	-0.54	C11	0.00	C6	-0.01	C13	0.00	C12	-0.01	C25	-0.45	C13
100%	Max	0.50	C16	0.29	C13	0.00	C12	0.00	C5	0.02	C13	0.00	C1
	Min	-0.54	C11	-0.21	C2	-0.01	C13	0.00	C12	-0.01	C12	0.00	C1

MEMBER 15

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.37	C16	0.37	C2	0.01	C11	0.00	C14	0.02	C11	0.00	C2
	Min	-0.46	C11	-0.29	C13	-0.01	C14	0.00	C3	-0.02	C14	0.00	C11
50%	Max	0.37	C16	0.00	C3	0.01	C11	0.00	C14	0.00	C22	0.58	C2
	Min	-0.46	C11	0.00	C5	-0.01	C14	0.00	C3	0.00	C25	-0.45	C13
100%	Max	0.37	C16	0.29	C13	0.01	C11	0.00	C14	0.02	C14	0.00	C1
	Min	-0.46	C11	-0.37	C2	-0.01	C14	0.00	C3	-0.02	C11	0.00	C1

MEMBER 52

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.01	C26	0.41	C2	0.00	C21	0.00	C11	0.01	C22	0.00	C9
	Min	-0.01	C21	-0.26	C17	-0.01	C26	0.00	C2	-0.01	C25	0.00	C20
50%	Max	0.01	C26	0.00	C13	0.00	C21	0.00	C11	0.01	C26	0.64	C2

-DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL METÁLICO-

	Min	-0.01	C21	0.00	C4	-0.01	C26	0.00	C2	-0.01	C21	-0.41	C17
100%	Max	0.01	C26	0.26	C13	0.00	C21	0.00	C11	0.02	C26	0.00	C13
	Min	-0.01	C21	-0.41	C2	-0.01	C26	0.00	C2	-0.01	C21	-0.01	C4

MEMBER 53

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.02	C14	0.41	C2	0.00	C21	0.00	C12	0.01	C22	0.00	C2
	Min	-0.03	C11	-0.26	C13	0.00	C12	0.00	C7	-0.02	C25	0.00	CS8
50%	Max	0.02	C14	0.00	CS8	0.00	C21	0.00	C12	0.01	C22	0.64	C2
	Min	-0.03	C11	0.00	C5	0.00	C12	0.00	C7	-0.01	C25	-0.41	C13
100%	Max	0.02	C14	0.26	C13	0.00	C21	0.00	C12	0.01	C11	0.00	C1
	Min	-0.03	C11	-0.41	C2	0.00	C12	0.00	C7	-0.01	C25	0.00	C1

MEMBER 54

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.04	C14	0.41	C2	0.01	C25	0.00	C4	0.02	C26	0.00	C11
	Min	-0.05	C11	-0.26	C13	0.00	C13	0.00	C15	-0.01	C13	-0.01	C2
50%	Max	0.04	C14	0.00	C2	0.01	C25	0.00	C4	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.05	C11	0.00	C11	0.00	C13	0.00	C15	-0.01	C21	-0.41	C15
100%	Max	0.04	C14	0.26	C15	0.01	C25	0.00	C4	0.01	C13	0.00	C1
	Min	-0.05	C11	-0.41	C2	0.00	C13	0.00	C15	-0.02	C25	0.00	C1

MEMBER 55

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.02	C14	0.41	C2	0.01	C12	0.00	C2	0.02	C12	0.01	C13
	Min	-0.03	C11	-0.26	C13	-0.01	C13	0.00	C11	-0.02	C13	-0.01	C4
50%	Max	0.02	C14	0.00	C4	0.01	C12	0.00	C2	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.03	C11	0.00	C13	-0.01	C13	0.00	C11	-0.01	C21	-0.41	C15
100%	Max	0.02	C14	0.26	C15	0.01	C12	0.00	C2	0.02	C13	0.00	C1
	Min	-0.03	C11	-0.41	C2	-0.01	C13	0.00	C11	-0.02	C12	0.00	C1

MEMBER 56

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.01	C13	0.41	C2	0.00	C21	0.00	C13	0.00	C22	0.00	CS1
	Min	0.00	C25	-0.26	C15	0.00	C26	0.00	C2	-0.01	C25	0.00	C5



-DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL METÁLICO-

50%	Max	0.01	C13	0.00	C17	0.00	C21	0.00	C13	0.01	C26	0.64	C2
	Min	0.00	C21	0.00	C4	0.00	C26	0.00	C2	0.00	C21	-0.41	C15
100%	Max	0.01	C13	0.26	C17	0.00	C21	0.00	C13	0.01	C26	0.00	C17
	Min	0.00	C21	-0.41	C2	0.00	C26	0.00	C2	-0.01	C17	0.00	C4

MEMBER 57

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.01	C17	0.41	C2	0.00	C13	0.00	C14	0.01	C13	0.00	C2
	Min	0.00	C12	-0.26	C13	0.00	C12	0.00	C3	-0.01	C12	0.00	CS8
50%	Max	0.01	C17	0.00	CS8	0.00	C13	0.00	C14	0.00	C24	0.64	C2
	Min	0.00	C12	0.00	C5	0.00	C12	0.00	C3	-0.01	C23	-0.41	C13
100%	Max	0.01	C17	0.26	C13	0.00	C13	0.00	C14	0.01	C11	0.00	C1
	Min	0.00	C12	-0.41	C2	0.00	C12	0.00	C3	-0.01	C23	0.00	C1

MEMBER 58

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C11	0.41	C2	0.00	C25	0.00	C17	0.01	C26	0.00	C11
	Min	0.00	C16	-0.26	C13	0.00	C13	0.00	C4	-0.01	C13	0.00	C25
50%	Max	0.00	C11	0.00	C10	0.00	C25	0.00	C17	0.00	C26	0.64	C2
	Min	0.00	C16	0.00	C11	0.00	C13	0.00	C4	0.00	C21	-0.41	C17
100%	Max	0.00	C11	0.26	C17	0.00	C25	0.00	C17	0.01	C13	0.00	C1
	Min	0.00	C16	-0.41	C2	0.00	C13	0.00	C4	-0.01	C25	0.00	C1

MEMBER 59

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.01	C13	0.41	C2	0.00	C12	0.00	C4	0.02	C12	0.00	C13
	Min	-0.01	C16	-0.26	C13	-0.01	C13	0.00	C13	-0.02	C13	0.00	C4
50%	Max	0.01	C13	0.00	C4	0.00	C12	0.00	C4	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.01	C16	0.00	C13	-0.01	C13	0.00	C13	0.00	C21	-0.41	C17
100%	Max	0.01	C13	0.26	C17	0.00	C12	0.00	C4	0.02	C13	0.00	C1
	Min	-0.01	C16	-0.41	C2	-0.01	C13	0.00	C13	-0.01	C12	0.00	C1

MEMBER 60

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.01	C18	0.41	C2	0.00	C21	0.00	C13	0.00	C22	0.00	C2

50%	Min	-0.01	C25	-0.26	C15	0.00	C26	0.00	C4	-0.01	C25	0.00	C4
	Max	0.01	C18	0.00	C13	0.00	C21	0.00	C13	0.01	C26	0.64	C2
100%	Min	-0.01	C25	0.00	C26	0.00	C26	0.00	C4	-0.01	C21	-0.41	C15
	Max	0.01	C18	0.26	C13	0.00	C21	0.00	C13	0.01	C26	0.00	C13
	Min	-0.01	C21	-0.41	C2	0.00	C26	0.00	C4	0.00	C17	0.00	C25

MEMBER 62

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.01	C18	0.41	C2	0.00	C25	0.00	C17	0.01	C26	0.00	C11
	Min	-0.01	C21	-0.26	C13	0.00	C13	0.00	C4	-0.01	C13	0.00	C25
50%	Max	0.01	C18	0.00	C25	0.00	C25	0.00	C17	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.01	C21	0.00	C11	0.00	C13	0.00	C4	-0.01	C21	-0.41	C17
100%	Max	0.01	C18	0.26	C17	0.00	C25	0.00	C17	0.01	C13	0.00	C1
	Min	-0.01	C21	-0.41	C2	0.00	C13	0.00	C4	-0.01	C25	0.00	C1

MEMBER 63

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.01	C18	0.41	C2	0.00	C12	0.00	C11	0.02	C12	0.00	C13
	Min	-0.01	C13	-0.26	C13	-0.01	C13	0.00	C14	-0.02	C13	0.00	C25
50%	Max	0.01	C18	0.00	C25	0.00	C12	0.00	C11	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.01	C13	0.00	C13	-0.01	C13	0.00	C14	-0.01	C21	-0.41	C17
100%	Max	0.01	C18	0.26	C17	0.00	C12	0.00	C11	0.02	C13	0.00	C1
	Min	-0.01	C13	-0.41	C2	-0.01	C13	0.00	C14	-0.01	C12	0.00	C1

MEMBER 64

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.03	C22	0.41	C2	0.00	C21	0.00	C6	0.01	C22	0.00	C3
	Min	-0.04	C25	-0.26	C17	0.00	C26	0.00	C11	-0.01	C25	0.00	C13
50%	Max	0.04	C26	0.00	C13	0.00	C21	0.00	C6	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.03	C21	0.00	C4	0.00	C26	0.00	C11	-0.01	C21	-0.41	C17
100%	Max	0.04	C26	0.26	C13	0.00	C21	0.00	C6	0.02	C26	0.00	C13
	Min	-0.03	C21	-0.41	C2	0.00	C26	0.00	C11	-0.01	C21	-0.01	C4

MEMBER 65

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	

-DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL METÁLICO-

0%	Max	0.06	C22	0.41	C2	0.00	C21	0.00	C13	0.01	C22	0.00	C2
	Min	-0.06	C25	-0.26	C13	-0.01	C26	0.00	C12	-0.02	C25	0.00	CS8
50%	Max	0.06	C22	0.00	CS8	0.00	C21	0.00	C13	0.01	C22	0.64	C2
	Min	-0.06	C25	0.00	C5	-0.01	C26	0.00	C12	-0.02	C25	-0.41	C13
100%	Max	0.06	C22	0.26	C13	0.00	C21	0.00	C13	0.01	C22	0.00	C1
	Min	-0.06	C25	-0.41	C2	-0.01	C26	0.00	C12	-0.01	C25	0.00	C1

MEMBER 66

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.05	C22	0.41	C2	0.01	C25	0.00	C17	0.02	C26	0.00	C22
	Min	-0.05	C25	-0.26	C13	0.00	C22	0.00	C4	-0.01	C21	0.00	C25
50%	Max	0.05	C22	0.00	C25	0.01	C25	0.00	C17	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.05	C25	0.00	C22	0.00	C22	0.00	C4	-0.01	C21	-0.41	C15
100%	Max	0.05	C22	0.26	C15	0.01	C25	0.00	C17	0.01	C22	0.00	C1
	Min	-0.05	C25	-0.41	C2	0.00	C22	0.00	C4	-0.02	C25	0.00	C1

MEMBER 67

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.03	C22	0.41	C2	0.00	C11	0.00	C11	0.02	C26	0.00	C13
	Min	-0.03	C25	-0.26	C13	-0.01	C14	0.00	C6	-0.02	C13	0.00	C25
50%	Max	0.03	C22	0.00	C25	0.00	C11	0.00	C11	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.03	C25	0.00	C13	-0.01	C14	0.00	C6	-0.01	C21	-0.41	C15
100%	Max	0.03	C22	0.26	C15	0.00	C11	0.00	C11	0.02	C14	0.00	C1
	Min	-0.03	C25	-0.41	C2	-0.01	C14	0.00	C6	-0.01	C11	0.00	C1

MEMBER 68

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.32	C22	0.41	C2	0.00	C13	0.00	C3	0.01	C13	0.00	C2
	Min	-0.36	C18	-0.26	C13	0.00	C12	0.00	C14	-0.02	C12	0.00	CS8
50%	Max	0.32	C22	0.00	CS8	0.00	C13	0.00	C3	0.01	C22	0.64	C2
	Min	-0.36	C18	0.00	C5	0.00	C12	0.00	C14	-0.01	C25	-0.41	C13
100%	Max	0.32	C22	0.26	C13	0.00	C13	0.00	C3	0.01	C12	0.00	C1
	Min	-0.36	C18	-0.41	C2	0.00	C12	0.00	C14	-0.01	C25	0.00	C1

MEMBER 69

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	

---

0%	Max	0.19	C22	0.41	C2	0.00	C25	0.00	C4	0.01	C26	0.00	C17
	Min	-0.22	C18	-0.26	C17	0.00	C18	0.00	C13	-0.01	C18	-0.01	C2
50%	Max	0.19	C22	0.00	C2	0.00	C25	0.00	C4	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.22	C18	0.00	C17	0.00	C18	0.00	C13	-0.01	C21	-0.41	C15
100%	Max	0.19	C22	0.26	C15	0.00	C25	0.00	C4	0.01	C18	0.00	C1
	Min	-0.22	C18	-0.41	C2	0.00	C18	0.00	C13	-0.01	C25	0.00	C1

---

MEMBER 70

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.09	C26	0.41	C2	0.01	C11	0.00	C13	0.02	C11	0.00	C17
	Min	-0.10	C21	-0.26	C17	-0.01	C14	0.00	C2	-0.02	C14	-0.01	C4
50%	Max	0.09	C26	0.00	C4	0.01	C11	0.00	C13	0.01	C26	0.64	C2
	Min	-0.10	C21	0.00	C17	-0.01	C14	0.00	C2	-0.01	C21	-0.41	C15
100%	Max	0.09	C26	0.26	C15	0.01	C11	0.00	C13	0.02	C14	0.00	C1
	Min	-0.10	C21	-0.41	C2	-0.01	C14	0.00	C2	-0.02	C11	0.00	C1

---

MEMBER 77

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.18	C22	0.41	C2	0.00	C15	0.00	C4	0.01	C15	0.00	CS1
	Min	-1.16	C18	-0.26	C13	0.00	C18	0.00	C13	-0.01	C18	0.00	C11
50%	Max	0.18	C22	0.00	C11	0.00	C15	0.00	C4	0.00	C26	0.64	C2
	Min	-1.16	C18	0.00	CS1	0.00	C18	0.00	C13	0.00	C21	-0.41	C13
100%	Max	0.18	C22	0.26	C13	0.00	C15	0.00	C4	0.01	C18	0.00	C1
	Min	-1.16	C18	-0.41	C2	0.00	C18	0.00	C13	-0.01	C15	0.00	C1

---

MEMBER 78

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.02	C11	0.41	C2	0.00	C15	0.00	C4	0.00	C15	0.00	C8
	Min	-0.05	C18	-0.26	C17	0.00	C26	0.00	C17	0.00	C25	0.00	C11
50%	Max	0.02	C11	0.00	C15	0.00	C15	0.00	C4	0.00	C26	0.64	C2
	Min	-0.05	C18	0.00	C10	0.00	C26	0.00	C17	0.00	C21	-0.41	C17
100%	Max	0.02	C11	0.26	C15	0.00	C15	0.00	C4	0.01	C26	0.00	C15
	Min	-0.05	C18	-0.41	C2	0.00	C26	0.00	C17	-0.01	C15	-0.01	C10

---

MEMBER 79

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
---------	--	-------	----	----------	----	----------	----	---------	----	-----	----	-----	----

		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.03	C18	0.41	C2	0.00	C17	0.00	C13	0.00	C17	0.00	C4
	Min	-0.01	C11	-0.26	C17	0.00	C26	0.00	C2	0.00	C25	0.00	C11
50%	Max	0.03	C18	0.00	C15	0.00	C17	0.00	C13	0.00	C26	0.64	C2
	Min	-0.01	C11	0.00	C2	0.00	C26	0.00	C2	0.00	C21	-0.41	C17
100%	Max	0.03	C18	0.26	C15	0.00	C17	0.00	C13	0.01	C26	0.00	C15
	Min	-0.01	C11	-0.41	C2	0.00	C26	0.00	C2	0.00	C17	-0.01	C2

**MEMBER 101**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.30	C15	0.13	C1	0.01	C13	0.00	C2	0.02	C22	0.00	C26
	Min	-1.95	C18	0.08	C22	-0.01	C18	0.00	C11	-0.04	C18	-0.01	C17
50%	Max	0.30	C15	0.00	C17	0.01	C13	0.00	C2	0.02	C22	0.20	C1
	Min	-1.95	C18	0.00	C26	-0.01	C18	0.00	C11	-0.03	C25	0.13	C17
100%	Max	0.30	C15	-0.08	C17	0.01	C13	0.00	C2	0.05	C18	0.00	C1
	Min	-1.95	C18	-0.13	C1	-0.01	C18	0.00	C11	-0.03	C13	0.00	C1

Máximo momento positivo: 0.64 tn.m

Máximo momento negativo: -0.45 tn.m

Máximo corte: 0.41 tn

**RESULTADOS OBTENIDOS CON DIM-PERFIL**

**CERRILLOS – GALPÓN INSUMOS – C150X50X15X3 – Momento positivo - Lt= 100 cm**

**Ue: bw=15      bf=5      D=1,5      t=0,3      α=0      β=90**

fy= 27 kN/cm2      E= 20500 kN/cm2      G= 7884,615 kN/cm2

1 - Verificação à Flexão Composta

1.1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762-7.7]

1.1.1 - Flambagem por distorção da seção transversal [NBR 14762-7.7.3]

Não consta procedimento em norma: Elemento bf/bw < 0,4 ou bf/bw > 2.0

bf/bw= 0,333

1.1.2 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-7.7.2]

1.1.2.1 - Cálculo Ne

Lx= 100 cm      Ly= 100 cm      Lt= 100 cm

r0= 6,835 cm      xc= -3,32 cm      yc= 0 cm

Ix=255,219 cm4      Iy=23,532 cm4      It=0,234 cm4

Cw=1010,538 cm6      A=7,808 cm2

Nex= 5163,762 kN

Ney= 476,126 kN

Net= 477,034 kN

Perfil monossimétrico: em relação ao eixo X [NBR14762 - 7.7.2.2]

Next= 466,123 kN

Ne= 466,123 kN

Fe= 59,696 kN/cm2

flambagem por flexo-torção

flambagem por torção ou flexo-torção: α= 0,34

β= 0,806

Aef[A]= 7,808 cm2

λ0[Aef=A]= 0,673

$\rho[A_{ef}=A]= 0,799$  (aproximado)  
 $\sigma= 21,573$  kN/cm<sup>2</sup> (com  $\rho$  aproximado)  
 $A_{ef}= 7,463$  cm<sup>2</sup>  
 $\beta= 0,794$   
 $\lambda_0= 0,657$  (usando a área efetiva calculada)  
 $\rho= 0,807$  (novo valor de  $\rho$  usando  $\lambda_0$  calculado com  $A_{ef}$ )  
 $\gamma = 1,1$   
 $N_c= 147,857$  kN  
 $N_{rd}= 147,857$  kN

### 1.2 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-7.8]

1.2.1 - Flambagem por distorção da seção transversal [NBR 14762-7.8.1.3]  
Não consta procedimento em norma: Elemento  $b_f/b_w < 0,4$  ou  $b_f/b_w > 2,0$   
 $b_f/b_w= 0,333$

1.2.2 - Início de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-7.8.1]  
máxima coordenada  $Y= 7,35$  cm (fibra comprimida)

$\gamma = 1,1$   
 $I_{xef}= 255,219$  cm<sup>4</sup>  
 $W_{xef}= 34,724$  cm<sup>3</sup>  
 $M_{xesc}= 852,308$  kN.cm

1.2.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-7.8.1.2]

1.2.3.1 - Cálculo  $M_e$

**$C_b= 1$**

Perfil monossimétrico

$L_x= 100$  cm  $L_y= 100$  cm  
 **$L_t= 100$  cm**  $r_0= 6,835$  cm  
 $x_c= 3,32$  cm  $y_c= 0$  cm

$C_w= 1010.5383026537445$  cm<sup>2</sup>

$N_{ex}= 5163,762$  kN  
 $N_{ey}= 476,126$  kN  
 $N_{et}= 477,034$  kN  
 $M_e= 3257,57$  kN.cm

máxima coordenada  $Y= 7,35$  cm (fibra comprimida)

$I_x= 255,219$  cm<sup>4</sup>  
 $W_{xc}= 34,724$  cm<sup>3</sup>  
 $\lambda_0= 0,536$   
 $\lambda_0 < 0,6$

$\rho= 1$   
máxima coordenada  $Y= 7,35$  cm (fibra comprimida)

$\gamma = 1,1$   
 $I_{xef}= 255,219$  cm<sup>4</sup>  
 $W_{cef}= 34,724$  cm<sup>3</sup>  
 $M_{xflt}= 852,308$  kN.cm

O momento fletor resistente de cálculo  $M_{Rd}$  deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-7.8.1]

$M_{xesc}= 852,308$  kN.cm  
 $M_{xflt}= 852,308$  kN.cm  
 $M_{xrd}= 852,308$  kN.cm

### 1.3 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-7.8]

1.3.1 - Flambagem por distorção da seção transversal [NBR 14762-7.8.1.3]

$\sigma_1= 6,421$  kN/cm<sup>2</sup>  
 $\sigma_2= -23,461$  kN/cm<sup>2</sup>

1.3.1.1 - Cálculo de  $\sigma_{dist}$  [NBR 14762-Anexo D5]

$d= 5$  cm  
 $d_c= 3,583$  cm  
 $d_t= 1,417$  cm  
 $y_{eq}= 1,085$  cm  
máxima coordenada tracionada  $X= -1,267$  cm  
 $y_0= 0,372$  cm  
 $h= 4,257$  cm  
 $k_x= 2,86$   
 $\mu_0= 0,771$   
distorção contida em menos de 2 seções

$I_{eq}= 0,154$  cm<sup>4</sup>  
 $N_{cr}= 146,741$  kN  
 $A_{eq}= 0,808$  cm<sup>2</sup>  
 $\lambda_{eq}= 30,113$   
 $y_c= 7,006$

$\sigma_{dist}= 114,122$  kN/cm<sup>2</sup>  
máxima coordenada  $X= 3,433$  cm (fibra comprimida)

$I_y= 23,532$  cm<sup>4</sup>  
 $W_c= 6,854$  cm<sup>3</sup>  
 $\lambda_{dist}= 0,486$   
 $\lambda_{dist} < 1,414$   
 $\gamma = 1,1$   
 $f_y= 27$  kN/cm<sup>2</sup>

Mydist= 158,28 kN.cm

1.3.2 - Início de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-7.8.1]

máxima coordenada  $x = 3,433$  cm (fibra comprimida)

$\gamma = 1,1$

Iyef= 23,532 cm<sup>4</sup>

Wyef= 6,854 cm<sup>3</sup>

Myesc= 168,231 kN.cm

1.3.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-7.8.1.2]

1.3.3.1 - Cálculo Me

Cb= 1

Não consta procedimento na NBR 14762:2001

"consultar bibliografia especializada."

Perfil Não Simétrico

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-7.8.1]

Myesc= 168,231 kN.cm

Mydist= 158,28 kN.cm

Myrd= 158,28 kN.cm

#### 1.4 - Cálculo de No.Rd:

1.4.1 - Cálculo de No (Nc com  $\rho = 1$ )

$\sigma = 27$  kN/cm<sup>2</sup>

Aef= 7,2 cm<sup>2</sup>

$\gamma = 1,1$

No= 176,734 kN

Nex= 5163,762 kN

Ney= 476,126 kN

Cmx= 1

Cmy= 1

NoRd= 176,734

-> NcRd= 147,857 kN

-> **MxRd= 852,308 kN.cm**

-> MyRd= 158,28 kN.cm

NcSd= 0 kN

**MxSd= 640 kN.cm**

MySd= 0 kN.cm

Flexo Compressão

NcSd/NcRd  $\geq 0,15$

**Verificação Simplificada**

**=>  $0 + 0,751 + 0 = 0,751 \leq 1$  - Ok!**

**CERRILLOS – GALPON INSUMOS – C150X50X15X3 – Momento negativo Lt= 315 cm – Cb=1.15**

**Ue: bw=15      bf=5      D=1,5      t=0,3      α=0      β=90**

$f_y = 27 \text{ kN/cm}^2$      $E = 20500 \text{ kN/cm}^2$      $G = 7884,615 \text{ kN/cm}^2$

**1 - Verificação à Flexão Composta**

**1.1 - Barras submetidas à compressão centrada [NBR 14762-7.7]**

**1.1.1 - Flambagem por distorção da seção transversal [NBR 14762-7.7.3]**

Não consta procedimento em norma: Elemento  $bf/bw < 0,4$  ou  $bf/bw > 2,0$

$bf/bw = 0,333$

**1.1.2 - Flambagem da barra por flexão, por torção ou por flexo-torção [NBR 14762-7.7.2]**

**1.1.2.1 - Cálculo  $N_e$**

$L_x = 315 \text{ cm}$      $L_y = 315 \text{ cm}$      $L_t = 315 \text{ cm}$

$r_0 = 6,835 \text{ cm}$      $x_c = -3,32 \text{ cm}$      $y_c = 0 \text{ cm}$

$I_x = 255,219 \text{ cm}^4$      $I_y = 23,532 \text{ cm}^4$      $I_t = 0,234 \text{ cm}^4$

$C_w = 1010,538 \text{ cm}^6$      $A = 7,808 \text{ cm}^2$

$N_{ex} = 520,409 \text{ kN}$

$N_{ey} = 47,984 \text{ kN}$

$N_{et} = 83,525 \text{ kN}$

Perfil monossimétrico: em relação ao eixo X [NBR14762 - 7.7.2.2]

$N_{ext} = 80,088 \text{ kN}$

$N_e = 47,984 \text{ kN}$

$F_e = 6,145 \text{ kN/cm}^2$

flambagem por flexão Y-Y

Seção Ue com flexão em Y ou Ze :  $\alpha = 0,34$  [NBR14762 Tab07]

$\beta = 3,019$

$A_{ef}[A] = 7,808 \text{ cm}^2$

$\lambda_0[A_{ef}=A] = 2,096$

$\rho[A_{ef}=A] = 0,193$  (aproximado)

$\sigma = 5,2 \text{ kN/cm}^2$  (com  $\rho$  aproximado)

$A_{ef} = 7,808 \text{ cm}^2$

$\beta = 3,019$

$\lambda_0 = 2,096$  (usando a área efetiva calculada)

$\rho = 0,193$  (novo valor de  $\rho$  usando  $\lambda_0$  calculado com  $A_{ef}$ )

$\gamma = 1,1$

$N_c = 36,914 \text{ kN}$

$N_{rd} = 36,914 \text{ kN}$

**1.2 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-7.8]**

**1.2.1 - Flambagem por distorção da seção transversal [NBR 14762-7.8.1.3]**

Não consta procedimento em norma: Elemento  $bf/bw < 0,4$  ou  $bf/bw > 2,0$

$bf/bw = 0,333$

**1.2.2 - Início de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-7.8.1]**

máxima coordenada Y = 7,35 cm (fibra comprimida)

$\gamma = 1,1$

$I_{xef} = 255,219 \text{ cm}^4$

$W_{xef} = 34,724 \text{ cm}^3$

$M_{xesc} = 852,308 \text{ kN.cm}$

**1.2.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-7.8.1.2]**

**1.2.3.1 - Cálculo  $M_e$**

**Cb = 1,15**

Perfil monossimétrico

**Lx = 315 cm**

$L_y = 315 \text{ cm}$

**Lt = 315 cm**

$r_0 = 6,835 \text{ cm}$

$x_c = 3,32 \text{ cm}$

$y_c = 0 \text{ cm}$

$C_w = 1010,5383026537445 \text{ cm}^2$

$N_{ex} = 520,409 \text{ kN}$

$N_{ey} = 47,984 \text{ kN}$

$N_{et} = 83,525 \text{ kN}$

$M_e = 497,638 \text{ kN.cm}$

máxima coordenada Y = 7,35 cm (fibra comprimida)

$I_x = 255,219 \text{ cm}^4$

$W_{xc} = 34,724 \text{ cm}^3$

$\lambda_0 = 1,373$

$\lambda_0 > 1,336$



$$\rho = 0,531$$

máxima coordenada Y= 7,35 cm (fibra comprimida)

$$\gamma = 1,1$$

$$I_{xef} = 255,219 \text{ cm}^4$$

$$W_{cef} = 34,724 \text{ cm}^3$$

$$M_{xflt} = 452,398 \text{ kN.cm}$$

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-7.8.1]

$$M_{xesc} = 852,308 \text{ kN.cm}$$

$$M_{xflt} = 452,398 \text{ kN.cm}$$

$$M_{xrd} = 452,398 \text{ kN.cm}$$

### 1.3 - Barras submetidas à Flexão Simples [NBR 14762-7.8]

1.3.1 - Flambagem por distorção da seção transversal [NBR 14762-7.8.1.3]

$$\sigma_1 = 3,408 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_2 = -12,453 \text{ kN/cm}^2$$

1.3.1.1 - Cálculo de  $\sigma_{dist}$  [NBR 14762-Anexo D5]

$$d = 5 \text{ cm}$$

$$d_c = 3,583 \text{ cm}$$

$$d_t = 1,417 \text{ cm}$$

$$y_{eq} = 1,085 \text{ cm}$$

máxima coordenada tracionada X= -1,267 cm

$$y_0 = 0,372 \text{ cm}$$

$$h = 4,257 \text{ cm}$$

$$d_x = 0$$

$$k_x = 2,86$$

$$\mu_0 = 0,771$$

distorção contida em menos de 2 seções

$$I_{eq} = 0,154 \text{ cm}^4$$

$$N_{cr} = 146,741 \text{ kN}$$

$$A_{eq} = 0,808 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_{eq} = 30,113$$

$$y_c = 7,006$$

$$\sigma_{dist} = 114,122 \text{ kN/cm}^2$$

máxima coordenada X= 3,433 cm (fibra comprimida)

$$I_y = 23,532 \text{ cm}^4$$

$$W_c = 6,854 \text{ cm}^3$$

$$\lambda_{dist} = 0,486$$

$$\lambda_{dist} < 1,414$$

$$\gamma = 1,1$$

$$f_y = 27 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_{ydist} = 158,28 \text{ kN.cm}$$

1.3.2 - Início de escoamento da seção efetiva [NBR 14762-7.8.1]

máxima coordenada x= 3,433 cm (fibra comprimida)

$$\gamma = 1,1$$

$$I_{yef} = 23,532 \text{ cm}^4$$

$$W_{yef} = 6,854 \text{ cm}^3$$

$$M_{yesc} = 168,231 \text{ kN.cm}$$

1.3.3 - Flambagem lateral com torção [NBR 14762-7.8.1.2]

1.3.3.1 - Cálculo  $M_e$

$$C_b = 1$$

Não consta procedimento na NBR 14762:2001

"consultar bibliografia especializada."

Perfil Não Simétrico

O momento fletor resistente de cálculo MRd deve ser o menor valor calculado: [NBR 14762-7.8.1]

$$M_{yesc} = 168,231 \text{ kN.cm}$$

$$M_{ydist} = 158,28 \text{ kN.cm}$$

$$M_{yrd} = 158,28 \text{ kN.cm}$$

### 1.4 - Cálculo de No.Rd:

1.4.1 - Cálculo de  $N_o$  ( $N_c$  com  $\rho = 1$ )

$$\sigma = 27 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{ef} = 7,2 \text{ cm}^2$$

$$\gamma = 1,1$$

$$N_o = 176,734 \text{ kN}$$

$$N_{ex} = 520,409 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = 47,984 \text{ kN}$$

$$C_{mx} = 1$$

$$C_{my} = 1$$

NoRd= 176,734  
-> NcRd= 36,914 kN  
-> MxRd= 452,398 kN.cm  
-> MyRd= 158,28 kN.cm  
NcSd= 0 kN  
MxSd= 450 kN.cm  
MySd= 0 kN.cm  
Flexo Compressão  
NcSd/NcRd  $\geq$  0,15  
Verificação Simplificada  
 $\Rightarrow 0 + 0,995 + 0 = 0,995 \leq 1$  - Ok!

## 5.2 VERIFICACIÓN ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO

El estado límite de servicio es un estado en el cual el funcionamiento de una edificación, su apariencia, mantenimiento, durabilidad y comodidad de sus ocupantes se mantienen controlados para una condición de uso normal.

Los sistemas estructurales y sus componentes deben ser diseñados de manera que tengan una rigidez adecuada que limiten las deformaciones, vibraciones y cualquier otra deformación que afecte el uso proyectado y el desempeño de los edificios y otras estructuras.

La condición de servicio debe ser evaluada utilizando combinaciones de carga de servicio (sin mayorar).

Valores límites para deformaciones y desplazamientos laterales (a) (b)				
EDIFICIOS INDUSTRIALES				
	Elemento	Flecha total	Flecha por carga variable	
			Por	
Deformaciones verticales	Barras soportando cubiertas rígidas	L/200	Sobrecarga Útil	L/240
	Barras soportando cubiertas flexibles	L/150	Sobrecarga Útil	L/180
	Barras soportando pisos	L/250	Sobrecarga Útil	L/300
	Vigas carril para grúas de capacidad $\geq 200$ Kn		Rueda sin impacto	L/800(c)
	Vigas carril para grúas de capacidad $< 200$ Kn		Rueda sin impacto	L/600(c)
Desplazamiento lateral (d)	Vigas carril		Frenado transversal	L/600(c)
	Desplazamiento de columnas con respecto a base por acción de viento	H/150	Viento	H/160
	Desplazamiento de columnas con respecto a base por acción de puente grúa.		Frenado puente Grúa	H/400 (c)
PARA OTROS EDIFICIOS				
Deformaciones verticales	Techos en general	L/200	Sobrecarga Útil	L/250
	Techos con carga frecuente de personas (no mantenimiento)	L/250	Sobrecarga Útil	L/300
	Pisos en general	L/250	Sobrecarga Útil	L/300
	Barras de pisos o techos que soporten elementos y revestimientos susceptibles de fisuración	L/300	Sobrecarga Útil	L/350
	Pisos que soporten columnas	L/400	Sobrecarga Útil	L/500
	Donde la deformación puede afectar el aspecto	L/250		
Desplazamiento lateral (d)	Desplazamiento total del edificio referido a su altura total		Viento	$H_T/300$
	Desplazamiento relativo de pisos cuando cerramientos y divisiones no tienen previsiones especiales para independizarse de las deformaciones de la estructura		Viento	$H_p/400$
	Desplazamiento relativo de pisos cuando cerramientos y divisiones tienen previsiones especiales para independizarse de las deformaciones de la estructura		Viento	$H_p/300$

### 5.2.1 Verificación desplazamiento lateral de columna



## Analysis result

### Nodal displacements envelope

Note.- **lc** is the controlling load condition

Nodal displacements envelope for :

- CS1=DL+Lr
- CS7=DL+Wxn-Wint
- CS8=DL+Wzn+Wint
- CS9=DL+Wzn-Wint
- CS2=DL+Wxp+Wint
- CS3=DL+Wxp-Wint
- CS4=DL+Wzp+Wint
- CS5=DL+Wzp-Wint
- CS6=DL+Wxn+Wint

Node		Translation						Rotation					
		X lc		Y lc		Z lc		Rx lc		Ry lc		Rz lc	
		[cm]		[cm]		[cm]		[Rad]		[Rad]		[Rad]	
196	Max	1.065	CS2	0.003	CS2	1.020	CS5	0.00100	CS2	0.00285	CS9	0.00190	CS7
	Min	-1.074	CS7	-0.006	CS1	-1.070	CS8	-0.00102	CS5	-0.00223	CS4	-0.00127	CS2
207	Max	1.067	CS2	0.132	CS6	1.197	CS4	0.00806	CS2	0.00239	CS9	0.00092	CS6
	Min	-1.080	CS7	-0.127	CS1	-1.306	CS9	-0.00673	CS7	-0.00193	CS4	-0.00144	CS1
206	Max	1.065	CS2	0.174	CS6	1.380	CS4	0.01157	CS2	0.00129	CS9	0.00074	CS2
	Min	-1.080	CS7	-0.253	CS1	-1.518	CS9	-0.01049	CS7	-0.00124	CS4	-0.00099	CS1
205	Max	1.061	CS2	0.138	CS6	1.519	CS4	0.01243	CS2	0.00073	CS9	0.00068	CS2
	Min	-1.078	CS7	-0.302	CS1	-1.653	CS9	-0.01170	CS7	-0.00091	CS4	-0.00067	CS7
204	Max	1.059	CS2	0.131	CS2	1.637	CS4	0.01105	CS2	0.00068	CS8	0.00101	CS1
	Min	-1.076	CS7	-0.251	CS1	-1.753	CS9	-0.01043	CS7	-0.00087	CS5	-0.00087	CS6
203	Max	1.060	CS2	0.108	CS2	1.740	CS4	0.00750	CS2	0.00069	CS8	0.00143	CS1
	Min	-1.076	CS7	-0.125	CS1	-1.837	CS9	-0.00660	CS7	-0.00083	CS5	-0.00068	CS2
191	Max	1.066	CS2	0.003	CS6	1.823	CS4	0.00155	CS2	0.00071	CS8	0.00098	CS7
	Min	-1.080	CS7	-0.006	CS1	-1.909	CS9	-0.00108	CS9	-0.00078	CS5	-0.00161	CS2
199	Max	2.027	CS2	0.006	CS2	1.038	CS5	0.00118	CS4	0.00274	CS9	0.00359	CS7
	Min	-2.059	CS7	-0.011	CS1	-1.068	CS8	-0.00136	CS1	-0.00186	CS4	-0.00241	CS2
192	Max	2.031	CS2	0.006	CS6	1.834	CS4	0.00154	CS4	0.00069	CS8	0.00188	CS6

	Min	-2.070	CS7	-0.011	CS1	-1.905	CS9	-0.00090	CS9	-0.00087	CS5	-0.00301	CS3
198	Max	2.028	CS2	0.006	CS2	1.035	CS5	0.00148	CS4	0.00282	CS9	0.00358	CS7
	Min	-2.056	CS7	-0.011	CS1	-1.062	CS8	-0.00120	CS1	-0.00183	CS4	-0.00242	CS2
193	Max	2.032	CS2	0.007	CS6	1.833	CS4	0.00154	CS4	0.00061	CS8	0.00187	CS7
	Min	-2.067	CS7	-0.011	CS1	-1.907	CS9	-0.00084	CS9	-0.00076	CS5	-0.00301	CS2
197	Max	1.014	CS2	0.006	CS6	1.016	CS5	0.00127	CS4	0.00258	CS9	0.00115	CS6
	Min	-0.999	CS7	-0.013	CS1	-1.063	CS8	-0.00139	CS9	-0.00223	CS4	-0.00082	CS3
201	Max	1.012	CS2	0.003	CS2	0.422	CS5	0.00105	CS1	0.00149	CS8	0.00144	CS7
	Min	-0.994	CS7	-0.008	CS9	-0.520	CS8	-0.00099	CS8	-0.00163	CS5	-0.00135	CS2
200	Max	0.643	CS2	0.002	CS8	0.402	CS5	0.00117	CS9	0.00153	CS8	0.00103	CS7
	Min	-0.683	CS7	-0.007	CS5	-0.523	CS8	-0.00147	CS2	-0.00191	CS4	-0.00086	CS8
195	Max	0.646	CS2	0.002	CS6	1.810	CS4	0.00087	CS5	0.00093	CS8	0.00077	CS4
	Min	-0.692	CS7	-0.005	CS1	-1.896	CS9	-0.00100	CS6	-0.00098	CS5	-0.00079	CS3
194	Max	1.021	CS2	0.004	CS6	1.823	CS4	0.00079	CS4	0.00077	CS8	0.00153	CS1
	Min	-1.015	CS7	-0.010	CS1	-1.909	CS9	-0.00068	CS9	-0.00084	CS5	-0.00126	CS2

**Desplazamiento máximo: 2.07**

**Desplazamiento admisible:  $H/150 = 5.3m/150 = 3.5 \text{ cm}$**

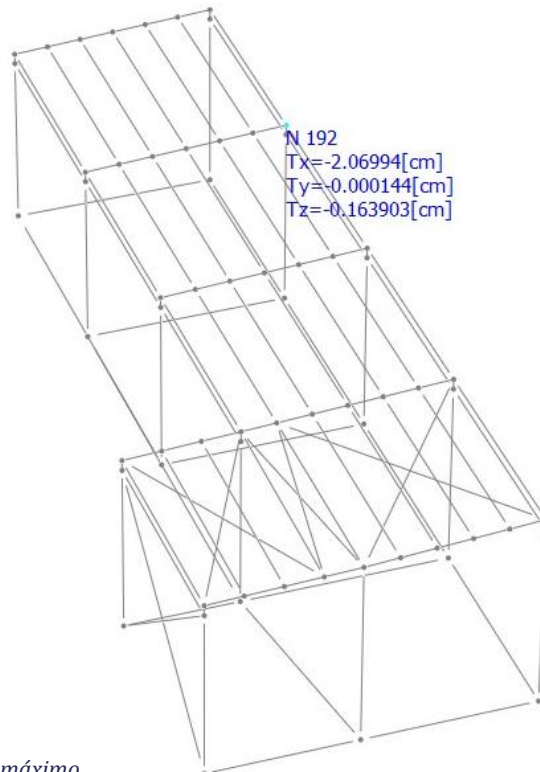


Figura 5-2 – Desplazamiento máximo

### 5.2.2 Verificación de deformación vertical en vigas 5.8m



## Analysis result

#### Nodal displacements envelope

Note.- **Ic** is the controlling load condition

Nodal displacements envelope for :

- CS1=DL+Lr
- CS7=DL+Wxn-Wint
- CS8=DL+Wzn+Wint
- CS9=DL+Wzn-Wint
- CS2=DL+Wxp+Wint
- CS3=DL+Wxp-Wint
- CS4=DL+Wzp+Wint
- CS5=DL+Wzp-Wint
- CS6=DL+Wxn+Wint

Node	Translation						Rotation						
	X	Ic	Y	Ic	Z	Ic	Rx	Ic	Ry	Ic	Rz	Ic	
	[cm]		[cm]	[cm]		[Rad]	[Rad]	[Rad]		[Rad]			
198	Max	2.028	CS2	0.006	CS2	1.035	CS5	0.00148	CS4	0.00282	CS9	0.00358	CS7
	Min	-2.056	CS7	-0.011	CS1	-1.062	CS8	-0.00120	CS1	-0.00183	CS4	-0.00242	CS2
217	Max	2.032	CS2	0.257	CS6	1.204	CS4	0.00858	CS4	0.00254	CS9	0.00183	CS6
	Min	-2.067	CS7	-0.253	CS1	-1.316	CS9	-0.01815	CS1	-0.00164	CS4	-0.00285	CS1
216	Max	2.027	CS2	0.344	CS6	1.380	CS4	0.00862	CS4	0.00170	CS8	0.00146	CS2
	Min	-2.068	CS7	-0.501	CS1	-1.520	CS9	-0.01829	CS1	-0.00144	CS5	-0.00197	CS1
215	Max	2.020	CS2	0.281	CS6	1.519	CS4	0.00862	CS4	0.00152	CS8	0.00127	CS2
	Min	-2.064	CS7	-0.601	CS1	-1.652	CS9	-0.01829	CS1	-0.00137	CS5	-0.00128	CS7
214	Max	2.017	CS2	0.259	CS2	1.637	CS4	0.00861	CS4	0.00141	CS8	0.00198	CS1
	Min	-2.060	CS7	-0.500	CS1	-1.753	CS9	-0.01829	CS1	-0.00129	CS5	-0.00172	CS6
213	Max	2.020	CS2	0.208	CS2	1.739	CS4	0.00855	CS4	0.00130	CS8	0.00285	CS1
	Min	-2.060	CS7	-0.251	CS1	-1.836	CS9	-0.01815	CS1	-0.00122	CS5	-0.00136	CS2
193	Max	2.032	CS2	0.007	CS6	1.833	CS4	0.00154	CS4	0.00061	CS8	0.00187	CS7
	Min	-2.067	CS7	-0.011	CS1	-1.907	CS9	-0.00084	CS9	-0.00076	CS5	-0.00301	CS2
192	Max	2.031	CS2	0.006	CS6	1.834	CS4	0.00154	CS4	0.00069	CS8	0.00188	CS6
	Min	-2.070	CS7	-0.011	CS1	-1.905	CS9	-0.00090	CS9	-0.00087	CS5	-0.00301	CS3

-DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL METÁLICO-

208	Max	2.019	CS2	0.207	CS2	1.740	CS4	0.00851	CS4	0.00130	CS8	0.00285	CS1
	Min	-2.063	CS7	-0.250	CS1	-1.837	CS9	-0.01794	CS1	-0.00124	CS5	-0.00136	CS2
-----													
209	Max	2.016	CS2	0.259	CS2	1.637	CS4	0.00852	CS4	0.00142	CS8	0.00199	CS1
	Min	-2.063	CS7	-0.499	CS1	-1.753	CS9	-0.01789	CS1	-0.00130	CS5	-0.00173	CS6
-----													
210	Max	2.019	CS2	0.281	CS6	1.519	CS4	0.00850	CS4	0.00152	CS8	0.00127	CS2
	Min	-2.067	CS7	-0.601	CS1	-1.653	CS9	-0.01781	CS1	-0.00138	CS5	-0.00128	CS7
-----													
211	Max	2.026	CS2	0.345	CS6	1.380	CS4	0.00853	CS4	0.00175	CS8	0.00146	CS2
	Min	-2.071	CS7	-0.502	CS1	-1.519	CS9	-0.01789	CS1	-0.00146	CS5	-0.00197	CS1
-----													
212	Max	2.031	CS2	0.258	CS6	1.199	CS4	0.00853	CS4	0.00255	CS9	0.00183	CS6
	Min	-2.070	CS7	-0.254	CS1	-1.309	CS9	-0.01794	CS1	-0.00166	CS4	-0.00286	CS1
-----													
199	Max	2.027	CS2	0.006	CS2	1.038	CS5	0.00118	CS4	0.00274	CS9	0.00359	CS7
	Min	-2.059	CS7	-0.011	CS1	-1.068	CS8	-0.00136	CS1	-0.00186	CS4	-0.00241	CS2
-----													
196	Max	1.065	CS2	0.003	CS2	1.020	CS5	0.00100	CS2	0.00285	CS9	0.00190	CS7
	Min	-1.074	CS7	-0.006	CS1	-1.070	CS8	-0.00102	CS5	-0.00223	CS4	-0.00127	CS2
-----													
207	Max	1.067	CS2	0.132	CS6	1.197	CS4	0.00806	CS2	0.00239	CS9	0.00092	CS6
	Min	-1.080	CS7	-0.127	CS1	-1.306	CS9	-0.00673	CS7	-0.00193	CS4	-0.00144	CS1
-----													
206	Max	1.065	CS2	0.174	CS6	1.380	CS4	0.01157	CS2	0.00129	CS9	0.00074	CS2
	Min	-1.080	CS7	-0.253	CS1	-1.518	CS9	-0.01049	CS7	-0.00124	CS4	-0.00099	CS1
-----													
205	Max	1.061	CS2	0.138	CS6	1.519	CS4	0.01243	CS2	0.00073	CS9	0.00068	CS2
	Min	-1.078	CS7	-0.302	CS1	-1.653	CS9	-0.01170	CS7	-0.00091	CS4	-0.00067	CS7
-----													
204	Max	1.059	CS2	0.131	CS2	1.637	CS4	0.01105	CS2	0.00068	CS8	0.00101	CS1
	Min	-1.076	CS7	-0.251	CS1	-1.753	CS9	-0.01043	CS7	-0.00087	CS5	-0.00087	CS6
-----													
203	Max	1.060	CS2	0.108	CS2	1.740	CS4	0.00750	CS2	0.00069	CS8	0.00143	CS1
	Min	-1.076	CS7	-0.125	CS1	-1.837	CS9	-0.00660	CS7	-0.00083	CS5	-0.00068	CS2
-----													
191	Max	1.066	CS2	0.003	CS6	1.823	CS4	0.00155	CS2	0.00071	CS8	0.00098	CS7
	Min	-1.080	CS7	-0.006	CS1	-1.909	CS9	-0.00108	CS9	-0.00078	CS5	-0.00161	CS2
-----													

**Deformación máxima: 0.601 cm**

**Deformación admisible:  $L/200 = 5.8m/200 = 2.9$  cm**

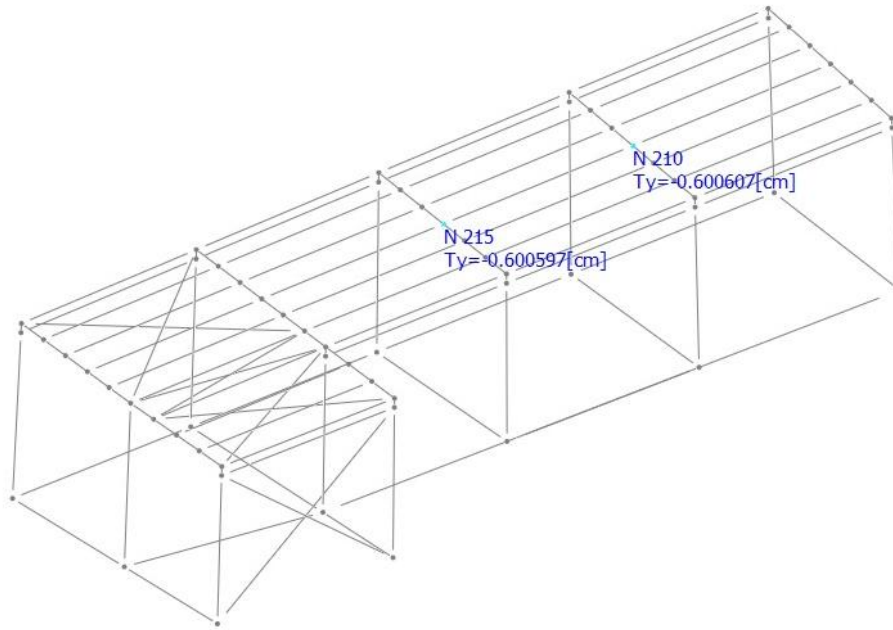


Figura 5-3 Deformación vertical máxima (5.8m)

### 5.2.3 Verificación de deformación vertical en vigas 8.8m



## Analysis result

#### Nodal displacements envelope

- CS1=DL+Lr
- CS7=DL+Wxn-Wint
- CS8=DL+Wzn+Wint
- CS9=DL+Wzn-Wint
- CS2=DL+Wxp+Wint
- CS3=DL+Wxp-Wint
- CS4=DL+Wzp+Wint
- CS5=DL+Wzp-Wint
- CS6=DL+Wxn+Wint

Node		Translation						Rotation					
		X	lc	Y	lc	Z	lc	Rx	lc	Ry	lc	Rz	lc
		[cm]		[cm]		[cm]		[Rad]		[Rad]		[Rad]	
201	Max	1.012	CS2	0.003	CS2	0.422	CS5	0.00105	CS1	0.00149	CS8	0.00144	CS7
	Min	-0.994	CS7	-0.008	CS9	-0.520	CS8	-0.00099	CS8	-0.00163	CS5	-0.00135	CS2
228	Max	1.015	CS2	0.034	CS7	0.605	CS5	0.01824	CS1	0.00162	CS9	0.00018	CS2
	Min	-0.998	CS7	-0.038	CS2	-0.691	CS8	-0.00858	CS4	-0.00205	CS4	-0.00026	CS7
227	Max	1.013	CS2	0.011	CS1	0.806	CS5	0.01828	CS1	0.00193	CS9	0.00033	CS2
	Min	-0.996	CS7	-0.017	CS7	-0.875	CS8	-0.00856	CS6	-0.00257	CS4	-0.00035	CS7



-DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO INDUSTRIAL METÁLICO-

197	Max	1.014	CS2	0.006	CS6	1.016	CS5	0.00127	CS4	0.00258	CS9	0.00115	CS6
	Min	-0.999	CS7	-0.013	CS1	-1.063	CS8	-0.00139	CS9	-0.00223	CS4	-0.00082	CS3
222	Max	1.015	CS2	0.120	CS6	1.210	CS4	0.00327	CS6	0.00268	CS9	0.00113	CS6
	Min	-1.003	CS7	-0.197	CS1	-1.328	CS9	0.00285	CS1	-0.00180	CS4	-0.00245	CS1
221	Max	1.011	CS2	0.206	CS6	1.381	CS4	0.01758	CS1	0.00171	CS9	0.00092	CS2
	Min	-1.005	CS7	-0.427	CS1	-1.520	CS9	-0.00833	CS4	-0.00197	CS4	-0.00196	CS1
220	Max	1.009	CS2	0.221	CS6	1.519	CS4	0.01762	CS1	0.00132	CS9	0.00050	CS2
	Min	-1.005	CS7	-0.538	CS1	-1.652	CS9	-0.00845	CS8	-0.00173	CS4	-0.00030	CS7
219	Max	1.009	CS2	0.179	CS2	1.637	CS4	0.01776	CS1	0.00108	CS9	0.00169	CS1
	Min	-1.007	CS7	-0.463	CS1	-1.753	CS9	-0.00855	CS8	-0.00155	CS4	-0.00094	CS6
218	Max	1.014	CS2	0.116	CS2	1.738	CS4	0.01787	CS1	0.00098	CS1	0.00264	CS1
	Min	-1.010	CS7	-0.240	CS1	-1.836	CS9	-0.00857	CS8	-0.00138	CS4	-0.00099	CS2
194	Max	1.021	CS2	0.004	CS6	1.823	CS4	0.00079	CS4	0.00077	CS8	0.00153	CS1
	Min	-1.015	CS7	-0.010	CS1	-1.909	CS9	-0.00068	CS9	-0.00084	CS5	-0.00126	CS2
195	Max	0.646	CS2	0.002	CS6	1.810	CS4	0.00087	CS5	0.00093	CS8	0.00077	CS4
	Min	-0.692	CS7	-0.005	CS1	-1.896	CS9	-0.00100	CS6	-0.00098	CS5	-0.00079	CS3
223	Max	0.642	CS2	0.043	CS2	1.737	CS4	0.00370	CS9	0.00105	CS8	0.00075	CS1
	Min	-0.689	CS7	-0.075	CS1	-1.835	CS9	-0.00259	CS2	-0.00104	CS5	-0.00029	CS6
224	Max	0.642	CS2	0.046	CS8	1.637	CS4	0.00683	CS9	0.00141	CS9	0.00040	CS3
	Min	-0.689	CS7	-0.130	CS1	-1.753	CS9	-0.00437	CS2	-0.00138	CS4	-0.00042	CS6
225	Max	0.643	CS2	0.074	CS6	1.519	CS4	0.01026	CS9	0.00187	CS9	0.00038	CS2
	Min	-0.689	CS7	-0.123	CS1	-1.651	CS9	-0.00635	CS2	-0.00168	CS4	-0.00040	CS1
226	Max	0.644	CS2	0.062	CS6	1.381	CS4	0.01473	CS9	0.00247	CS9	0.00038	CS6
	Min	-0.689	CS7	-0.062	CS1	-1.520	CS9	-0.00890	CS2	-0.00210	CS4	-0.00072	CS1
202	Max	0.643	CS2	0.001	CS6	1.214	CS4	0.02126	CS9	0.00314	CS9	0.00088	CS6
	Min	-0.685	CS7	-0.007	CS1	-1.361	CS9	-0.01293	CS6	-0.00280	CS4	-0.00080	CS3
231	Max	0.641	CS2	0.038	CS2	0.966	CS5	0.01361	CS9	0.00341	CS9	0.00037	CS1
	Min	-0.684	CS7	-0.036	CS7	-1.078	CS8	-0.00907	CS2	-0.00272	CS4	-0.00019	CS6
230	Max	0.642	CS2	0.019	CS2	0.799	CS5	0.00842	CS9	0.00236	CS9	0.00032	CS2
	Min	-0.684	CS7	-0.063	CS1	-0.871	CS8	-0.00639	CS2	-0.00199	CS4	-0.00041	CS7
229	Max	0.643	CS2	0.041	CS6	0.603	CS5	0.00451	CS9	0.00172	CS8	0.00018	CS2
	Min	-0.685	CS7	-0.046	CS1	-0.688	CS8	-0.00395	CS2	-0.00201	CS4	-0.00036	CS1

200	Max	0.643	CS2	0.002	CS8	0.402	CS5	0.00117	CS9	0.00153	CS8	0.00103	CS7
	Min	-0.683	CS7	-0.007	CS5	-0.523	CS8	-0.00147	CS2	-0.00191	CS4	-0.00086	CS8

---

**Deformación máxima: 0.538 cm**

**Deformación admisible:  $L/200 = 4.4$  cm**

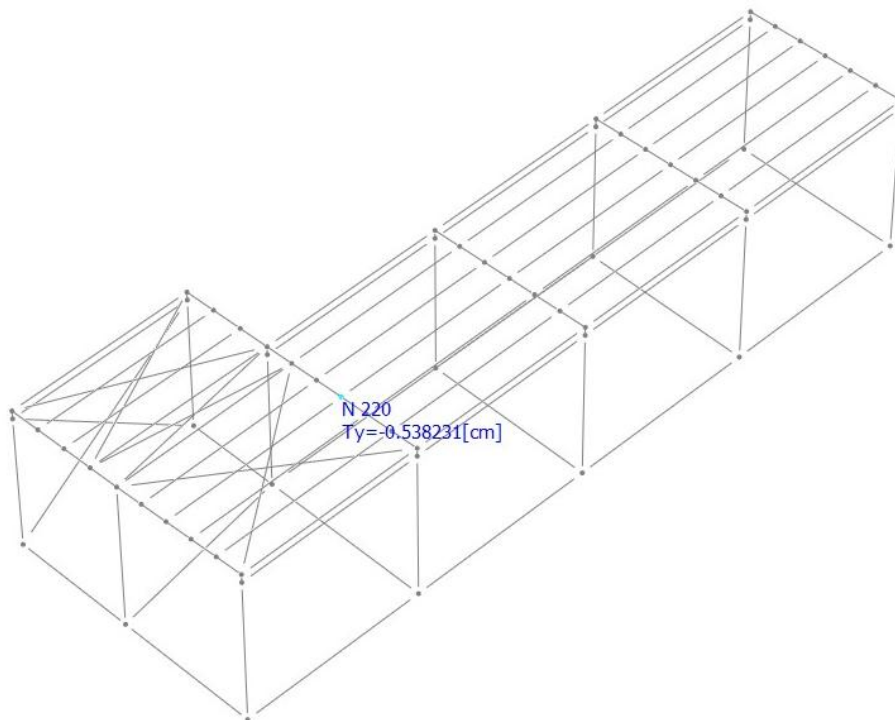


Figura 5-4 – Deformación vertical máxima (8.8m)

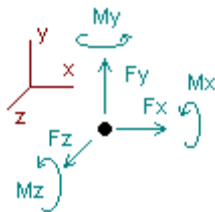
## 6 DISEÑO DE FUNDACIONES

### 6.1 BASES



### Analysis result

#### Envelope for nodal reactions



*Direction of positive forces and moments*

Envelope of nodal reactions for :

- C1=1.4DL
- C2=1.2DL+1.6Lr
- C3=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxp+0.8Wint
- C4=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxp-0.8Wint
- C5=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxn+0.8Wint
- C6=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxn-0.8Wint
- C7=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzp+0.8Wint
- C8=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzp-0.8Wint
- C9=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzn+0.8Wint
- C10=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzn-0.8Wint
- C11=0.9DL+1.6Wxp+1.6Wint
- C12=0.9DL+1.6Wxp-1.6Wint
- C13=0.9DL+1.6Wxn+1.6Wint
- C14=0.9DL+1.6Wxn-1.6Wint
- C15=0.9DL+1.6Wzp+1.6Wint
- C16=0.9DL+1.6Wzp-1.6Wint
- C17=0.9DL+1.6Wzn+1.6Wint
- C18=0.9DL+1.6Wzn-1.6Wint
- C19=0.9DL+1.1Ex
- C20=0.9DL+0.5Lr-1.1Ex+Ez
- C21=0.9DL+1.1Ez
- C22=0.9DL-1.1Ez
- C23=1.2DL+Lr+1.1Ex
- C24=1.2DL+Lr-1.1Ex
- C25=1.2DL+Lr+1.1Ez
- C26=1.2DL+Lr-1.1Ez

Node		Forces						Moments					
		Fx	lc	Fy	lc	Fz	lc	Mx	lc	My	lc	Mz	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
179	Max	1.619	C13	4.843	C6	0.993	C17	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-2.220	C12	-0.310	C11	-1.320	C16	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
180	Max	2.281	C14	3.788	C4	1.068	C17	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-1.624	C11	-0.932	C13	-1.523	C16	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
181	Max	4.544	C14	7.147	C4	0.253	C17	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-3.147	C11	-2.483	C13	-0.234	C16	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
182	Max	4.540	C14	6.768	C4	0.250	C17	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-3.149	C11	-2.564	C13	-0.227	C16	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
183	Max	3.834	C14	6.036	C4	0.255	C18	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-2.492	C11	-0.762	C13	-0.238	C15	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
184	Max	2.399	C14	3.028	C4	1.389	C18	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-1.622	C11	-0.479	C13	-0.971	C15	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
185	Max	0.000	C1	4.050	C4	0.000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	0.000	C1	0.240	C15	0.000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
186	Max	1.939	C13	2.886	C16	3.214	C18	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-2.355	C12	-2.614	C17	-0.474	C15	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
187	Max	1.762	C13	3.160	C18	0.404	C25	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-2.352	C12	-2.538	C11	-2.228	C16	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
188	Max	1.604	C13	9.336	C4	2.140	C18	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-2.481	C12	1.009	C13	-1.330	C15	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
189	Max	3.127	C13	8.202	C6	0.136	C17	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-4.413	C12	-1.832	C11	-0.194	C16	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
190	Max	3.138	C13	8.138	C6	0.205	C17	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1
	Min	-4.418	C12	-1.684	C11	-0.118	C16	0.00000	C1	0.00000	C1	0.00000	C1

**Las bases solo toman tracción, compresión y corte ya que se colocaron vigas de fundación para tomar los momentos.**

<b><math>N_u = 9.336 \text{ tn}</math></b>
--

<b><math>T_u = 2.6 \text{ tn}</math></b>
--

### 6.1.1 Compresión

$$\sigma_{adm} = 60 \frac{tn}{m^2}$$

$$a = b = \sqrt{\frac{9.3tn}{60tn/m^2}} = 0.4 \rightarrow \text{adopto } a = b = 1m$$

$$\sigma_{trabajo} = \frac{9.3tn}{1m^2} = 9.3 \frac{tn}{m^2}$$

$$M_x = M_y = 9,3 \frac{tn}{m} \times \frac{1^2}{8} = 1.16 \text{ tn.m}$$

Los esfuerzos son solo producidos por la carga de la columna y no se considera el peso propio de la base, ni el peso del suelo.

$$A_s = \frac{1.16 \text{ tnm}}{2.4 \text{ tn/cm}^2 * 0,9 * 0.25m} = 2.15 \frac{\text{cm}^2}{m}$$

$$A_{min} = 30 \cdot 100 \cdot 0.0018 = 5.4 \frac{\text{cm}^2}{m} \rightarrow \text{Se adoptan 9 barras } \phi 12mm$$

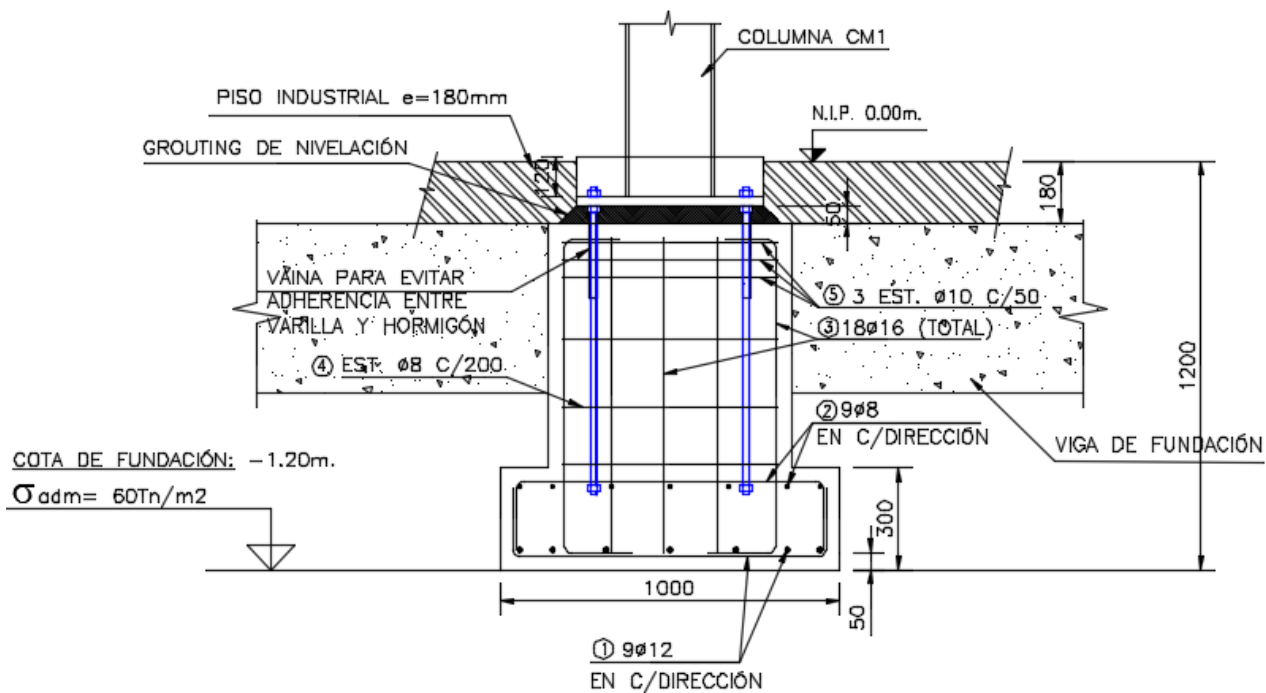


Figura 6-1 - Detalle base de fundación

### 6.1.2 Levantamiento

$$T = 2.6tn$$

$$W_{base} = [(1 * 1 * 0.3) + (0.72 * 0.72 * 0.47)] * \frac{2.5tn}{m^3} = 1.36 tn$$

$$VOL_{suelo} = \frac{h}{3}(3.31 + 1 + \sqrt{3.31 * 1}) = 1.47 m^3 \quad \rightarrow \text{Volumen de un troncocono a } 30^\circ$$

$$W_{suelo} = 1.47 m^3 * 1.6 tn/m^3 = 2.35 tn$$

$$W_{total} = 1.36 tn + 2.35tn = 3.71 tn$$

$$FS = \frac{3.71}{2.6} = 1.43 \text{ (Aceptable)}$$

## 6.2 VIGAS DE FUNDACIÓN



### Analysis result

#### Forces envelope

C1=1.4DL	C14=0.9DL+1.6Wxn-1.6Wint
C2=1.2DL+1.6Lr	C15=0.9DL+1.6Wzp+1.6Wint
C3=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxp+0.8Wint	C16=0.9DL+1.6Wzp-1.6Wint
C4=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxp-0.8Wint	C17=0.9DL+1.6Wzn+1.6Wint
C5=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxn+0.8Wint	C18=0.9DL+1.6Wzn-1.6Wint
C6=1.2DL+1.6Lr+0.8Wxn-0.8Wint	C19=0.9DL+1.1Ex
C7=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzp+0.8Wint	C20=0.9DL+0.5Lr-1.1Ex+Ez
C8=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzp-0.8Wint	C21=0.9DL+1.1Ez
C9=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzn+0.8Wint	C22=0.9DL-1.1Ez
C10=1.2DL+1.6Lr+0.8Wzn-0.8Wint	C23=1.2DL+Lr+1.1Ex
C11=0.9DL+1.6Wxp+1.6Wint	C24=1.2DL+Lr-1.1Ex
C12=0.9DL+1.6Wxp-1.6Wint	C25=1.2DL+Lr+1.1Ez
C13=0.9DL+1.6Wxn+1.6Wint	C26=1.2DL+Lr-1.1Ez

#### MEMBER 91

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C1	0.97	C17	0.00	C13	0.00	C13	0.00	C13	1.93	C16
	Min	0.00	C1	0.09	C16	0.00	C12	-0.01	C12	0.00	C12	-1.76	C17
50%	Max	0.00	C1	0.29	C17	0.00	C13	0.00	C13	0.00	C13	1.15	C16
	Min	0.00	C1	-0.59	C16	0.00	C12	-0.01	C12	0.00	C12	0.22	C17
100%	Max	0.00	C1	-0.38	C17	0.00	C13	0.00	C13	0.00	C12	0.08	C17
	Min	0.00	C1	-1.31	C8	0.00	C12	-0.01	C12	0.00	C13	-1.75	C16

#### MEMBER 92

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C1	1.05	C1	0.00	C3	0.00	C24	0.00	C11	-0.39	C18
	Min	0.00	C1	0.55	C18	0.00	C18	0.00	C19	0.00	C14	-1.30	C7
50%	Max	0.00	C1	0.08	C15	0.00	C3	0.00	C24	0.00	C11	0.42	C26
	Min	0.00	C1	-0.13	C18	0.00	C18	0.00	C19	0.00	C14	0.09	C21
100%	Max	0.00	C1	-0.59	C15	0.00	C3	0.00	C24	0.00	C12	-0.63	C13
	Min	0.00	C1	-1.05	C1	0.00	C18	0.00	C19	0.00	C13	-1.29	C1

#### MEMBER 93

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	

---

0%	Max	0.00	C1	1.25	C1	0.00	C11	0.01	C12	0.00	C11	-0.10	C16
	Min	0.00	C1	0.50	C16	0.00	C14	-0.01	C13	0.00	C14	-1.66	C17
50%	Max	0.00	C1	0.46	C17	0.00	C11	0.01	C12	0.00	C6	1.11	C26
	Min	0.00	C1	-0.17	C16	0.00	C14	-0.01	C13	0.00	C11	0.35	C21
100%	Max	0.00	C1	-0.22	C17	0.00	C11	0.01	C12	0.00	C14	1.21	C17
	Min	0.00	C1	-0.87	C8	0.00	C14	-0.01	C13	0.00	C11	-1.17	C16

---

MEMBER 80

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C1	1.80	C14	0.00	C13	0.00	C16	0.00	C13	3.60	C12
	Min	0.00	C1	-0.55	C11	0.00	C12	0.00	C13	0.00	C12	-3.39	C13
50%	Max	0.00	C1	1.19	C14	0.00	C13	0.00	C16	0.00	C15	1.57	C24
	Min	0.00	C1	-1.16	C11	0.00	C12	0.00	C13	0.00	C18	-0.25	C19
100%	Max	0.00	C1	0.58	C14	0.00	C13	0.00	C16	0.00	C12	3.75	C14
	Min	0.00	C1	-1.77	C11	0.00	C12	0.00	C13	0.00	C13	-3.33	C11

---

MEMBER 81

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C1	2.84	C11	0.00	C13	0.00	C17	0.00	C13	7.41	C14
	Min	0.00	C1	-1.69	C14	0.00	C12	0.00	C16	0.00	C12	-6.26	C11
50%	Max	0.00	C1	2.23	C11	0.00	C13	0.00	C17	0.00	C15	1.89	C12
	Min	0.00	C1	-2.30	C14	0.00	C12	0.00	C16	0.00	C4	-0.49	C23
100%	Max	0.00	C1	1.62	C11	0.00	C13	0.00	C17	0.00	C12	7.15	C12
	Min	0.00	C1	-2.91	C14	0.00	C12	0.00	C16	0.00	C13	-6.36	C13

---

MEMBER 82

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C1	2.84	C11	0.00	C12	0.00	C16	0.00	C12	7.42	C14
	Min	0.00	C1	-1.69	C14	0.00	C13	0.00	C17	0.00	C13	-6.27	C11
50%	Max	0.00	C1	2.23	C11	0.00	C12	0.00	C16	0.00	C18	1.89	C12
	Min	0.00	C1	-2.30	C14	0.00	C13	0.00	C17	0.00	C15	-0.37	C23
100%	Max	0.00	C1	1.62	C11	0.00	C12	0.00	C16	0.00	C13	7.13	C12
	Min	0.00	C1	-2.91	C14	0.00	C13	0.00	C17	0.00	C12	-6.33	C13

---

MEMBER 83

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	



---

0%	Max	0.00	C1	1.54	C11	0.00	C11	0.01	C17	0.00	C11	5.21	C14
	Min	0.00	C1	-0.86	C14	0.00	C14	0.00	C16	0.00	C14	-3.80	C11
50%	Max	0.00	C1	0.93	C11	0.00	C11	0.01	C17	0.00	C17	1.91	C14
	Min	0.00	C1	-1.47	C14	0.00	C14	0.00	C16	0.00	C12	-0.31	C11
100%	Max	0.00	C1	0.32	C11	0.00	C11	0.01	C17	0.00	C14	1.44	C11
	Min	0.00	C1	-2.08	C14	0.00	C14	0.00	C16	0.00	C11	-3.12	C14

---

**MEMBER 84**

<b>Station</b>	<b>Axial</b>	<b>lc</b>	<b>Shear V2</b>	<b>lc</b>	<b>Shear V3</b>	<b>lc</b>	<b>Torsion</b>	<b>lc</b>	<b>M22</b>	<b>lc</b>	<b>M33</b>	<b>lc</b>	
	[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]		
0%	Max	0.00	C1	1.92	C13	0.00	C11	-0.01	C15	0.00	C11	3.89	C12
	Min	0.00	C1	-1.96	C12	0.00	C14	-0.02	C10	0.00	C14	-3.62	C13
50%	Max	0.00	C1	1.58	C13	0.00	C11	-0.01	C15	0.00	C17	0.75	C24
	Min	0.00	C1	-2.30	C12	0.00	C14	-0.02	C10	0.00	C12	-0.97	C14
100%	Max	0.00	C1	1.25	C13	0.00	C11	-0.01	C15	0.00	C14	1.31	C13
	Min	0.00	C1	-2.63	C12	0.00	C14	-0.02	C10	0.00	C11	-3.27	C12

---

**MEMBER 85**

<b>Station</b>	<b>Axial</b>	<b>lc</b>	<b>Shear V2</b>	<b>lc</b>	<b>Shear V3</b>	<b>lc</b>	<b>Torsion</b>	<b>lc</b>	<b>M22</b>	<b>lc</b>	<b>M33</b>	<b>lc</b>	
	[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]		
0%	Max	0.00	C1	1.13	C11	0.00	C15	0.42	C18	0.00	C15	2.71	C14
	Min	0.00	C1	-0.43	C14	0.00	C18	-0.28	C15	0.00	C14	-2.36	C11
50%	Max	0.00	C1	0.62	C11	0.00	C15	0.42	C18	0.00	C18	1.10	C14
	Min	0.00	C1	-0.94	C14	0.00	C18	-0.28	C15	0.00	C11	-0.30	C11
100%	Max	0.00	C1	0.11	C11	0.00	C15	0.42	C18	0.00	C18	0.56	C11
	Min	0.00	C1	-1.45	C14	0.00	C18	-0.28	C15	0.00	C15	-1.71	C14

---

**MEMBER 86**

<b>Station</b>	<b>Axial</b>	<b>lc</b>	<b>Shear V2</b>	<b>lc</b>	<b>Shear V3</b>	<b>lc</b>	<b>Torsion</b>	<b>lc</b>	<b>M22</b>	<b>lc</b>	<b>M33</b>	<b>lc</b>	
	[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]		
0%	Max	0.00	C1	1.65	C12	0.00	C11	0.33	C15	0.00	C11	0.44	C13
	Min	0.00	C1	-0.24	C13	0.00	C14	-0.48	C18	0.00	C18	-1.90	C12
50%	Max	0.00	C1	1.21	C12	0.00	C11	0.33	C15	0.00	C13	1.01	C12
	Min	0.00	C1	-0.67	C13	0.00	C14	-0.48	C18	0.00	C18	-0.49	C13
100%	Max	0.00	C1	0.77	C12	0.00	C11	0.33	C15	0.00	C14	3.02	C12
	Min	0.00	C1	-1.11	C13	0.00	C14	-0.48	C18	0.00	C11	-2.30	C13

---

**MEMBER 87**

<b>Station</b>	<b>Axial</b>	<b>lc</b>	<b>Shear V2</b>	<b>lc</b>	<b>Shear V3</b>	<b>lc</b>	<b>Torsion</b>	<b>lc</b>	<b>M22</b>	<b>lc</b>	<b>M33</b>	<b>lc</b>
	[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	

---

0%	Max	0.00	C1	0.93	C17	0.00	C14	0.01	C14	0.00	C14	1.99	C16
	Min	0.00	C1	0.08	C16	0.00	C11	0.00	C11	0.00	C11	-1.69	C17
50%	Max	0.00	C1	0.25	C17	0.00	C14	0.01	C14	0.00	C14	1.18	C16
	Min	0.00	C1	-0.60	C16	0.00	C11	0.00	C11	0.00	C11	0.15	C17
100%	Max	0.00	C1	-0.42	C17	0.00	C14	0.01	C14	0.00	C11	-0.11	C17
	Min	0.00	C1	-1.31	C8	0.00	C11	0.00	C11	0.00	C14	-1.74	C16

---

**MEMBER 88**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C1	1.12	C1	0.00	C12	0.00	C24	0.00	C14	-0.65	C11
	Min	0.00	C1	0.62	C15	0.00	C13	0.00	C19	0.00	C11	-1.38	C1
50%	Max	0.00	C1	0.20	C18	0.00	C12	0.00	C24	0.00	C13	0.56	C26
	Min	0.00	C1	-0.06	C15	0.00	C13	0.00	C19	0.00	C12	0.14	C16
100%	Max	0.00	C1	-0.48	C18	0.00	C12	0.00	C24	0.00	C13	-0.04	C18
	Min	0.00	C1	-0.98	C1	0.00	C13	0.00	C19	0.00	C12	-1.05	C15

---

**MEMBER 89**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C1	0.98	C1	0.00	C11	0.00	C24	0.00	C12	-0.11	C16
	Min	0.00	C1	0.50	C16	0.00	C14	0.00	C14	0.00	C13	-1.10	C17
50%	Max	0.00	C1	0.07	C17	0.00	C11	0.00	C24	0.00	C18	0.56	C26
	Min	0.00	C1	-0.17	C16	0.00	C14	0.00	C14	0.00	C15	0.11	C18
100%	Max	0.00	C1	-0.61	C17	0.00	C11	0.00	C24	0.00	C14	-0.68	C17
	Min	0.00	C1	-1.12	C1	0.00	C14	0.00	C14	0.00	C11	-1.38	C1

---

**MEMBER 90**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.00	C1	1.36	C10	0.00	C18	0.00	C11	0.00	C12	-0.13	C15
	Min	0.00	C1	0.41	C15	0.00	C13	-0.01	C14	0.00	C13	-1.88	C18
50%	Max	0.00	C1	0.68	C18	0.00	C18	0.00	C11	0.00	C11	1.29	C18
	Min	0.00	C1	-0.26	C15	0.00	C13	-0.01	C14	0.00	C18	0.10	C15
100%	Max	0.00	C1	0.00	C18	0.00	C18	0.00	C11	0.00	C13	2.35	C18
	Min	0.00	C1	-0.94	C15	0.00	C13	-0.01	C14	0.00	C18	-1.78	C15

---

**MEMBER 94**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	

0%	Max	0.00	C1	1.19	C18	0.00	C18	0.00	C15	0.00	C18	1.08	C16
	Min	0.00	C1	0.31	C15	0.00	C13	0.00	C14	0.00	C14	-1.39	C17
50%	Max	0.00	C1	0.52	C18	0.00	C18	0.00	C15	0.00	C13	1.79	C18
	Min	0.00	C1	-0.37	C15	0.00	C13	0.00	C14	0.00	C18	0.47	C15
100%	Max	0.00	C1	-0.16	C18	0.00	C18	0.00	C15	0.00	C13	2.35	C18
	Min	0.00	C1	-1.08	C7	0.00	C13	0.00	C14	0.00	C18	-1.73	C15

### 6.2.1 ARMADURA DE FLEXION

$$M_{u+} = 7.42 \text{ tn} \quad M_{u-} = -6.37 \text{ tn}$$

$$k_r = \frac{M_u}{bd^2f'_c} = \frac{7.42 \text{ tn}}{0.2 \times 45^2 \times \frac{0.25 \text{ tn}}{\text{cm}^2}} = 0.073 \quad \rightarrow \text{ kz} = 0.951 \text{ y } \phi = 0.9$$

$$A_s = \frac{7.42 \text{ tn}}{0.951 \times 0.9 \times \frac{4.2 \text{ tn}}{\text{cm}^2} \times 0.45 \text{ m}} = 4.6 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \text{ Adopto 3 barras diametro 16}$$

$$\rho = \frac{6 \text{ cm}^2}{20 \times 45} = 0.67\% > 0.33\%$$

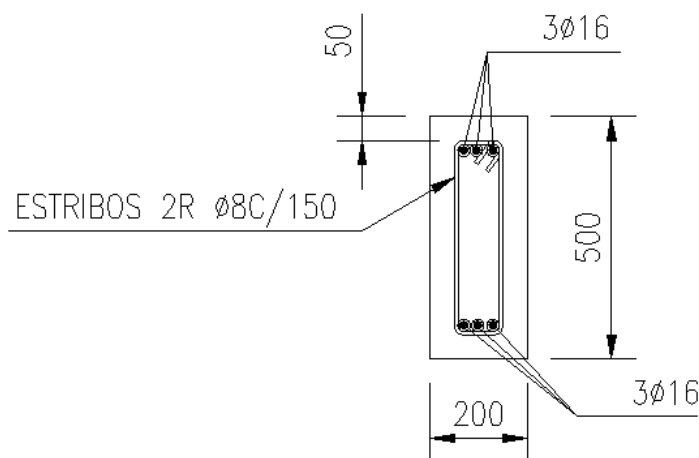


Figura 6-2 - Detalle Viga de fundación

### 6.2.2 ARMADURA DE CORTE

$$V_u = 2.91 \text{ tn}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{25 \text{ MPa}} \times 200 \times 450 = 75 \text{ KN} = 7.5 \text{ tn}$$

$$\varphi \times V_c = 0.75 \times 7.5 \text{ tn} = 5.625 \text{ tn} \rightarrow \text{Armadura minima}$$

$$A_{min} = \frac{1}{16} \times \sqrt{25 \text{ Mpa}} \times 200 \frac{10}{420} = 1.5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto estribos } \emptyset 8 \text{ cada } 15 \text{ cm}$$

## 7 DISEÑO DE INSERTOS METÁLICOS



### Analysis result

#### Forces envelope

##### MEMBER 24

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.07	C11	2.31	C12	0.71	C17	0.00	C14	1.38	C17	3.62	C13
	Min	-1.43	C14	-1.85	C13	-0.61	C16	0.00	C11	-1.09	C16	-3.89	C12
50%	Max	1.15	C11	1.05	C12	0.43	C17	0.00	C14	0.30	C22	0.62	C24
	Min	-1.35	C14	-1.04	C13	-0.34	C16	0.00	C11	-0.30	C25	-0.57	C19
100%	Max	1.23	C11	0.68	C15	0.68	C18	0.00	C14	0.92	C15	1.47	C11
	Min	-1.27	C14	-0.89	C14	-0.58	C15	0.00	C11	-1.09	C18	-1.71	C14

##### MEMBER 16

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.02	C11	2.22	C12	1.19	C17	0.00	C12	1.76	C17	3.39	C13
	Min	-1.82	C6	-1.62	C13	-1.57	C16	0.00	C13	-1.93	C16	-3.60	C12
50%	Max	1.11	C11	0.95	C11	0.44	C17	0.00	C12	0.51	C16	0.78	C14
	Min	-1.71	C6	-0.83	C14	-0.39	C16	0.00	C13	-0.32	C13	-0.77	C23
100%	Max	1.20	C11	0.70	C15	0.80	C16	0.00	C12	0.46	C13	1.53	C11
	Min	-1.59	C6	-0.71	C14	-0.64	C13	0.00	C13	-0.76	C18	-1.38	C6

##### MEMBER 17

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.08	C13	1.62	C11	1.17	C17	0.00	C11	1.70	C17	3.74	C14
	Min	-1.70	C4	-2.29	C14	-1.60	C16	0.00	C14	-1.99	C16	-3.32	C11
50%	Max	1.18	C13	0.74	C11	0.37	C17	0.00	C11	0.58	C16	0.73	C24
	Min	-1.58	C4	-0.90	C14	-0.35	C16	0.00	C14	-0.36	C11	-0.66	C19
100%	Max	1.27	C13	0.60	C12	0.91	C16	0.00	C11	0.55	C11	1.41	C4
	Min	-1.46	C4	-0.69	C17	-0.68	C11	0.00	C14	-0.71	C18	-1.57	C13

**MEMBER 18**

Station		Axial		Shear V2		Shear V3		Torsion		M22		M33	
		[Ton]	lc	[Ton]	lc	[Ton]	lc	[Ton*m]	lc	[Ton*m]	lc	[Ton*m]	lc
0%	Max	2.21	C13	3.15	C11	0.36	C17	0.00	C11	0.99	C17	7.48	C14
	Min	-3.17	C4	-4.56	C14	-0.32	C16	0.00	C14	-0.88	C16	-6.27	C11
50%	Max	2.31	C13	1.39	C11	0.36	C17	0.00	C11	0.34	C26	0.95	C24
	Min	-3.05	C4	-1.77	C14	-0.32	C16	0.00	C14	-0.33	C21	-1.13	C12
100%	Max	2.40	C13	1.12	C12	0.36	C17	0.00	C11	0.81	C16	2.71	C4
	Min	-2.93	C4	-1.43	C17	-0.32	C16	0.00	C14	-0.94	C17	-3.06	C13

**MEMBER 19**

Station		Axial		Shear V2		Shear V3		Torsion		M22		M33	
		[Ton]	lc	[Ton]	lc	[Ton]	lc	[Ton*m]	lc	[Ton*m]	lc	[Ton*m]	lc
0%	Max	2.31	C13	3.15	C11	0.36	C17	0.00	C13	0.98	C17	7.42	C14
	Min	-3.18	C4	-4.54	C14	-0.31	C16	0.00	C12	-0.86	C16	-6.27	C11
50%	Max	2.40	C13	1.39	C11	0.36	C17	0.00	C13	0.34	C26	0.88	C24
	Min	-3.06	C4	-1.77	C14	-0.31	C16	0.00	C12	-0.33	C21	-1.13	C12
100%	Max	2.50	C13	1.11	C12	0.36	C17	0.00	C13	0.79	C16	2.69	C4
	Min	-2.93	C4	-1.42	C17	-0.31	C16	0.00	C12	-0.93	C17	-3.05	C13

**MEMBER 20**

Station		Axial		Shear V2		Shear V3		Torsion		M22		M33	
		[Ton]	lc	[Ton]	lc	[Ton]	lc	[Ton*m]	lc	[Ton*m]	lc	[Ton*m]	lc
0%	Max	1.67	C13	2.48	C11	0.35	C18	0.00	C14	0.98	C18	5.22	C14
	Min	-2.82	C4	-3.91	C14	-0.31	C15	0.00	C11	-0.86	C15	-3.80	C11
50%	Max	1.76	C13	0.74	C3	0.35	C18	0.00	C14	0.33	C26	0.79	C9
	Min	-2.70	C4	-1.14	C14	-0.31	C15	0.00	C11	-0.33	C21	-1.47	C14
100%	Max	1.85	C13	1.63	C14	0.35	C18	0.00	C14	0.78	C15	1.95	C4
	Min	-2.57	C4	-1.37	C17	-0.31	C15	0.00	C11	-0.89	C18	-1.83	C13

**MEMBER 21**

Station		Axial		Shear V2		Shear V3		Torsion		M22		M33	
		[Ton]	lc	[Ton]	lc	[Ton]	lc	[Ton*m]	lc	[Ton*m]	lc	[Ton*m]	lc
0%	Max	0.82	C13	1.40	C11	1.47	C18	0.00	C14	1.93	C18	2.71	C14
	Min	-1.48	C4	-1.98	C14	-1.03	C15	0.00	C17	-1.50	C15	-2.36	C11
50%	Max	0.91	C13	0.52	C11	0.36	C18	0.00	C14	0.30	C13	0.51	C24
	Min	-1.36	C4	-0.60	C14	-0.33	C15	0.00	C17	-0.50	C18	-0.72	C14
100%	Max	1.00	C13	0.79	C14	0.56	C13	0.00	C14	0.63	C16	0.91	C4
	Min	-1.23	C4	-0.71	C15	-0.74	C18	0.00	C17	-0.40	C17	-0.90	C13

**MEMBER 22**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.68	C13	0.70	C11	2.38	C18	0.00	C18	0.90	C18	1.83	C13
	Min	-1.95	C2	-0.58	C14	-1.52	C15	0.00	C11	-0.61	C15	-2.13	C12
50%	Max	0.78	C13	0.70	C11	0.17	C18	0.00	C18	1.56	C15	0.71	C24
	Min	-1.83	C2	-0.58	C14	-0.11	C15	0.00	C11	-2.48	C18	-0.77	C23
100%	Max	0.87	C13	0.70	C11	1.30	C15	0.00	C18	0.00	C18	1.59	C11
	Min	-1.71	C2	-0.58	C14	-2.05	C18	0.00	C11	0.00	C13	-1.27	C14

**MEMBER 23**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.73	C11	2.05	C12	1.45	C18	0.00	C14	1.87	C18	2.30	C13
	Min	-1.24	C6	-1.40	C13	-1.00	C15	0.00	C11	-1.40	C15	-3.02	C12
50%	Max	0.81	C11	0.78	C12	0.43	C18	0.00	C14	0.29	C22	0.48	C24
	Min	-1.13	C6	-0.59	C13	-0.35	C15	0.00	C11	-0.41	C18	-0.56	C23
100%	Max	0.90	C11	0.56	C17	0.49	C11	0.00	C14	0.71	C16	0.98	C11
	Min	-1.02	C6	-0.49	C12	-0.58	C18	0.00	C11	-0.62	C17	-0.77	C14

**MEMBER 25**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.36	C13	2.44	C12	0.65	C17	0.00	C14	1.23	C17	3.94	C13
	Min	-3.93	C4	-1.89	C13	-0.64	C16	0.00	C11	-1.16	C16	-4.22	C12
50%	Max	2.44	C13	1.30	C11	0.37	C17	0.00	C14	0.28	C22	0.60	C14
	Min	-3.82	C4	-1.22	C14	-0.35	C16	0.00	C11	-0.31	C25	-0.86	C23
100%	Max	2.53	C13	0.87	C15	0.60	C18	0.00	C14	0.91	C15	2.42	C11
	Min	-3.70	C4	-1.10	C14	-0.58	C15	0.00	C11	-0.92	C18	-2.31	C14

**MEMBER 26**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.19	C11	4.41	C12	0.44	C17	0.00	C14	1.15	C17	6.34	C13
	Min	-3.49	C6	-3.13	C13	-0.36	C16	0.00	C11	-0.93	C16	-7.14	C12
50%	Max	2.28	C11	1.87	C11	0.44	C17	0.00	C14	0.35	C26	1.42	C14
	Min	-3.38	C6	-1.54	C14	-0.36	C16	0.00	C11	-0.33	C21	-0.92	C23
100%	Max	2.36	C11	1.43	C15	0.44	C17	0.00	C14	0.86	C16	2.99	C11
	Min	-3.26	C6	-1.30	C14	-0.36	C16	0.00	C11	-1.07	C17	-2.68	C6

**MEMBER 27**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.07	C11	4.42	C12	0.44	C17	0.00	C12	1.14	C17	6.35	C13
	Min	-3.48	C6	-3.07	C13	-0.37	C16	0.00	C13	-0.96	C16	-7.16	C12
50%	Max	2.16	C11	1.87	C11	0.44	C17	0.00	C12	0.34	C26	1.42	C14
	Min	-3.37	C6	-1.54	C14	-0.37	C16	0.00	C13	-0.33	C21	-1.01	C23
100%	Max	2.25	C11	1.42	C17	0.44	C17	0.00	C12	0.87	C16	2.98	C11
	Min	-3.25	C6	-1.30	C14	-0.37	C16	0.00	C13	-1.07	C17	-2.66	C6

**MEMBER 102**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.39	C11	1.42	C15	0.60	C18	0.01	C18	0.43	C8	2.98	C11
	Min	-3.12	C6	-1.30	C14	-0.67	C3	-0.01	C11	-0.49	C13	-2.66	C6
50%	Max	2.39	C11	1.51	C15	0.60	C18	0.01	C18	0.48	C8	3.08	C11
	Min	-3.11	C6	-1.29	C14	-0.67	C3	-0.01	C11	-0.45	C13	-2.82	C6
100%	Max	2.40	C11	1.59	C15	0.60	C18	0.01	C18	0.54	C2	3.17	C11
	Min	-3.10	C6	-1.28	C14	-0.67	C3	-0.01	C11	-0.47	C17	-2.99	C6

**MEMBER 103**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.45	C11	1.43	C17	1.14	C17	0.01	C18	0.36	C10	2.99	C11
	Min	-3.21	C6	-1.30	C14	-1.03	C2	-0.01	C15	-0.40	C15	-2.68	C6
50%	Max	2.46	C11	1.51	C17	1.14	C17	0.01	C18	0.42	C10	3.09	C11
	Min	-3.20	C6	-1.29	C14	-1.03	C2	-0.01	C15	-0.39	C15	-2.84	C6
100%	Max	2.46	C11	1.60	C17	1.14	C17	0.01	C18	0.55	C2	3.17	C11
	Min	-3.19	C6	-1.27	C14	-1.03	C2	-0.01	C15	-0.48	C17	-3.01	C6

**MEMBER 104**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.13	C11	0.69	C15	0.52	C5	0.01	C14	0.15	C5	1.53	C11
	Min	-1.53	C6	-0.70	C14	-0.50	C16	-0.01	C11	-0.13	C16	-1.38	C6
50%	Max	1.13	C11	0.74	C15	0.50	C5	0.01	C14	0.08	C5	1.58	C11
	Min	-1.52	C6	-0.70	C14	-0.43	C16	-0.01	C11	-0.06	C16	-1.47	C6
100%	Max	1.14	C11	0.78	C15	0.48	C5	0.01	C14	0.00	C14	1.62	C11
	Min	-1.51	C6	-0.69	C14	-0.36	C16	-0.01	C11	0.00	C11	-1.56	C6



**MEMBER 105**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.64	C13	0.87	C15	1.17	C8	0.01	C12	0.22	C15	2.42	C11
	Min	-3.63	C4	-1.10	C14	-1.17	C13	-0.01	C13	-0.27	C6	-2.31	C14
50%	Max	2.65	C13	0.91	C15	1.18	C8	0.01	C12	0.34	C15	2.52	C11
	Min	-3.63	C4	-1.09	C14	-1.19	C13	-0.01	C13	-0.43	C10	-2.47	C14
100%	Max	2.65	C13	0.96	C15	1.19	C8	0.01	C12	0.46	C15	2.62	C11
	Min	-3.62	C4	-1.09	C14	-1.21	C13	-0.01	C13	-0.61	C10	-2.64	C14

**MEMBER 106**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.35	C11	0.68	C15	0.51	C3	0.00	C26	0.49	C13	1.47	C11
	Min	-1.28	C14	-0.89	C14	-0.81	C18	0.00	C18	-0.32	C10	-1.71	C14
50%	Max	1.35	C11	0.72	C15	0.50	C3	0.00	C26	0.48	C15	1.53	C11
	Min	-1.28	C14	-0.88	C14	-0.79	C18	0.00	C18	-0.32	C10	-1.84	C14
100%	Max	1.36	C11	0.76	C15	0.49	C3	0.00	C26	0.48	C15	1.59	C11
	Min	-1.27	C14	-0.88	C14	-0.77	C18	0.00	C18	-0.31	C10	-1.97	C14

**MEMBER 107**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.87	C11	0.56	C17	0.90	C18	0.00	C26	0.25	C18	0.98	C11
	Min	-0.90	C6	-0.49	C12	-0.50	C7	0.00	C21	-0.14	C7	-0.77	C14
50%	Max	0.87	C11	0.61	C17	0.84	C18	0.00	C26	0.12	C18	0.99	C11
	Min	-0.89	C6	-0.57	C12	-0.48	C7	0.00	C21	-0.07	C7	-0.83	C14
100%	Max	0.88	C11	0.65	C17	0.78	C18	0.00	C26	0.00	C11	1.00	C11
	Min	-0.88	C6	-0.64	C12	-0.46	C7	0.00	C21	0.00	C18	-0.88	C14

**MEMBER 108**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	1.20	C13	0.60	C12	0.43	C3	0.01	C14	0.12	C3	1.41	C4
	Min	-1.40	C4	-0.69	C17	-0.64	C16	-0.01	C11	-0.17	C16	-1.57	C13
50%	Max	1.20	C13	0.59	C12	0.41	C3	0.01	C14	0.06	C3	1.49	C4
	Min	-1.39	C4	-0.74	C17	-0.57	C16	-0.01	C11	-0.08	C16	-1.60	C13
100%	Max	1.21	C13	0.65	C14	0.40	C3	0.01	C14	0.00	C13	1.57	C4
	Min	-1.38	C4	-0.78	C17	-0.49	C16	-0.01	C11	0.00	C12	-1.63	C13

**MEMBER 109**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.54	C13	1.12	C12	0.58	C16	0.01	C26	0.31	C8	2.71	C4
	Min	-2.80	C4	-1.43	C15	-0.48	C26	-0.01	C21	-0.50	C13	-3.06	C13
50%	Max	2.55	C13	1.15	C14	0.58	C16	0.01	C26	0.30	C8	2.87	C4
	Min	-2.79	C4	-1.51	C15	-0.48	C26	-0.01	C21	-0.45	C13	-3.13	C13
100%	Max	2.55	C13	1.30	C14	0.58	C16	0.01	C26	0.31	C2	3.02	C4
	Min	-2.78	C4	-1.60	C15	-0.48	C26	-0.01	C21	-0.46	C17	-3.19	C13

**MEMBER 110**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.60	C13	1.12	C12	0.49	C17	0.01	C26	0.23	C2	2.69	C4
	Min	-2.84	C4	-1.42	C15	-0.36	C26	-0.01	C21	-0.32	C17	-3.05	C13
50%	Max	2.61	C13	1.15	C14	0.49	C17	0.01	C26	0.27	C2	2.84	C4
	Min	-2.83	C4	-1.51	C15	-0.36	C26	-0.01	C21	-0.39	C17	-3.12	C13
100%	Max	2.61	C13	1.31	C14	0.49	C17	0.01	C26	0.31	C2	2.99	C4
	Min	-2.82	C4	-1.59	C15	-0.36	C26	-0.01	C21	-0.46	C17	-3.18	C13

**MEMBER 111**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	2.02	C13	1.64	C14	0.49	C25	0.01	C26	0.14	C26	1.95	C4
	Min	-2.48	C4	-1.37	C17	-0.39	C18	-0.01	C21	-0.12	C18	-1.83	C13
50%	Max	2.03	C13	1.79	C14	0.49	C25	0.01	C26	0.07	C26	2.04	C4
	Min	-2.47	C4	-1.46	C17	-0.39	C18	-0.01	C21	-0.06	C18	-1.79	C13
100%	Max	2.03	C13	1.95	C14	0.49	C25	0.01	C26	0.00	C11	2.12	C4
	Min	-2.46	C4	-1.54	C17	-0.39	C18	-0.01	C21	-0.01	C25	-1.75	C13

**MEMBER 112**

Station		Axial	lc	Shear V2	lc	Shear V3	lc	Torsion	lc	M22	lc	M33	lc
		[Ton]		[Ton]		[Ton]		[Ton*m]		[Ton*m]		[Ton*m]	
0%	Max	0.98	C13	0.78	C14	0.66	C18	0.01	C22	0.18	C18	0.91	C4
	Min	-1.17	C4	-0.71	C15	-0.57	C13	-0.01	C25	-0.16	C13	-0.90	C13
50%	Max	0.99	C13	0.86	C14	0.60	C18	0.01	C22	0.08	C18	0.96	C4
	Min	-1.16	C4	-0.75	C15	-0.54	C13	-0.01	C25	-0.08	C13	-0.89	C13
100%	Max	0.99	C13	0.94	C14	0.54	C18	0.01	C22	0.00	C26	1.00	C4
	Min	-1.16	C4	-0.80	C15	-0.51	C13	-0.01	C25	0.00	C21	-0.87	C13

**Combinación crítica => C14 => miembro 18**

### 7.1 RESISTENCIAS REQUERIDAS:

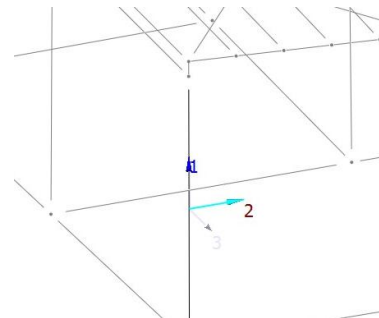
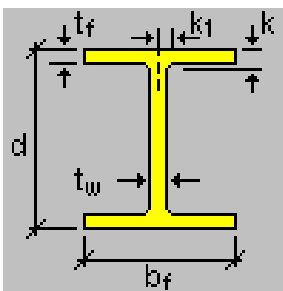
$T_u = 3,42$  KN (compresión)

$M_u = 74,8$  KN m

$V_u = 45,6$  KN

#### Datos:

- Perfil I serie W-W 10x26



$b_f$	=	14.656 [cm]	Ancho
$d$	=	26.162 [cm]	Profundidad
$k$	=	1.880 [cm]	Distancia $k$
$k_1$	=	1.746 [cm]	Distancia $k_1$
$t_f$	=	1.118 [cm]	Espesor de ala
$t_w$	=	0.660 [cm]	Espesor de alma

- Placa Base:

$F_y = 235$  MPa

$F_u = 370$  MPa

$E = 200000$  MPa

- Hormigón:

H-20 ( $f'_c = 20$  MPa)

- Pernos:

SAE 1043 ( $F_v = 200$ MPa  $F_t = 375$ MPa)

- Soldadura:

$F_{ex} = 430$  MPa

$F_w = 0,6 \cdot F_{ex} = 258$  MPa

## 7.2 PRE DIMENSIONADO DE LA PLACA BASE:

Excentricidad de la carga:

$$e = \frac{M_U}{T_U} = \frac{74,8 \text{ KN m}}{3,42 \text{ KN}} = 21,87 \text{ m}$$

Se pre dimensionamos el lado  $d$  de la base, normal al eje de flexión, tomando el lado de la columna más 15 cm a cada lado.

$$d = h_p + 2 \cdot 15 \text{ cm} = 26,2 \text{ cm} + 30 \text{ cm} = 56,2 \text{ cm} \rightarrow \text{Adopto } 55 \text{ cm}$$

$$e > \frac{3}{8} \cdot d = 21 \text{ cm} \rightarrow \text{CASO 3}$$

Determinamos la tensión máxima de aplastamiento del hormigón

$$f_{adm} = 0,51 \cdot f'_c = 0,51 \cdot 20 \text{ MPa} = 10,2 \text{ MPa}$$

Se determina el ancho  $b$  necesario con la condición de que la tensión  $f_{max} = f_{adm} = 10,2 \text{ MPa}$ :

$$b = \frac{32 \cdot T_U \cdot \left(e - \frac{d}{2} + h'\right)}{7 \cdot f_{adm} \cdot h^2} = \frac{32 \cdot 3,42 \text{ KN} \cdot \left(21,87 - \frac{0,55}{2} + 0,05\right) \text{ m}}{\frac{7 \cdot 10200 \text{ KN}}{\text{m}^2} \cdot 0,5^2} = 13,3 \text{ cm}$$

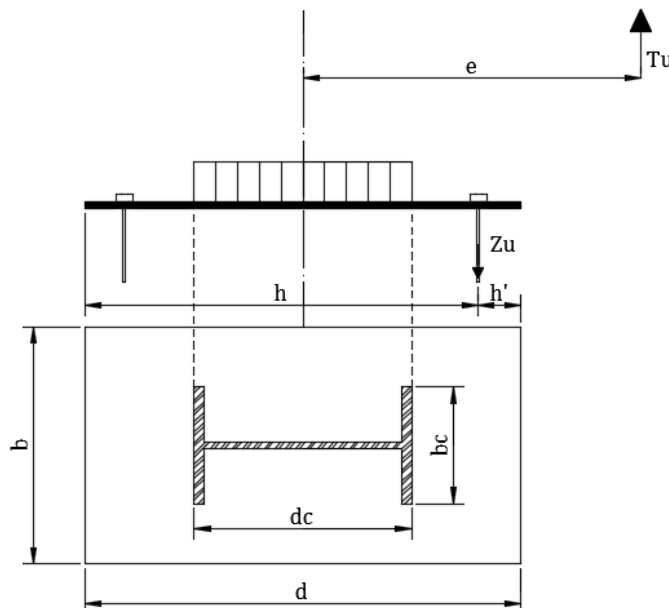
Pero  $b < b_f = 14,7 \text{ cm}$

Entonces adoptamos un ancho mínimo que permita alojar los pernos de anclaje:

$$b = 14,7 \text{ cm} + 7,5 \text{ cm} \cdot 2 = 29,7 \text{ cm} \cong 30 \text{ cm}$$

La tensión de trabajo será:

$$f_{max} = \frac{32 \cdot T_U \cdot \left(e - \frac{d}{2} + h'\right)}{7 \cdot b \cdot h^2} = \frac{32 \cdot 3,42 \text{ KN} \cdot \left(21,87 - \frac{0,55}{2} + 0,05\right) \text{ m}}{7 \cdot 0,3 \cdot 0,5^2} = 4,512 \text{ MPa} < 10,71 \text{ MPa}$$



### 7.3 DIMENSIONADO DE LOS PERNOS DE ANCLAJE:

Los pernos están solicitados a **corte y a tracción**.

Siendo la flexión resultante fundamentalmente de la acción del viento que actúa en ambas sentidos se colocan pernos en ambos lados de la placa.

$$Z_u = f_{max} \cdot b \cdot \frac{h}{4} + T_u = 4512 \text{ KPa} \cdot 0,3 \cdot \frac{0,5}{4} \text{ m}^2 + 3,42 \text{ KN} = 172,65 \text{ KN}$$

$$V_u = 45,6 \text{ KN}$$

Colocamos 4 bulones tipo SAE 1045 de cada lado

Resistencia requerida por perno:

$$Z_{U1} = \frac{172,65 \text{ KN}}{4} = 43,16 \text{ KN}$$

$$V_{U1} = \frac{45,6 \text{ KN}}{8} = 5,7 \text{ KN}$$

Adopto bulones  $\phi = \frac{3''}{4} = 19 \text{ mm}$

#### VERIFICACIÓN AL CORTE

$$R_{d1} = \phi \cdot F_v \cdot A_b = 0,75 \cdot 200 \cdot 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\pi \cdot (0,019 \text{ m})^2}{4} = 42,5 \text{ KN} > V_{U1} \rightarrow \text{Verifica}$$

#### VERIFICACIÓN A TRACCIÓN

$$R_{d1} = \phi \cdot F_t \cdot A_b = 0,75 \cdot 375 \cdot 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\pi \cdot (0,019 \text{ m})^2}{4} = 79,74 \text{ KN} > Z_{U1} \rightarrow \text{Verifica}$$

$$\text{Longitud de anclaje} = 30 \phi = 57,15 \text{ cm}$$

## 7.4 DIMENSIONADO DE PLACA BASE:

Adopto espesor de cartelas  $e_c = \frac{1}{2}'' = 1.27 \text{ cm}$

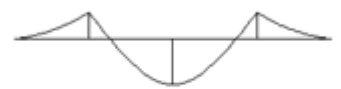
### a) Falla por flexión en la zona de compresión en la base.

Se considera una franja de 1 cm de ancho apoyada sobre las cartelas cargadas con la máxima tensión de contacto.

Adoptamos como espesor de las cartelas 1,27 cm

$$M_{voladizo} = \frac{f_{max} \cdot 7,02^2 \text{ cm}^2}{2} = \frac{4,51 \cdot 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot (0,0702 \text{ m})^2}{2} = 11,1 \frac{\text{KN cm}}{\text{cm}}$$

$$M_{tramo} = \frac{f_{max} \cdot L_1^2}{2} - M_{vol} = \frac{4,51 \cdot 10^3 \text{ KN}}{\text{m}^2} \cdot 0,16^2 \text{ m}^2}{2} - 11,1 = 3,38 \frac{\text{KN cm}}{\text{cm}}$$

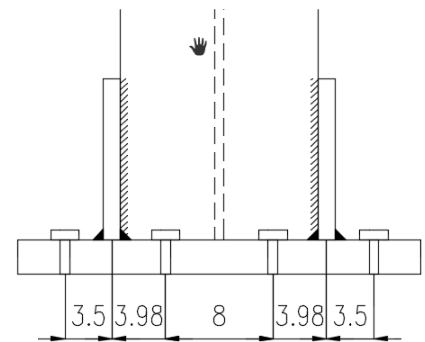


### b) Falla por flexión en la zona de tracción de los pernos.

$$M_{voladizo} = Z_1 \cdot 3,5 \text{ cm} = 43,16 \text{ KN} \cdot 3,5 \text{ cm} = 151,71 \text{ KN cm}$$

$$M_{tramo} = Z_1 \cdot 11,48 \text{ cm} + Z_1 \cdot 4 \text{ cm} - R \cdot 7,98 = -20,28 \text{ KN cm}$$

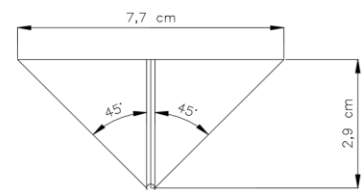
$$R = Z_1 \times \frac{4}{2} = 86,32 \text{ KN}$$



Momento por cm de ancho:

$$M_{voladizo} = \frac{151,71}{7,7} = 19,70 \frac{\text{KN cm}}{\text{cm}}$$

$$\rightarrow M_{up} = 19,7 \frac{\text{KN}}{\text{cm}}$$



$$S_{nec} = \frac{M_{up}}{\phi \cdot F_y} = \frac{1 \text{ cm} \cdot t_p^2}{6}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{up}}{\phi \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 19,7 \frac{\text{KNcm}}{\text{cm}}}{0,9 \cdot 235 \cdot 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}} = 0,023 \text{ m} = 2,3 \rightarrow \text{Adopto placa base de } 1" (2,54 \text{ cm})$$

## 7.5 DIMENSIONADO DE LAS CARTELAS

$$Z_{c1} = \frac{Z_u}{2} = 86,31 \text{ KN}$$

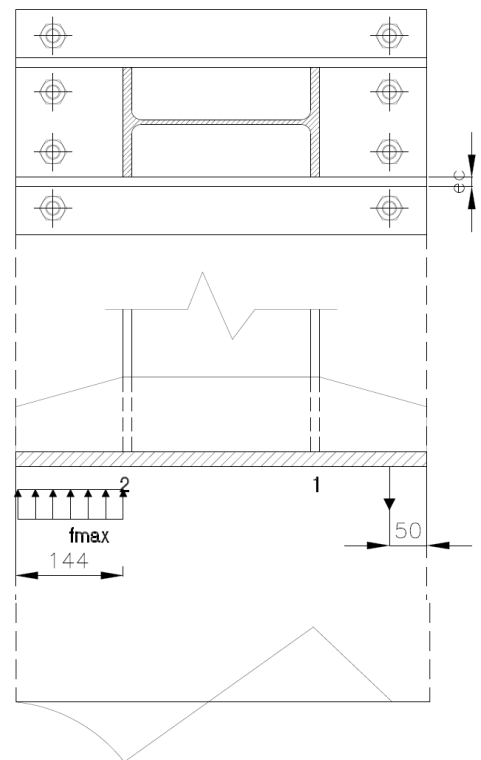
$$q_{c1} = f_{max} \cdot \frac{b}{2} = 4512 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot \frac{0,3}{2} = 678,8 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$M_{u1} = Z_{c1} \cdot \left( \frac{d - d_{col}}{2} - h' \right) = 5,96 \text{ KNm}$$

$$V_{u1} = Z_{c1} = 86,31$$

$$M_{u2} = q_{c1} \cdot \frac{(0,144)^2}{2} = 4,79 \text{ KNm}$$

$$V_{u2} = q_{c1} \cdot 0,144 = 80,54 \text{ KN}$$



- Pre Dimensionado por flexión:

$$M_n = M_p = \phi \cdot Z \cdot F_y$$

$$Z_{nec} = \frac{M_{u1}}{\phi \cdot F_y} = \frac{5,96 \text{ KN m}}{0,9 \cdot \frac{235000 \text{ KN}}{\text{m}^2}} = 28,18 \text{ cm}^3$$

$$Z = \frac{e_c \cdot h_c^2}{4} \rightarrow h_c = \sqrt{\frac{Z_{nec} \cdot 4}{e_c}} = \sqrt{\frac{28,18 \cdot 4}{1,27}} = 9,42 \text{ cm} \rightarrow \text{Adopto } h = 10 \text{ cm}$$

- Verificación a Pandeo Local:

$$\lambda = \frac{h_c}{2 e_c} = \frac{10}{2 \cdot 1,27} = 3,93 < \frac{200}{\sqrt{F_y}} = 13,03 \rightarrow \text{seccion compacta}$$

- Pandeo Lateral Torsional:

$$L_p = \frac{26 \cdot r_y}{M_p} \cdot \sqrt{J_c \cdot A_{gc}}$$

$$r_y = \frac{e_c}{\sqrt{12}} = \frac{1,27 \text{ cm}}{\sqrt{12}} = 0,37 \text{ cm}$$

$$M_p = Z \cdot F_y = \frac{0,0127 \text{ m} \cdot (0,10 \text{ m})^2}{4} \cdot 235 \cdot 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 7,46 \text{ KN m}$$

$$J_c = \frac{h_c \cdot e_c^3}{3} = \frac{10 \text{ cm} \cdot (1,27 \text{ cm})^3}{3} = 6,83 \text{ cm}^4$$

$$A_{gc} = e_c \cdot h_c = 10 \text{ cm} \cdot 1,27 \text{ cm} = 12,7 \text{ cm}^2$$

$$L_p = \frac{26 \cdot 0,37 \text{ cm}}{7,46 \text{ KN m}} \cdot \sqrt{6,83 \text{ cm}^4 \cdot 12,7 \text{ cm}^2} = \mathbf{12,01 \text{ cm}}$$

$$L_r = \frac{400 \cdot r_y}{M_y} \cdot \sqrt{J_c \cdot A_{gc}}$$

$$M_y = S \cdot F_y = \frac{0,0127 \text{ m} \cdot (0,10 \text{ m})^2}{6} \cdot 235 \cdot 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 4,97 \text{ KN m}$$

$$L_r = \frac{400 \cdot 0,37 \text{ cm}}{4,97 \text{ KN m}} \cdot \sqrt{6,83 \text{ cm}^4 \cdot 12,7 \text{ cm}^2} = \mathbf{277,34 \text{ cm}}$$

$$L_b = 26,6 \text{ cm}$$

$$L_p = 12,01 \text{ cm} < L_b = 26,6 \text{ cm} < L_r = 277,34 \text{ cm}$$

Entonces adoptamos la expresión:

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_p - (M_p - M_y) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

Se adopta  $C_b = 1$  (voladizo)

$$M_n = 1 \cdot \left[ 7,46 \text{ KN m} - (7,46 \text{ KN m} - 4,97 \text{ KN m}) \cdot \left( \frac{26,6 \text{ cm} - 12,01 \text{ cm}}{277,34 \text{ cm} - 12,01 \text{ cm}} \right) \right] = \mathbf{7,32 \text{ KN m} < M_p}$$



$$M_d = \phi \cdot M_n = 0,9 \cdot 7,32 \text{ KN m} = 6,6 \text{ KN m} > M_{UC} = 5,96 \text{ KN m} \rightarrow \text{verifica}$$

- Verificación a corte:

$$\frac{h_c}{e_c} = \frac{10 \text{ cm}}{1,27 \text{ cm}} = 3,93$$

$$\lambda_p = \frac{1000}{\sqrt{F_y}} = \frac{1000}{\sqrt{235 \text{ MPa}}} = 65,23 > 3,93$$

Entonces adoptamos la expresión:

$$V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w = 0,6 \cdot 235 \cdot 10^3 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 0,10 \text{ m} \cdot 0,0127 \text{ m} = 179,07 \text{ KN}$$

$$V_d = \phi \cdot V_n = 0,9 \cdot 179,07 \text{ KN} = 161,16 \text{ KN} > 86,31 \text{ KN} = V_{UC} \rightarrow \text{verifica}$$

## 7.6 SOLDADURAS

La columna transmite:

$$M_u = 63,5 \text{ KN m}$$

$$T_u = 2,47 \text{ KN}$$

$$V_u = 30,7 \text{ KN}$$

- Cordón vertical tipo 2 (transmite de columna a cartela):

$$n_c = 2$$

$$L_c = 0,55 \text{ m}$$

$$L_{CT} = n_c \cdot L_c = 1,10 \text{ m}$$

$$T_{UW} = \frac{T_u}{8} + \frac{M_u}{4 \cdot d_c} = \frac{2,47 \text{ KN}}{8} + \frac{63,5 \text{ KNm}}{4 \cdot 0,262 \text{ m}} = 60,9 \text{ KN}$$

$$V_{UW} = \frac{V_u}{8} = 3,84 \text{ KN}$$

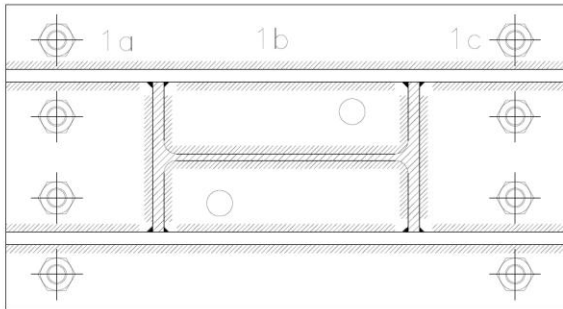
$$R_{UW} = \sqrt{T_{UW}^2 + V_{UW}^2} = 61,02 \text{ KN}$$

$$d_{min} = 5 \text{ mm}$$

$$R_d = \phi \cdot F_w \cdot A_w = 0,6 \cdot (0,6 \cdot F_{exx}) \cdot 0,707 \cdot 1 = 0,6 \cdot \left(0,6 \cdot 43 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}\right) \cdot 0,707 \cdot 0,5 \text{ cm} = 5,47 \frac{\text{KN}}{\text{cm}}$$

$$L = \frac{61,02 \text{ KN}}{5,47 \frac{\text{KN}}{\text{cm}}} = 11,15 \text{ cm} \rightarrow \text{adopto cartelas } h = 12 \text{ cm}$$

○ Cordón horizontal tipo 1:



1a= Transmite compresión

1b= Transmite  $V_u$

1c= Transmite  $Z_u$  de pernos

**1c**

$$l_{1c} = 10\text{cm}$$

$$\text{Perno externo} = 2 \cdot 3,52 + 1,9 = 8,94\text{ cm}$$

$$\text{Perno interno} = 2 \cdot 2,715 + 1,9 = 7,33\text{ cm}$$

$$F_{w1} = \frac{Z_U}{4} = \frac{172,62\text{ KN}}{4} = 43,16\text{ KN}$$

$$R_{w1c} = \frac{43,16\text{ KN}}{10\text{cm}} = 4,32 \frac{\text{KN}}{\text{cm}}$$

Entrando a tabla  $d_{min} = 8\text{ mm}$

$$R_{dw} = \phi \cdot 0,707 \cdot 1\text{cm} \cdot d \cdot F_w = 12,22\text{ KN}$$

$$d_1 = \frac{R_{w1c}}{R_{dw}} \frac{4,32 \frac{\text{KN}}{\text{cm}}}{12,22} = 3,5\text{ mm} \rightarrow \text{adopto } d_{min} 8\text{ mm}$$

**1b**

$$l = (55 - 10 - 12,5) = 32,5\text{ cm}$$

$$n_c = 4$$

$$l_{1b} = 32,5 \times 4 = 130\text{cm}$$

$$V_{UW} = 30,7\text{ KN}$$

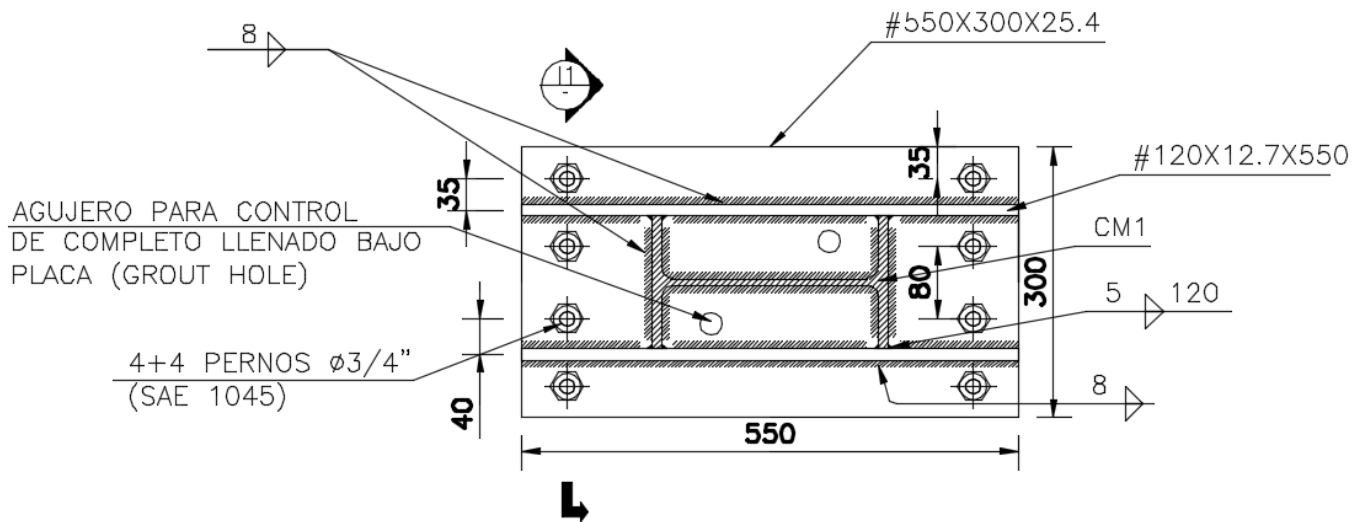
$$R_{W1b} = \frac{30,7\text{KN}}{130\text{cm}} = 0,24 \frac{\text{KN}}{\text{cm}} \rightarrow \text{adopto } d_{min}$$

**1a**

$$l_{1a} = \frac{h}{4} = \frac{50}{4} = 12,5\text{cm}$$

$$R_{w1a} = f_{max} + \frac{h}{4} \cdot b = 4512 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 0,125\text{m} \cdot 0,3\text{m} = 169,2 \text{ KN}$$

$$R_{w1a} = \frac{169,2\text{KN}}{50\text{cm}} = 3,384 \text{ KN} \rightarrow \text{Adopto } d_{min} = 8\text{mm}$$



## 8 DETALLES

---

El diseño de miembros y conexiones deberá ser consistente con el comportamiento que se espera que tenga el sistema estructural y las hipótesis hechas en el análisis por lo que fue necesario realizar un detalle de cómo se efectuarían las mismas.

El plano de detalles se encuentra en los anexos.

## 9 CONCLUSIÓN

---

Con el desarrollo de este trabajo se persiguió, a nivel personal, afianzar los conceptos en el área de estructuras y a nivel de proyecto, brindar al cliente una respuesta satisfactoria en función de sus requerimientos.

En lo que respecta al proyecto, un punto importante a destacar es el rol de la ingeniería en el mismo. No solo se trata de dimensionar el sistema estructural resistente, sino también de optimizarlo. Cualquier persona desconocida en el tema en lugar de colocar tillas y tornapuntas simplemente podría haber optado por aumentar las secciones hasta que las mismas verifiquen. Es importante recordar que hay muchas soluciones para un mismo problema y lo que queremos encontrar es la solución técnica y económicamente óptima para cada caso particular.

Para lograr lo anterior, uno de los puntos a tener en cuenta es aprender no solo a utilizar, sino también, a entender los programas de cálculo que tanto nos ayudan.

Otro tema a destacar es la importancia de los reglamentos, ya que no solo es lo que nos respalda ante cualquier tipo de inconveniente, sino que es la guía a seguir. Por lo tanto, antes de iniciar con cualquier proyecto, se debe investigar sobre la reglamentación vigente del lugar a realizar la obra.

Finalmente, no quiero dejar de mencionar la importancia del trabajo en equipo y de la interacción entre las distintas partes que finalmente logran el proyecto final.

En cuanto a lo personal, me resultó gratificante poder aplicar los conocimientos adquiridos durante el estudio a un caso real y poder contar con el apoyo constante de profesionales muy capacitados en el tema.

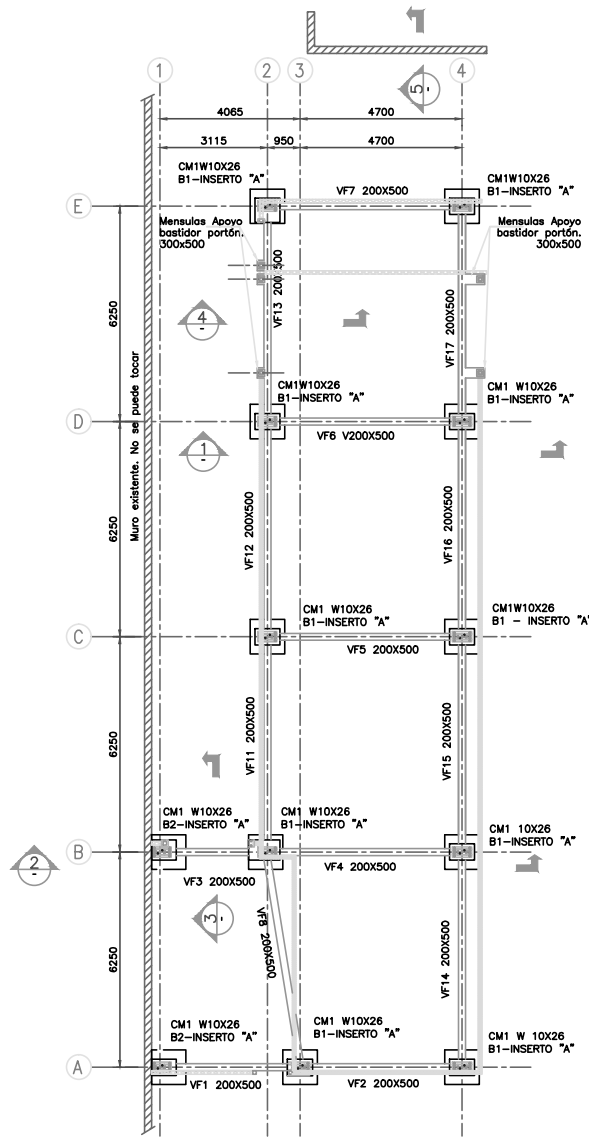
## 10 BIBLIOGRAFÍA

---

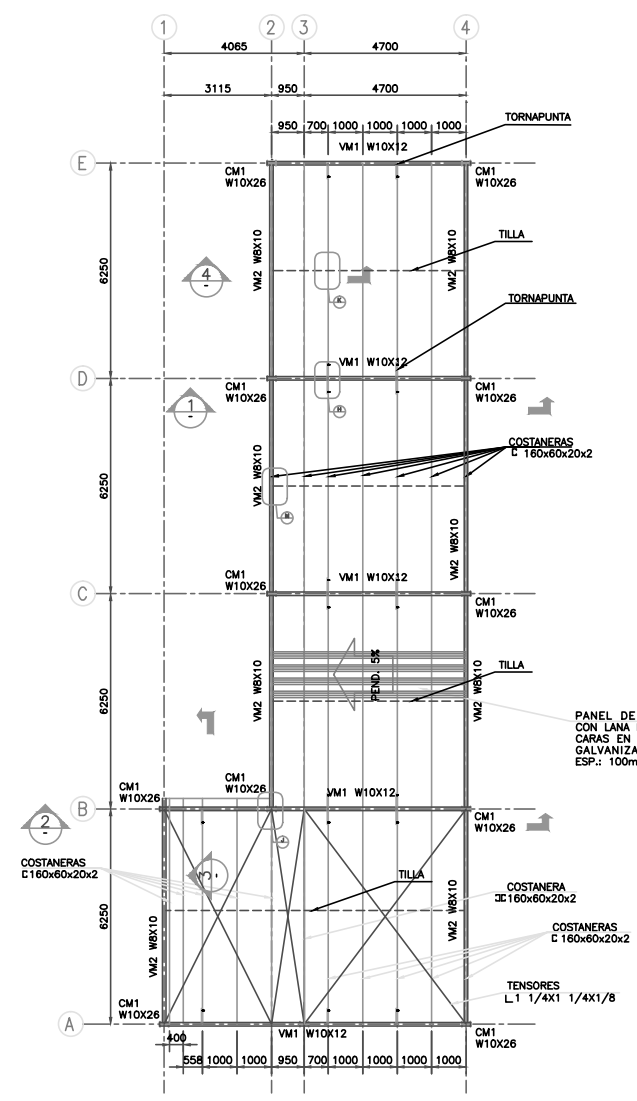
- ✚ <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema3.ProcesosConformadoFrio.MaterialesMetalicos.pdf>
- ✚ <https://es.slideshare.net/rosamarisolcrisantoflores9/accion-del-viento-en-las-estructuras>
- ✚ Troglia, Gabriel, Estructuras Metálicas. Proyecto por Estados Límite. Parte I: Fundamentos, Procedimientos y Criterios de Proyecto, Jorge Sarmiento Editor, 7ª. Ed, 2007
- ✚ Troglia, Gabriel, Estructuras Metálicas. Proyecto por Estados Límite. Parte II: Ejemplos de Aplicación, Jorge Sarmiento Editor, 7ª. Ed, 2007
- ✚ Especificación ANSI/AISC 360-10
- ✚ NCh1537.Of2009 “*Cargas permanentes y cargas de uso*”
- ✚ NCh432.Of2010 “*Diseño estructural – cargas de viento*”
- ✚ NCh3.Of1961 “*Escala de intensidad de los fenómenos sísmicos*”
- ✚ NCh3171.Of2010 “*Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de carga*”
- ✚ NCh2369.Of2003 “*Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*”

## 11 ANEXOS

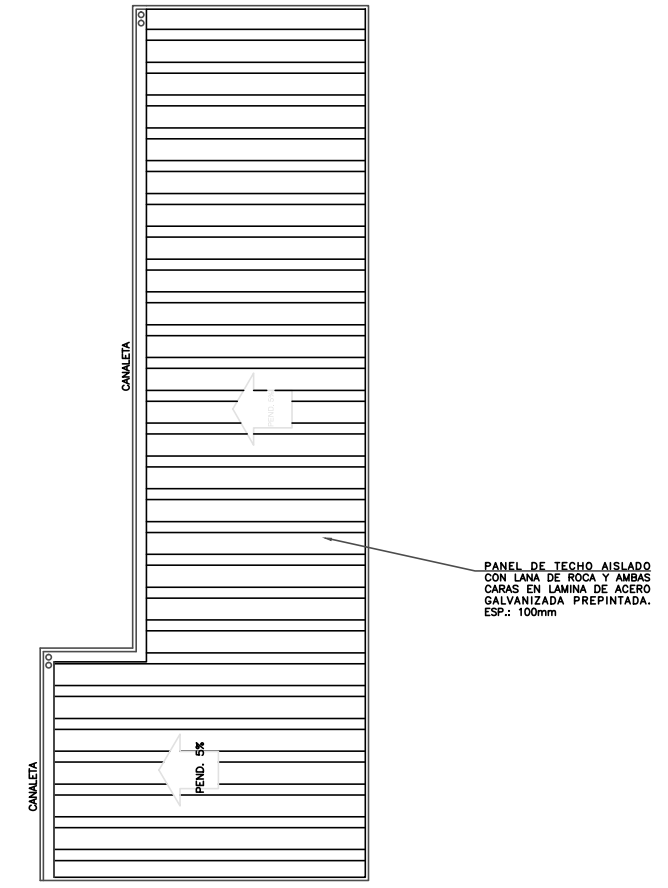
---



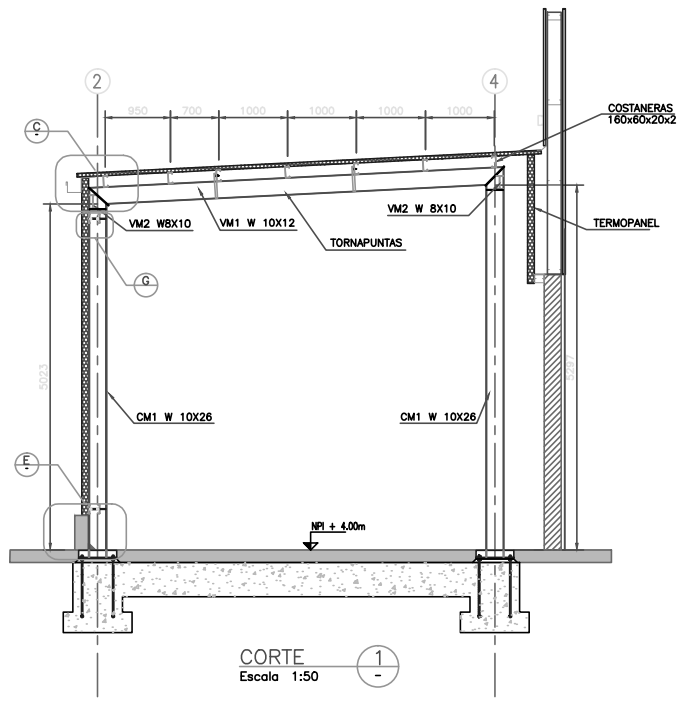
PLANTA DE REPLANTEO DE COLUMNAS METALICAS  
Esc. 1:100



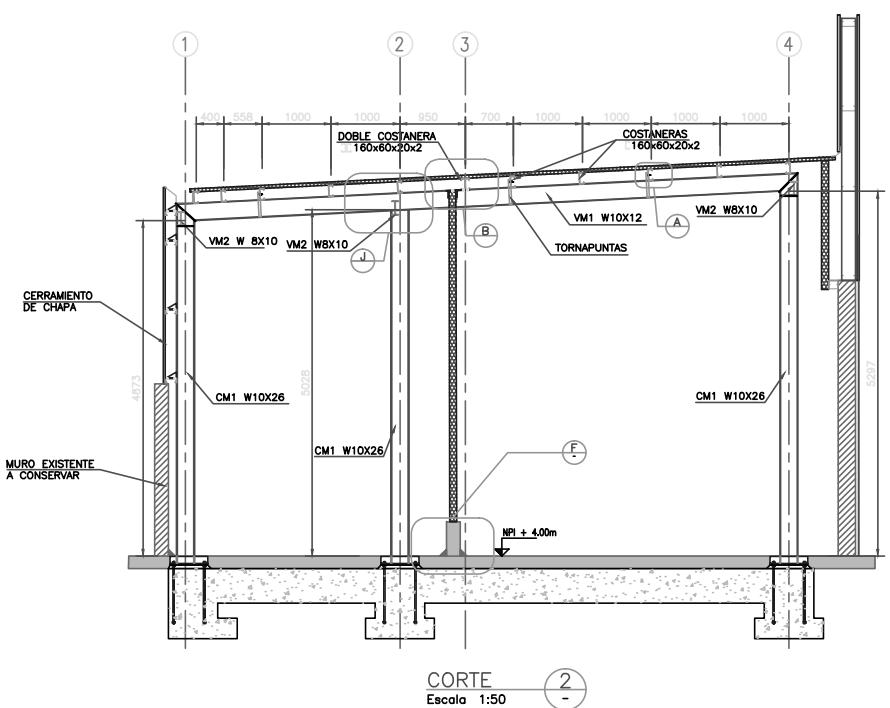
PLANTA DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA  
Esc. 1:100



PLANTA DE TECHO  
Esc. 1:100

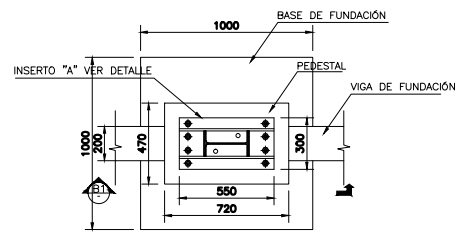


CORTE 1  
Escala 1:50



CORTE 2  
Escala 1:50

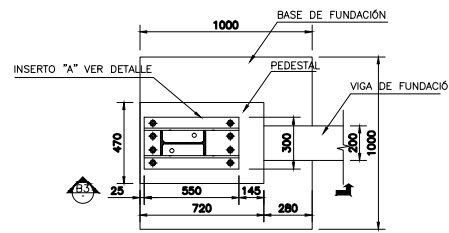




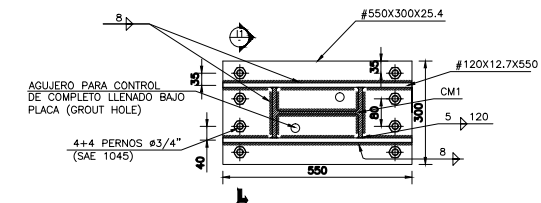
DIMENSIONES ESPECIALES PEDESTAL		
COLUMNA	EJE VERTICAL	BXD
B	1	694x986
B	2	910x565
A	3	485x735
E	2	785x720

DEBERÁ CORTARSE EL TUBO PARA FIJACIÓN EN LA PLACA.

**DETALLE BASE B1(1000x1000) CON PEDESTAL P1**  
Medidas expresadas en milímetros  
Esc.: 1:20

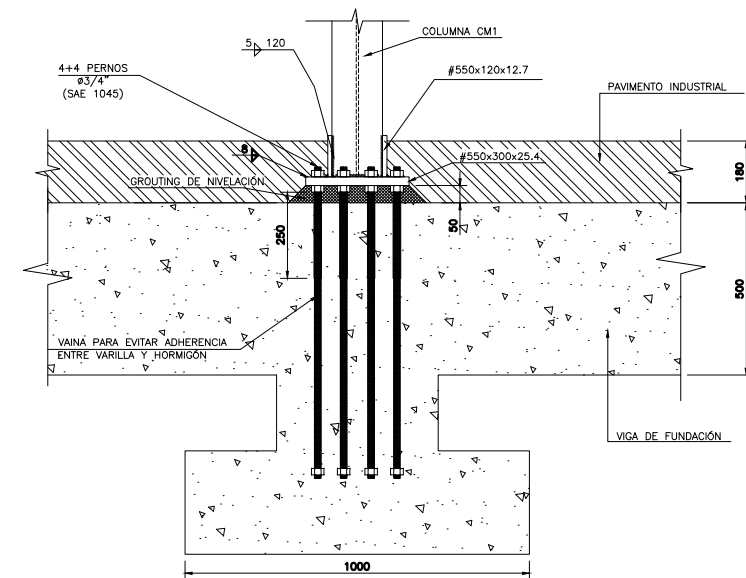
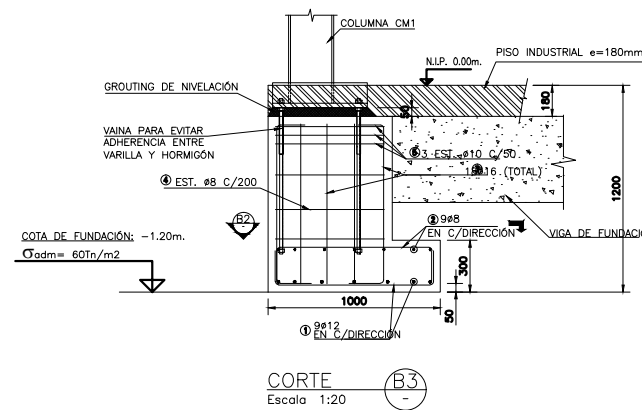
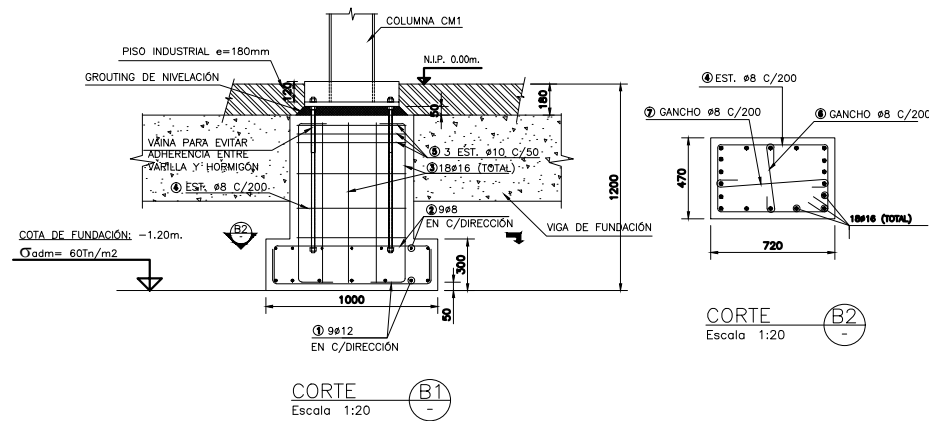


**DETALLE BASE B2 (1000x1000) CON PEDESTAL P1**  
Medidas expresadas en milímetros  
Esc.: 1:20

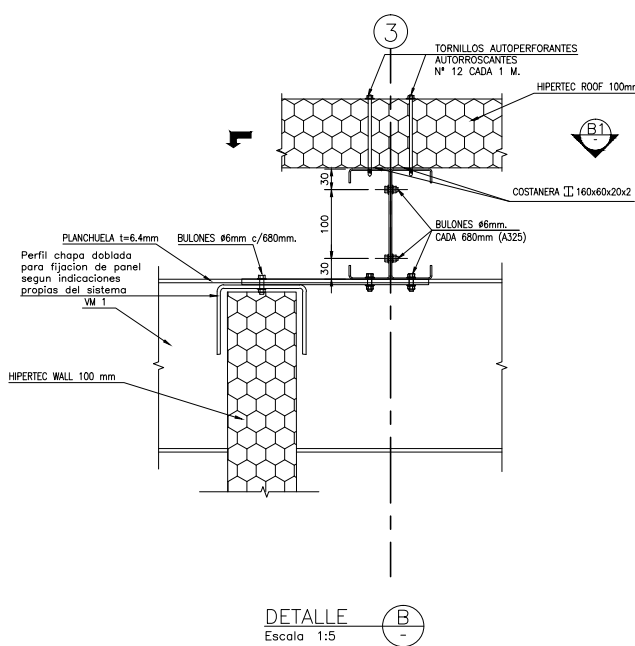
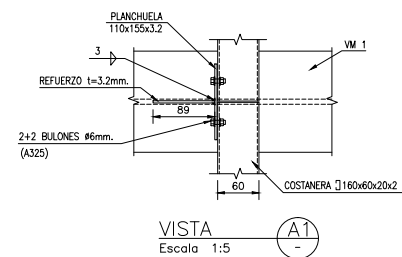
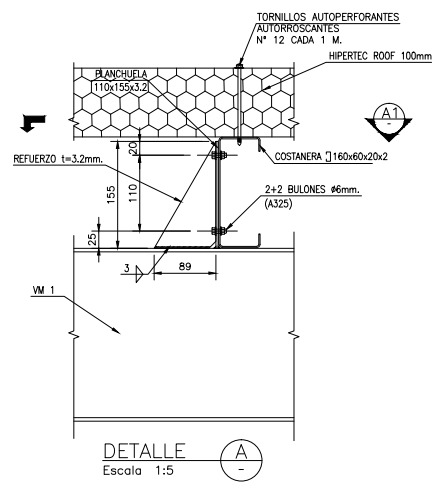


DIMENSIONES PLACA DE APOYO		
COLUMNA	BXD	
A	3	480x735

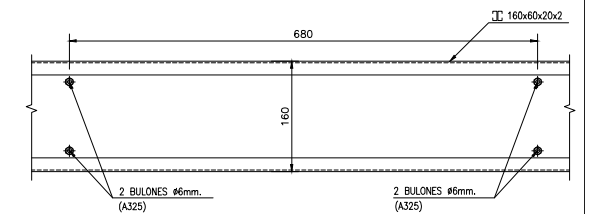
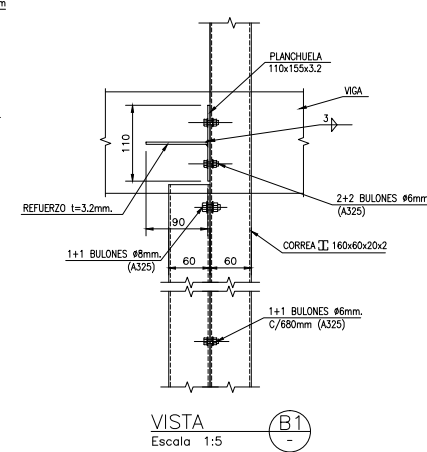
**DETALLE: INSERTO MET. A**  
Medidas expresadas en milímetros  
Esc.: 1:10



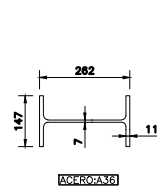
**CORTE I1**  
Escala 1:10  
Medidas expresadas en milímetros



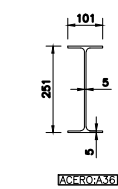
**DETALLE B**  
Escala 1:5  
**COSTANERAS DOBLES**



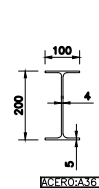
**UNION COSTANERAS DOBLES**  
Esc.: 1:5



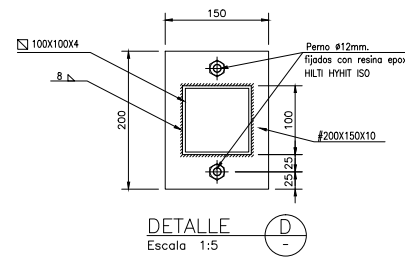
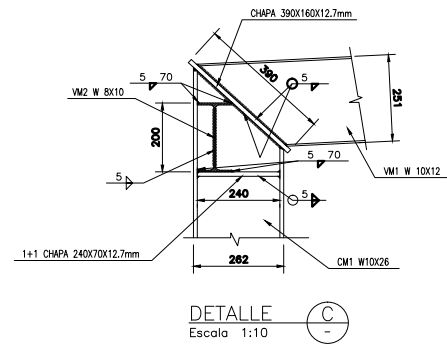
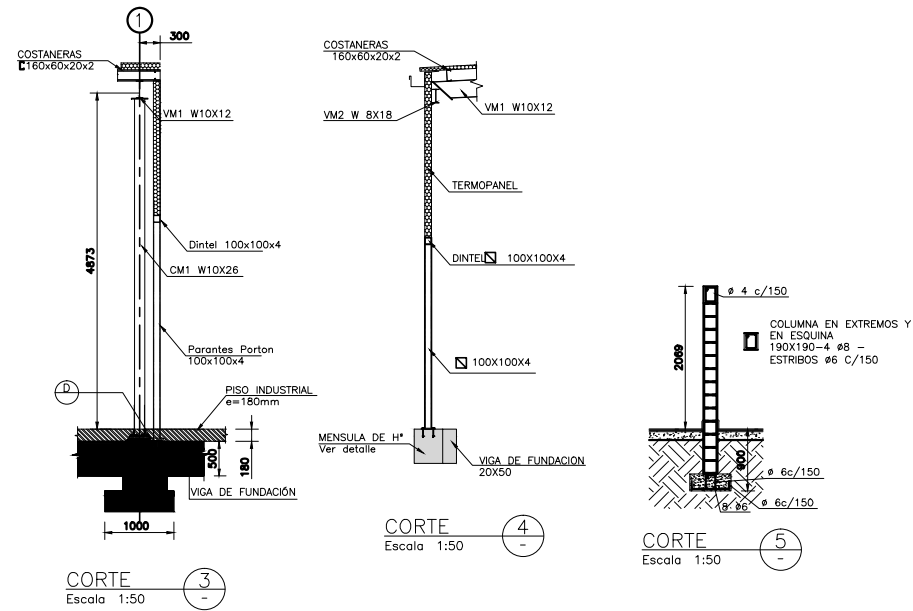
**DETALLE CM1 W10X26**  
Esc.: 1:10



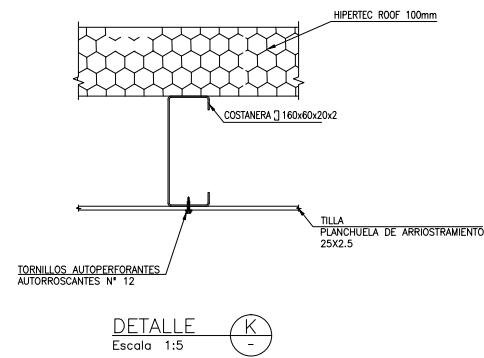
**DETALLE VM1 (W10X12)**  
Esc.: 1:10



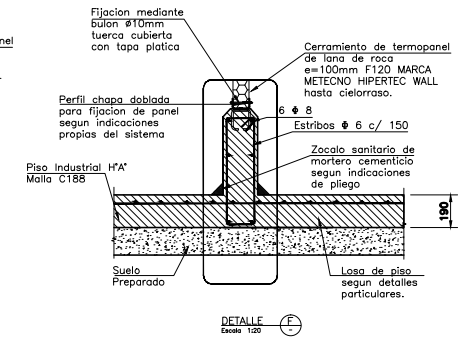
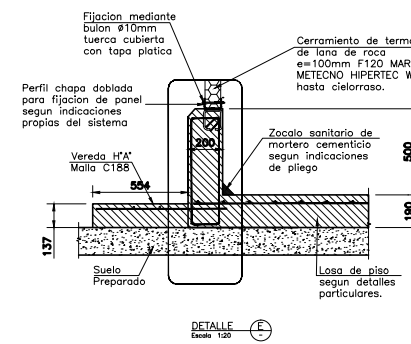
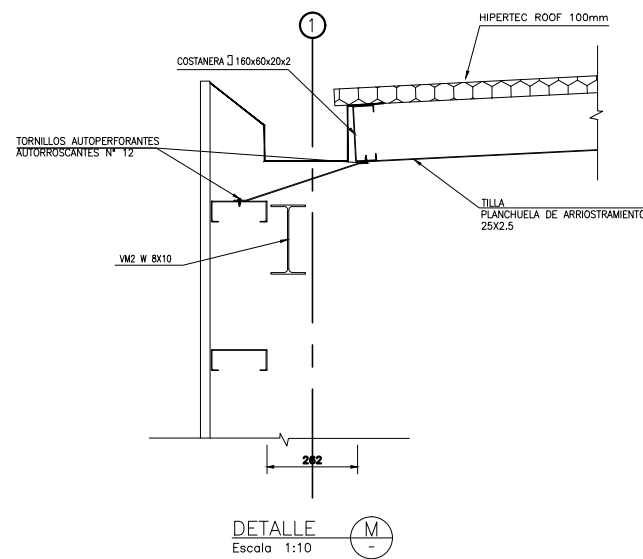
**DETALLE VM2 (W8X10)**  
Esc.: 1:10



**DETALLE INSERTO METALICO DE PARANTE**  
Esc.: 1:5

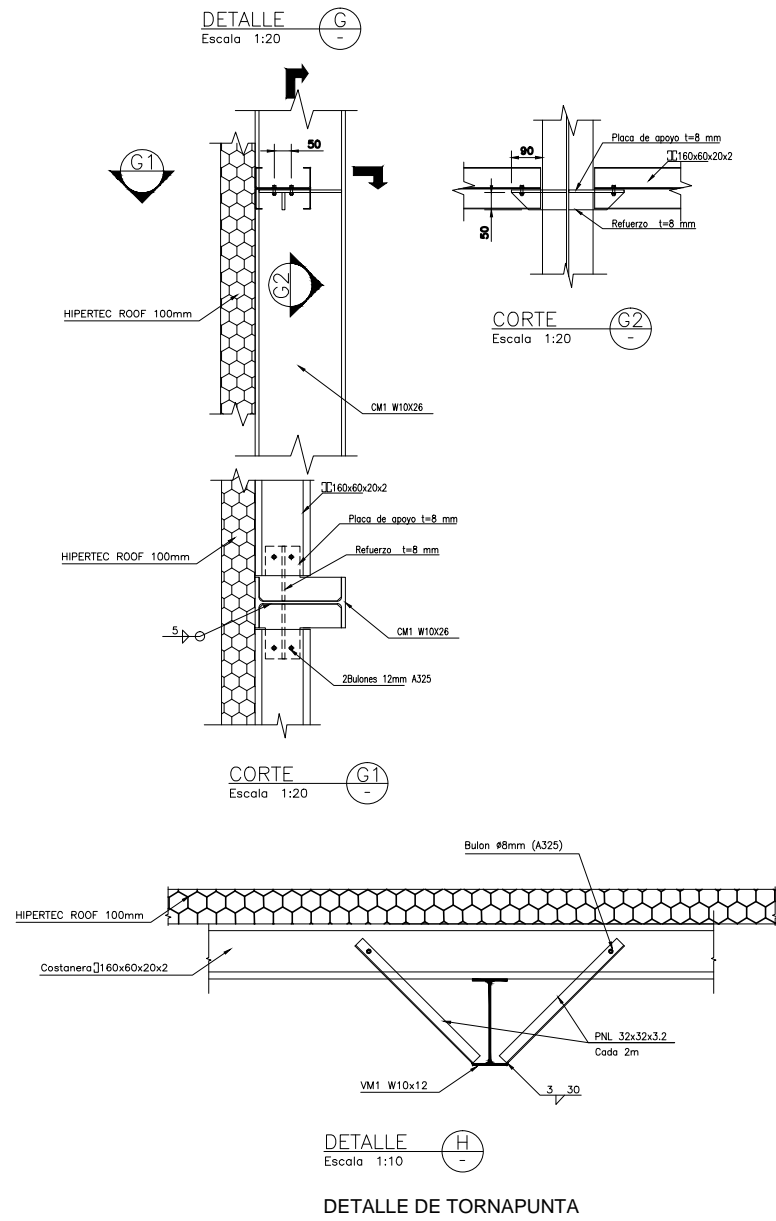
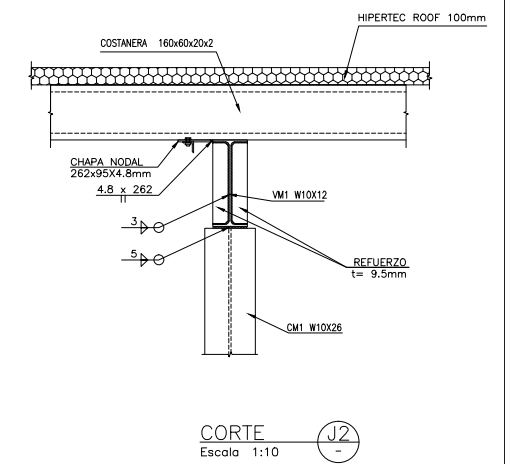
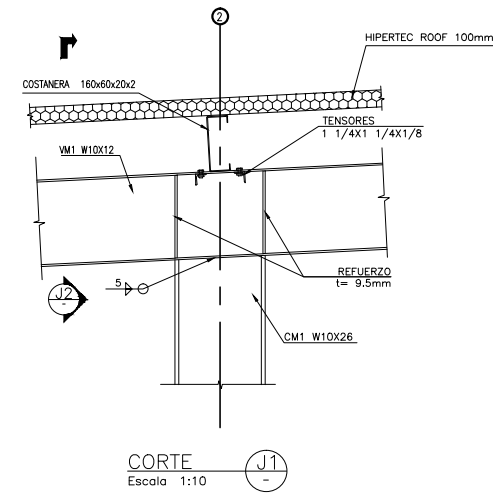
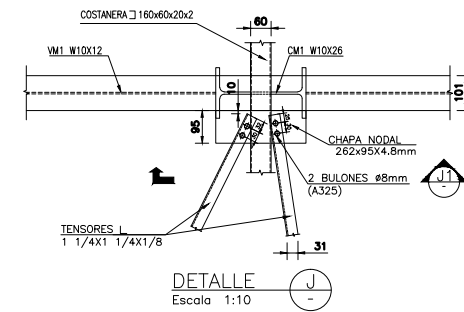


**TILLAS**



**MURETE HORMIGÓN ARMADO EXTERIOR:**  
Terminación a la vista, sellado de poros y dos manos de pintura epoxi. Se podrá cotizar opcion con panel premoldeado y cordon inferior de nivelacion.

**MURETE HORMIGÓN ARMADO INTERIOR:**  
Terminación a la vista, sellado de poros y dos manos de pintura epoxi. Se podrá cotizar opcion con panel premoldeado y cordon inferior de nivelacion.



**DETALLE DE TORNAPUNTA**