



DISEÑO ESTRUCTURAL

Proyecto de Terminal Multimodal

Carrera: Ingeniería Civil
Año: 2022

Autores:

López, Gastón
Mirchak, Tomás
Navarro, Álvaro

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 1 de 137
----------------------------	---------------------------------	-------------------------------

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	TAREAS A REALIZAR	5
2.1.	Listado de tareas.....	5
2.2.	Cronograma de trabajo	6
3.	ANTECEDENTES	7
3.1.	Estación Oculus, Nueva York.....	7
3.2.	Estación Waterloo, Londres	8
4.	ANTEPROYECTO ARQUITECTÓNICO.....	9
4.1.	Análisis de alternativas.....	9
4.2.	Proyecto final	11
5.	ANÁLISIS DE CARGAS	14
5.1.	Carga permanente de cubierta (D)	14
5.2.	Sobrecarga de cubierta (Lr).....	15
5.3.	Acción sísmica (E).....	16
5.4.	Acción del viento (W)	18
5.5.	Carga de nieve (S)	23
5.6.	Carga de lluvia (R)	27
6.	ANÁLISIS SÍSMICO PRELIMINAR	29
6.1.	Periodo fundamental	29
6.2.	Comparación de los cortes basales.....	29
6.3.	Cálculo de distorsiones de piso	30
6.4.	Evaluación de regularidad en planta	30
7.	CÁLCULO DE ESTRUCTURA PRINCIPAL DE CUBIERTA.....	32
7.1.	Cables de cubierta	33
7.2.	Tensores de contraviento	33
7.3.	Viga central longitudinal	34
7.4.	Columna central	35
8.	CÁLCULO DE RETICULADOS EXTREMOS	37
8.1.	Diagonales	38

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 2 de 137
----------------------------	---------------------------------	-------------------------------

8.2.	Correas centrales	40
8.3.	Vigas longitudinales	42
8.4.	Correas extremas.....	45
8.5.	Arriostramientos	47
8.6.	Columnas.....	48
9.	CÁLCULO DE ESTRUCTURA DE PASARELA.....	51
9.1.	Determinación de cargas.....	51
9.2.	Diseño del reticulado.....	52
9.3.	Cálculo de losa.....	54
9.4.	Cálculo de diagonales	59
9.5.	Cálculo de montantes.....	61
9.6.	Cálculo de correas	64
9.7.	Cálculo de vigas longitudinales	65
10.	CÁLCULO DE ELEMENTOS DE H° A°	69
10.1.	Losas de entrepiso	69
10.2.	Losas bajo metrotranvía.....	72
10.3.	Vigas	75
10.4.	Columnas.....	77
11.	CÁLCULO DE TABIQUES	79
11.1.	Muro de sostenimiento	79
11.2.	Tabique sismorresistente	82
11.3.	Resumen.....	85
12.	CÁLCULO DE FUNDACIONES	86
12.1.	Datos.....	86
12.2.	Predimensionamiento de armadura.....	86
12.3.	Determinación de rigidez lateral y rotacional	87
12.4.	Determinación de solicitaciones	88
12.5.	Verificación a flexión y carga axial.....	90
12.6.	Armadura transversal	90
12.7.	Detalle.....	91
13.	CÁLCULO DE UNIONES	92

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 3 de 137
----------------------------	---------------------------------	-------------------------------

13.1. Unión cable - viga.....	92
13.2. Unión arrostroamiento - columna - losa.....	96
13.3. Unión de puntal	99
14. PLAN DE MANTENIMIENTO	101
14.1. Elementos que requieren mantenimiento	101
14.2. Guías de ciclos de mantenimiento.....	101
14.3. Inspecciones	116
14.4. Intervenciones.....	118
14.5. Implementación del plan de mantenimiento.....	119
15. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	120
15.1. Cómputo de materiales	120
15.2. Cómputo de hierro.....	121
15.3. Cómputo de acero (perfiles, tubos y cables).....	122
15.4. Presupuesto	123
16. CONCLUSIONES	137

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 4 de 137
----------------------------	---------------------------------	-------------------------------

1. INTRODUCCIÓN

La terminal de ómnibus de Mendoza, llamada también como la “Terminal del Sol”, fue inaugurada en 1972. Es un importante medio de transporte de pasajeros en Cuyo y la zona andina.

Posee una ubicación privilegiada, a ella llegan el Acceso Este y Acceso Norte, y a 2 km Acceso Sur, lo que permite el fácil ingreso y egreso al lugar, además se encuentra muy cerca del Centro de la ciudad de Mendoza y del Aeropuerto de Mendoza. Opera con ómnibus locales, nacionales e internacionales, de larga y de media distancia.

Diariamente, más de mil colectivos con recorridos urbanos, interurbanos, de larga distancia e internacionales ingresan a la estación. Cerca de 50 mil personas recorren su infraestructura, el 10% de la población que utiliza el transporte urbano.

Sin embargo, considerando el crecimiento demográfico y turístico de la ciudad, se ha convertido en una necesidad la vinculación de los diferentes modos de transporte en una misma estación. La combinación de varios modos de transporte es, a nivel global, uno de los principales objetivos que se persiguen a la hora de planificar redes de transporte.

A raíz de la situación planteada, y por resultar dificultosa la conexión del metrotranvía con la actual terminal de colectivos, se decide plantear en el siguiente informe el proyecto de construcción de una terminal multimodal ubicada en la estación de trenes (intersección de las calles Belgrano y Las Heras). Este edificio permitirá la vinculación del transporte privado con el sistema de transporte público, conformado por colectivos y el metrotranvía (que conectará de forma fácil a esta estación con el aeropuerto internacional El Plumerillo); así como fomentar el desarrollo de la movilidad activa, vinculándose con el ya existente sistema de ciclovías; y también se proyectaran las instalaciones necesarias para la posterior construcción de una vía subterránea que asocie de manera expeditiva a la actual terminal de larga y media distancia con el proyecto a desarrollar.

En el desarrollo del proyecto nos enfocaremos en el diseño estructural del cuerpo central de la terminal, pero también estarán comprendidos en el diseño aspectos relacionados al tránsito, arquitectura, ambiente e instalaciones, los cuales no se estudiarán con profundidad debido al período de tiempo que se dispone para el diseño.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 5 de 137
----------------------------	---------------------------------	-------------------------------

2. TAREAS A REALIZAR

2.1. Listado de tareas

Las tareas a realizar para el desarrollo del proyecto son:

1. Problema y necesidades:
 - a. Identificación de la problemática
 - b. Posibles emplazamientos que den solución al problema identificado
2. Análisis de impacto en el tránsito:
 - a. Obtención de datos de transporte poblacional
 - b. Generación de micro modelos y macro modelos
3. Partido
4. Estudio de Impacto Ambiental
5. Estudio del terreno
 - a. Topografía y dimensiones del terreno
 - b. Estudios geológicos y geotécnicos
6. Anteproyecto
 - a. Planos de arquitectura
 - b. Planos de instalaciones
 - c. Detalles
7. Diseño estructural
 - a. Determinación de las solicitaciones
 - b. Modulacion del sistema estructural
 - c. Diseño y cálculo de los elementos estructurales
 - i. Columnas
 - ii. Tabiques
 - iii. Vigas
 - iv. Losas
 - v. Fundaciones
 - vi. Uniones
8. Plan de mantenimiento
9. Cómputo y presupuesto
10. Presupuesto de honorarios profesionales

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 6 de 137
----------------------------	---------------------------------	-------------------------------

2.2. Cronograma de trabajo

Se muestra el cronograma de trabajo a seguir durante el curso. Este puede presentar modificaciones conforme se vaya avanzando en el desarrollo del proyecto.

Sem	Fecha	Tarea
1	18/8	Introducción. Listado de tareas
2	25/8	Búsqueda de antecedentes. Análisis de alternativas
3	1/9	Proyecto arquitectónico
4	8/9	Proyecto arquitectónico
5	15/9	Proyecto arquitectónico
6	22/9	Diseño estructural
7	29/9	Diseño estructural
8	6/10	Diseño estructural
9	13/10	Diseño estructural
10	20/10	Diseño estructural
11	27/10	Desarrollo de plan de mantenimiento
12	3/11	Cómputo y presupuesto
13	10/11	Cómputo y presupuesto
14	17/11	Entrega final

3. ANTECEDENTES

En búsqueda de construcciones existentes con propósitos similares, se encontraron dos que pueden ser de gran utilidad para el desarrollo del proyecto.

3.1. Estación Oculus, Nueva York

Conecta decenas de trenes y subtes. El edificio está diseñado para iluminar la estación de tren subterránea y el centro comercial. A su vez, posee un tren que conecta la estación con el aeropuerto JFK.



Figura N° 1: Estación Oculus (interior)

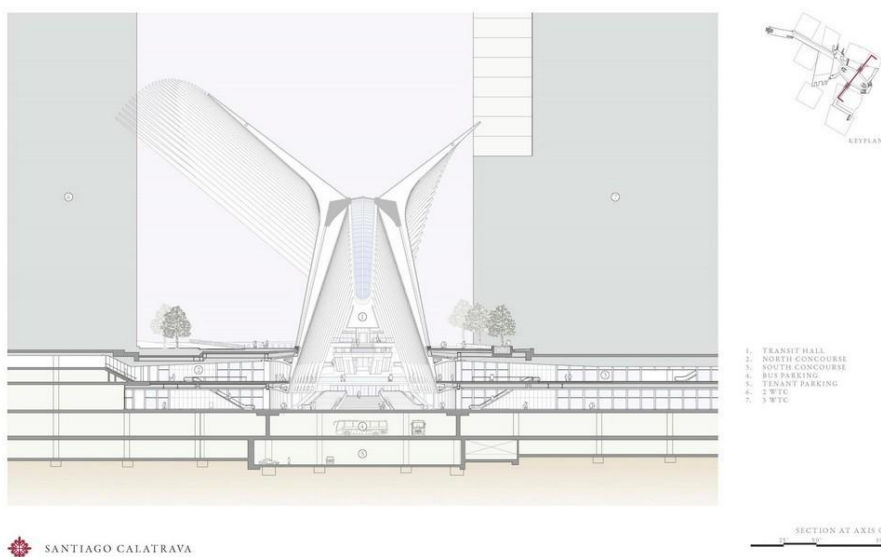


Figura N° 2: Estación Oculus (corte transversal)

3.2. Estación Waterloo, Londres

Una de las estaciones más famosas e importantes de Londres, a la misma llegan metros locales desde la ciudad y trenes internacionales.



Figura N° 3: Estación Waterloo (interior)

4. ANTEPROYECTO ARQUITECTÓNICO

4.1. Análisis de alternativas

Al comenzar a evaluar las posibles ubicaciones del proyecto, primero se pensó en donde hoy en día se encuentra la terminal de ómnibus de Mendoza. Posee una localización inmejorable, muy cercana al centro de la ciudad y conectada a todos los accesos de Mendoza. Sin embargo, esta terminal ha sido refaccionada recientemente, por lo cual decidimos que la misma permanezca en funcionamiento paralelamente a la Terminal Multimodal.



Figura N° 4: Ubicación de la actual terminal de ómnibus de Mendoza

Buscando otras alternativas, se decidió por utilizar el terreno perteneciente a la antigua estación de trenes de la Ciudad de Mendoza, ubicado en la intersección de las calles Belgrano y Las Heras. El mismo tiene aproximadamente 60.000 m² de superficie.



Figura N° 5: Ubicación del terreno elegido

El edificio se ubicará donde actualmente pasan las vías del metrotravía, con el propósito de incorporar dicho medio en la estación. Para cumplir con esa premisa se plantearon algunas planimetrías, una de ellas es la que se ve en la Figura N° 6.

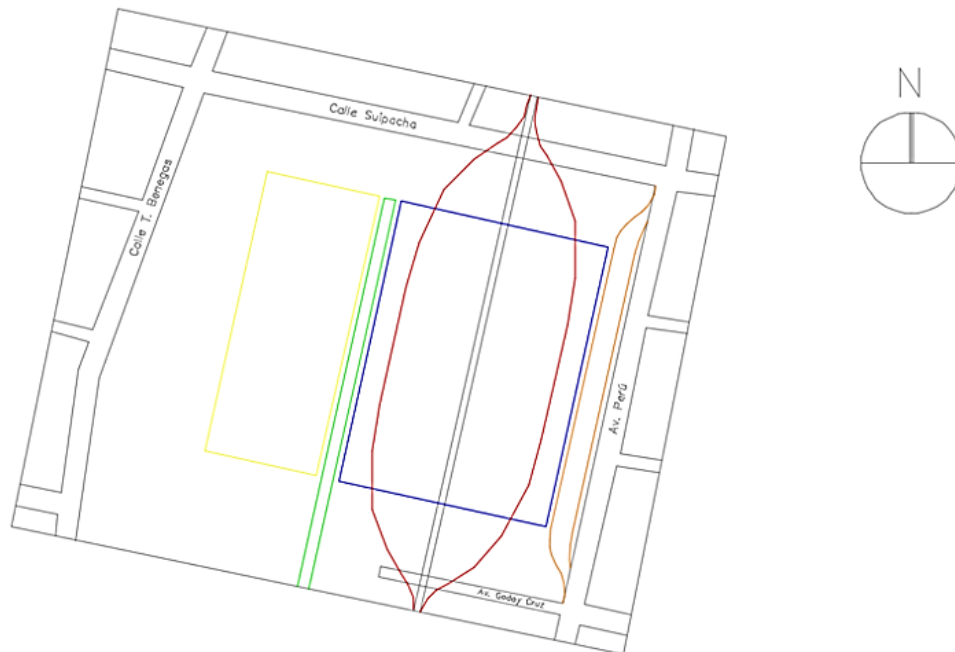


Figura N° 6: Alternativa de planimetría de la terminal

Por otra parte, uno de los objetivos arquitectónicos que se perseguía era plantear una cubierta con una forma poco usual, buscando trazas curvas y orgánicas. Esto hizo que se plantearan también varias elevaciones, como la que se muestra en la Figura N° 7.

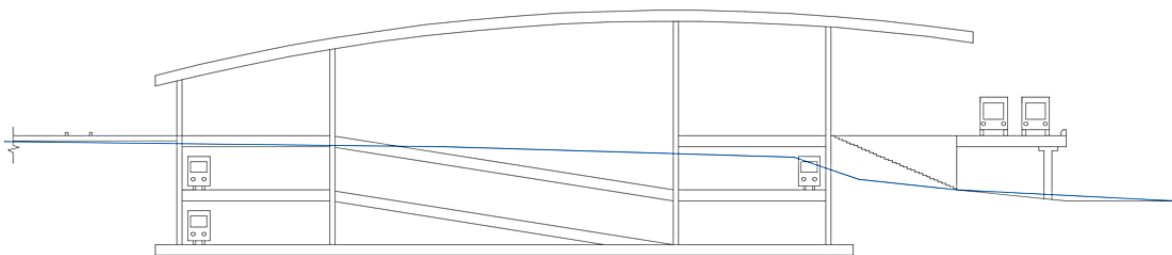


Figura N° 7: Corte transversal de la terminal

Como se puede ver en la imagen anterior, al principio se plantearon rampas a lo largo del edificio para descender a cada nivel. Sin embargo, esto generaba largas distancias de recorrido, lo que hizo que se cambiara esta idea por la utilización de escaleras eléctricas y ascensores.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 11 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

4.2. Proyecto final

El terreno cuenta con un desnivel de aproximadamente 5 metros en su lado este. Aprovechando esta característica, se decidió elevar el ingreso de los micros al nivel superior del terreno y aprovechar dicho desnivel para colocar una escalera que permite el acceso peatonal sin intervenir con la circulación de los micros (ver Figura N° 7).

Este edificio permitirá la vinculación del transporte privado con el sistema de transporte público, conformado por colectivos y el metrotranvía, así como fomentar el desarrollo de la movilidad activa, vinculándose con el ya existente sistema de ciclovías.

El edificio contará con tres niveles. En el nivel inferior se encuentra el subte, cuya finalidad es conectar la Terminal Multimodal con la Terminal del Sol. Este recorrido tendrá a su vez una parada en la Plaza Independencia, tal como se ve la siguiente figura:



Figura N° 8: Recorrido de línea de subte

En el subsuelo superior estará la entrada de dos metrotranvías, uno que se desarrolla en sentido norte - sur y otro en el sentido contrario. Finalmente, en la planta baja se encuentran los ingresos para micros, peatones y vehículos privados.

Una premisa muy importante en el proyecto es no obstruir el paso de los peatones, por lo que toda la terminal está pensada de manera que cualquier persona que desee recorrer el predio de un lado al otro no tenga que cruzar calles ni vías.

<p>Diseño Estructural 2022</p>	<p>Proyecto de Terminal Multimodal</p>	<p>Grupo N° 2 Página 12 de 137</p>
------------------------------------	----------------------------------------	----------------------------------------

Además, cada nivel cuenta con comercios, tanto de indumentaria como de alimentos, con el objetivo de que dicha instalación no solo sea una estación para medios de transporte, sino también una especie de centro comercial de uso recreativo.

Para realizar el desarrollo de la arquitectura en planta (uso de espacios y ubicación de locales) se utilizó como guía el “Manual de pautas de diseño para terminales de ómnibus de media y larga distancia” provisto por el Ministerio de Transporte.

A continuación, se muestran algunos gráficos correspondientes a las indicaciones que señala el manual mencionado:

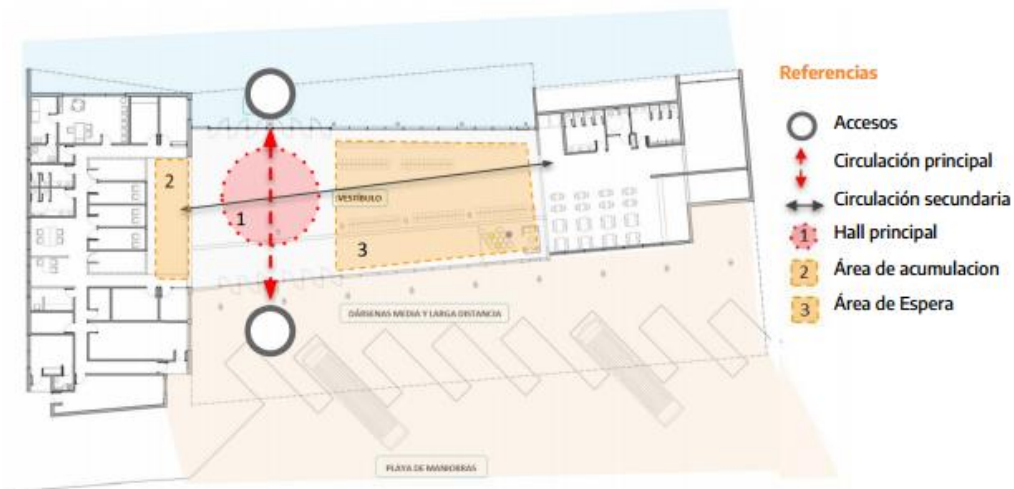


Figura N° 9: Esquema de circulaciones

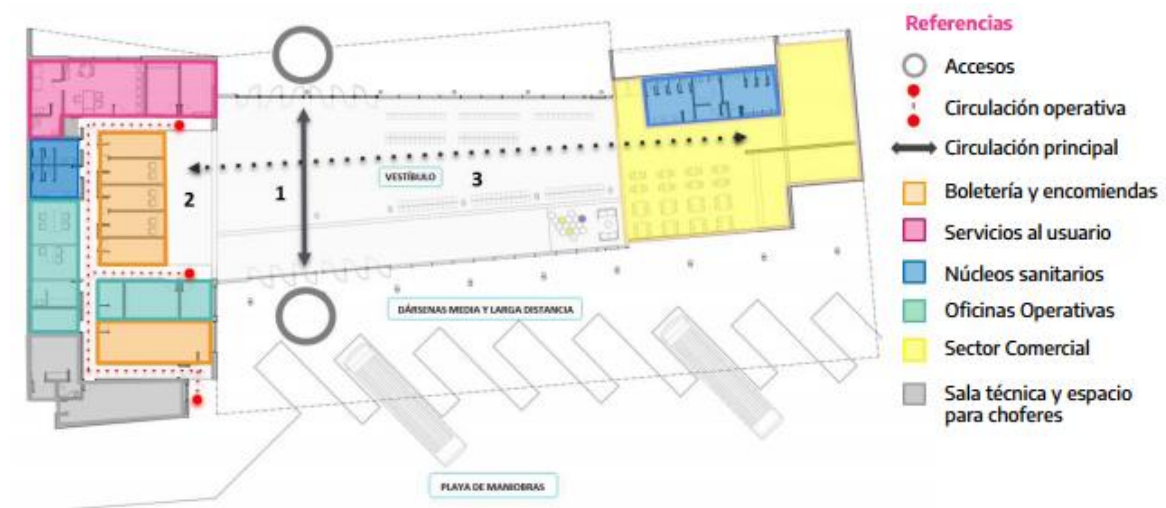


Figura N° 10: Esquema de modelo de terminal

El área cubierta del edificio, contando todos los niveles, es de 45.000 m².

Por último, para la cubierta se decidió por utilizar paneles de vidrio y paneles solares unidos entre sí, sostenidos por un sistema de cables.

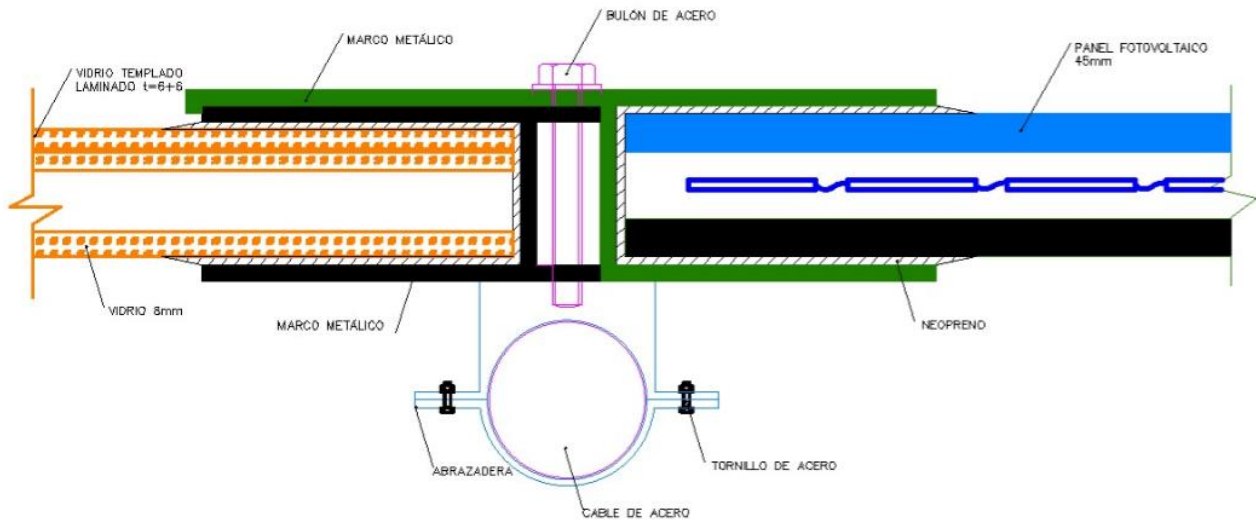


Figura N° 11: Detalle de paneles de cubierta

La forma final de la cubierta se puede ver a continuación de forma esquemática:



Figura N° 12: Esquema de forma de cubierta

5. ANÁLISIS DE CARGAS

5.1. Carga permanente de cubierta (D)

Para la cubierta se utilizaron los siguientes tres materiales:

- Vidrio de 8 mm de espesor: 20 kg/m²
- Acero: 10,2 kg/m²
- Panel Fotovoltaico: 19,2 kg/m²

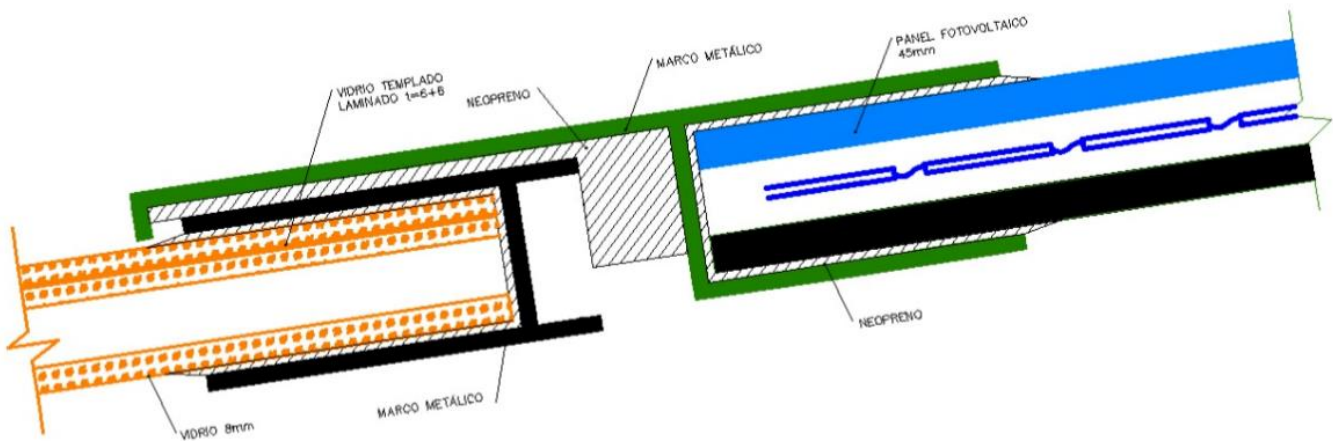


Figura N° 13: Detalle de paneles de cubierta

Luego, la carga D total es:

$$D = 49,4 \text{ kg/m}^2 \approx 50 \text{ kg/m}^2$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 15 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

5.2. Sobrecarga de cubierta (Lr)

De acuerdo a la Tabla 4.1 del Reglamento CIRSOC 101 de 2005, la cubierta de la estructura está comprendida dentro de la categoría "cubierta inaccesible". Entonces, se aplican las especificaciones del artículo 4.9 para calcular la sobrecarga.

La sobrecarga de cubierta por metro cuadrado de proyección horizontal se calcula a partir de la ecuación 4.2:

$$L_r = 0,96 R_1 R_2 \quad \text{siendo} \quad 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

Los factores de reducción R_1 y R_2 se determinarán como sigue:

$R_1 = 1$	para $A_t \leq 19 \text{ m}^2$
$R_1 = 1,2 - 0,01076 A_t$	para $19 \text{ m}^2 < A_t < 56 \text{ m}^2$
$R_1 = 0,6$	para $A_t \geq 56 \text{ m}^2$
$R_2 = 1$	para $F \leq 4$
$R_2 = 1,2 - 0,05 F$	para $4 < F < 12$
$R_2 = 0,6$	para $F \geq 12$

Para una cubierta con arco o cúpula:

$$F = \text{relación altura / luz del tramo} \cdot 32 = \frac{6 \text{ m}}{35 \text{ m}} \cdot 32 = 5.5$$

$$R_2 := 1.2 - 0.05 \cdot 5.5 = 0.93$$

En base a la distribución de cables planteada, el área tributaria de los cables es:

$$A_t = 88 \text{ m}^2$$

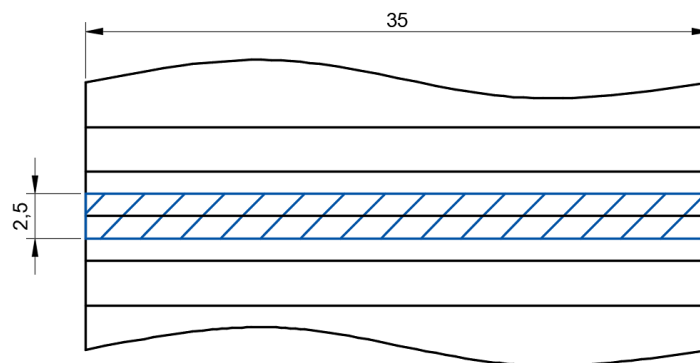


Figura N° 14: Área tributaria de cables en cubierta

Esto implica que debemos tomar $R_1 = 0,6$. Luego, la sobrecarga resulta en:

$$L_r := 0,96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,6 \cdot 0,93 = 0,54 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{Entonces: } L_r := 0,58 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

De acuerdo a lo especificado en el artículo 4.8.5, la estructura de cubierta no califica para la reducción de carga.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 16 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

5.3. Acción sísmica (E)

Para calcular la acción sísmica aplicaremos el Método Estático, el cual se trata en el Capítulo 6 del Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte I de 2013.

En este método, se define el esfuerzo de corte en la base del edificio como el producto entre el coeficiente sísmico C y la carga gravitatoria total de la construcción W :

$$V_0 \cdot C = W$$

En base a esto, se comienza calculando el coeficiente sísmico C . A continuación, se desarrollan los pasos para su determinación (los artículos, tablas, figuras y fórmulas citadas corresponden al Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte I de 2013):

5.3.1. Zona sísmica

Según el mapa de la Figura 2.1 y la Tabla 2.1, la zona norte de Mendoza es zona sísmica 4 de peligrosidad muy elevada.

5.3.2. Sitio de emplazamiento

Al no tener datos sobre el tipo de suelo, a partir de la Tabla 2.2, consideramos un suelo de tipo espectral 1 y sitio S_D .

5.3.3. Factor de riesgo

Según la clasificación presente en el artículo 2.4, nuestro edificio está dentro del grupo A. Entonces, el factor de riesgo correspondiente es:

$$\gamma_r = 1,3$$

5.3.4. Aceleración máxima efectiva

Según la Tabla 3.1, para zona sísmica 4, la aceleración máxima efectiva es:

$$a_s = 0,35$$

5.3.5. Parámetros característicos del espectro de diseño

Según la Tabla 3.1, para zona sísmica 4 y sitio S_D , tenemos:

$$C_a := 0.4 \cdot N_a = 0.4$$

$$C_v := 0.59 \cdot N_v = 0.71$$

5.3.6. Periodos característicos del espectro de diseño

Aplicando las fórmulas 3.13 y 3.14, obtenemos:

$$T_2 := \frac{C_v}{2.5 \cdot C_a} = 0.71 \text{ s}$$

$$T_1 := 0.2 \cdot T_2 = 0.14 \text{ s}$$

Según la Tabla 3.2, para zona sísmica 4, el valor de T_3 es:

$$T_1 = 13 \text{ s}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 17 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

5.3.7. Factor de reducción global

Se considera que los elementos que resisten mayoritariamente la acción sísmica son los tabiques que componen el cerramiento de los subsuelos del edificio. Luego, a partir de la Tabla 5.1, y aplicando las ecuaciones 5.3 y 5.4, se obtiene:

$$Ar := \frac{hw}{Lw} = \frac{13 \text{ m}}{75 \text{ m}} = 0.17$$

$$z := 2.5 - 0.5 \cdot Ar = 2.4 > 2 \quad \bar{z} := 2$$

$$R := \frac{3 \cdot A + 5}{z} = 2.5$$

5.3.8. Periodo fundamental aproximado T_a

A partir de la Tabla 6.2, para sistemas estructurales distintos a los descritos, se obtienen los siguientes valores:

$$Cr = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

La altura media de la construcción es:

$$H = 21 \text{ m}$$

Aplicando la fórmula 6.8, determinamos el periodo fundamental aproximado:

$$T_a := Cr \cdot H^x = 0.48 \text{ s} < T_2$$

5.3.9. Coeficiente sísmico

Para $T \leq T_2$, aplicamos la fórmula 6.3:

$$C := 2.5 \cdot \frac{Ca \cdot \gamma_r}{R} = 0.52$$

Además, para zona sísmica 4 debe verificarse que:

$$C > 0.8 \cdot \frac{as \cdot N_v}{R} = 0.13 \quad \text{Verifica}$$

5.4. Acción del viento (W)

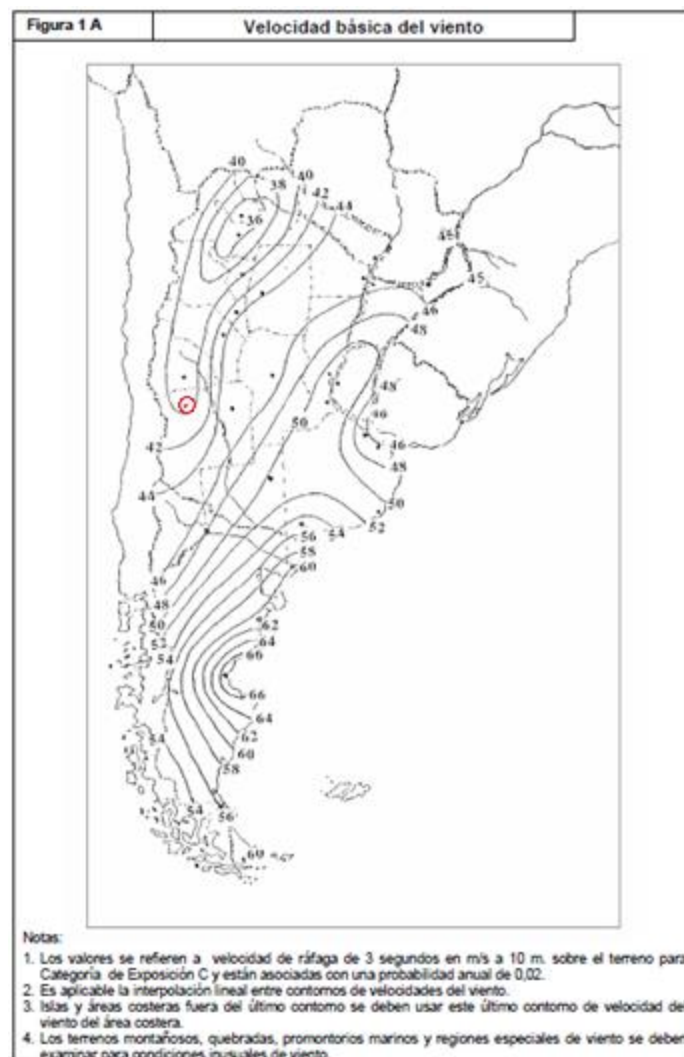
Debido a que la cubierta del edificio tiene una pendiente mayor a 10° (11°), y que no se cumple con el requisito de la altura media menor a 10 m, el cálculo de las cargas de viento se realiza con una simulación de túnel de viento, cuyos pasos se encuentran explicados en el Capítulo 6 del Reglamento CIRSOC 102 – 2005.

El procedimiento se inicia con los pasos descriptos en el Capítulo 5, el cual se enseña a continuación:

5.4.1. Velocidad básica del viento

Se determina la velocidad básica del viento V de acuerdo con el artículo 5.4.

Se marca con un círculo rojo en la Figura 1 A la ubicación del edificio, a partir de la cual se determina que la velocidad del viento es de 40 m/s.



5.4.2. Factor de importancia

Se determina un factor de importancia I de acuerdo con el artículo 5.5.

El factor de importancia de una estructura se obtiene a partir de la Tabla 1, a la que se ingresa con la categoría del edificio, según la Tabla A-1:

Naturaleza de la Ocupación	Categoría
Edificios y otras estructuras que representan un bajo riesgo para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones Agrícolas. • Ciertas instalaciones temporarias. • Instalaciones menores para almacenamiento. 	I
Todos los edificios y otras estructuras excepto aquellos listados en Categorías I, III y IV.	II
Edificios y otras estructuras que representan un peligro substancial para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • Edificios y otras estructuras donde se reúnen más de 300 personas en un área. • Edificios y otras estructuras para guarderías, escuelas primarias y secundarias con capacidad mayor que 150 personas. • Edificios y otras estructuras con instalaciones para el cuidado diurno con capacidad mayor que 150 personas. • Edificios y otras estructuras con una capacidad mayor que 500 personas para universidades o instalaciones para educación de adultos. • Instalaciones para el cuidado de la salud con una capacidad de 50 o más pacientes residentes pero sin instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. • Instalaciones para cárceles y detenciones. • Estaciones de generación de energía y otras instalaciones de utilidad pública no incluidas en la Categoría IV. 	III
Edificios y otras estructuras que contienen suficientes cantidades de sustancias tóxicas o explosivas como para ser peligrosas al público si se liberan, incluyendo, pero no limitado, a: <ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones petroquímicas. • Instalaciones para almacenamiento de combustibles. • Plantas de fabricación o almacenamiento de productos químicos peligrosos. • Plantas de fabricación o almacenamiento de explosivos. 	III
Edificios y otras estructuras equipados con contención secundaria de sustancias tóxicas, explosivas u otras peligrosas (incluyendo, pero no limitado a, tanques de doble pared, recipientes de tamaño suficiente para contener un derrame u otros medios de contención de derrames o explosiones dentro de los límites de la instalación y prevenir la liberación de cantidades de contaminantes nocivas para el aire, el suelo, el agua freática o superficial) deben clasificarse como estructuras de Categoría II.	III
Edificios y otras estructuras diseñadas como instalaciones esenciales, incluyendo, pero no limitado a: <ul style="list-style-type: none"> • Hospitales y otras instalaciones para el cuidado de la salud que tienen instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. • Cuarteles de bomberos, centros de rescate, estaciones de policía y garajes para vehículos de emergencia. • Refugios diseñados contra sismos, huracanes y otras emergencias. • Centros de comunicaciones y otras instalaciones necesarias para respuestas a emergencias. • Estaciones generadoras de energía y otras instalaciones de utilidad pública necesarias en una emergencia. • Estructuras auxiliares necesarias para la operación de aquellas de Categoría IV durante una emergencia (incluyendo pero no limitado a torres de comunicación, tanques de almacenamiento de combustible, torres de refrigeración, estructuras de sub-estaciones de electricidad, tanques de agua para incendio u otras estructuras de alojamiento o soporte de agua, otros materiales o equipamiento para combatir el fuego). • Torres de control de aviación, centros de control de tráfico aéreo y hangares de emergencia. • Instalaciones de almacenamiento de agua y estructuras de bombeo requeridas para mantener la presión de agua para combatir incendios. • Edificios y otras estructuras con funciones críticas de defensa nacional. 	IV

Tabla 1		Factor de importancia, I (Cargas de viento)	
Categoría		I	
I		0,87	
II		1,00	
III		1,15	
IV		1,15	

Nota:
1. La clasificación de edificios y estructuras en categorías se indican en la Tabla A-1 del Apéndice A.

El factor de importancia del edificio bajo estudio es $I = 1,15$.

5.4.3. Simulación de túnel de viento

Utilizando la velocidad del viento, determinada según el emplazamiento del edificio, se miden las presiones sobre el edificio con el viento desde las 4 direcciones principales y en diagonal:

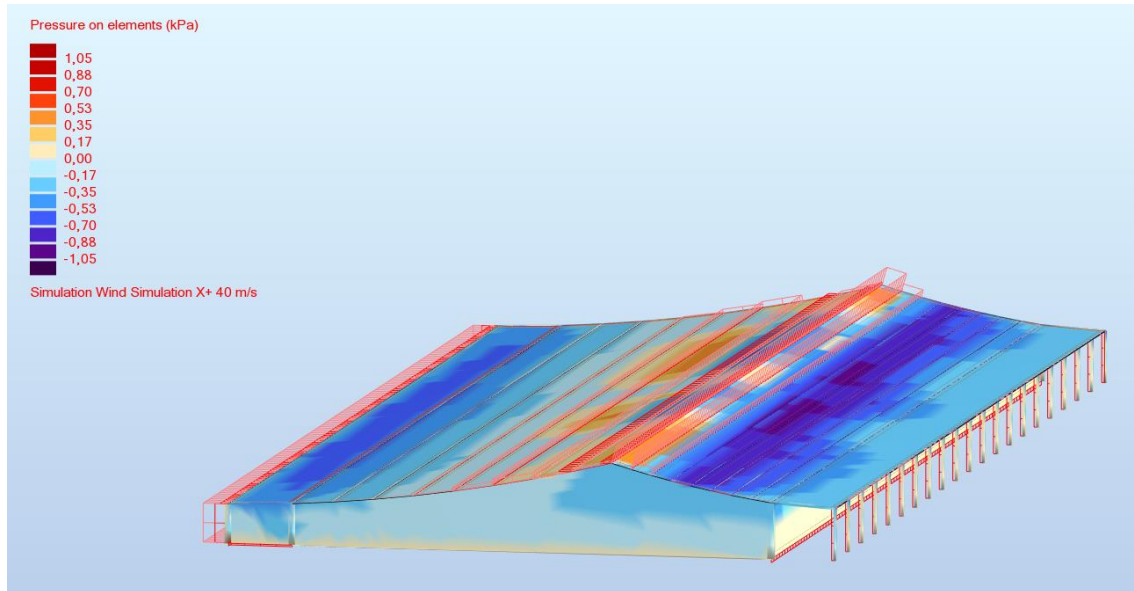


Figura N° 15: Presiones para viento oeste

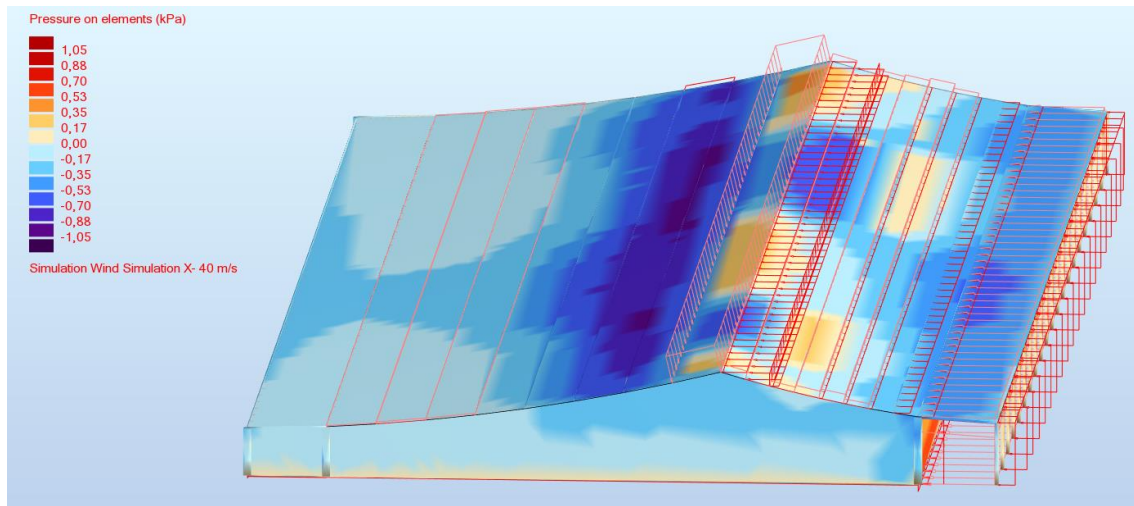


Figura N° 16: Presiones para viento este

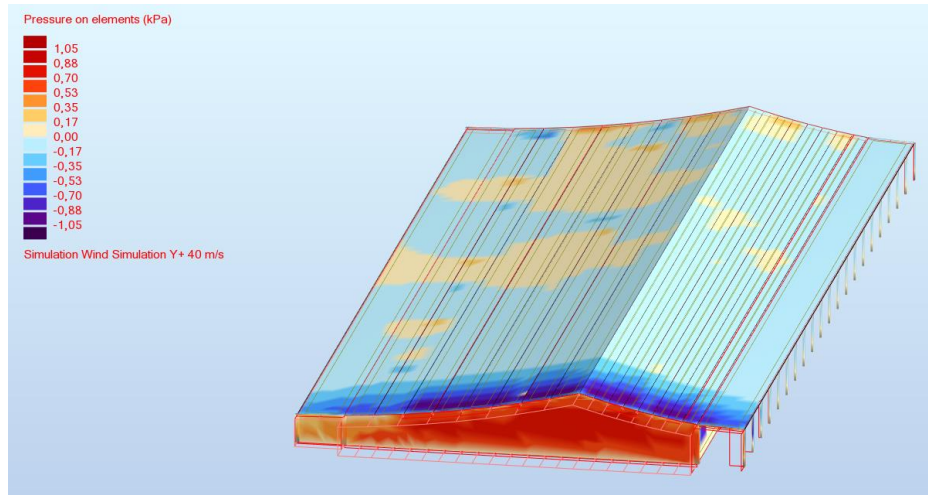


Figura N° 17: Presiones para viento sur

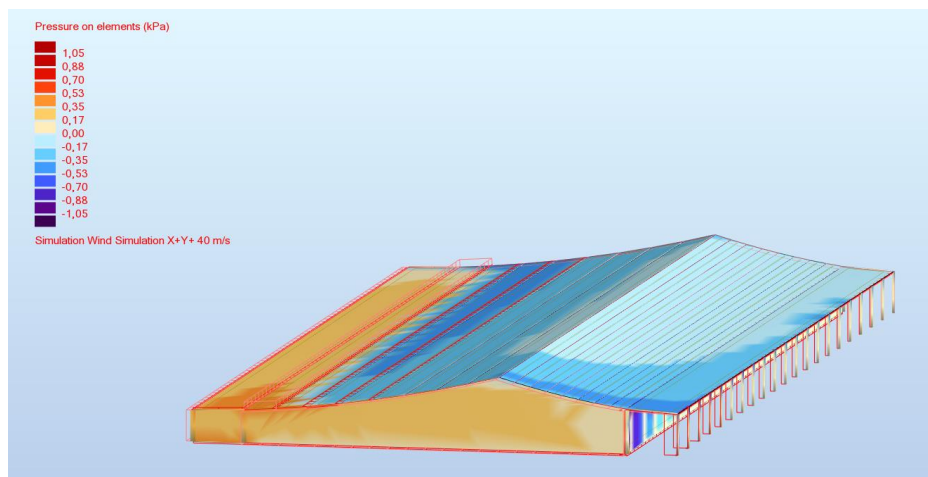


Figura N° 18: Presiones para viento suroeste

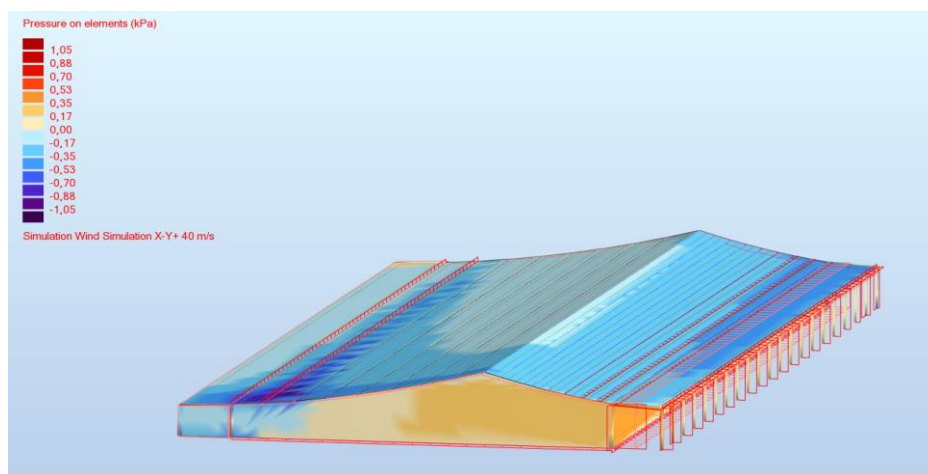


Figura N° 19: Presiones para viento sureste

5.4.4. Aplicación del factor de importancia

Las presiones obtenidas son reducidas a gráficos simplificados, más fáciles de cuantificar y de trasladar a un modelo. Además, los valores son incrementados por lo que indica el factor de importancia (1,15 en este caso).

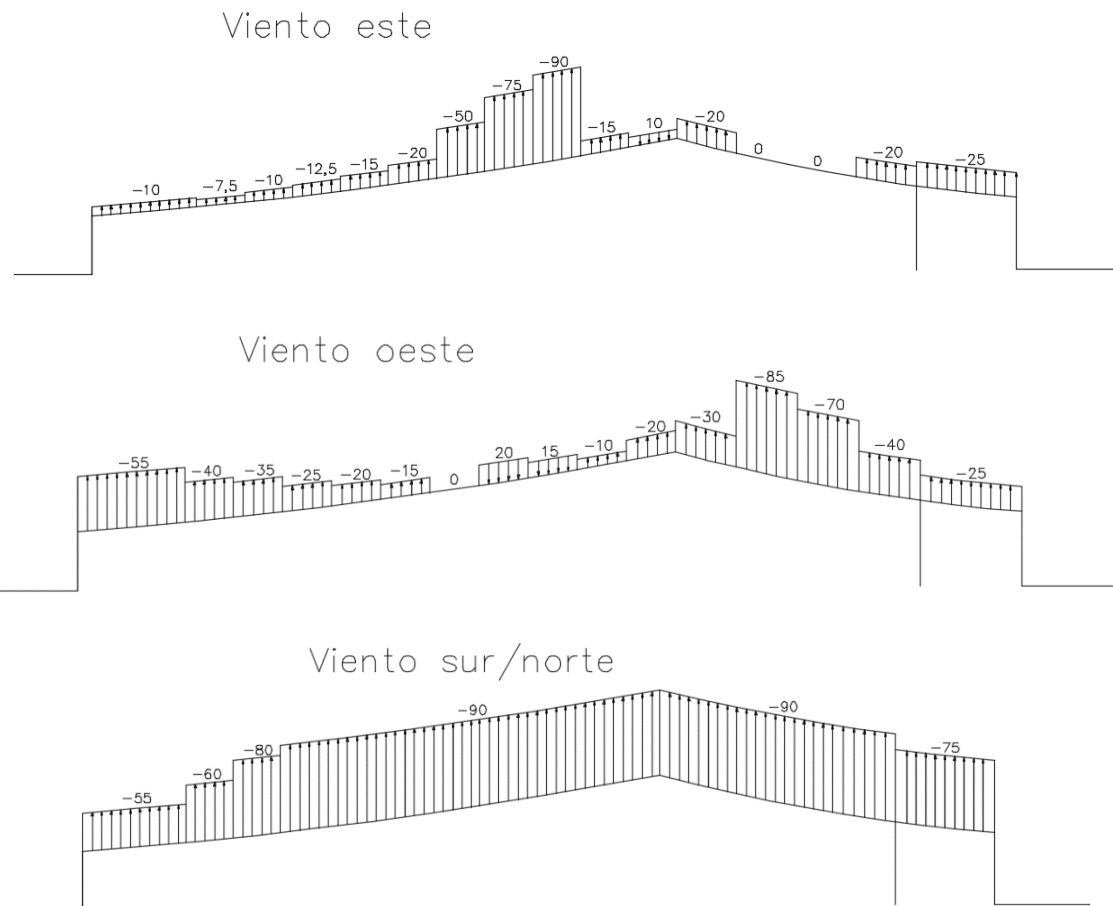


Figura N° 20: Esquemas de presiones sobre cubierta (en kg/m²)

5.5. Carga de nieve (S)

Para determinar la carga de nieve, se aplican las indicaciones presentes en el Reglamento CIRSOC 104 de 2005.

La cubierta en estudio presenta las siguientes características:

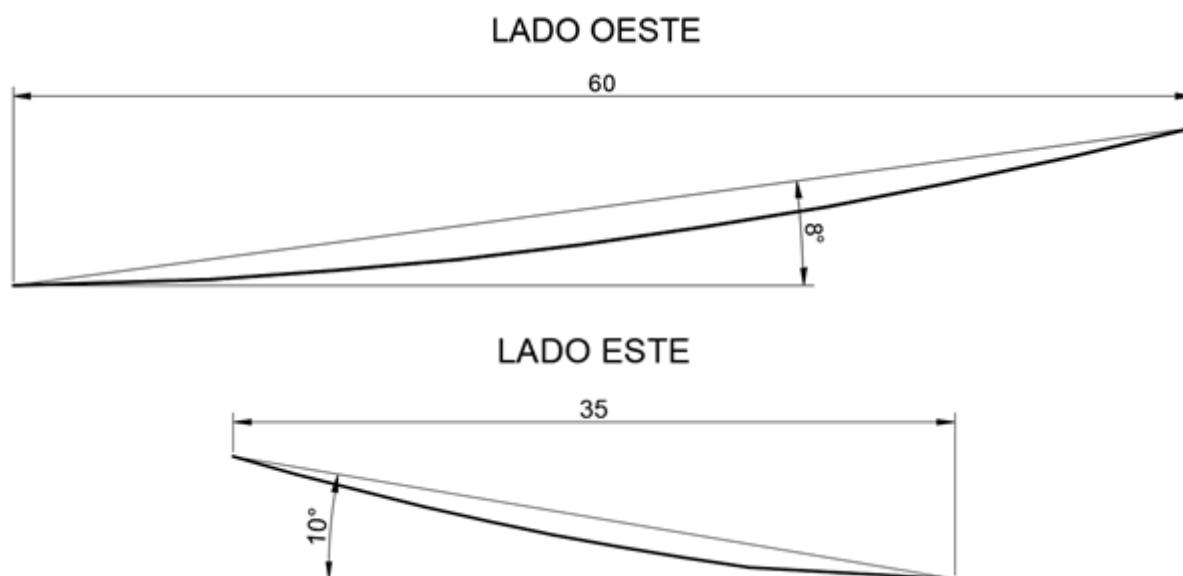


Figura N° 21: Medidas de cubierta

5.5.1. Carga de nieve a nivel del terreno

La estructura se encuentra emplazada en la zona norte de la provincia de Mendoza, en el departamento de Capital. Según la Tabla 1.8 (Provincia de Mendoza), actúa una carga de nieve de:0.

$$p_g = 0,3 \text{ kN/m}^2 = 30 \text{ kg/m}^2$$

5.5.2. Carga de nieve sobre cubiertas planas

$$p_f = 0,7 C_e C_t I p_g$$

El coeficiente C_e es el factor de exposición del terreno. Para determinarlo consideramos las siguientes características:

- Exposición B: Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas, o terrenos con numerosas obstrucciones próximas entre sí, del tamaño de viviendas unifamiliares o mayores.
- Cubierta totalmente expuesta: Son las cubiertas expuestas en todos sus lados sin la protección aportada por el terreno, por estructuras más altas o por árboles.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 24 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Según la Tabla 2, se tiene que $C_e = 0,9$.

Categoría de terreno	Exposición de la cubierta (*)		
	totalmente expuesta	parcialmente expuesta	protegida
A (ver Apéndice A)	N/A	1,1	1,3
B (ver Apéndice A)	0,9	1,0	1,2
C (ver Apéndice A)	0,9	1,0	1,1
D (ver Apéndice A)	0,8	0,9	1,0
Encima de la línea de árboles en áreas montañosas barridas por el viento	0,7	0,8	N/A

El coeficiente C_t es el factor térmico. A partir de la Tabla 3, se tiene que $C_t = 1,0$.

Condición Térmica (*)	C_t
Todas las estructuras excepto las que se indican a continuación	1,0
Estructuras mantenidas justo por encima del congelamiento y otras con cubiertas frías ventiladas en las cuales la resistencia térmica, R , entre el espacio ventilado y el espacio calefaccionado sea $> 4,4 K m^2/W$ (kelvin metro cuadrado por watt)	1,1
Estructuras no calefaccionadas y estructuras intencionalmente mantenidas debajo del punto de congelamiento	1,2
Invernaderos continuamente calefaccionados (**) con una cubierta con resistencia térmica, $R, < 0,4 K m^2/W$ (kelvin metro cuadrado por watt)	0,85

El coeficiente I es el factor de importancia. Según la tabla presente en el Apéndice B, la terminal corresponde a un edificio de categoría III.

<p>Edificios y otras estructuras que representan un peligro substancial para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado, a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Edificios y otras estructuras donde se reúnen más de 300 personas en un área. ▪ Edificios y otras estructuras con escuelas primarias, secundarias o instalaciones para guarderías con capacidad mayor que 250 personas. ▪ Edificios y otras estructuras con instalaciones para el cuidado diurno con capacidad mayor que 150 personas. ▪ Edificios y otras estructuras con una capacidad mayor que 500 personas para universidades o instalaciones para educación de adultos. ▪ Instalaciones para el cuidado de la salud con una capacidad de 50 o más pacientes residentes pero sin instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. ▪ Instalaciones para cárceles y detenciones. ▪ Estaciones de generación de energía y otras instalaciones de utilidad pública no incluidas en la Categoría IV. <p>Edificios y otras estructuras que contienen suficientes cantidades de sustancias tóxicas o explosivas como para ser peligrosas al público si se liberan, incluyendo, pero no limitado, a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalaciones petroquímicas. ▪ Instalaciones para almacenamiento de combustibles. ▪ Plantas de fabricación o almacenamiento de productos químicos peligrosos. ▪ Plantas de fabricación o almacenamiento de explosivos. <p>Edificios y otras estructuras equipados con contención secundaria de sustancias tóxicas, explosivas u otras peligrosas (incluyendo, pero no limitado a, tanques de doble pared, receptáculos de tamaño suficiente para contener un derrame u otros medios de contención de derrames o explosiones dentro de los límites de la instalación y prevenir la liberación de cantidades de contaminantes nocivas para el aire, el suelo, el agua freática o superficial) deben clasificarse como estructuras de Categoría II.</p>	III
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 25 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Luego, a partir de la Tabla 4, se obtiene que $I = 1,1$.

Categoría *	I
I	0,8
II	1,0
III	1,1
IV	1,2

* Ver Apéndice B

Finalmente, se calcula la carga de nieve sobre cubiertas planas:

$$pf := 0.7 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 30 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Por otro lado, según la sección 3.4, se tiene:

Los valores mínimos de p_r se deben aplicar a:

- cubiertas con una sola pendiente menor que 15° ,
- cubiertas de dos y cuatro aguas con pendientes $\leq [(21/W) + 0,5]$, con W en m,
- cubiertas curvas donde el ángulo vertical desde los aleros hasta la cumbrera sea $< 10^\circ$.

Entonces, para el lado oeste de la cubierta el valor de pf debe ser mayor o igual que el siguiente valor mínimo:

$$p_r = I p_g, \text{ (factor de Importancia multiplicado por } p_g) \text{ para } p_g \leq 1 \text{ kN/m}^2$$

Entonces, se toma: $pf \text{ (oeste)} = 33 \text{ kg/m}^2$

5.5.3. Cargas de nieve no balanceadas

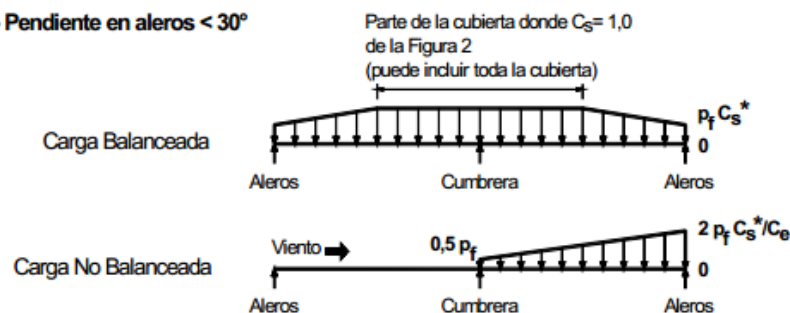
Para el caso de cubiertas curvas, se sigue lo indicado en la sección 6.2:

Aquellas partes de las cubiertas curvas que presenten una pendiente $> 70^\circ$ se deben considerar libres de la acción de la carga de nieve.

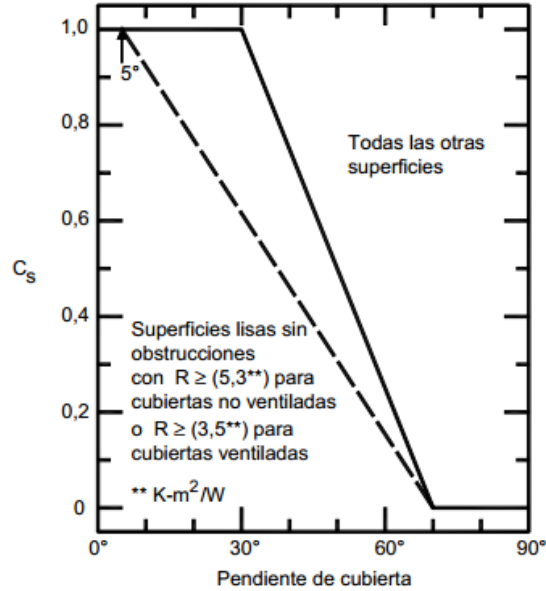
Las cargas de nieve no balanceadas no se deberán considerar cuando la pendiente de una línea recta desde los aleros (o desde el punto de 70° , en caso de existir) hasta la cumbrera, sea $< 10^\circ$ ó $> 60^\circ$.

Luego, para determinar el valor de las cargas se utiliza el caso 1 de la Figura 3:

Caso 1 - Pendiente en aleros $< 30^\circ$



Por ser $C_t = 1$ y por no tratarse de una cubierta con superficie lisa, el valor de C_s se determina usando la línea llena de la Figura 2.a:



5.5.4. Resumen de estados de carga de nieve

Finalmente, se grafican a continuación las cargas de nieve que actúan sobre la cubierta del edificio en estudio:

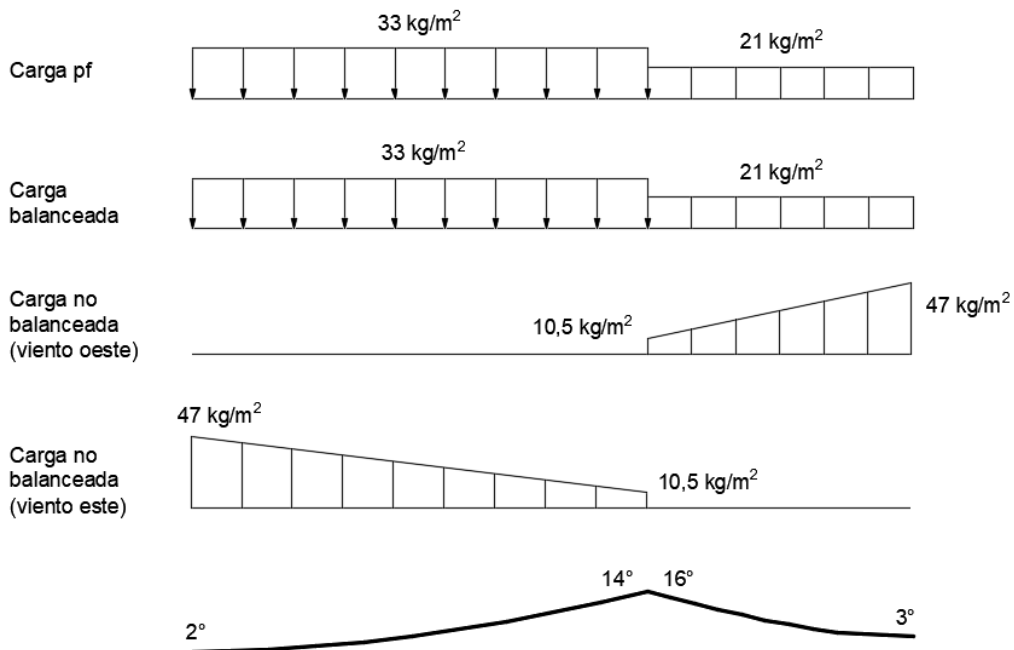


Figura N° 22: Cargas de nieve sobre cubierta

Se indica la inclinación de la cubierta en cumbre y aleros para calcular el valor de C_s . En este caso, se da para todos los puntos de la cubierta que $C_s = 1$.

5.6. Carga de lluvia (R)

Para determinar la carga de lluvia de diseño, se aplican las indicaciones expuestas en el Anexo I del Reglamento CIRSOC 101 de 2005.

Se supone que el edificio posee un desagüe compuesto por 20 tubos de 152 mm de diámetro a cada lado de la cubierta. La boca de entrada del desagüe está colocada 51 mm por encima de la superficie de la cubierta.

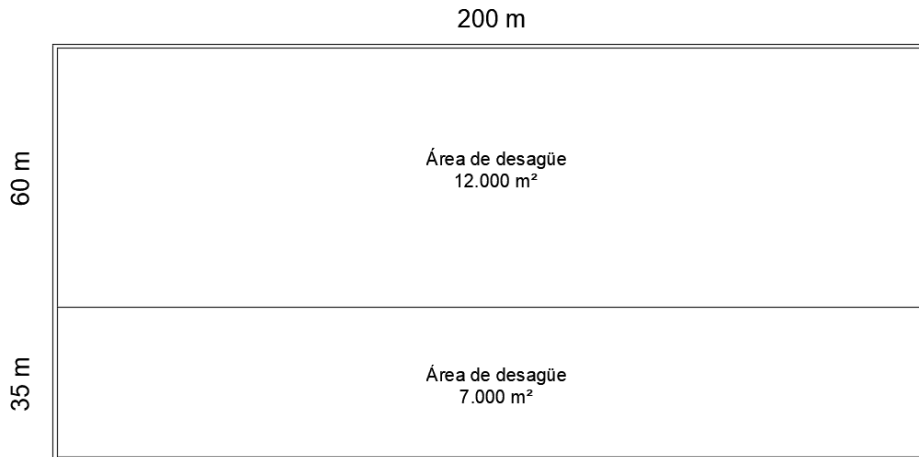


Figura N° 23: Áreas de desagüe de cubierta

Según las curvas IDF proporcionadas por el Instituto Nacional del Agua para el pedemonte del Gran Mendoza, la intensidad de la caída de lluvia de diseño especificada para 100 años, durante 1 hora, es de 80 mm/h.

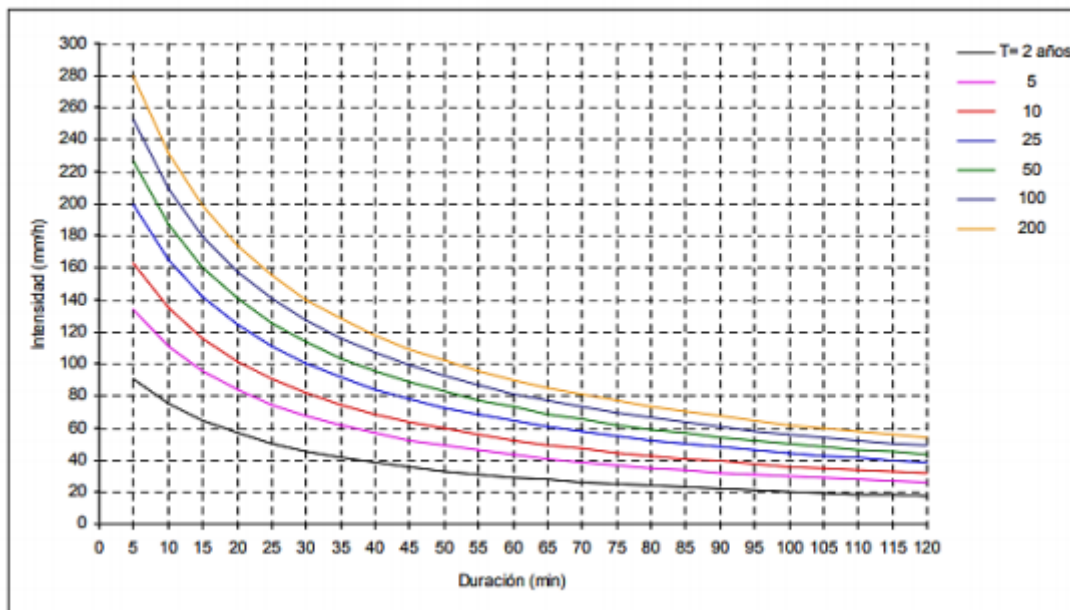


Figura N° 24: Curvas IDF para Gran Mendoza

El caudal medio Q, para el desagüe de 152 mm de diámetro, se puede calcular a través de la expresión Cl.1 presente en los Comentarios al Reglamento CIRSOC 101.

$$Q_{oeste} := 0.278 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{A_{oeste}}{20} \cdot i = 0.0133 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{este} := 0.278 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{A_{este}}{20} \cdot i = 0.0078 \frac{m^3}{s}$$

Usando la Tabla C I.1 (presente también en los Comentarios), para un diámetro de 152 mm de desagüe de cubierta, se interpola para obtener la sobre elevación hidráulica dh.

Sist. de desagüe	Sobre elevación hidráulica dh, en mm										
	(2)	25	51	64	76	89	102	114	127	178	203
Tubo 102 mm diametro		,0051	,0107	,0114							
Tubo 152 mm diametro		,0063	,0120	,0170	,0240	,0341					

$$dh (oeste) = 54 \text{ mm}$$

$$dh (este) = 32 \text{ mm}$$

Por otro lado, la altura estática ds es igual a 51 mm (profundidad del agua desde la boca de entrada hasta la superficie de cubierta).

Finalmente, la carga de lluvia de diseño es:

$$R (oeste) = 0,0098 (ds + dh) = 1,03 \text{ kN/m}^2 = 103 \text{ kg/m}^2$$

$$R (este) = 0,0098 (ds + dh) = 0,81 \text{ kN/m}^2 = 81 \text{ kg/m}^2$$

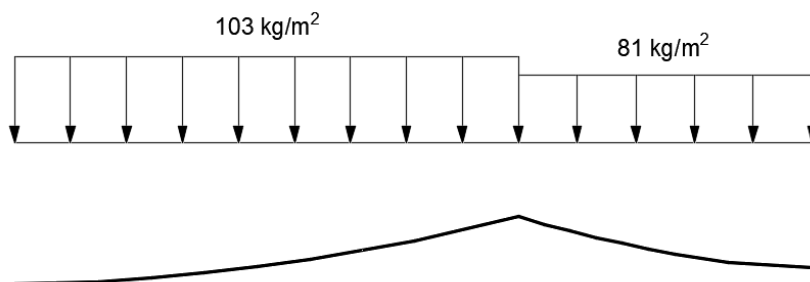


Figura N° 25: Cargas de lluvia sobre cubierta

6. ANÁLISIS SÍSMICO PRELIMINAR

Se realiza un modelo computacional de toda la estructura usando ETABS y se analiza simultáneamente el sismo estático (a través del coeficiente C y una distribución del corte basal lineal en altura) y el sismo dinámico (a través del espectro de diseño).

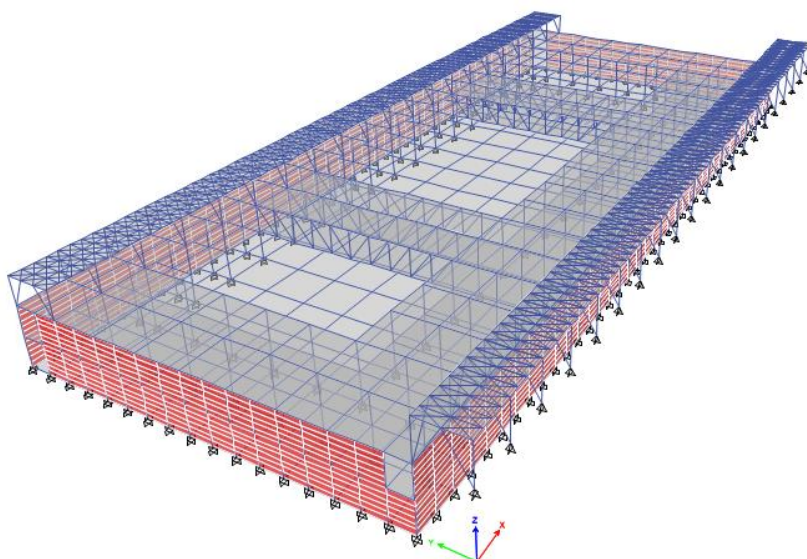


Figura N° 26: Modelo computacional de estructura completa

6.1. Periodo fundamental

La primera observación al analizar el modelo es que el periodo fundamental de la estructura para cada dirección es:

$$T_x = 0,082 \text{ seg} \quad T_y = 0,104 \text{ seg}$$

Estos valores se consideran aceptables para la estructura en estudio.

6.2. Comparación de los cortes basales

Se compara el corte basal en la estructura obtenido a partir del método estático con el obtenido a partir del método dinámico.

- Corte basal estático: $V_{oe} = 309\,541 \text{ kN}$
- Corte basal dinámico: $V_{od} = 161\,659 \text{ kN}$

La relación entre ambos es:

$$\frac{V_{od}}{V_{oe}} = 0.52 < 0,85$$

Entonces, de acuerdo con la sección 7.2.5 es necesario amplificar las solicitaciones del análisis modal por el siguiente factor:

$$\frac{V_{oe}}{V_{od}} \cdot 0.85 = 1.63$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 30 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

6.3. Cálculo de distorsiones de piso

De acuerdo con la sección 6.4.2, para un edificio de categoría A sin elementos susceptibles a daños por deformaciones, la máxima distorsión de piso no debe exceder el valor de 0,015.

Para el cálculo de las distorsiones, las deformaciones laterales obtenidas a partir del análisis elástico deben ser multiplicadas por:

$$\frac{Cd}{\gamma r} = 1.92$$

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Sismo X

Nivel	Drift	θ_{sk}	Verifica
2	0,00008	0,00015	SI
1	0,0001	0,00019	SI

Sismo Y

Nivel	Drift	θ_{sk}	Verifica
2	0,0002	0,00038	SI
1	0,0002	0,00038	SI

6.4. Evaluación de regularidad en planta

De acuerdo al artículo 2.6.1 se verifica la condición impuesta para la regularidad estructural en planta:

Sismo Ex $e = 0,05$

Nivel	Altura	Ux arriba	Ux abajo	Δbk arriba	Δbk abajo	Δmk	$\Delta bk/\Delta mk$	Irreg. tors.
	[mm]	[mm]	[mm]					
2	6600	1,551	1,554	0,00011	0,00011	0,00011	1,01	Baja
1	6600	0,851	0,846	0,00013	0,00013	0,00013	1,00	Baja

Sismo Ex $e = -0,05$

Nivel	Altura	Ux arriba	Ux abajo	Δbk arriba	Δbk abajo	Δmk	$\Delta bk/\Delta mk$	Irreg. tors.
	[mm]	[mm]	[mm]					
2	6600	1,454	1,649	0,00010	0,00011	0,00011	1,07	Baja
1	6600	0,800	0,896	0,00012	0,00014	0,00013	1,06	Baja

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 31 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Sismo Ey e = 0,05

Nivel	Altura	Uy izq	Uy der	Δbk izq	Δbk der	Δmk	$\Delta bk/\Delta mk$	Irreg. tors.
	[mm]	[mm]	[mm]					
2	6600	2,671	3,204	0,00022	0,00026	0,00024	1,08	Baja
1	6600	1,234	1,512	0,00019	0,00023	0,00021	1,10	Baja

Sismo Ey e = -0,05

Nivel	Altura	Uy izq	Uy der	Δbk izq	Δbk der	Δmk	$\Delta bk/\Delta mk$	Irreg. tors.
	[mm]	[mm]	[mm]					
2	6600	3,204	2,671	0,00026	0,00022	0,00024	1,08	Baja
1	6600	1,512	1,234	0,00023	0,00019	0,00021	1,10	Baja

Como se puede ver, la irregularidad torsional del edificio ante la acción de la fuerza sísmica es baja.

7. CÁLCULO DE ESTRUCTURA PRINCIPAL DE CUBIERTA

Para realizar el análisis estructural de los elementos que componen la estructura principal de planta baja se realizó el siguiente modelo tridimensional utilizando el programa SAP2000:

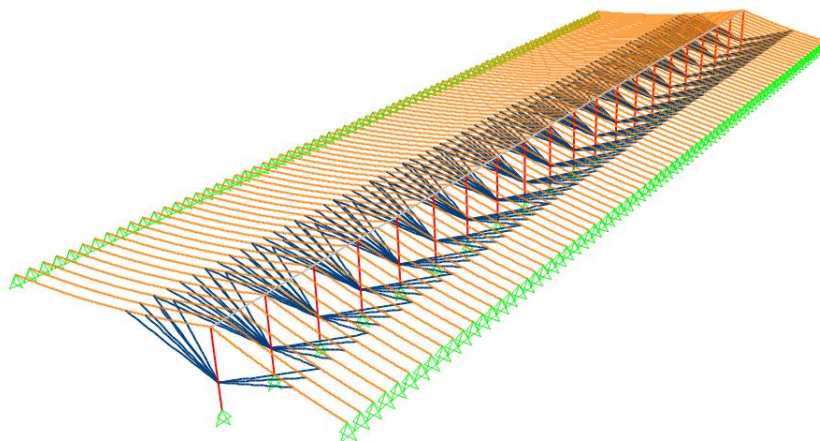


Figura N° 27: Vista 3D de modelo de estructura de cubierta

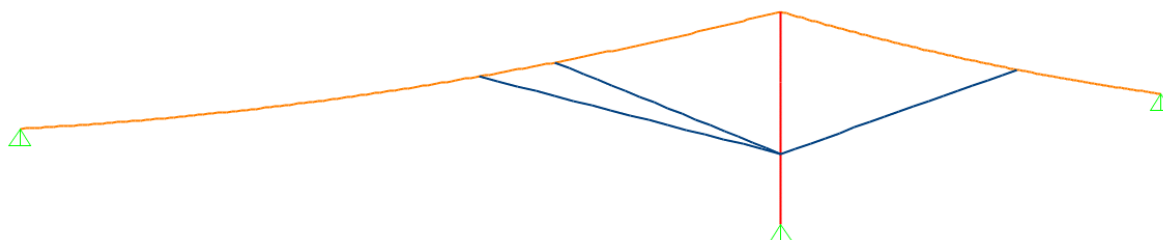


Figura N° 28: Vista transversal de modelo de estructura de cubierta

Dado que no existe un reglamento en Argentina que tenga en cuenta el diseño de cables de acero, se utilizaron las combinaciones de carga correspondientes al Reglamento CIRSOC 301 de 2005:

$$1,4 (D + F) \quad (A.4.1)$$

$$1,2 (D + F + T) + 1,6 (L + H) + (f_1 L, \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \quad (A.4.2)$$

$$1,2 D + 1,6 (L, \text{ ó } S \text{ ó } R) + (f_1 L \text{ ó } 0,8 W) \quad (A.4.3)$$

$$1,2 D + 1,6 W + f_1 L + (f_1 L, \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \quad (*) \quad (A.4.4)$$

$$1,2 D + 1,0 E + f_1 (L + L_1) + f_2 S \quad (A.4.5)$$

$$0,9 D + (1,6 W \text{ ó } 1,0 E) + 1,6 H \quad (*) \quad (A.4.6)$$

Por otro lado, el análisis de los cables debe hacerse mediante un análisis no lineal, por lo que no es posible aplicar el principio de superposición de efectos. Por lo tanto, debe analizarse cada combinación por separado para encontrar aquella que produce los esfuerzos máximos en los elementos. En este caso, las solicitaciones máximas son generadas por la combinación A.4.3.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 33 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

7.1. Cables de cubierta

La tracción máxima que se produce en los cables es $P_u = 88 t$.

Luego, para diseñar la sección del cable se utiliza un catálogo de cables de acero para uso general de la empresa IPH. El fabricante recomienda que la relación entre la carga mínima de rotura del cable (P_{min}) y la carga de trabajo sea mayor o igual a 3.

Diámetro		Masa aprox.	Carga mínima de rotura	
[mm]	[Pulg]	[kg/m]	[kN]	[tn]
50,80	2	11,00	1760	180
54,00	2 1/8	12,41	1970	201
57,15	2 1/4	13,91	2200	224
60,33	2 3/8	15,50	2440	249
63,50	2 1/2	17,30	2950	301
69,85	2 3/4	20,80	3530	360
76,20	3	24,70	4160	424

Tabla N° 1: Cables de 6 cordones de grandes diámetros

Seleccionando un cable de **63,50 mm** de diámetro, resulta:

$$\frac{P_{min}}{P_u} = 3.42 > FS = 3 \quad \text{Verifica}$$

7.2. Tensores de contraviento

Para evitar que los cables que sostienen la cubierta se levanten excesivamente debido a la acción del viento en succión (lo que podría producir daños en los paneles del techo) se plantean tensores unidos a la columna central (cables azules en la Figura N° 22).

La tracción máxima es producida por la combinación A.4.6, considerando que el viento proviene del este. Este esfuerzo es $P_u = 0,26 t$.

Diámetro	Masa aprox.	Grado 1770 N/mm ²	
[mm]	[kg/m]	[kN]	[t]
2,00	0,014	2,35	0,24
2,50	0,022	3,70	0,38
3,00	0,031	5,29	0,54
4,00	0,055	9,40	0,96
5,00	0,086	14,7	1,50
6,30	0,137	23,3	2,38

Tabla N° 2: Cables de 6 cordones IPH 67

Seleccionando un cable de **4,00 mm** de diámetro, resulta:

$$\frac{P_{min}}{P_u} = 3.69 > FS = 3 \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 34 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

7.3. Viga central longitudinal

Esta viga apoya sobre los puntales centrales de la estructura de planta baja. Se diseña a flexión uniaxial por acción de cargas gravitatorias, dado que el momento que le producen las fuerzas que le transmiten los cables de la cubierta a la viga son despreciables.

7.3.1. Diseño a flexión

Los momentos últimos son:

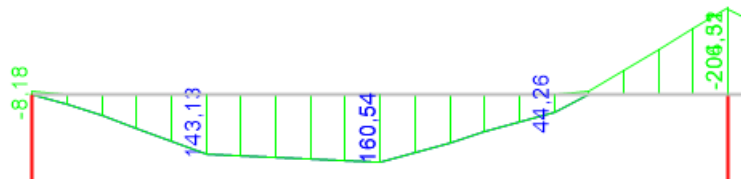


Figura N° 29: Valores de M_u según eje x local

Al tratarse de una sección simétrica, se diseña para el momento máximo en valor absoluto. Luego, se adopta un perfil **W24x229** y se verifica la sección:

a) Plastificación

$$Z_x := 11078 \text{ cm}^3$$

$$M_p := Z_x \cdot F_y = 271 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

b) Pandeo lateral torsional

Se adopta conservadoramente un valor de $C_b = 1$.

$$L_b := 1000 \text{ cm}$$

$$L_p := 365 \text{ cm} \quad L_r := 1688 \text{ cm} > L_b$$

$$F_{yf} := 240 \text{ MPa}$$

$$S_x := 9636 \text{ cm}^3$$

$$M_r := F_{yf} \cdot S_x = 236 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_n := M_p - (M_p - M_r) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) = 254 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

c) Pandeo local

Al ser una sección compacta, no es necesario verificar el pandeo local de ala y alma.

d) Verificación

$$M_n = 254 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_d := \phi \cdot M_n = 229 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > M_u \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 35 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

7.3.2. Verificación al corte

El corte máximo en valor absoluto es $V_u = 101 t$.

$$\lambda_w := \frac{h}{tw} = 22 > 2.45 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_{yw}}} = 71$$

$$A_w := d \cdot tw = 161 \text{ cm}^2$$

$$V_n := 0.6 \cdot F_{yw} \cdot A_w = 237 \text{ tonnef}$$

$$V_d := \phi \cdot V_n = 213 \text{ tonnef} > V_u \quad \text{Verifica}$$

7.3.3. Estado límite de servicio

Se verifica que los desplazamientos verticales sean menores a los admisibles:

$$L := 10 \text{ m}$$

$$f_{lim} := \frac{L}{250} = 40 \text{ mm}$$

$$f := 21 \text{ mm} < f_{lim} \quad \text{Verifica}$$

7.4. Columna central

Las columnas centrales de la estructura se diseñan a compresión simple, dado que la flexión en el elemento es prácticamente despreciable.

7.4.1. Verificación de esbeltez

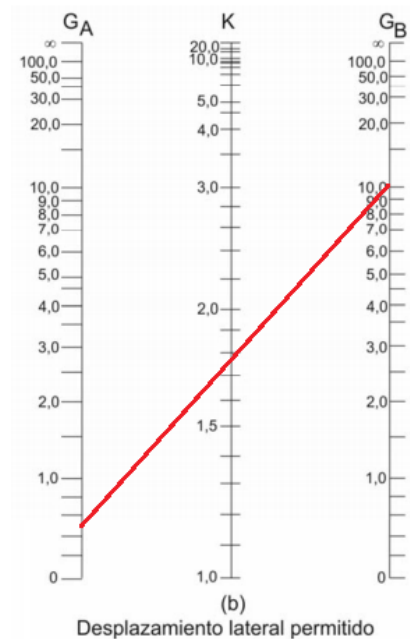
Alrededor del eje x-x global, el comportamiento de la columna se asemeja al caso f de la Tabla C-C.2.1 de los Comentarios al Reglamento CIRSOC 301.

La forma de pandeo se indica en línea de puntos	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valores teóricos de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados de proyecto para condiciones reales	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 36 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Por otro lado, al analizar el comportamiento alrededor del y-y global se debe tener en cuenta que la columna está rígidamente unida en su parte superior con la viga longitudinal. Debido a esto, se deben usar los nomogramas presentes en los Comentarios al C301 para determinar el factor de longitud efectiva k . Luego, se adopta un tubo de **500x500x16** y se verifica la sección:

$$\begin{aligned}
 L_c &:= 14 \text{ m} & L_v &:= 10 \text{ m} \\
 I_c &:= 121071 \text{ cm}^4 & I_v &:= 318417 \text{ cm}^4 \\
 G_A &:= \frac{I_c \cdot L_c}{I_v \cdot L_v} = 0.53 & G_B &:= 10 \\
 k_x &:= 2.0 & k_y &:= 1.8 \\
 r_x &:= 19.8 \text{ cm} & r_y &:= r_x \\
 \lambda_x &:= \frac{k_x \cdot L_c}{r_x} = 141 < 200 & & \text{Verifica} \\
 \lambda_y &:= \frac{k_y \cdot L_c}{r_y} = 127 < 200 & & \text{Verifica}
 \end{aligned}$$



7.4.2. Verificación a compresión

El esfuerzo de compresión máximo es $P_u = 218 \text{ t}$.

a) Pandeo flexional

$$\begin{aligned}
 A_g &:= 309.8 \text{ cm}^2 \\
 \lambda_c &:= \frac{1}{\pi} \cdot \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.56 > 1,5 \\
 F_{cr} &:= \frac{0.877}{\lambda_c^2} \cdot F_y = 87 \text{ MPa} \\
 P_n &:= F_{cr} \cdot A_g = 273 \text{ tonnef}
 \end{aligned}$$

b) Pandeo flexional - torsional

No es aplicable en tubos.

c) Verificación

$$P_d := \phi \cdot P_n = 232 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

8. CÁLCULO DE RETICULADOS EXTREMOS

Con la finalidad de resistir las fuerzas que ejercen los cables en los extremos, se plantea una estructura reticulada a cada lado del edificio compuesta por un módulo de 10 m x 10 m que se repite en todo el largo del edificio. Aunque este reticulado actúa como un diafragma rígido para las fuerzas que producen los cables de la cubierta, se considera que se comporta como diafragma flexible ante la acción de la fuerza sísmica, dado que su rigidez se considera muy pequeña comparada con los diafragmas que conforman las losas del edificio.

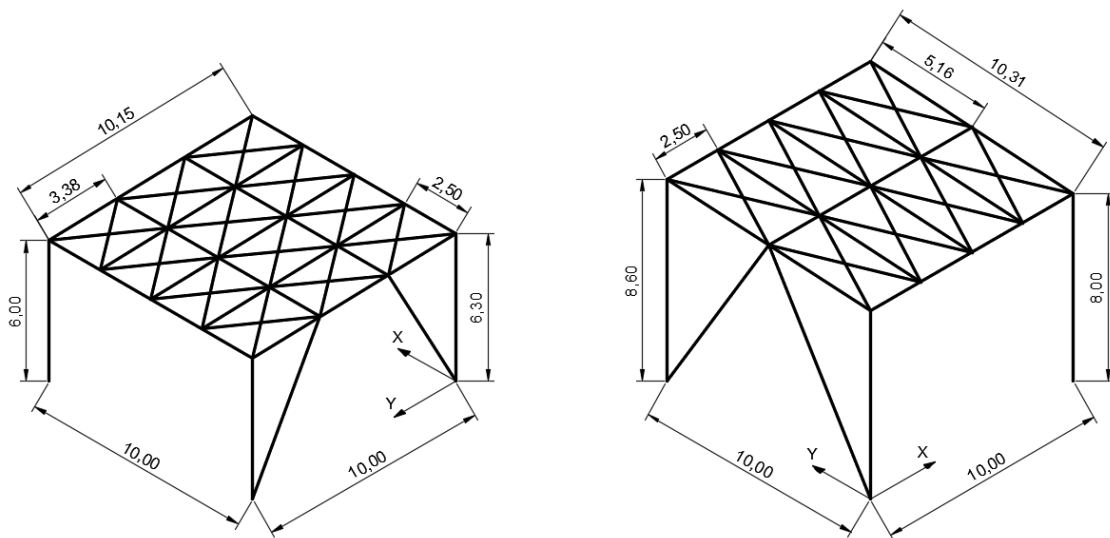


Figura N° 30: Estructura de reticulado oeste y este

Además, los elementos que componen este reticulado resisten las cargas gravitatorias que le transmiten los paneles del techo. Para la estructura del lado este, por ejemplo, el esquema de transferencia de cargas es el siguiente (las diagonales no resisten cargas verticales):

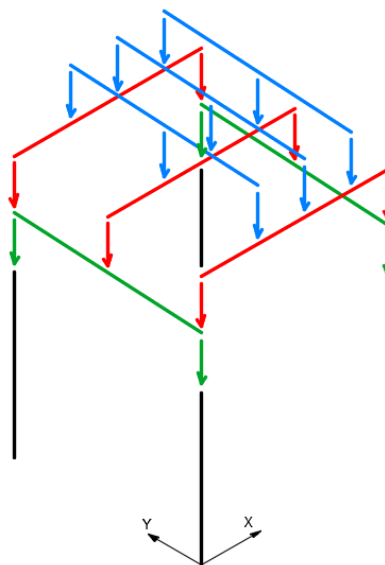


Figura N° 31: Esquema de transferencia de cargas

Los esfuerzos axiales en los elementos producidos por las fuerzas que ejercen los cables, se determinan a partir de un modelo aislado de la estructura hecho en SAP2000. Las solicitaciones producidas por las cargas gravitatorias se determinan a través de la estática (se supone que las vigas están simplemente apoyadas).

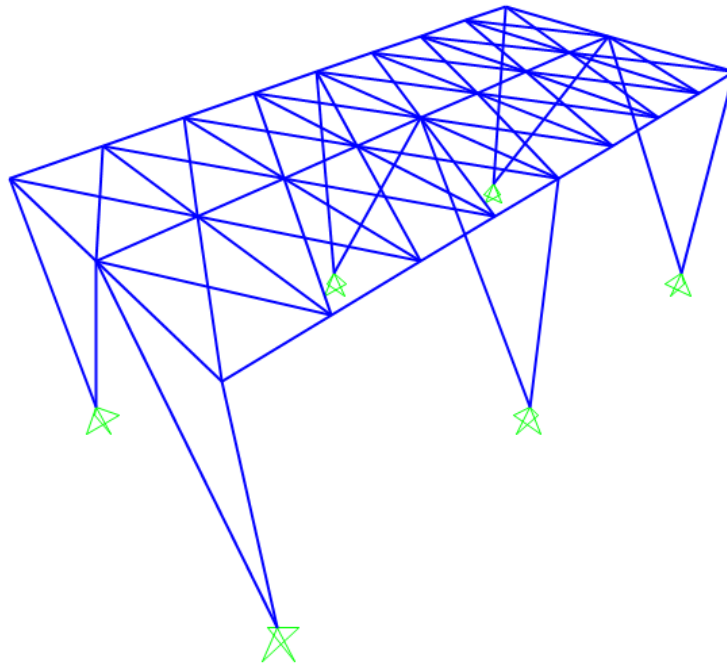


Figura N° 32: Modelo de reticulado extremo

8.1. Diagonales

8.1.1. Verificación de esbeltez

Pandeo fuera del plano del reticulado: $k_x = 1$

Pandeo en el plano del reticulado: $k_y = 0,90$

Luego, se adopta un tubo de **140x140x12** y se verifica la sección:

$$L = 5.73 \text{ m}$$

$$r_x := 5.13 \text{ cm} \quad r_y := r_x$$

$$\lambda_x := \frac{k_x \cdot L}{r_x} = 112 < 200 \quad \text{Verifica}$$

$$\lambda_y := \frac{k_y \cdot L}{r_y} = 101 < 200 \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 39 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

8.1.2. Verificación a compresión

El esfuerzo de compresión máximo es $P_u = 56 t$.

a) Pandeo flexional

$$A_g := 57.73 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_c := \frac{1}{\pi} \cdot \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.2 < 1.5$$

$$F_{cr} := (0.658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y = 127 \text{ MPa}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 75 \text{ tonnef}$$

b) Pandeo flexotorsional

No es aplicable en tubos.

c) Verificación

$$P_d := \phi \cdot P_n = 64 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

8.1.3. Verificación a tracción

El esfuerzo de tracción máximo es $P_u = 83 t$.

a) Fluencia en la sección bruta

$$P_n := F_y \cdot A_g = 141 \text{ tonnef}$$

$$P_d := \phi \cdot P_n = 127 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

b) Rotura en la sección neta

Se supone que las diagonales se unen a los demás elementos mediante una chapa, la cual está unida a las diagonales mediante soldadura.

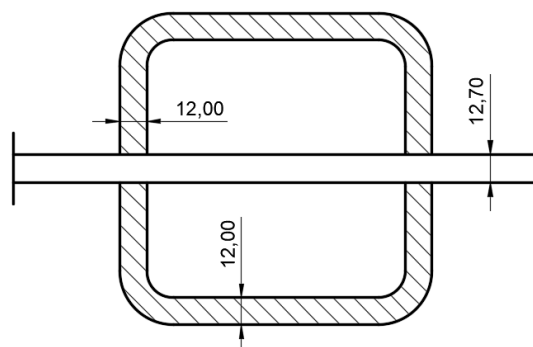


Figura N° 33: Área neta de diagonal en unión

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 40 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Luego, para el estado de rotura en sección neta se tiene:

$$\begin{aligned}
 F_u &:= 370 \text{ MPa} \\
 L &= 2w \quad U := 1.0 \\
 A_n &:= A_g - 2 \cdot 12.7 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} = 55 \text{ cm}^2 \\
 A_e &:= U \cdot A_n \\
 P_n &:= F_u \cdot A_e = 206 \text{ tonnef} \\
 P_d &:= \phi \cdot P_n = 155 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}
 \end{aligned}$$

8.2. Correas centrales

Estas correas corresponden a las barras intermedias de cada módulo de 10 m que componen al reticulado total (elementos azules en Figura N° 25) y se ubican paralelas a los cables de la cubierta. Por simplicidad y siendo conservadores, se considera que la mitad de cada correa ($L = 5,16 \text{ m}$) está simplemente apoyada en dos vigas longitudinales (elementos rojos en Figura N° 25). Luego, se diseña la correa a flexión y esfuerzos axiales.

8.2.1. Diseño a flexión

La carga última y el momento correspondiente están dados por la combinación A.4.3.

$$\begin{aligned}
 q_u &:= \left(1.2 \cdot 50 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} + 1.6 \cdot 81 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \right) \cdot 2.5 \text{ m} = 474 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \\
 M_u &:= \frac{q_u \cdot L^2}{8} = 1.58 \text{ tonnef} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Luego, se adopta un tubo de **100x140x6.35** y se verifica la sección:

a) Plastificación

$$\begin{aligned}
 Z_x &:= 129.24 \text{ cm}^3 \\
 M_p &:= Z_x \cdot F_y = 3.16 \text{ tonnef} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 41 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

b) Pandeo lateral torsional

$$L_b := L = 516 \text{ cm}$$

$$A_g := 27.829 \text{ cm}^2$$

$$r_y := 3.96 \text{ cm}$$

$$J := 864.44 \text{ cm}^4$$

$$L_p := \frac{1.2 \cdot r_y \cdot E}{M_p} \cdot \sqrt{J \cdot A_g} = 4752 \text{ cm}$$

$$S_x := 105.18 \text{ cm}^3$$

$$M_r := F_{yf} \cdot S_x = 2.57 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$L_r := \frac{1.8 \cdot r_y \cdot E}{M_r} \cdot \sqrt{J \cdot A_g} = 8759 \text{ cm} > L_b$$

$$M_n := M_p - (M_p - M_r) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) = 3.79 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

c) Pandeo local

Al ser una sección compacta, no es necesario verificar el pandeo local de ala y alma.

8.2.2. Verificación a tracción

El esfuerzo de tracción máximo es $P_u = 29 \text{ t}$.

a) Fluencia en la sección bruta

$$P_n := F_y \cdot A_g = 68 \text{ tonnef}$$

$$P_d := \phi \cdot P_n = 61 \text{ tonnef}$$

b) Rotura en la sección neta

Se supone que las correas se unen al alma de las vigas longitudinales mediante soldadura transversal en todo el perímetro de la barra. Luego:

$$U := 1$$

$$A_e := U \cdot A_g$$

$$P_n := F_u \cdot A_e = 105 \text{ tonnef}$$

$$P_d := \phi \cdot P_n = 79 \text{ tonnef}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 42 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

c) Verificación de esbeltez

$$r := r_y \quad k := 1$$

$$\lambda := \frac{k \cdot L}{r} = 130 < 300 \quad \text{Verifica}$$

8.2.3. Solicitaciones combinadas

$$M_n := 3.16 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_d := \phi_b \cdot M_n = 2.84 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad P_d := 61 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{P_d} = 0.48 > 0,2$$

$$\frac{P_u}{P_d} + \frac{8}{9} \cdot \frac{M_u}{M_d} = 0.97 < 1 \quad \text{Verifica}$$

8.3. Vigas longitudinales

Se considera que estas vigas están simplemente apoyadas sobre las correas extremas de cada módulo de reticulado (elementos verdes en Figura N° 25). Luego, se diseña la viga central (recibe la acción de 2 correas) a flexión y esfuerzo axial.

8.3.1. Diseño a flexión

La carga última y el momento correspondiente de las vigas están dados por las acciones que le transmiten las correas centrales.

$$R_{\text{correa}} := 474 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \cdot \frac{L_{\text{correa}}}{2} = 1.22 \text{ tonnef}$$

$$F := 2 \cdot R_{\text{correa}} = 2.45 \text{ tonnef}$$

$$M_u := \frac{F \cdot L}{2} = 12.2 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Luego, se adopta un perfil **W10x88** y se verifica la sección:

a) Plastificación

$$Z_x := 1852 \text{ cm}^3$$

$$M_p := Z_x \cdot F_y = 45.3 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 43 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

b) Pandeo lateral torsional

$$L_b := L = 1000 \text{ cm}$$

$$L_p := 309 \text{ cm} \quad L_r := 2017 \text{ cm} > L_b$$

$$S_x := 1614 \text{ cm}^3$$

$$M_r := F_{yf} \cdot S_x = 39.5 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_n := M_p - (M_p - M_r) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) = 43 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

c) Pandeo local

Al ser una sección compacta, no es necesario verificar el pandeo local de ala y alma.

8.3.2. Verificación a tracción

El esfuerzo de tracción máximo es $P_u = 47 \text{ t}$.

a) Fluencia en la sección bruta

$$A_g := 167.1 \text{ cm}^2$$

$$P_n := F_y \cdot A_g = 409 \text{ tonnef}$$

$$P_d := \phi \cdot P_n = 368 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

b) Rotura en la sección neta

Se supone que las vigas se unen al alma de las correas extremas mediante soldadura transversal en las alas. Luego:

$$A := 2 \cdot b_f \cdot t_f = 131 \text{ cm}^2 \quad U := 1$$

$$A_e := A \cdot U$$

$$P_n := F_u \cdot A_e = 494 \text{ tonnef}$$

$$P_d := \phi \cdot P_n = 371 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 44 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

8.3.3. Verificación a compresión

El esfuerzo de compresión máximo es $P_u = 63 t$.

a) Verificación de esbeltez

Pandeo fuera del plano del reticulado: $k_x = 1$

Pandeo en el plano del reticulado: $k_y = 1$

$$r_y := 6.68 \text{ cm}$$

$$\lambda := \frac{k \cdot L}{r_y} = 150 < 200 \quad \text{Verifica}$$

b) Pandeo flexional

$$\lambda_c := \frac{1}{\pi} \cdot \lambda \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.65 > 1,5$$

$$F_{cr} := \frac{0.877}{\lambda_c^2} \cdot F_y = 77 \text{ MPa}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 132 \text{ tonnef}$$

c) Pandeo flexotorsional

$$C_w := 1162760 \text{ cm}^6 \quad k_z := 1 \quad I_x := 22227 \text{ cm}^4 \quad I_y := 7451 \text{ cm}^4$$

$$G := 77200 \text{ MPa} \quad J := 313 \text{ cm}^4$$

$$F_e := \left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(k_z \cdot L)^2} + G \cdot J \right) \cdot \frac{1}{I_x + I_y} = 892 \text{ MPa}$$

$$\lambda_e := \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = 0.519 \quad Q := 1$$

$$\lambda_e \cdot \sqrt{Q} = 0.519 < 1,5$$

$$F_{cr} := Q \cdot (0.658^{Q \cdot \lambda_e^2}) \cdot F_y = 214 \text{ MPa}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 365 \text{ tonnef}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 45 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

8.3.4. Solicitaciones combinadas

Se verifica la viga a flexocompresión, dado que puede verse que verifica holgadamente a tracción.

$$\begin{aligned}
 M_n &:= 43 \text{ tonnef} \cdot \text{m} & P_n &:= 132 \text{ tonnef} \\
 M_d &:= \phi_b \cdot M_n = 39 \text{ tonnef} \cdot \text{m} & P_d &:= \phi \cdot P_n = 112 \text{ tonnef} \\
 \frac{P_u}{P_d} &= 0.56 > 0,2 \\
 \frac{P_u}{P_d} + \frac{8}{9} \cdot \frac{M_u}{M_d} &= 0.84 < 1 & \text{Verifica}
 \end{aligned}$$

8.4. Correas extremas

Estas correas reciben la acción de las vigas longitudinales analizadas previamente, y se considera que están simplemente apoyadas sobre las columnas. Luego, se diseñan las correas a flexión y esfuerzo axial.

8.4.1. Diseño a flexión

La carga última y el momento correspondiente de las correas están dados por las acciones que le transmiten las vigas.

$$\begin{aligned}
 R_{\text{viga}} &:= \frac{3}{2} \cdot 2.45 \text{ tonnef} = 3.68 \text{ tonnef} \\
 F &:= 2 \cdot R_{\text{viga}} = 7.4 \text{ tonnef} \\
 M_u &:= \frac{F \cdot L}{4} = 18.4 \text{ tonnef} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Luego, se adopta un perfil **W14x74** y se verifica la sección:

a) Plastificación

$$\begin{aligned}
 Z_x &:= 2065 \text{ cm}^3 \\
 M_p &:= Z_x \cdot F_y = 50.5 \text{ tonnef} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

b) Pandeo lateral torsional

$$\begin{aligned}
 L_b &:= L = 1000 \text{ cm} \\
 L_p &:= 291 \text{ cm} & L_r &:= 1102 \text{ cm} > L_b \\
 S_x &:= 1835 \text{ cm}^3 \\
 M_r &:= F_y \cdot S_x = 44.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \\
 M_n &:= M_p - (M_p - M_r) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) = 45.6 \text{ tonnef} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 46 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

c) Pandeo local

Al ser una sección compacta, no es necesario verificar el pandeo local de ala y alma.

8.4.2. Verificación a compresión

El esfuerzo de compresión máximo es $P_u = 36 t$.

a) Verificación de esbeltez

Pandeo fuera del plano del reticulado: $k_x = 1$

Pandeo en el plano del reticulado: $k_y = 1$

$$r_y := 6.30 \text{ cm}$$

$$\lambda := \frac{k \cdot L}{r_y} = 159 < 200 \quad \text{Verifica}$$

b) Pandeo flexional

$$\lambda_c := \frac{1}{\pi} \cdot \lambda \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.75 > 1,5$$

$$F_{cr} := \frac{0.877}{\lambda_c^2} \cdot F_y = 69 \text{ MPa}$$

$$A_g := 140.6 \text{ cm}^2$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 99 \text{ tonnef}$$

c) Pandeo flexotorsional

Se considera que, al igual que para el caso de las vigas, gobierna el comportamiento por pandeo flexional. Entonces $P_n = 99 t$.

8.4.3. Solicitaciones combinadas

Se verifica la viga a flexocompresión dado que se considera que la sección verifica de forma holgada la tracción, como en el caso de las vigas. Luego:

$$M_n := 45.6 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad P_n := 99 \text{ tonnef}$$

$$M_d := \phi_b \cdot M_n = 41 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad P_d := \phi \cdot P_n = 84 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{P_d} = 0.43 > 0,2$$

$$\frac{P_u}{P_d} + \frac{8}{9} \cdot \frac{M_u}{M_d} = 0.83 < 1 \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 47 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

8.5. Arriostramientos

Se colocan arriostramientos en forma de A en dirección paralela a los cables de la cubierta, con el fin de disminuir la flexión que producen las fuerzas de los cables en las columnas de la estructura. Estos elementos se diseñan tanto a tracción como a compresión.

8.5.1. Diseño a compresión

El esfuerzo de compresión máximo es $P_u = 250 \text{ t}$.

a) Verificación de esbeltez

Pandeo fuera del plano del reticulado: $k_x = 1$

Pandeo en el plano del reticulado: $k_y = 1$

Luego, se adopta un perfil **IPBv 300** y se verifica la sección:

$$L := 9.69 \text{ m}$$

$$r_y := 8.00 \text{ cm}$$

$$\lambda := \frac{k \cdot L}{r_y} = 121 < 200 \quad \text{Verifica}$$

b) Pandeo flexional

$$\lambda_c := \frac{1}{\pi} \cdot \lambda \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.34 < 1,5$$

$$F_{cr} := (0.658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y = 114 \text{ MPa}$$

$$A_g := 303 \text{ cm}^2$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 351 \text{ tonnef}$$

c) Pandeo flexotorsional

La carga nominal correspondiente al estado de pandeo flexotorsional es $P_n = 690 \text{ t}$. Por lo tanto, gobierna el pandeo flexional.

Entonces: $P_n = 351 \text{ t}$

d) Verificación

$$P_d := \phi \cdot P_n = 298 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

8.5.2. Verificación a tracción

El esfuerzo de tracción máximo es $P_u = 250 t$.

a) Fluencia en la sección bruta

$$P_n := F_y \cdot A_g = 742 \text{ tonnef}$$

$$P_d := \phi \cdot P_n = 667 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

b) Rotura en la sección neta

Se considera que los arriostramientos se unen con las columnas a través de una chapa soldada al perfil en las alas. Luego:

$$b_f := 310 \text{ mm} \quad t_f := 39 \text{ mm}$$

$$A := 2 \cdot b_f \cdot t_f = 242 \text{ cm}^2 \quad U := 1$$

$$A_e := A \cdot U$$

$$P_n := F_u \cdot A_e = 912 \text{ tonnef}$$

$$P_d := \phi \cdot P_n = 684 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

8.6. Columnas

Como se dijo anteriormente, se supone que el reticulado de la estructura actúa como un diafragma flexible ante la acción del sismo. Por lo tanto, la distribución de la fuerza sísmica en las columnas se realiza en base a su área de influencia. Dado esto, se considera una columna central del reticulado oeste y se diseña al vuelco por sismo.

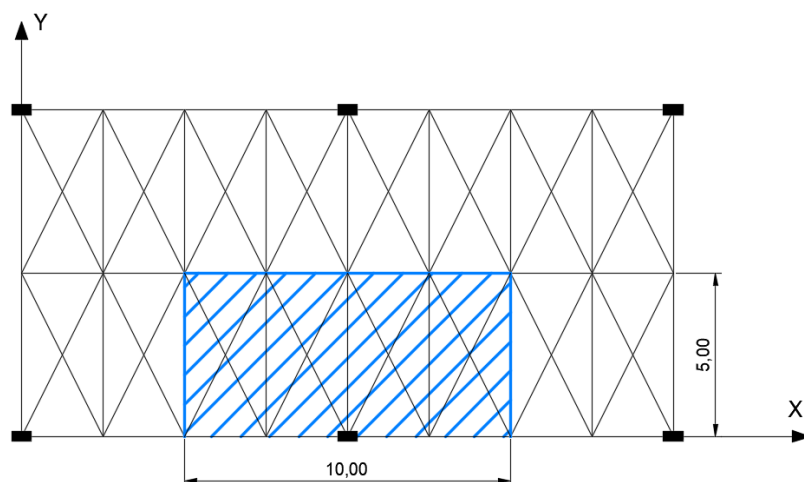


Figura N° 34: Área de influencia de columna de estructura de reticulado

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 49 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Dado que en la dirección del eje y-y global se tienen los arriostramientos, solo se considera el vuelco en la dirección x-x global. Luego, se calcula el coeficiente sísmico a aplicar en función del factor de reducción global de la estructura en particular.

Mater.	N°	Tipo Estructural	R	C _d	Ω _o
Estructuras de hormigón armado	1	Tabiques aislados y acoplados (a)	$R=(3A+5)/z$ $5/z \leq R \leq 7$	R	2,5
	2	Pórticos con ductilidad completa (b), (c)	7	5,5	3
	3	Sistema dual Pórtico-Tabique	6	5	2,5
	4	Estructuras con diagonales concéntricas (d)	4	4	2,5
	5	Estructuras rigidizadas con diagonales excéntricas	6	4	2,5
	6	Columnas en voladizo	2,5	2,5	1,5
	7	Estructura con ductilidad limitada (b)	3,5	3,5	2,5

$$C := 0.52 \cdot \frac{2.5}{2.5} = 0.52$$

Ahora, se calcula la fuerza sísmica que actúa en la cabeza de la columna en función de la carga gravitatoria que actúa sobre ella:

$$Q := 1.0 \cdot D + 0.2 \cdot S = 54.2 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$P := Q \cdot 5 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 2.7 \text{ tonnef}$$

$$F_s := C \cdot P = 1.4 \text{ tonnef}$$

Suponiendo que la columna es empotrada en su base y libre en la parte superior (por estar articulada), el momento último es:

$$M_u := F_s \cdot H = 12.1 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Entonces, se propone una sección de **30 cm x 60 cm** con **10 ϕ 16 mm**. El hormigón a utilizar es H-30 y el acero de las barras de refuerzo es ADN 420.

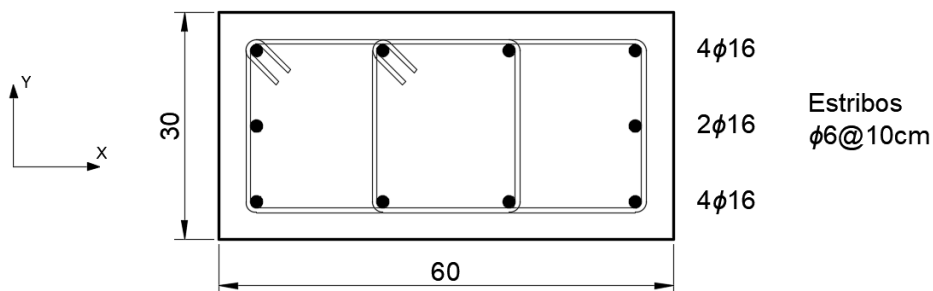
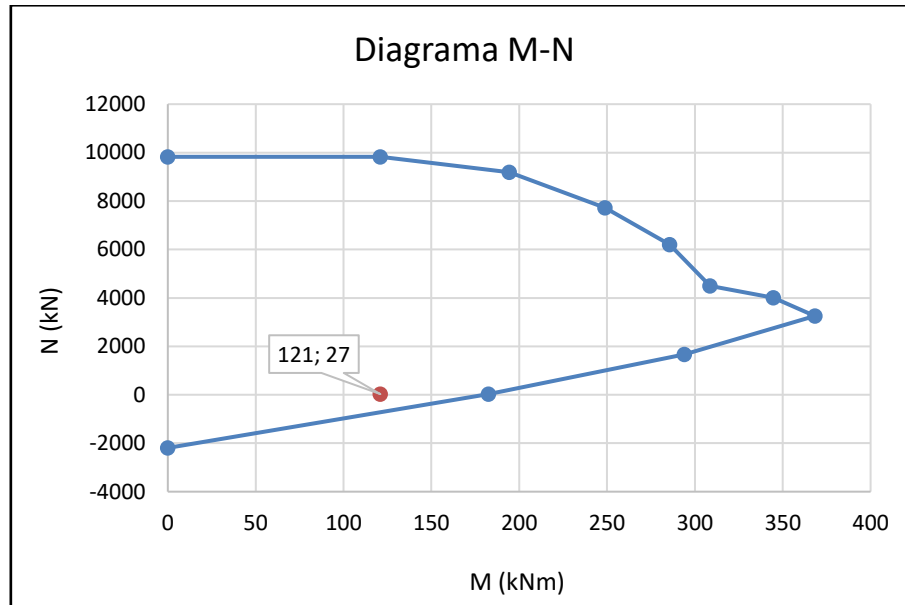


Figura N° 35: Detalle de columna de planta baja

El diagrama de interacción es (se considera la compresión como positiva):



Por último, se verifica la cuantía mínima:

$$\rho := \frac{10 \cdot 2 \text{ cm}^2}{30 \text{ cm} \cdot 60 \text{ cm}} = 0.011 > \rho_{min} = 0,01 \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 51 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

9. CÁLCULO DE ESTRUCTURA DE PASARELA

La determinación de las solicitaciones que actúan sobre los elementos de las pasarelas fue realizada a través de un modelo tridimensional en el software ETABS. Para resolver el problema de las grandes luces (50 m), se planteó una estructura que trabaja como una viga reticulada en su conjunto, siendo las zonas transitables superior e inferior los cordones en compresión y tracción respectivamente; adicionalmente se colocaron montantes en compresión y diagonales en tracción, en los laterales, para completar el reticulado.

9.1. Determinación de cargas

Considerando que la estructura estará simplemente apoyada, y que no es solicitada por agentes climáticos, las únicas combinaciones a tener en cuenta son las siguientes:

$$1,4 (D + F) \quad (A.4.1)$$

$$1,2 (D + F + T) + 1,6 (L + H) + (f, L, \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \quad (A.4.2)$$

Para el cálculo de la carga viva se utiliza el reglamento INPRES CIRSOC 101. Según el destino de la losa, la carga viva correspondiente a pasarelas y plataformas elevada, es de $L = 5 \text{ kN/m}^2$.

Destino	Uniforme (kN/m ²)	Concentrada (kN)
Baños viviendas otros destinos	2 3	
Bibliotecas salas de lectura salas de almacenamiento de libros corredores en pisos superiores a planta baja corredores en planta baja	3 7 (5) 4 5	4,5 4,5 4,5 4,5
Bowling, billar y áreas recreacionales similares	4	
Cielorrasos con posibilidad de almacenamiento áreas de almacenamiento liviano áreas de almacenamiento ocasional accesibles con fines de mantenimiento	(1) 1 0,5	1
Cocinas viviendas otros destinos	(5) 2 4	
Comedores, restaurantes y confiterías	5	
Corredores (Circulación) planta baja otros pisos, lo mismo que el destino al que sirve, excepto otra indicación en esta Tabla	5	

Luego, para la carga muerta se adoptan valores aproximados para poder realizar un predimensionamiento inicial. Se tienen dos consideraciones, carga muerta estructural y carga muerta no estructural.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 52 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Calculamos la carga muerta estructural correspondiente a una losa de 40 cm de espesor y sumamos un 15% por el peso de diagonales y montantes:

$$De := 1.15 \cdot 0.4 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 11.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Para la carga muerta no estructural consideramos un piso de granito de 3 cm de espesor que aporta 0,58 kN/m² y que apoya en una carpeta de arena y cemento de 5 cm de espesor con un peso de 0,9 kN/m². Finalmente, la carga muerta no estructural es:

$$Dom = 1,48 \text{ kN/m}^2$$

Para estos valores aproximados la combinación más desfavorable resulta:

$$A.4.2 \quad Q := 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L = 23.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

9.2. Diseño del reticulado

Se comenzó el diseño con una losa apoyada en una sola dirección y cuyos vínculos se pueden representar por: empotramiento - articulación. El reticulado está formado únicamente por diagonales, y el reticulado central recibe aproximadamente el 60% de la carga.

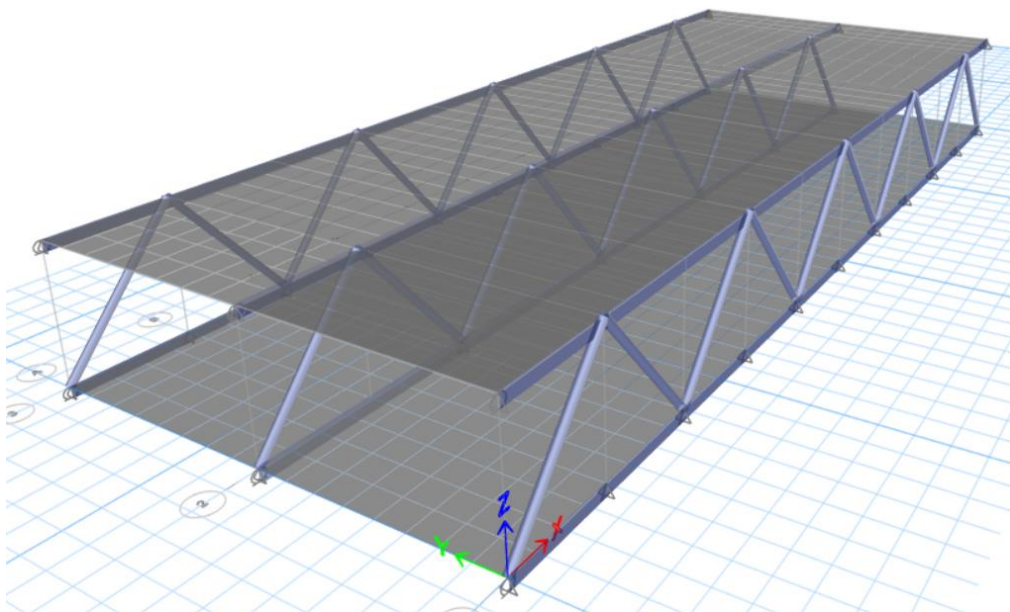


Figura N° 36: Primer modelo de estructura de pasarela

A pesar de ser una buena solución estéticamente, la losa apoyada en una sola dirección implica un espesor considerable para verificar frente a las deformaciones en estado de servicio, y esto resulta en tensiones irrisorias sobre las diagonales (valores cercanos a las 1900 toneladas).

Para reducir las solicitaciones se aplican tres cambios:

- Se independizan los montantes y diagonales de la pasarela izquierda con la pasarela derecha; de esta forma, la carga será repartida de forma uniforme entre los dos cordones laterales de cada pasarela
- Se colocan montantes para colocar correas cada 5 m y así reducir la luz de la losa
- Se coloca la diagonal más solicitada en tracción

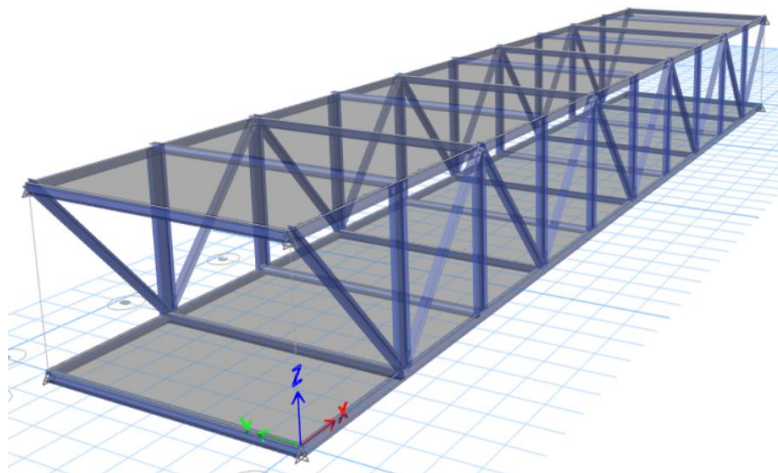


Figura N° 37: Segundo modelo de estructura de pasarela

Se obtienen mejores resultados en cuanto a la capacidad de resistencia de carga, ya que la misma se distribuye equitativamente; sin embargo, el espesor de la losa se mantiene casi constante debido a que la luz que gobierna en la elección del espesor (según CIRSOC 201) es la luz mayor, y la misma no ha variado.

Se propone un nuevo modelo con las siguientes modificaciones:

- Las losas se apoyan en dos direcciones, formando cuadrados de 10 m x 10 m
- Se modifica el diseño de diagonales y montantes

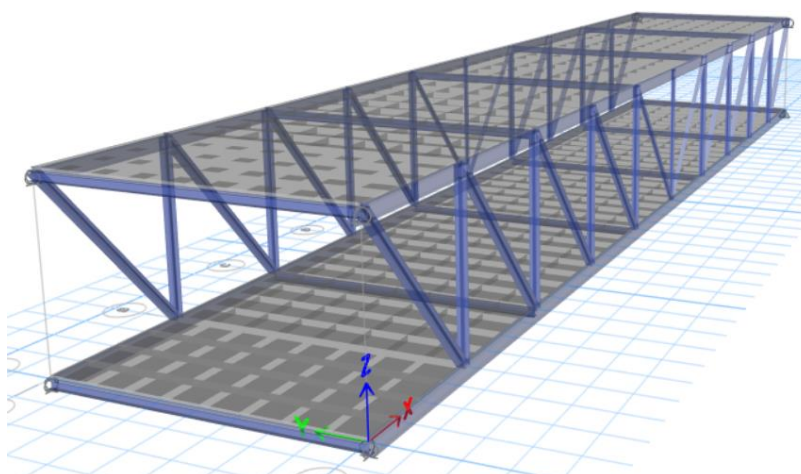


Figura N° 38: Modelo definitivo de estructura de pasarela

Las modificaciones permiten utilizar espesores de losa cercanos a los 20 cm, lo que deriva en una reducción de la carga cercana al 40%. Los montantes están ahora todos comprimidos (teniendo esta menor longitud que las diagonales resulta en un diseño más eficiente ante el fenómeno de pandeo) y las diagonales están traccionadas, lo que les da uniformidad.

Habiendo alcanzado solicitaciones para las cuales es factible diseñar elementos que las resistan, se considera el diseño satisfactorio y se procede a dimensionar estos elementos.

9.3. Cálculo de losa

Se inicia el cálculo con el predimensionamiento.

9.3.1. Predimensionamiento

Predimensionamiento losa

$$l_m := 10 \text{ m} \quad l_M := 10 \text{ m} \quad f_c := 0.3 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

$$l_n := l_M = 10 \text{ m} \quad \beta := \frac{l_M}{l_m} = 1 \quad \text{Se supone } \alpha_{fm} > 2$$

$$h := \frac{l_n \cdot \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2} \right)}{36 + 9 \cdot \beta} = 17.8 \text{ cm} \quad \text{Se adopta } h := 20 \text{ cm}$$

Predimensionamiento vigas

$$h_{bx} := h = 20 \text{ cm} \quad b_{wx} := 6 h = 120 \text{ cm} \quad d_x := h_{bx} - 5 \text{ cm}$$

$$h_{by} := h = 20 \text{ cm} \quad b_{wy} := 12 h = 240 \text{ cm} \quad d_y := h_{by} - 5 \text{ cm}$$

Se adopta en una primera aproximación, y basándose únicamente en la altura de predimensionamiento de la losa, el perfil W10x112 por su altura de 289 mm

$$I_{\text{perfil}} := 29802 \text{ cm}^4$$

$$I_{bx} := \frac{b_{wx} \cdot h_{bx}^3}{12} + I_{\text{perfil}} = 109802 \text{ cm}^4 \quad I_{by} := \frac{b_{wy} \cdot h_{by}^3}{12} + I_{\text{perfil}} = 189802 \text{ cm}^4$$

$$I_s := \frac{1 \text{ m} \cdot h^3}{12} = 66667 \text{ cm}^4 \quad \alpha_{fx} := \frac{I_{bx}}{I_s} = 1.6 \quad \alpha_{fy} := \frac{I_{by}}{I_s} = 2.8$$

$$\alpha_{fm} := \frac{2 \cdot \alpha_{fx} + 2 \cdot \alpha_{fy}}{4} = 2.25 > 2 \quad \text{Verifica}$$

Se genera un modelo en ETABS con estas dimensiones y cargas y se evalúan las deformaciones.

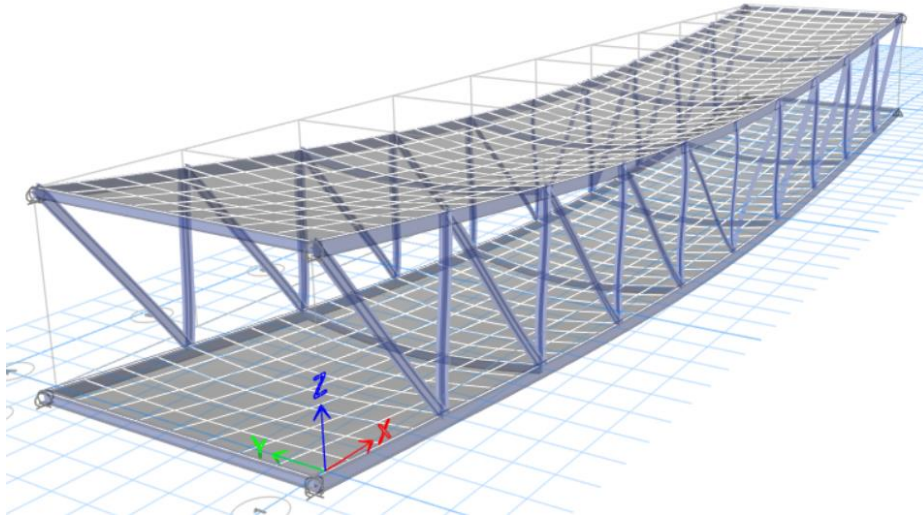


Figura N° 39: Deformada de estructura de pasarela

Control de flechas

$$flim := \frac{l_m}{240} = 42 \text{ mm}$$

Para las dimensiones establecidas, se obtiene:

$$f := 76 \text{ mm} > flim$$

Entonces, se modifican las dimensiones de los elementos de la siguiente manera:

$$hbx := 22 \text{ cm}$$

$$bwx = 120 \text{ cm}$$

$$hby := 22 \text{ cm}$$

$$bwy = 240 \text{ cm}$$

$$h := 22 \text{ cm}$$

Se elige el perfil IPBv300 en la dirección "x" por ser un perfil mas eficiente para resistir los esfuerzos de tracción; y el perfil IPBv240 en la dirección "y" por cuestiones constructivas.

Finalmente: $f := 41.6 \text{ mm} < flim$

Verifica

9.3.2. Diseño a Flexión

Los momentos que solicitan a la viga se obtienen de la estructura previamente modelada.

a) Dirección x

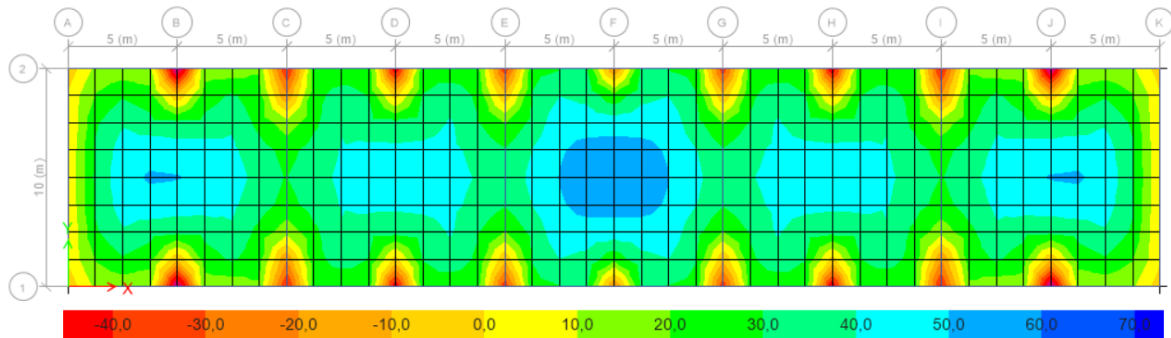


Figura N° 40: Diagrama de momentos según x

Flexión

$$d := h - 1.5 \text{ cm} - 0.6 \text{ cm} = 20 \text{ cm} \quad b := 1 \text{ m} \quad f_y := 4.2 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

$$M_{ux_{pos}} := 5.6 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 1.2 \text{ cm} \quad @ := 14 \text{ cm} \quad A_b := \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 \cdot \pi = 1.13 \text{ cm}^2$$

$$A_s := \frac{b}{@} \cdot A_b = 8 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} := \frac{r'f_c}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 6.4 \text{ cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

$$M_n := A_s \cdot f_y \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot f_c}\right) = 6.53 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_d := 0.9 \cdot M_n = 5.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > M_{ux} \quad \text{Verifica}$$

+

$$M_{ux_{neg}} := -4 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 1.2 \text{ cm} \quad @ := 14 \text{ cm} \quad A_b := \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 \cdot \pi = 1.13 \text{ cm}^2$$

$$A_s := \frac{b}{@} \cdot A_b = 8 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} := \frac{r'f_c}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 6.4 \text{ cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

$$M_n := A_s \cdot f_y \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot f_c}\right) = 6.5 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_d := 0.9 \cdot M_n = 5.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > M_{ux} \quad \text{Verifica}$$

$$ld := 50 \cdot \phi = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Anclaje} := 1.25 m + ld + d = 205 \text{ cm}$$

Adoptamos la misma distribución que en la armadura superior para permitir el anclaje efectivo de las barras

Únicamente se descontinúan aquellas barras centrales que no colaboran en la viga compuesta.

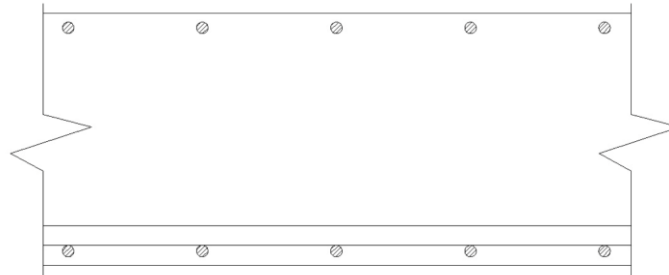


Figura N° 41: Detalle de losa

Como se observa en el detalle, la armadura en el sentido x son barras $\phi 12 @ 14 \text{ cm}$.

b) Dirección y

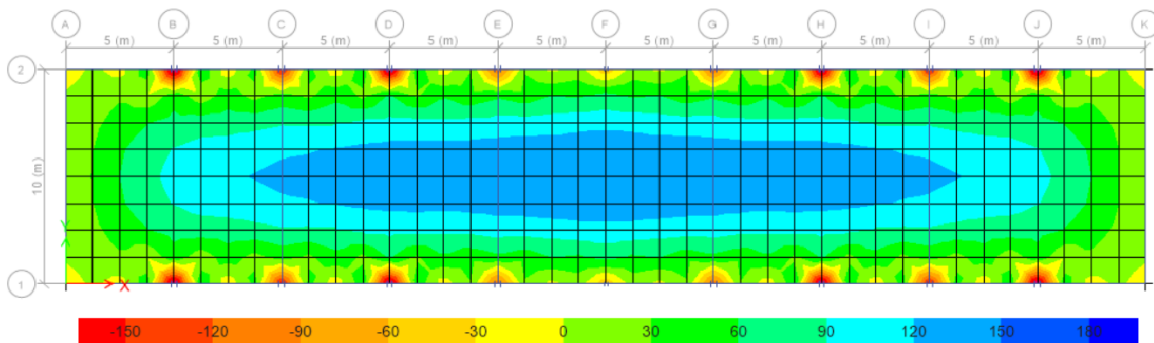


Figura N° 42: Diagrama de momentos según y

$$M_{uy_{pos}} := 15 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$d := h - 1.5 \text{ cm} - 1.2 \text{ cm} - 1 \text{ cm} = 18 \text{ cm}$$

$$\phi := 2 \text{ cm} \quad @ := 12 \text{ cm} \quad A_b := \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 \cdot \pi = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$A_s := \frac{b}{@} \cdot A_b = 26 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} := \frac{f'c}{4 \cdot fy} \cdot b \cdot d = 5.9 \text{ cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

$$M_n := A_s \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{A_s \cdot fy}{b \cdot f'c}\right) = 17.7 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$M_d := 0.9 \cdot M_n = 16 \text{ tonnef} \cdot m > M_{ux} \quad \text{Verifica}$$

$$M_{uy_{neg}} := -13 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 2 \text{ cm} \quad @ := 12 \text{ cm} \quad A_b := \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 \cdot \pi = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$A_s := \frac{b}{@} \cdot A_b = 26 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} := \frac{r'c}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d = 5.9 \text{ cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

$$M_n := A_s \cdot f_y \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot f_c}\right) = 17.7 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_d := 0.9 \cdot M_n = 16 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > M_{ux} \quad \text{Verifica}$$

$$l_d := 50 \cdot \phi = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Anclaje} := 1.25 \text{ m} + l_d + d = 243 \text{ cm}$$

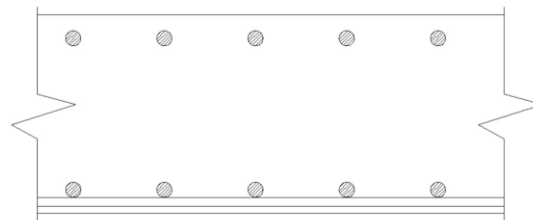


Figura N° 43: Detalle de losa

Como se observa en el detalle, la armadura en el sentido y son barras $\phi 20 @ 12 \text{ cm}$.

La distribución de armaduras que resisten el momento negativo resulta como se indica en la siguiente figura:

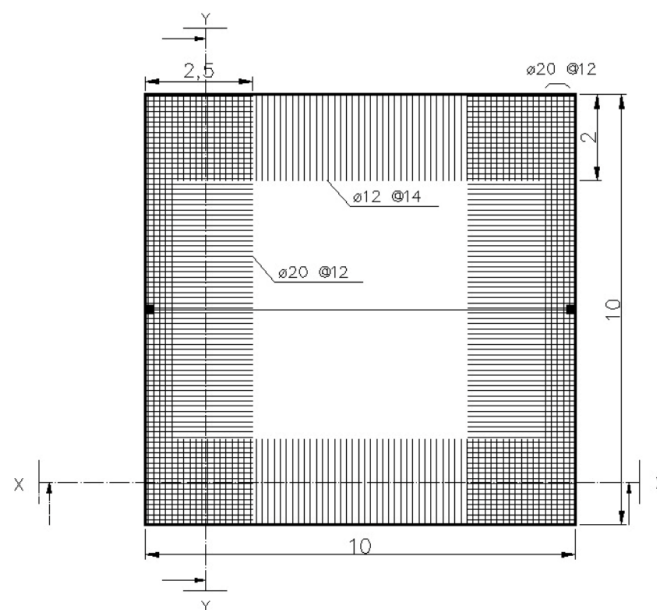


Figura N° 44: Distribución de armadura superior

La distribución de armaduras que resisten el momento positivo resulta como se indica en la siguiente figura:

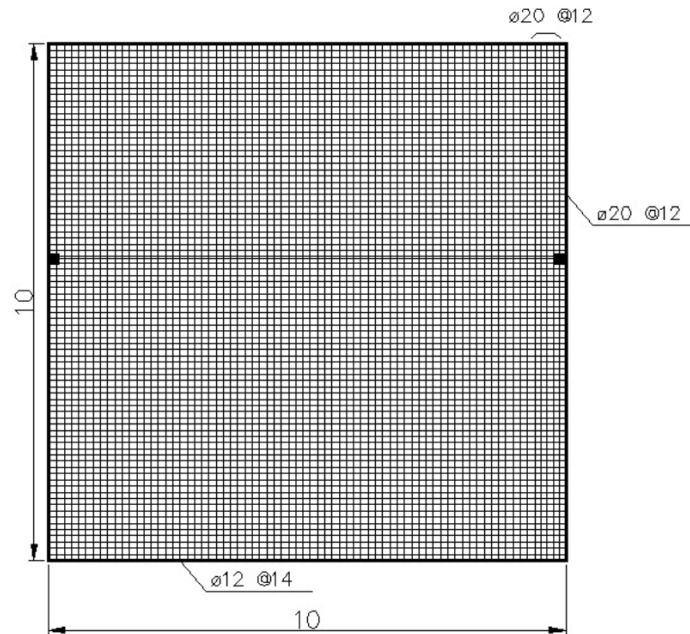


Figura N° 45: Distribución de armadura inferior

9.4. Cálculo de diagonales

Las solicitaciones ante esfuerzos axiales de las diagonales se obtienen de la estructura modelada.

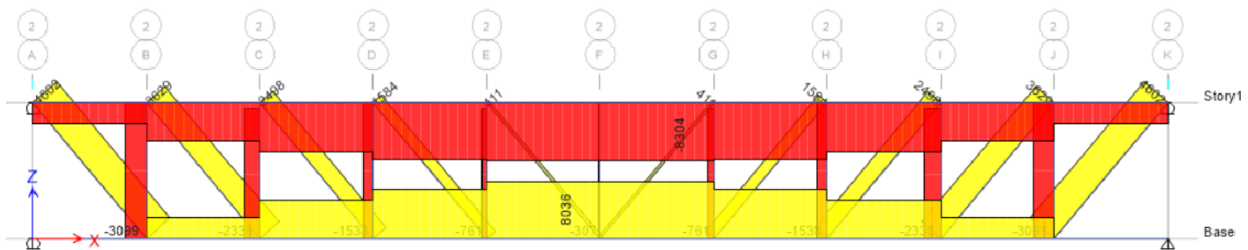


Figura N° 46: Esfuerzos en barras

Por facilidad constructiva se utilizarán 3 secciones distintas para resistir los esfuerzos enseñados:

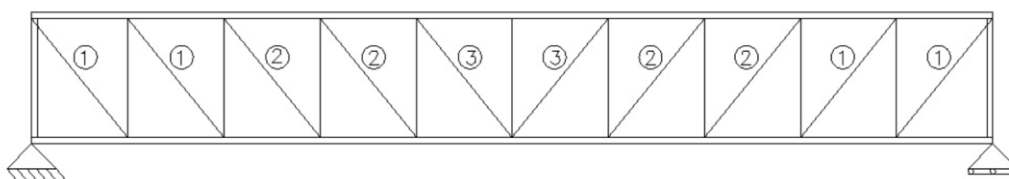


Figura N° 47: Designación de diagonales

Diagonales 1

Verificación a tracción

Perfil IPBv260

$$A_g := 220 \text{ cm}^2$$

$$P_u := 460 \text{ tonnef} \quad F_y := 2.4 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2} \quad E := 2000 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

Fluencia en la sección bruta

$$P_n := F_y \cdot A_g = 528 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.9 \cdot P_n = 475 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica} \quad E_f := \frac{P_u}{P_d} = 0.97$$

Rotura en la sección neta

$$A_e := A_g$$

$$P_n := F_u \cdot A_e = 830 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.75 \cdot P_n = 623 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

Diagonales 2

Verificación a tracción

Perfil IPBv220

$$A_g := 149 \text{ cm}^2$$

$$P_u := 250 \text{ tonnef}$$

Fluencia en la sección bruta

$$P_n := F_y \cdot A_g = 358 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.9 \cdot P_n = 322 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica} \quad E_f := \frac{P_u}{P_d} = 0.78$$

Rotura en la sección neta

$$A_e := A_g$$

$$P_n := F_u \cdot A_e = 562 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.75 \cdot P_n = 422 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

Diagonales 3

Verificación a tracción

Perfil IPBv140

$$A_g := 80.6 \text{ cm}^2$$

$$P_u := 41 \text{ tonnef}$$

Fluencia en la sección bruta

$$P_n := F_y \cdot A_g = 193 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.9 \cdot P_n = 174 \text{ tonnef} > P_u$$

Verifica

$$E_f := \frac{P_u}{P_d} = 0.24$$

Rotura en la sección neta

$$A_e := A_g$$

$$P_n := F_u \cdot A_e = 304 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.75 \cdot P_n = 228 \text{ tonnef} > P_u$$

Verifica

9.5. Cálculo de montantes

Las solicitaciones ante esfuerzos axiales de los montantes se obtienen de la estructura modelada.

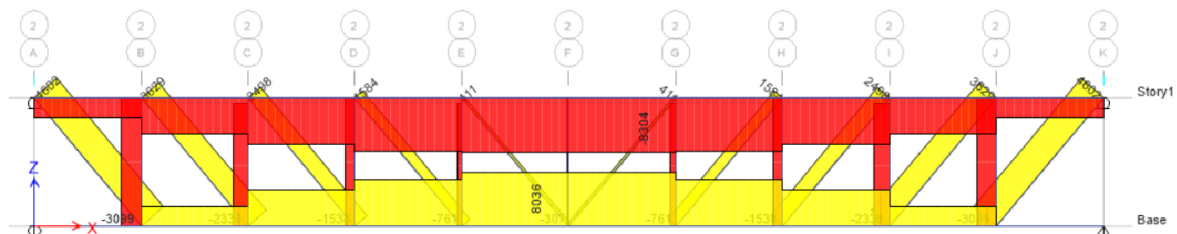


Figura N° 48: Esfuerzos en barras

Por facilidad constructiva se utilizarán 3 secciones distintas para resistir los esfuerzos enseñados:

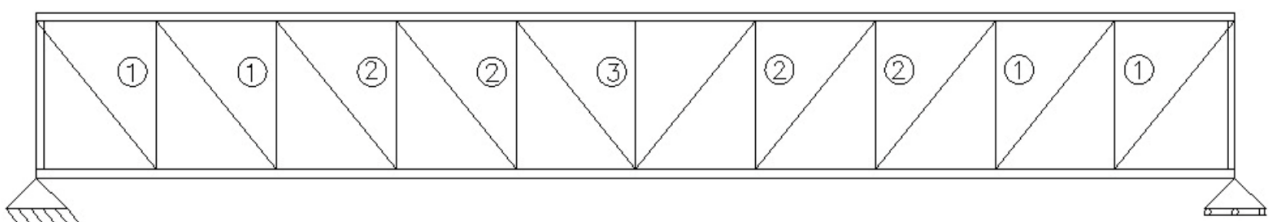


Figura N° 49: Designación de montantes

Montantes 1

Dimensionamiento a compresión

Perfil IPBv260 $A_g := 220 \text{ cm}^2$

$$P_u := 310 \text{ tonnef} \quad L := 5.5 \text{ m}$$

Verificación de esbeltez

$$r := 6.89 \text{ cm} \quad k := 1$$

$$\lambda := \frac{k \cdot L}{r} = 80 < 200 \quad \text{Verifica}$$

Pandeo flexional

$$\lambda_c := \frac{1}{\pi} \cdot \lambda \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 0.88 < 1.5$$

$$F_{cr} := (0.658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y = 1.7 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 382 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.85 \cdot P_n = 325 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica} \quad E_f := \frac{P_u}{P_d} = 0.96$$

Pandeo flexotorsional

$$C_w := 1728000 \text{ cm}^6 \quad k_z := 1 \quad I_x := 31310 \text{ cm}^4 \quad I_y := 10450 \text{ cm}^4$$

$$G := 772 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2} \quad J := 657 \text{ cm}^4$$

$$F_e := \left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(k_z \cdot L)^2} + G \cdot J \right) \cdot \frac{1}{I_x + I_y} = 14.8 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

$$\lambda_e := \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = 0.402 \quad Q := 1 \quad \lambda_e \cdot \sqrt{Q} = 0.402 < 1.5$$

$$F_{cr} := Q \cdot (0.658^{Q \cdot \lambda_e^2}) \cdot F_y = 2.2 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 493 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.85 \cdot P_n = 419 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica}$$

Pandeo local

$$bf := 26.8 \text{ cm} \quad tf := 3.25 \text{ cm} \quad hw := 17.7 \text{ cm} \quad tw := 1.8 \text{ cm}$$

$$\lambda_{p_{alma}} := 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 109 \quad \lambda_w := \frac{hw}{tw} = 10 \quad \text{Verifica}$$

$$\lambda_{p_{ala}} := 1.12 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 32 \quad \lambda_f := \frac{bf}{tf} = 8 \quad \text{Verifica}$$

Montantes 2

Dimensionamiento a compresión Perfil IPBv220 $A_g := 149 \text{ cm}^2$

$$P_u := 153 \text{ tonnef} \quad L := 5.5 \text{ m}$$

Verificación de esbeltez

$$r := 5.8 \text{ cm} \quad k := 1$$

$$\lambda := \frac{k \cdot L}{r} = 95 < 200 \quad \text{Verifica}$$

Pandeo flexional

$$\lambda_c := \frac{1}{\pi} \cdot \lambda \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.05 < 1.5$$

$$F_{cr} := (0.658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y = 1.5 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 226 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.85 \cdot P_n = 192 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica} \quad E_f := \frac{P_u}{P_d} = 0.8$$

Montantes 3

Dimensionamiento a compresión Perfil IPBv140 $A_g := 80.6 \text{ cm}^2$

$$P_u := 31 \text{ tonnef} \quad L := 5.5 \text{ m}$$

Verificación de esbeltez

$$r := 3.76 \text{ cm} \quad k := 1$$

$$\lambda := \frac{k \cdot L}{r} = 146 < 200 \quad \text{Verifica}$$

Pandeo flexional

$$\lambda_c := \frac{1}{\pi} \cdot \lambda \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}} = 1.61 < 1,5$$

$$F_{cr} := (0.658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y = 0.8 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$$

$$P_n := F_{cr} \cdot A_g = 65 \text{ tonnef}$$

$$P_d := 0.85 \cdot P_n = 55 \text{ tonnef} > P_u \quad \text{Verifica} \quad E_f := \frac{P_u}{P_d} = 0.56$$

9.6. Cálculo de correas

Los momentos flectores que solicitan a las correas se obtienen de la estructura modelada:

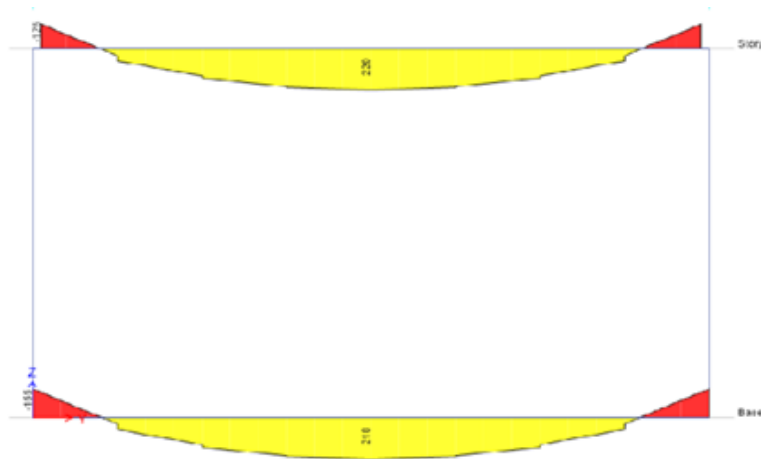


Figura N° 50: Momentos en correas

Dimensionamiento a flexión

Perfil W10x60

$$M_u := 25 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad L := 10 \text{ m}$$

No se verifica ante pandeo lateral torsional dado que el elemento se encuentra arriostrado por la losa de hormigón

Plastificación

$$Z_x := 1222 \text{ cm}^3$$

$$M_p := Z_x \cdot F_y = 29.3 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_n := M_p$$

$$M_d := 0.9 \cdot M_n = 26 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad \text{Verifica} \quad E_f := \frac{M_u}{M_d} = 0.95$$

9.7. Cálculo de vigas longitudinales

Se determinan las solicitaciones utilizando la estructura modelada

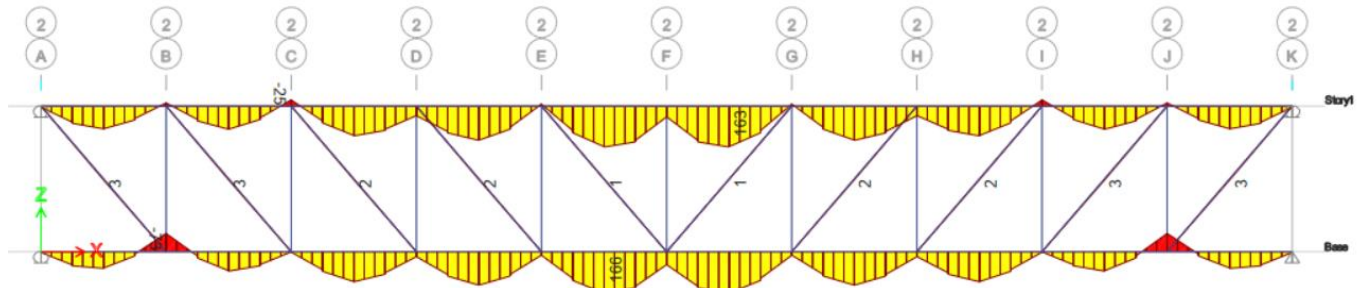


Figura N° 51: Momentos en vigas longitudinales

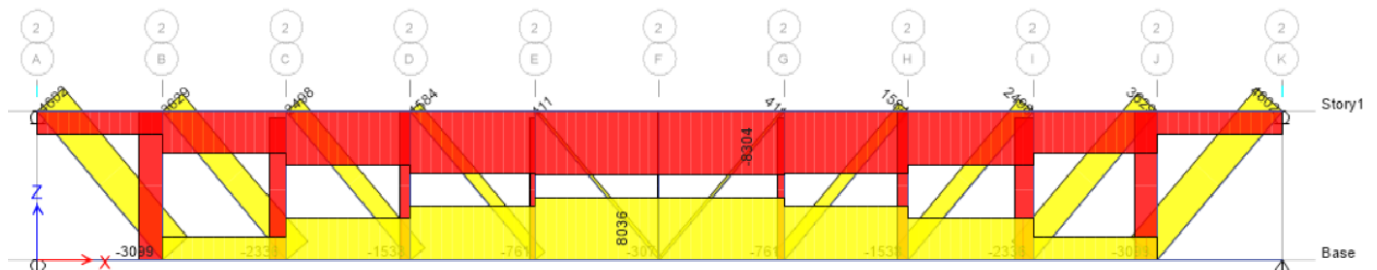


Figura N° 52: Esfuerzos en barras

Para resistir las solicitaciones combinadas de axial y flexión, se conforma una viga compuesta. En esta viga colaboran:

- El perfil longitudinal
- El hormigón contiguo, hasta un ancho colaborante
- La armadura longitudinal de la losa comprendida en el ancho colaborante

Ancho colaborante

$$L := 5 \text{ m} \quad b := 5 \text{ m} \quad hl := 22 \text{ cm}$$

$$bef1 := \frac{L}{8} = 63 \text{ cm} \quad \text{Se adopta como ancho colaborante por ser el menor}$$

$$bef2 := \frac{b}{2} = 250 \text{ cm}$$

$$bef3 := 6 \cdot hl = 132 \text{ cm}$$

$$bef := bef1 = 63 \text{ cm} \quad bef := 55.4 \text{ cm}$$

Se elige este valor por la disposición existente de barras longitudinales en la losa.

9.7.1. Viga longitudinal superior

Las combinaciones que generan la sollicitación máxima se encuentran en las secciones con momento máximo positivo y negativo:

Combinaciones		
C1:	$M_{up} := 16.4 \text{ tonnef} \cdot m$	$P_{u1} := -830.4 \text{ tonnef}$
C2:	$M_{un} := -7.4 \text{ tonnef} \cdot m$	$P_{u2} := -537.2 \text{ tonnef}$

La sección transversal resultante de la viga compuesta es:

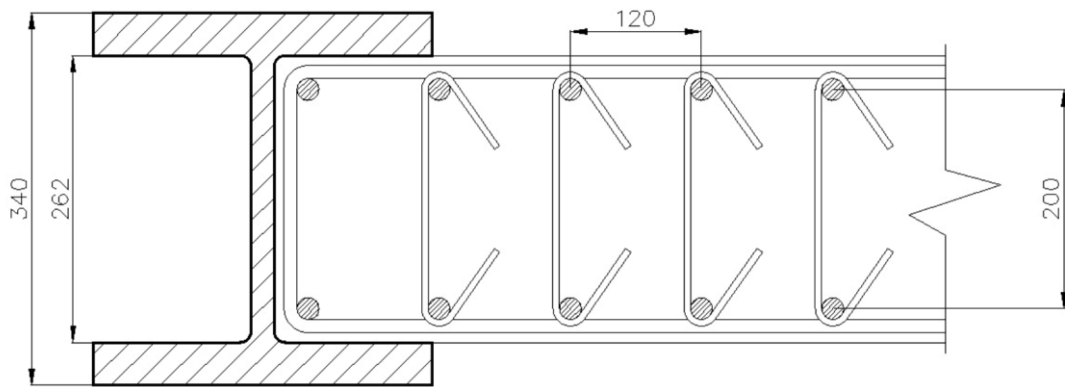
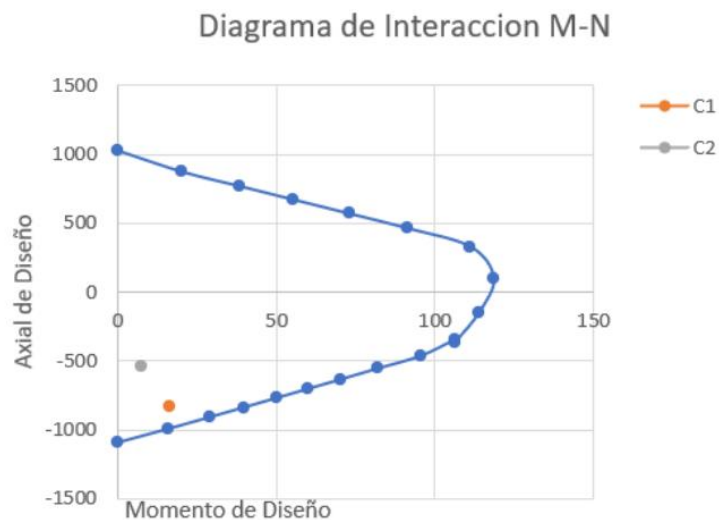


Figura N° 53: Detalle de viga compuesta

Las barras longitudinales a lo largo del ancho colaborante de la losa son $\phi 20 @ 12 \text{ cm}$ y el perfil longitudinal es un **IPBv 300**.

La sección fue analizada haciendo uso del programa Response 2000 y se obtuvo el siguiente diagrama de interacción M - N:



Conectores de corte

Los conectores de corte se diseñan para resistir los esfuerzos axiales que sobrepasen la resistencia a tracción/compresión del perfil longitudinal cuando plastifica la sección

$$P_u := -P_{u1} = 830 \text{ tonnef}$$

$$P_{d_{\text{perfil}}} := 0.85 \cdot A_g \cdot F_y = 618 \text{ tonnef}$$

$$V_u := P_u - P_{d_{\text{perfil}}} = 212 \text{ tonnef}$$

$$P_u := V_u$$

Se utilizan como conectores de corte pernos Nelson de 3/4", vendidos por AICOR.

$$A_{sc} := \left(\frac{3}{4} \text{ in}\right)^2 \cdot \frac{1}{4}$$

$$V_{n1} := 0.5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c} = 4.1 \text{ tonnef}$$

$$n_c := \frac{V_u}{0.75} \cdot \frac{1}{V_{n1}} = 70$$

Estos 70 conectores estarán distribuidos en los 30m centrales, ya que en los 10m de cada extremo, es posible resistir el esfuerzo axial demandado con el perfil de acero. En la zona donde la colaboración del hormigón no es necesaria se colocaran conectores con el doble de espaciamiento para asegurar que no exista el riesgo de pandeo del perfil.

$$s_1 := 30 \text{ m} \cdot \frac{1}{70} = 43 \text{ cm}$$

Adoptamos 40cm

$$s_2 := s_1 \cdot 2 = 86 \text{ cm}$$

Adoptamos 80cm

Armadura transversal

Se diseña la armadura transversal de la sección compuesta tomándola como una columna elástica. Se adopta una separación de 120mm, limitado por 150mm según CIRSOC 103 - II.

Como armadura transversal horizontal se utiliza la armadura de la losa en la otra dirección, mientras que la armadura transversal vertical serán ganchos.

$$A_b := 3.14 \text{ cm}^2$$

$$s := 12 \text{ cm}$$

$$d_b := 20 \text{ mm}$$

$$A_{\phi_6} := 0.28 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} := 3.14 \text{ cm}^2 \cdot 10$$

$$A_g := 1365 \text{ cm}^2$$

$$A_c := 1174 \text{ cm}^2$$

$$f_y := 420 \text{ MPa}$$

$$f_c := 30 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0.85$$

$$m := \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c}$$

$$\rho_t := \frac{A_{st}}{A_g}$$

$$h_x := 23.2 \text{ cm}$$

$$h_y := 50.9 \text{ cm}$$

$$A_2 \phi_{12} := 2.26 \text{ cm}^2$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 68 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$$h_x'' := 23.2 \text{ cm} \quad h_y'' := 50.9 \text{ cm} \quad A2\phi_{12} := 2.26 \text{ cm}^2$$

$$A_{shx} := \frac{1}{2} \left(\frac{((1.3 - \rho_t \cdot m) \cdot s \cdot h_x'' \cdot A_g \cdot P_u)}{3.3 \cdot A_c \cdot f_y \cdot A_g \cdot \phi} - 0.006 \cdot s \cdot h_x'' \right) = 1.1 \text{ cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

$$A_{shy} := \frac{1}{2} \left(\frac{((1.3 - \rho_t \cdot m) \cdot s \cdot h_y'' \cdot A_g \cdot P_u)}{3.3 \cdot A_c \cdot f_y \cdot A_g \cdot \phi} - 0.006 \cdot s \cdot h_y'' \right) = 0.1 \text{ cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

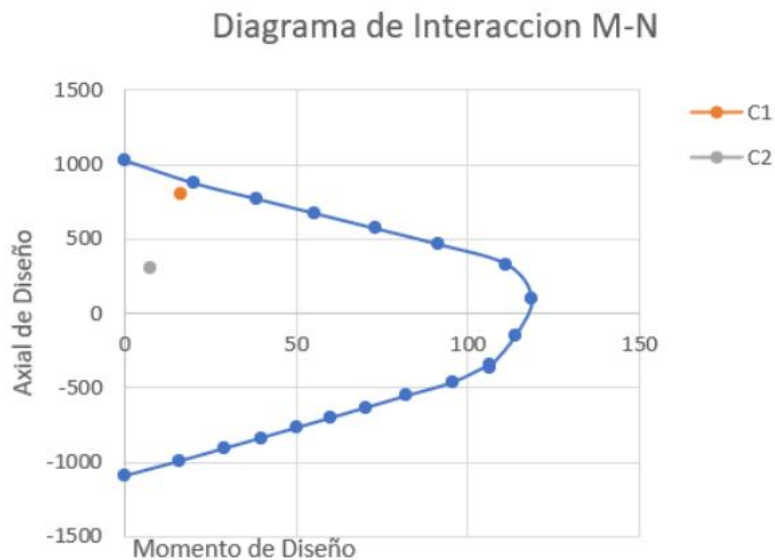
$$A_{te} := 0.7 \cdot \frac{A_b}{96} \cdot \frac{s}{db} = 0.14 \text{ cm}^2 \quad \text{Verifica}$$

9.7.2. Viga longitudinal inferior

Combinaciones	
C1:	$M_{up} := 16.4 \text{ tonf} \cdot m$ $P_{u1} := 803.6 \text{ tonf}$
C2:	$M_{un} := -7.4 \text{ tonf} \cdot m$ $P_{u2} := 300.4 \text{ tonf}$

La sección que se utiliza es la misma que en el cordón superior, tanto la sección transversal, como los conectores de corte y armadura transversal.

Las solicitaciones presentes son resistidas por el conjunto, como se indica en el diagrama de interacción M - N siguiente:



Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 69 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

10. CÁLCULO DE ELEMENTOS DE H° A°

10.1. Losas de entrepiso

Estas losas conforman el piso de la planta baja y del primer subsuelo. Algunas tienen forma cuadrada de 10 m x 10 m y otras tienen forma rectangular de 5 m x 10 m. En este caso, se diseña a flexión una de las losas de 10 m x 10 m ante la acción de cargas gravitatorias. La combinación a utilizar es la siguiente:

$$1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L$$

Las solicitaciones se calculan a través de los coeficientes presentes en la Tabla 14.1 del Código NZS 3101 - Parte 1.

10.1.1. Predimensionamiento

Se considera que la losa apoya en dos direcciones. Suponiendo que $afm > 2$, resulta:

$$\beta := \frac{l_M}{l_m} = 1$$

$$h := \frac{\ln \cdot \left(0.8 + \frac{f_y}{1400 \text{ MPa}} \right)}{36 + 9 \cdot \beta} = 24.4 \text{ cm}$$

Se adopta $h = 30 \text{ cm}$. Luego, se predimensionan las vigas para verificar el valor de afm .

$$h_{bx} := \frac{l_m}{10} = 100 \text{ cm} \quad b_{wx} := \frac{l_m}{25} = 40 \text{ cm}$$

$$h_{by} := \frac{l_M}{10} = 100 \text{ cm} \quad b_{wy} := \frac{l_M}{25} = 40 \text{ cm}$$

$$h := 30 \text{ cm} \quad b := 1 \text{ m}$$

$$I_{bx} := \frac{b_{wx} \cdot h_{bx}^3}{12} = 3333333 \text{ cm}^4 \quad I_{by} := I_{bx}$$

$$I_s := \frac{b \cdot h^3}{12} = 225000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_{fx} := \frac{I_{bx}}{I_s} = 15 \quad \alpha_{fy} := \frac{I_{by}}{I_s} = 15$$

$$\alpha_{fm} := \frac{2 \cdot \alpha_{fx} + 2 \cdot \alpha_{fy}}{4} = 15 > 2 \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 70 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

10.1.2. Diseño de armadura

Dado que la losa es idéntica en ambas direcciones, se diseña la armadura en un sentido y se adoptan las mismas barras en el otro.

Case	Type of panel and moments considered	Short span coefficients b_{sx}								Long span coefficients β_{sy} for all values of L_y/L_x
		Values for L_y/L_x								
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.75	2.0	
1	Interior panels Negative moment at continuous edge Positive moment at mid-span	0.032 0.024	0.037 0.028	0.043 0.032	0.047 0.036	0.051 0.039	0.053 0.041	0.060 0.045	0.065 0.049	0.032 0.024

$$wu := 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L = 21 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Mu := \beta_s \cdot wu \cdot lx^2$$

$$Mu.neg := -0.032 \cdot wu \cdot (lx)^2 = -6.7 \frac{\text{tonnef} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

$$Mu.pos := 0.024 \cdot wu \cdot (lx)^2 = 5 \frac{\text{tonnef} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

A partir de esto, se adopta una armadura y se verifica la losa a flexión:

$$As.arriba := 2 \text{ cm}^2 \cdot 100 \div 25 = 8 \text{ cm}^2 \quad (\phi 16 @ 25 \text{ cm})$$

$$Mn := As.arriba \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{As.arriba \cdot fy}{b \cdot fc} \right) = 8.7 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$Md := \phi \cdot Mn = 7.8 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > Mu.neg \quad \text{Verifica}$$

$$As.abajo := 2 \text{ cm}^2 \cdot 100 \div 30 = 6.7 \text{ cm}^2 \quad (\phi 16 @ 30 \text{ cm})$$

$$Mn := As.abajo \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{As.abajo \cdot fy}{b \cdot fc} \right) = 7.3 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$Md := \phi \cdot Mn = 6.5 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > Mu.pos \quad \text{Verifica}$$

<p>Diseño Estructural 2022</p>	<p>Proyecto de Terminal Multimodal</p>	<p>Grupo N° 2 Página 71 de 137</p>
------------------------------------	----------------------------------------	----------------------------------------

La distribución de la armadura se representa a continuación:

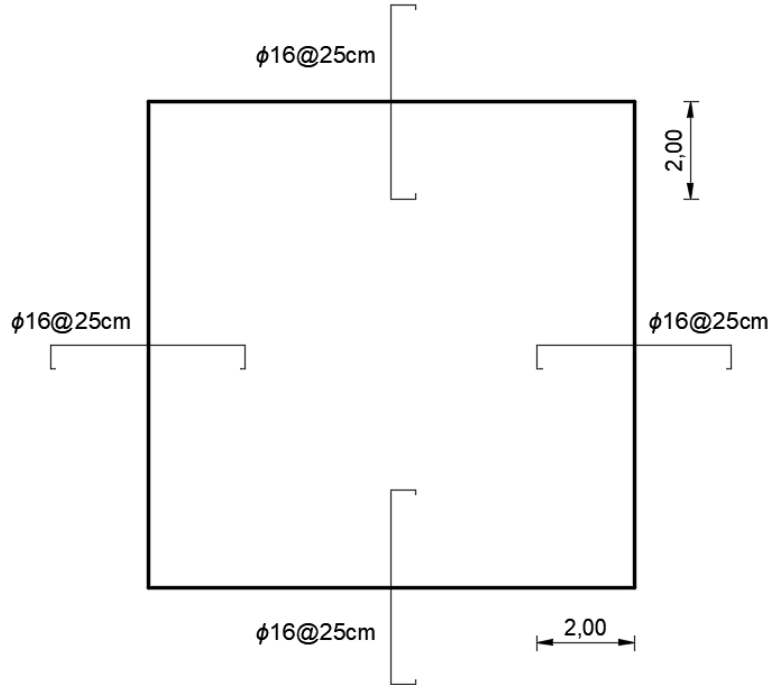


Figura N° 54: Distribución de armadura superior

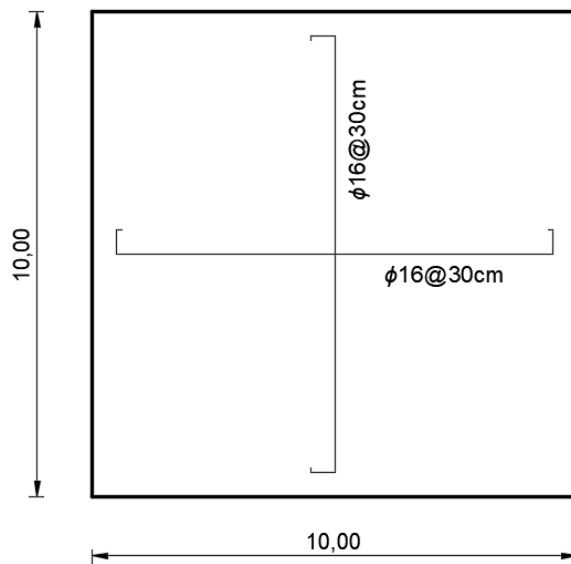


Figura N° 55: Distribución de armadura inferior

10.2. Losas bajo metrotranvía

Estas losas conforman la base donde apoyan las vías del metrotranvía que circulará por los extremos del edificio. Tienen forma rectangular de 5 m x 10 m.

10.2.1. Análisis de cargas

El cálculo de las cargas que actúan sobre esta losa se realiza siguiendo las indicaciones presentes en el Reglamento Argentino para el Proyecto y Construcción de Puentes Ferroviarios de Hormigón Armado.

a) Peso de la superestructura

El peso de la estructura corresponde al peso de la losa, que se calcula como:

$$D.losa := \gamma \cdot h$$

b) Peso de la vía

Se considera de forma estimativa que el peso de las vías (rieles y durmientes) es:

$$D.via = 91 \text{ kg/m}^2$$

c) Carga móvil de tren

Según la Tabla 1 del reglamento, se tiene:

**CARGAS UNIFORMEMENTES DISTRIBUIDAS EQUIVALENTES A LOS TRENES
TIPOS EXPRESADAS EN TONELADAS POR METRO LINEAL DE VIA**

Trocha de 1,676 m			Trocha de 1,435 m			Trocha de 1,000 m		
Luz	Momentos Flectores	Esfuerzos Cortantes	Luz	Momentos Flectores	Esfuerzos Cortantes	Luz	Momentos Flectores	Esfuerzos Cortantes
m	p	p'	m	p	p'	m	p	p'
1	48,00	48,00	1	44,00	44,00	1	36,00	36,00
2	24,00	30,00	2	22,00	27,50	2	18,00	23,40
3	18,00	24,00	3	16,50	22,00	3	14,11	18,40
4	16,50	20,62	4	15,00	18,75	4	12,25	15,00
5	15,84	19,36	5	14,40	17,60	5	11,52	14,08
6	14,67	18,35	6	13,33	16,67	6	10,67	13,33
7	14,37	17,06	7	13,06	15,51	7	10,45	12,57
8	13,75	16,19	8	12,50	14,69	8	10,25	11,87
9	13,33	15,33	9	12,10	13,93	9	9,88	11,26
10	12,80	14,90	10	11,60	13,52	10	9,44	10,92
11	12,48	14,36	11	11,33	13,16	11	9,27	10,63

Esta carga debe afectarse por un coeficiente de impacto que se calcula de la siguiente manera:

$$L\phi := 10 \quad hr := 0.8$$

$$\phi := 1.4 - 0.008 \cdot L\phi - 0.1 \cdot hr = 1.24$$

Donde $L\phi$ es la luz determinante del coeficiente de impacto en metro y hr es la altura del relleno inerte en metros.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 73 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Finalmente, la carga móvil de tren por unidad de superficie es:

$$L.tren := \phi \cdot \frac{q}{5 \text{ m}} = 2.9 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

10.2.2. Predimensionamiento

Se considera que la losa apoya en una dirección, paralela a la luz más corta. Luego, según la Tabla 9.5.a del Reglamento CIRSOC 201 se tiene:

$$h.min := \frac{L}{24} = 20.8 \text{ cm}$$

Se adopta $h = 30 \text{ cm}$. Luego, se diseña la armadura y se verifica su resistencia a flexión.

10.2.3. Diseño de armadura

Al considerarse apoyada en una dirección, se puede multiplicar la carga por unidad de superficie que actúa sobre la losa por 1 m, para así calcular las solicitaciones como si fuera una viga. Luego, la carga correspondiente es:

$$Qu := 1.2 \cdot D + 1.6 L = 5.6 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}$$

$$qu := Qu \cdot 1 \text{ m} = 5.6 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}}$$

Dado que la losa es continua en un extremo y discontinua en el otro, se analiza la viga como empotrada - articulada. En ese caso, los momentos resultantes son:

$$M.neg := \frac{-1}{8} \cdot qu \cdot L^2 = -17.6 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M.pos := \frac{9}{128} \cdot qu \cdot L^2 = 9.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Por redistribución de esfuerzos:

$$M.neg := -14.1 \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad M.pos := 13.4 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

A partir de esto, se adopta una armadura y se verifica la losa a flexión:

$$As.arriba := 3.14 \text{ cm}^2 \cdot 100 \div 20 = 15.7 \text{ cm}^2 \quad (\phi 20 @ 20 \text{ cm})$$

$$Mn := As.arriba \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{As.arriba \cdot fy}{b \cdot fc} \right) = 16.6 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$Md := \phi \cdot Mn = 14.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > Mu.neg \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 74 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$$As.abajo := 3.14 \text{ cm}^2 \cdot 100 \div 20 = 15.7 \text{ cm}^2 \quad (\phi 20 @ 20 \text{ cm})$$

$$Mn := As.abajo \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{As.abajo \cdot fy}{b \cdot fc} \right) = 16.6 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$Md := \phi \cdot Mn = 14.9 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > Mu.pos \quad \text{Verifica}$$

En sentido perpendicular a la dirección de apoyo se adoptan barras de 20 mm @ 40 cm. Luego, se verifica que se cumpla con la cuantía mínima:

$$\rho := \frac{2 \cdot 3.14 \text{ cm}^2}{b \cdot d} = 0.0024 > \rho.min = 0,0018 \quad \text{Verifica}$$

La distribución de la armadura se representa a continuación:

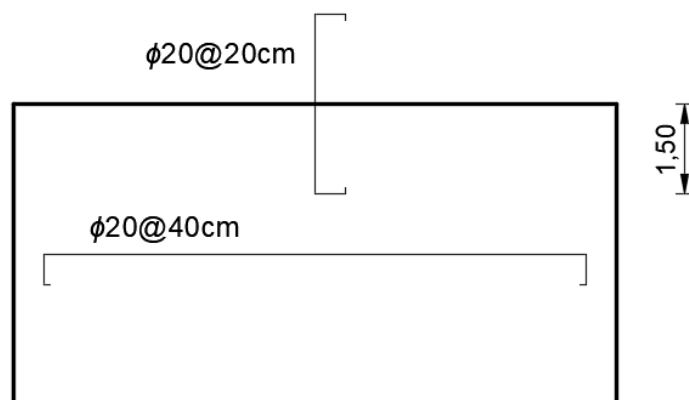


Figura N° 56: Distribución de armadura superior

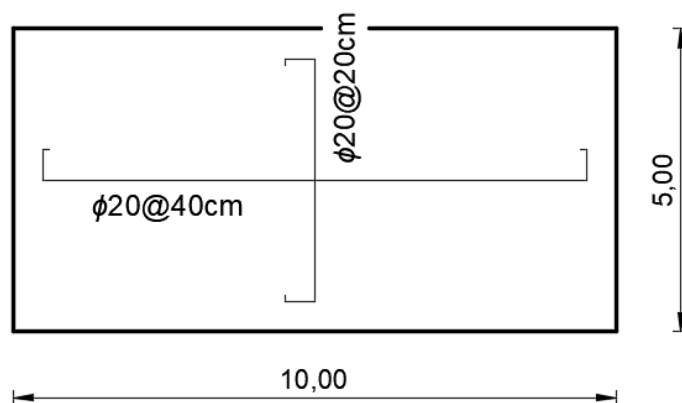


Figura N° 57: Distribución de armadura inferior

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 75 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

10.3. Vigas

La estructura está compuesta tanto por vigas de 10 m como de 5 m de luz. Las solicitaciones máximas se determinan a partir del modelo completo de la estructura para la combinación que sea más desfavorable. Luego, se diseñan las vigas a flexión de la forma que se indica a continuación:

10.3.1. Vigas de 10 m

a) Diseño a flexión

Se determina el momento nominal utilizando ETABS y se verifica que la sección cumpla con la resistencia requerida.

$$M_u := 1366 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$h_b := 120 \text{ cm} \quad b_w := 60 \text{ cm}$$

$$M_n := 1580 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_d := \phi \cdot M_n = 1422 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u \quad \text{Verifica}$$

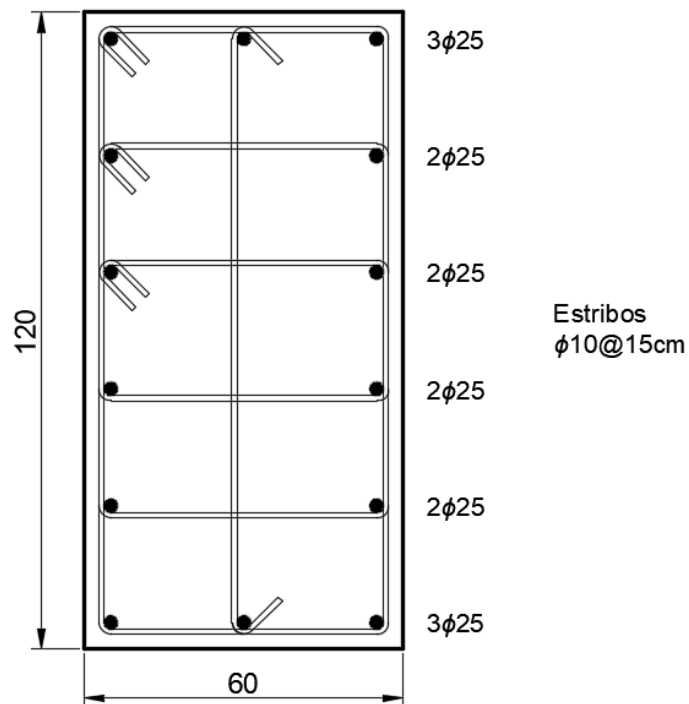


Figura N° 58: Detalle de viga de 10 m

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 76 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

b) Diseño a corte

$$V_u := 829 \text{ kN}$$

$$V_c := \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d = 630 \text{ kN}$$

$$A_v := 3 \cdot 0.78 \text{ cm}^2 = 2 \text{ cm}^2 \quad s := 15 \text{ cm}$$

$$V_s := \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s} = 753 \text{ kN}$$

$$V_n := V_c + V_s = 1383 \text{ kN}$$

$$V_d := \phi \cdot V_n = 1038 \text{ kN} > V_u \quad \text{Verifica}$$

10.3.2. Vigas de 5 m

a) Diseño a flexión

$$M_u := 252 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$h_b := 70 \text{ cm} \quad b_w := 40 \text{ cm}$$

$$M_n := 325 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_d := \phi \cdot M_n = 293 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_u \quad \text{Verifica}$$

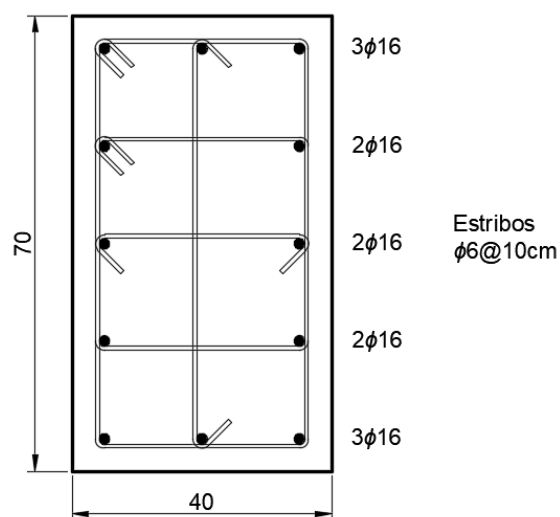


Figura N° 59: Detalle de viga de 5 m

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 77 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

b) Diseño a corte

$$V_u := 325 \text{ kN}$$

$$V_c := \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d = 237 \text{ kN}$$

$$A_v := 3 \cdot 0.3 \text{ cm}^2 = 1 \text{ cm}^2 \quad s := 10 \text{ cm}$$

$$V_s := \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s} = 246 \text{ kN}$$

$$V_n := V_c + V_s = 483 \text{ kN}$$

$$V_d := \phi \cdot V_n = 362 \text{ kN} > V_u \quad \text{Verifica}$$

10.4. Columnas

Se diseñan las columnas del primer y segundo subsuelo a flexocompresión y flexotracción, considerando las solicitaciones más desfavorables. A diferencia del resto de los elementos de H° A°, se utiliza hormigón H-40 para las columnas, con el fin de evitar dimensiones excesivas de la sección transversal.

Las solicitaciones a verificar son:

$$P_u = -9426 \text{ kN} \quad M_u = 107 \text{ kNm}$$

$$P_u = 1446 \text{ kN} \quad M_u = 126 \text{ kNm}$$

$$P_u = -7361 \text{ kN} \quad M_u = 901 \text{ kNm}$$

Entonces, se propone una sección de **70 cm x 70 cm** con **12 ϕ 25 mm**.

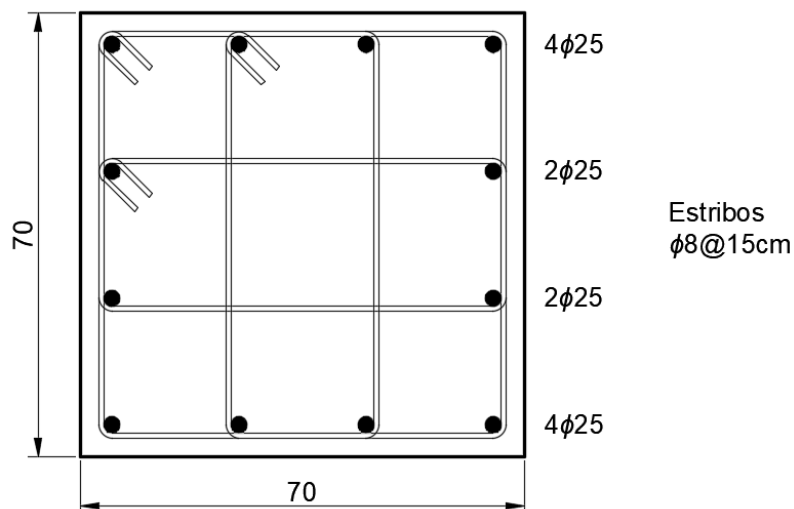
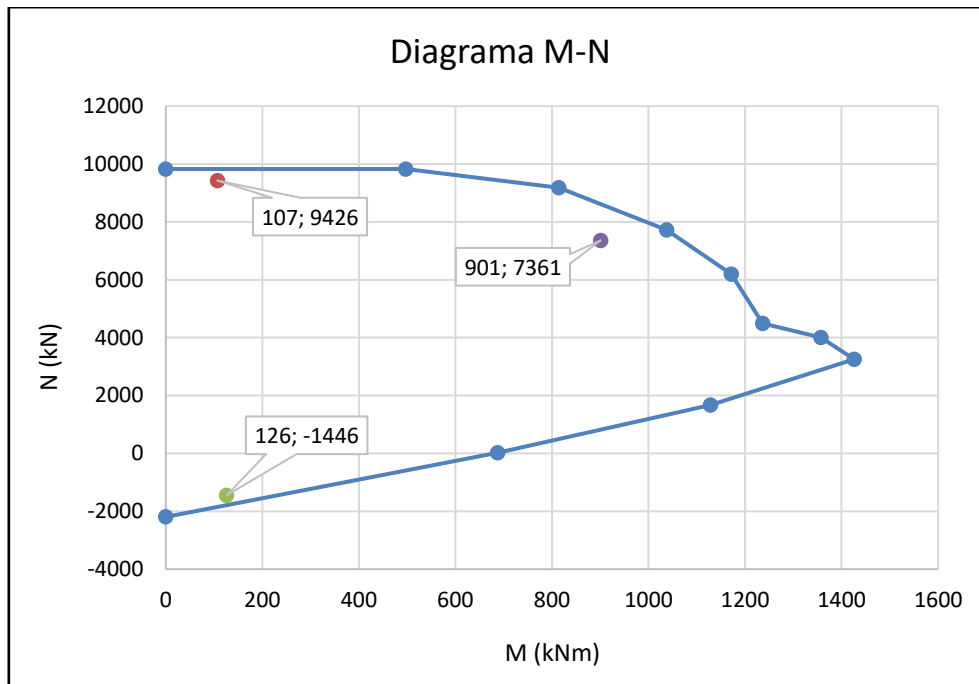


Figura N° 60: Detalle de columna de subsuelos

Se verifica la cuantía mínima:

$$\rho := \frac{12 \cdot 4.9 \text{ cm}^2}{70 \text{ cm} \cdot 70 \text{ cm}} = 0.012 > \rho_{min} = 0.01 \quad \text{Verifica}$$

Luego, el diagrama de interacción es (se considera la compresión como positiva):



Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 79 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

11. CÁLCULO DE TABIQUES

Se diseñan los muros exteriores de los subsuelos para resistir el empuje del suelo como muros de sostenimiento y para resistir la acción sísmica como tabiques sismorresistentes.

11.1. Muro de sostenimiento

11.1.1. Cálculo de cargas

Se calcula el empuje estático que ejerce el suelo sobre el muro y el empuje activo adicional que se produce cuando el suelo es acelerado por el sismo. Para ello, se siguen las indicaciones presentes en las Normas Antisísmicas Argentinas de 1980.

$$\begin{aligned}
 C &:= 0.52 & C_v &:= 0.5 \cdot C = 0.26 \\
 \beta &:= 0 & \alpha &:= 0 & \delta &:= 0 \\
 \phi &:= 22 \cdot \frac{\pi}{180} = 0.38 \text{ rad} & \theta &:= \text{atan}\left(\frac{C}{1 - C_v}\right) = 0.61 \\
 H &:= 13.2 \text{ m} & \gamma_s &:= 1.5 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

Para calcular la carga q que actúa sobre el suelo se considera un veredín de 25 cm y una sobrecarga de 5 kN/m. Luego, las presiones estáticas son:

$$\begin{aligned}
 q &:= 0.25 \text{ m} \cdot 2.5 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^3} + 0.5 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} = 1.13 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \\
 K_a &:= \frac{1 - \sin(\phi)}{1 + \sin(\phi)} = 0.45 \\
 \text{Presión de empuje debido a } q: & \quad P_{Eq} := K_a \cdot q = 0.51 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2} \\
 \text{Presión de empuje activo:} & \quad P_{Ea} := K_a \cdot \gamma_s \cdot H = 9.01 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

El empuje adicional generado por el sismo es:

$$\begin{aligned}
 K_{as} &:= \frac{\cos(\phi - \alpha - \theta)^2}{\cos(\theta) \cdot \cos(\alpha)^2 \cdot \cos(\delta + \alpha + \theta)} \cdot \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{\sin(\phi + \delta)}{\cos(\delta + \alpha + \theta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}\right)^{0.5}\right)^2} \\
 K_{as} &= 0.5 \\
 P_{\Delta Eas} &:= \frac{2 \cdot C_v}{H} \cdot \left(q \cdot H \cdot \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\alpha + \beta)} + \gamma_s \cdot \frac{H^2}{2}\right) \cdot K_{as} = 2.89 \frac{\text{tonnef}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

11.1.2. Diseño a flexión

Se realiza un modelo en SAP2000 para determinar las solicitaciones y se diseñan los muros a flexión, de igual manera que una losa.

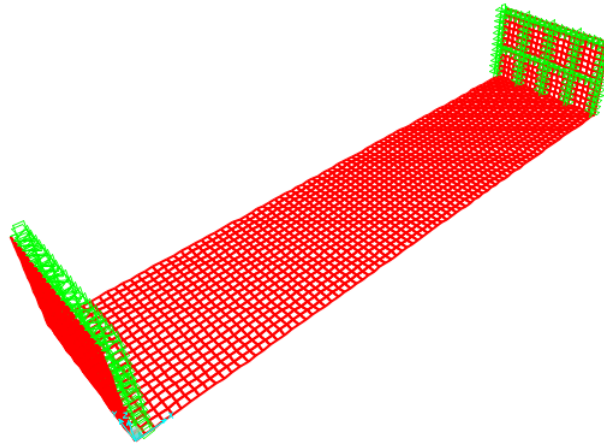


Figura N° 61: Modelo de muros de sostenimiento

Se considera que los muros tienen un espesor de 50 cm. Luego:

a) Armadura vertical

$Mu.arriba := 3.4 \text{ tonnef} \cdot m$	$Mu.mitad := -11.2 \text{ tonnef} \cdot m$
$Mu.abajo := 5.5 \text{ tonnef} \cdot m$	$Mu.base := -5.7 \text{ tonnef} \cdot m$
Por redistribución:	
$Mu.arriba := 6.7 \text{ tonnef} \cdot m$	$Mu.mitad := -7.9 \text{ tonnef} \cdot m$
$Mu.abajo = 5.5 \text{ tonnef} \cdot m$	$Mu.base = -5.7 \text{ tonnef} \cdot m$

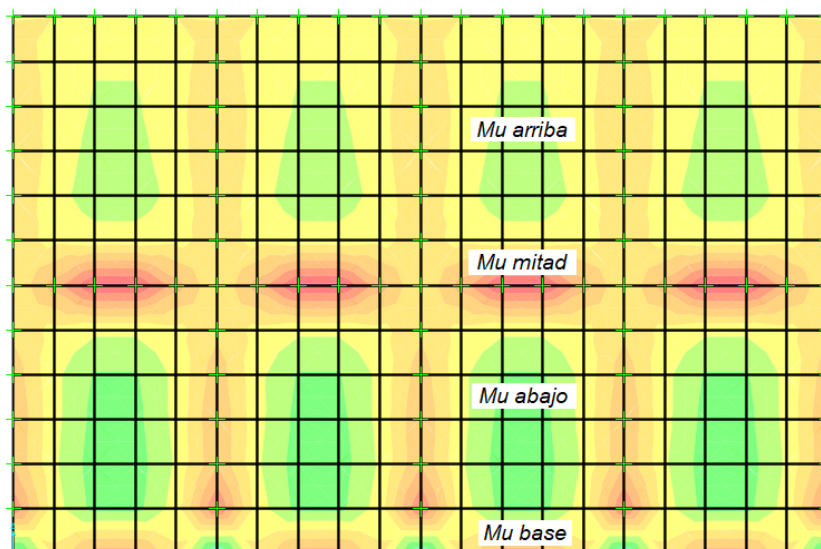


Figura N° 62: Diagrama de momentos en sentido vertical

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 81 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Se adopta una armadura y se verifica:

$$As.int := 1.13 \text{ cm}^2 \cdot 100 \div 25 = 4.5 \text{ cm}^2 \quad (\phi 12 @ 25 \text{ cm})$$

$$Mn := As.int \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{As.int \cdot fy}{b \cdot fc} \right) = 9 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$Md := \phi \cdot Mn = 8.1 \text{ tonnef} \cdot m > Mu.pos \quad \text{Verifica}$$

$$As.ext := 1.13 \text{ cm}^2 \cdot 100 \div 25 = 4.5 \text{ cm}^2 \quad (\phi 12 @ 25 \text{ cm})$$

$$Mn := As.ext \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{As.ext \cdot fy}{b \cdot fc} \right) = 9 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$Md := \phi \cdot Mn = 8.1 \text{ tonnef} \cdot m > Mu.neg \quad \text{Verifica}$$

b) Armadura horizontal

$$Mu.arriba.pos := 5.7 \text{ tonnef} \cdot m \quad Mu.arriba.neg := -11.6 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$Mu.abajo.pos := 10.8 \text{ tonnef} \cdot m \quad Mu.abajo.neg := -22 \text{ tonnef} \cdot m$$

Por redistribución: $Mu.arriba.pos := 8.6 \text{ tonnef} \cdot m$ $Mu.arriba.neg := -8.7 \text{ tonnef} \cdot m$

$$Mu.abajo.pos := 16.4 \text{ tonnef} \cdot m \quad Mu.abajo.neg := -16.4 \text{ tonnef} \cdot m$$

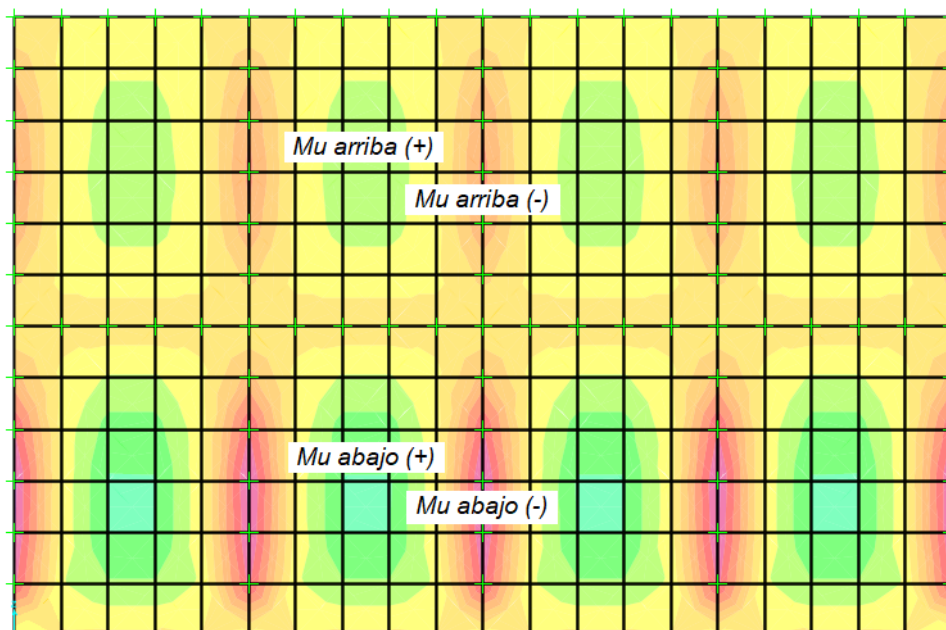


Figura N° 63: Diagrama de momentos en sentido horizontal

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 82 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Se adopta una armadura y se verifica:

$$As.arriba := 1.13 \text{ cm}^2 \cdot 100 \div 12 = 9.4 \text{ cm}^2 \quad (\phi 12 @ 12 \text{ cm})$$

$$Mn := As.arriba \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{As.arriba \cdot fy}{b \cdot fc} \right) = 18.6 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$Md := \phi \cdot Mn = 16.8 \text{ tonnef} \cdot m > Mu.arriba \quad \text{Verifica}$$

$$As.abajo := 1.13 \text{ cm}^2 \cdot 100 \div 12 = 9.4 \text{ cm}^2 \quad (\phi 12 @ 12 \text{ cm})$$

$$Mn := As.abajo \cdot fy \cdot \left(d - 0.59 \cdot \frac{As.abajo \cdot fy}{b \cdot fc} \right) = 18.6 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$Md := \phi \cdot Mn = 16.8 \text{ tonnef} \cdot m > Mu.abajo \quad \text{Verifica}$$

11.2. Tabique sismorresistente

11.2.1. Diseño a flexión

$$bw := 50 \text{ cm} \quad Lw := 200 \text{ m} \quad Ag := bw \cdot Lw = 100 \text{ m}^2$$

$$ME := 1096057 \text{ kN} \cdot m \quad Mu := ME = 111767 \text{ tonnef} \cdot m$$

$$ND := 43270 \text{ kN} \quad NL := 13348 \text{ kN} \quad NE := 160825 \text{ kN}$$

$$Nu := 1.2 \cdot ND + 0.5 \cdot NL + NE = 22375 \text{ tonnef}$$

$$n_1 := \frac{Nu}{Ag \cdot fc} = 0.073$$

Se calcula la armadura mínima y se propone armadura uniformemente distribuida:

$$\rho.min := \frac{\sqrt{fc}}{5.2 \cdot fy} = 0.0025$$

$$As := \rho.min \cdot bw \cdot Lw = 2508 \text{ cm}^2$$

$$Ast := 2 \cdot 670 \cdot 2 \text{ cm}^2 = 2680 \text{ cm}^2 \quad (\phi 16 @ 30 \text{ cm})$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 83 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Se calcula el momento nominal según la ecuación aproximada y se verifica que cumpla con la resistencia requerida:

$$fr := \frac{f_y}{f_c} = 14 \quad \rho := \frac{A_{st}}{b_w \cdot L_w} = 0.0027$$

$$a := \frac{n + \rho \cdot fr}{0.85 + 2 \cdot \rho \cdot fr} \cdot L_w = 23.9 \text{ m}$$

$$M_n := (A_{st} \cdot f_y + N_u) \cdot \frac{L_w - a}{2} = 2980309 \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

$$M_d := \phi \cdot M_n = 2682278 \text{ tonnef} \cdot \text{m} > M_u \quad \text{Verifica}$$

Luego, se calcula el factor de sobrerresistencia flexional:

$$\lambda_o := 1.4$$

$$\phi_o := \frac{\lambda_o \cdot M_n}{M_E} = 37$$

Por último, se determina el factor de amplificación dinámica. Para edificios de hasta 6 pisos, se obtiene:

$$\omega_v := 0.9 + \frac{n}{10} = 1.1$$

11.2.2. Diseño a corte

$$V_{ui} = \omega_v \phi_o^w V_{Ei} + V_G \leq \frac{R}{1.5} V_{Ei} + V_G$$

$$\omega_v \cdot \phi_o = 41$$

$$\frac{R}{1.5} = 1.7 \quad (\text{se adopta})$$

$$V_E := 120612 \text{ kN}$$

$$V_u := \frac{R}{1.5} \cdot V_E = 20498 \text{ tonnef}$$

a) Verificación de la máxima resistencia requerida a corte

$$V_u \leq \left(\frac{\phi_o^w}{R} + 0.15 \right) \sqrt{f_c} (0.80 b_w L_w)$$

$$\left(\frac{\phi_o}{R} + 0.15 \right) \cdot \sqrt{30} \text{ MPa} \cdot 0.8 \cdot b_w \cdot L_w = 673919 \text{ tonnef} > V_u \quad \text{Verifica}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 84 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

b) Resistencia a corte proporcionada por el hormigón

$$v_c := 0.067 \cdot \sqrt{30} \text{ MPa} + \frac{N_u}{4 \cdot A_g} = 0.92 \text{ MPa}$$

$$V_c := v_c \cdot 0.80 \cdot b_w \cdot L_w = 7469 \text{ tonnef}$$

c) Armadura transversal

$$V_s := \frac{A_{vh} \cdot f_{yt} \cdot 0.80 \cdot L_w}{sh}$$

$$V_s := V_u - V_c$$

Se adoptan 2 ramas ϕ 12 mm ($A_{vh} = 2,26 \text{ cm}^2$). Entonces:

$$sh := \frac{A_{vh} \cdot f_{yt} \cdot 0.80 \cdot L_w}{V_u - V_c} = 11.9 \text{ cm}$$

Finalmente, se adoptan 2 ramas ϕ 12 @ 10 cm.

Se controla la cuantía mínima horizontal:

$$A_{vh.min} := \frac{0.70 \cdot b_w \cdot sh}{f_{yt}}$$

$$A_{vh.min} := \frac{0.70 \cdot b_w \cdot sh}{420} = 0.83 \text{ cm}^2 < A_{vh} \quad \text{Verifica}$$

11.2.3. Detallado

a) Ganchos para evitar el pandeo de barras longitudinales

3.5.6.2. Control del pandeo de las barras longitudinales

En tabiques sismorresistentes con armadura en dos capas y con cuantía de armadura longitudinal ρ_l mayor que $2/f_y$, deberá proveerse armadura transversal para prevenir el pandeo de las barras longitudinales.

$$\frac{2}{420} = 0.0048 > \rho = 0.0027 \quad \text{No es necesario colocar ganchos}$$

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 85 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

b) Confinamiento de la zona comprimida

3.5.6.3. Confinamiento de la zona comprimida

- (i) En la zona de formación potencial de rótula plástica, definida según el artículo 3.5.3., se deberá confinar el hormigón cuando la profundidad del eje neutro c sea mayor que:

$$c_c = 0,05 \phi_o^w L_w \quad [3 - 13]$$

$$a = 23.9 \text{ m} \quad c := \frac{a}{0.85} = 28.1 \text{ m}$$

$$c_c := 0.05 \cdot \phi_o \cdot L_w = 373 \text{ m} > c \quad \text{No se debe confinar}$$

11.3. Resumen

A continuación, se realiza un resumen del área de acero necesaria para cada caso y se determina la cantidad de barras final.

	Muro de Sostenimiento	Tabique Sismorresistente	Total [cm ² /m]	Adoptado	
				Barras	[cm ² /m]
As Long	12 mm @ 25 cm	16 mm @ 30 cm	11,2	16 mm @ 15 cm	13,3
As Transv	12 mm @ 12 cm	12 mm @ 10 cm	20,7	20 mm @ 15 cm	20,9

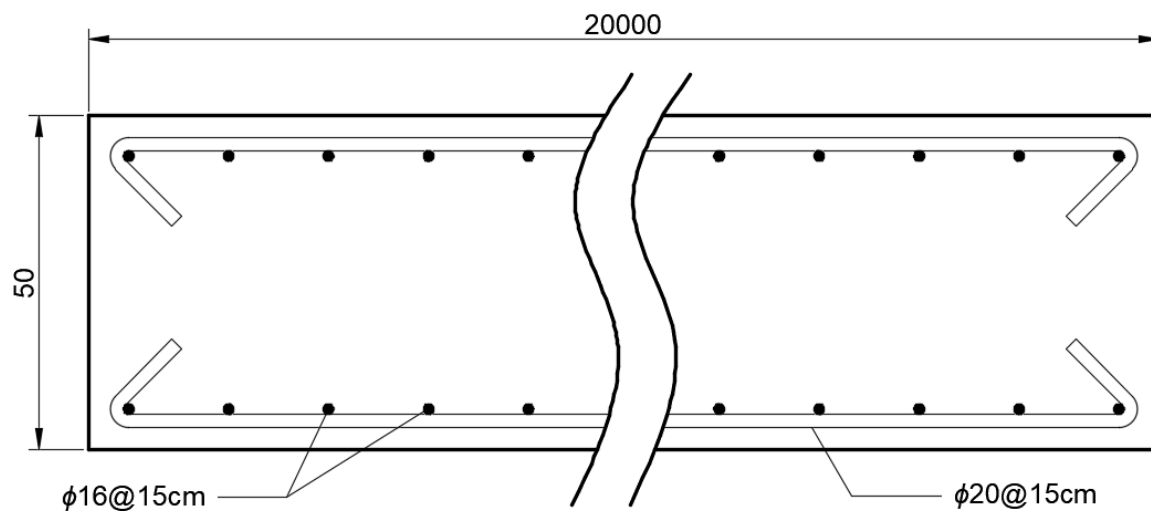


Figura N° 64: Detalle de tabique de H° A°

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 86 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

12. CÁLCULO DE FUNDACIONES

Todas las columnas se encuentran fundadas bajo cilindros de fundación, que se excavan de forma manual y se hormigonan in situ posteriormente. Estas fundaciones son distintas de un pilote, que es un elemento de hormigón prefabricado que se hinca en el terreno por medios mecánicos. Debido a las diferencias constructivas, el mecanismo de resistencia de los pilotes hincados y de los cilindros de fundación es, en general, distinto.

12.1. Datos

Se consideran las siguientes dimensiones para el cilindro de fundación:

Profundidad del cilindro:	$H := 7 \text{ m}$
Diámetro del cilindro:	$D := 1 \text{ m}$
Área transversal del cilindro:	$A_g := \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 7853.98 \text{ cm}^2$
Diámetro de la base inferior:	$D_1 := 1.5 \text{ m}$

De acuerdo con el estudio de suelos, el terreno presenta las propiedades mecánicas:

Coefficiente de balasto vertical:	$k_{sv} = 114667 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Coefficiente de balasto horizontal:	$k_{sh} = f(\text{prof})$
Módulo de deformación del terreno:	$E_s = 107 \text{ MPa}$
Coefficiente de Poisson:	$\nu := 0.35$

Y para el hormigón se consideran las siguientes características:

$$f_c := 30 \text{ MPa}$$

$$E_c = 25743 \text{ MPa}$$

12.2. Predimensionamiento de armadura

Según lo establecido en la sección 6.6.2.1 del Reglamento IC 103 - Parte II, la cuantía mínima de armadura longitudinal total para pilotes con A_g comprendida entre $0,5 \text{ m}^2$ y 2 m^2 es:

$$\rho_{\text{min}} := \frac{2400}{f_y \cdot \sqrt{2} \cdot A_g} = 0.0046$$

Entonces: $A_{s,\text{min}} := \rho_{\text{min}} \cdot A_g = 35.8 \text{ cm}^2$

Se consideran 16 ϕ 25 mm: $A_s := 16 \cdot 4.9 \text{ cm}^2 = 78.4 \text{ cm}^2$

12.3. Determinación de rigidez lateral y rotacional

Para evaluar la rigidez lateral y rotacional de los cilindros de fundación se opta por un modelo de cilindro aislado, en el cual el terreno circundante se representa mediante siete resortes laterales de rigidez K , determinada de la siguiente forma:

$$K := ksh \cdot D \cdot s$$

Donde D es el diámetro de la pila y s es el “ancho de influencia” de cada resorte. Teniendo 7 resortes, s es igual a 0,5 m para el resorte extremo y 1 m para el resto.

Por ser suelo granular, se considera una variación lineal para el coeficiente de balasto:

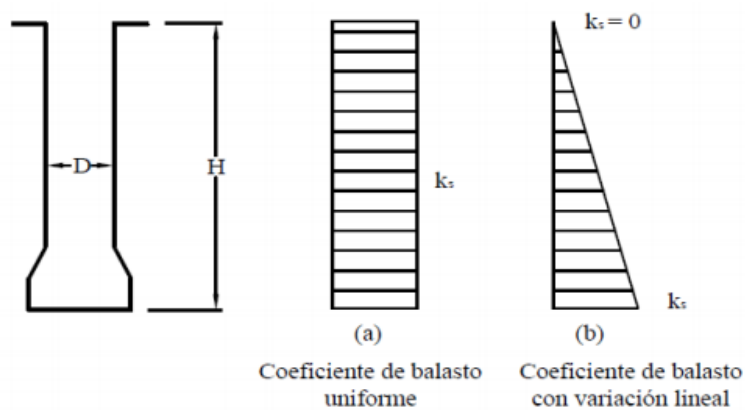


Figura N° 65: Variación del coeficiente de balasto horizontal

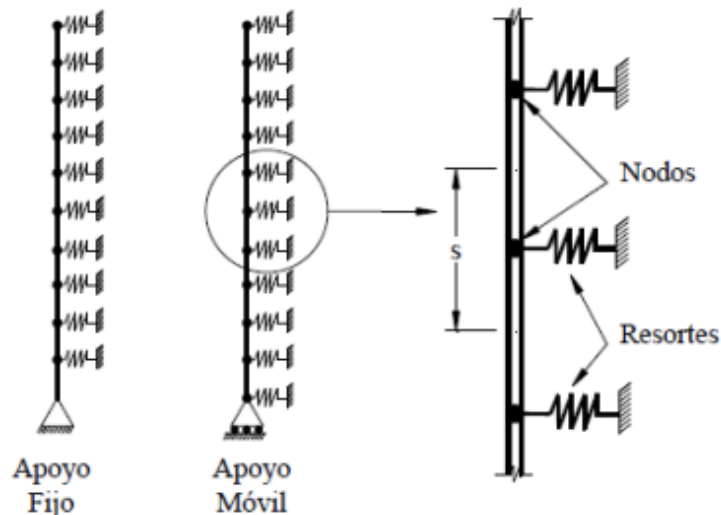


Figura N° 66: Modelo de Winkler con resortes para representar el efecto del suelo

12.4. Determinación de solicitaciones

Se determinan las solicitaciones en las pilas a partir de las acciones que les transmiten las columnas del subsuelo inferior.

12.4.1. Acciones demandadas en extremo superior

Se consideran las siguientes acciones en la cabeza de la pila:

$$\begin{array}{lll}
 P = -9426 \text{ kN} & M = 107 \text{ kNm} & V = 46 \text{ kN} \\
 P = 1422 \text{ kN} & M = 37 \text{ kNm} & V = 239 \text{ kN} \\
 P = -1192 \text{ kN} & M = 356 \text{ kNm} & V = 207 \text{ kN}
 \end{array}$$

12.4.2. Esfuerzos demandados

Se realiza un modelo en el programa SAP2000 y se determinan los esfuerzos producidos por las acciones anteriores:

<i>Estado de carga 1</i>		
$P_u := -9426 \text{ kN}$	$M_u := 107 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_u := 45 \text{ kN}$
<i>Estado de carga 2</i>		
$P_u := 1422 \text{ kN}$	$M_u := 525 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_u := 204 \text{ kN}$
<i>Estado de carga 3</i>		
$P_u := -1192 \text{ kN}$	$M_u := 356 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_u := 195 \text{ kN}$

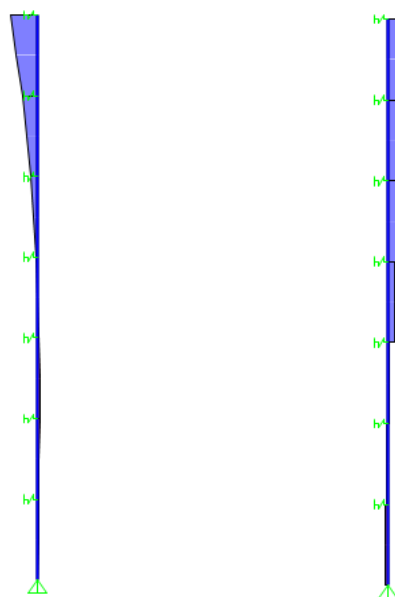


Figura N° 67: Diagramas de momento flector y corte para estado de carga 1

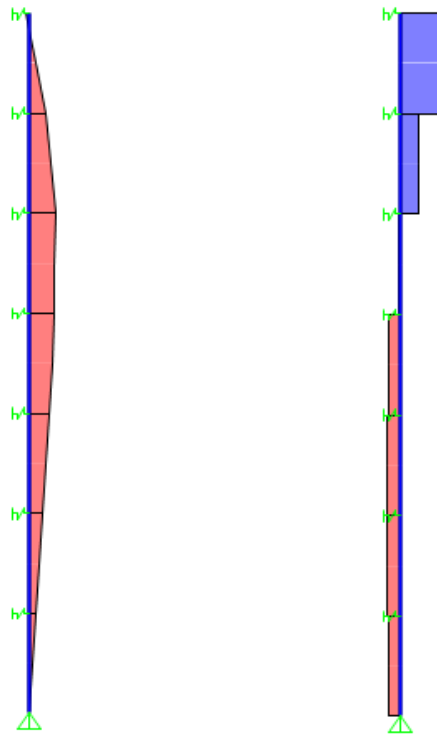


Figura N° 68: Diagramas de momento flector y corte para estado de carga 2

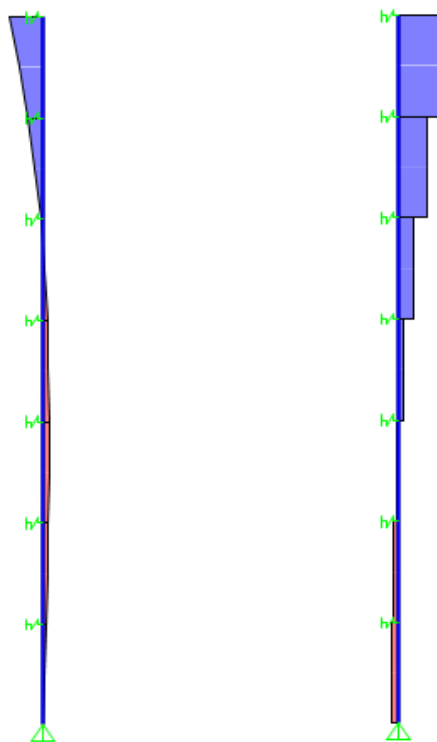
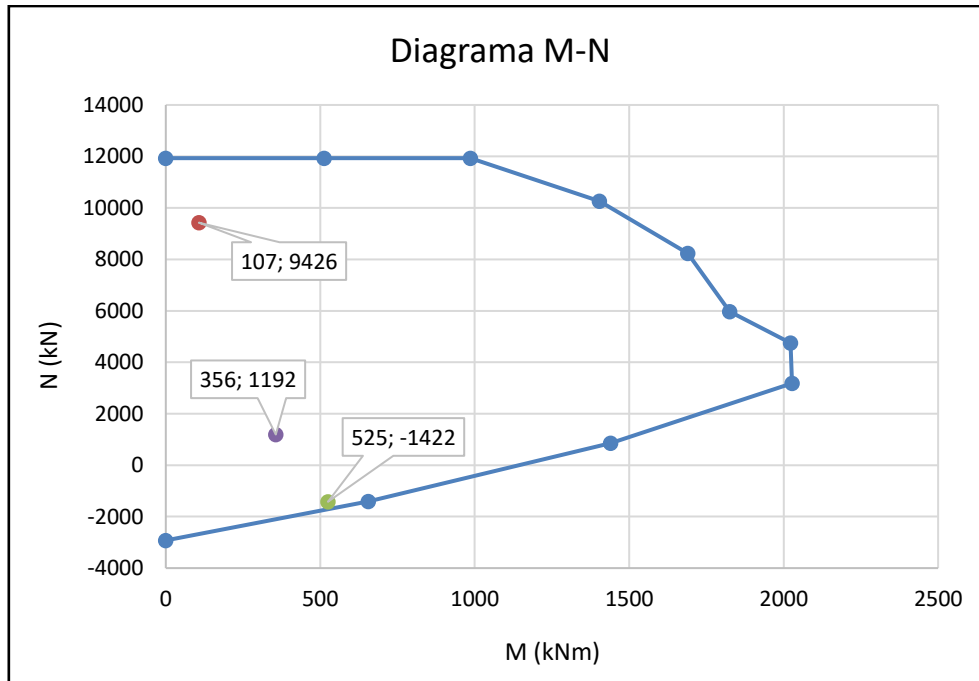


Figura N° 69: Diagramas de momento flector y corte para estado de carga 3

12.5. Verificación a flexión y carga axial

El diagrama de interacción de la pila es:



12.6. Armadura transversal

12.6.1. Zona crítica

En la zona superior del cilindro, donde se considera la potencial rotulación plástica, se debe aplicar la expresión:

$$db := 25 \text{ mm} \quad d'' := 920 \text{ mm} \quad Ast := As = 78.4 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s := \frac{Ast}{110 \cdot d''} \cdot \frac{fy}{fyt} \cdot \frac{1}{db} = 0.0031$$

$$dte.min := \sqrt{\rho_s \cdot \frac{6 \cdot db \cdot d''}{\pi}} = 1.17 \text{ cm}$$

$$s := 6 \cdot db = 15 \text{ cm}$$

Entonces, se adoptan estribos de 12 mm @ 15 cm.

12.6.2. Zona normal

$$s := 10 \cdot db = 25 \text{ cm}$$

Se adoptan estribos de 12 mm @ 25 cm.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 91 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

12.7. Detalle

A continuación, se muestra un detalle de la sección transversal:

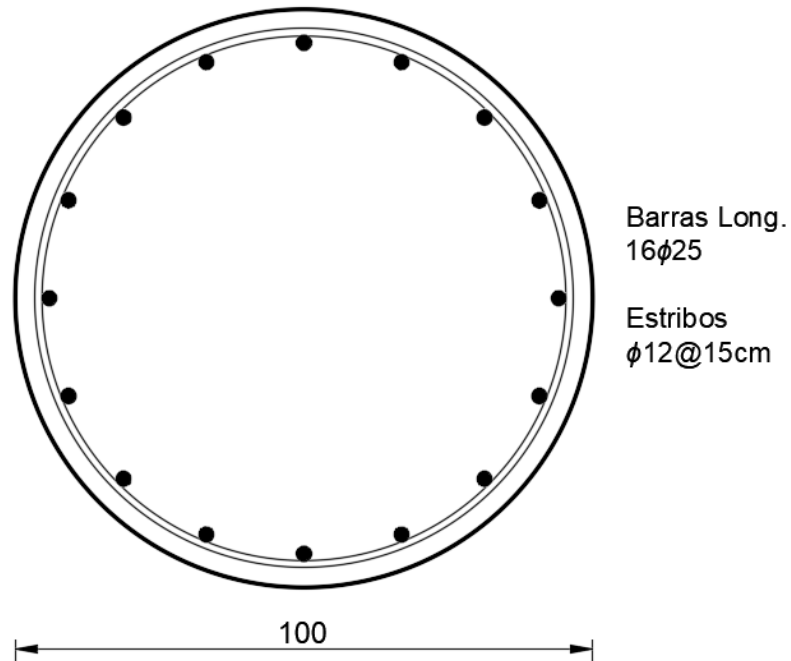


Figura N° 70: Detalle de cilindro de fundación

13. CÁLCULO DE UNIONES

13.1. Unión cable - viga

Realizaremos el cálculo de la conexión indicada en la siguiente figura:

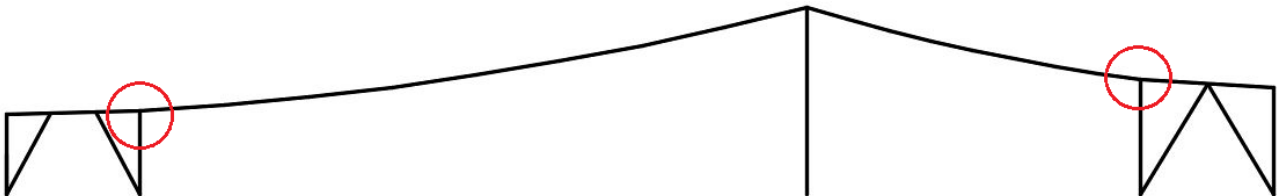


Figura N° 71: Ubicación de uniones a diseñar

13.1.1. Diseño de soldadura entre placas

La soldadura que se realizó en dicha unión es de tipo filete, las cuales se verifican a corte en el área efectiva y tracción o compresión paralela al eje de la soldadura.

Se consideró una soldadura de 8 mm de lado, la cual es la menor que se puede tomar según el espesor de las chapas a unir (20 mm).

A partir del análisis estructural se determinan las solicitaciones (resistencia requerida) para el diseño de la conexión:

Carga axial en el cable: $P_u = 88 t$.

Se debe tomar el menor valor entre la Resistencia a la Tracción y la Resistencia al Corte.

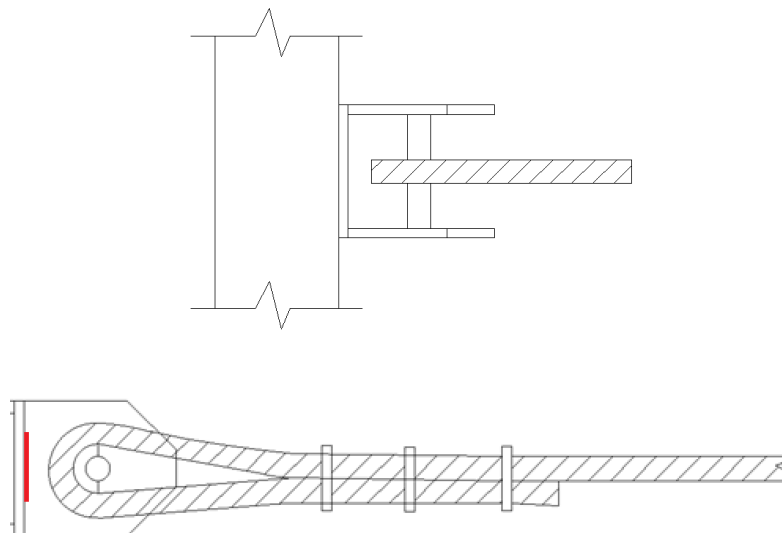


Figura N° 72: Esquema de unión en estudio

a) Cálculo de Resistencia a la Tracción

Cálculo de $\phi \cdot F_w \cdot A_w$		
Factor de resistencia	$\phi := 0.6$	$dw := 0.8 \text{ cm}$
Longitud de soldadura (alas)	$Li := 40 \text{ cm}$	
Área efectiva de soldadura	$A_w := Li \cdot 0.707 \cdot dw = 23 \text{ cm}^2$	
Resistencia nominal del material del electrodo	$F_w := 0.6 \cdot F_{EXX} = 29 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$	
Resistencia de diseño	$\phi \cdot F_w \cdot A_w = 391 \text{ tonnef}$	

b) Cálculo de Resistencia al Corte

Factor de resistencia	$\phi := 0.9$	$dw := 0.8 \text{ cm}$
Longitud de soldadura (alas)	$Li := 40 \text{ cm}$	
Área efectiva del metal base	$A_{BM} := Li \cdot 0.707 \cdot dw = 23 \text{ cm}^2$	
Resistencia nominal del metal base	$F_{BM} := F_y = 24 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$	
Resistencia de diseño	$\phi \cdot F_{BM} \cdot A_{BM} = 489 \text{ tonnef}$	

El menor valor de resistencia es de **391 t**, siendo la sollicitación 88 t. Por lo cual, la soldadura verifica.

13.1.2. Diseño de soldadura entre la unión y la viga

La conexión entre la unión y la viga se realizó a través de dos soldaduras que van en el ancho de toda la chapa de unión a las alas del perfil W10x88.

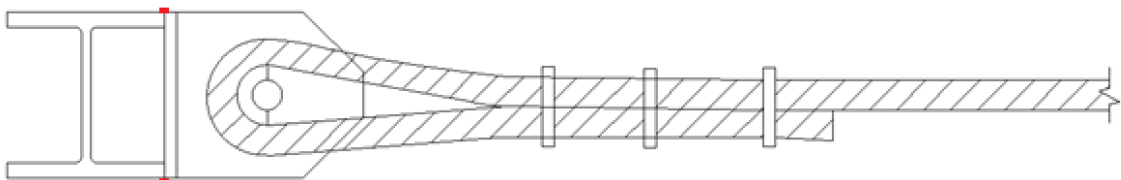


Figura N° 73: Gráfico de unión en estudio

a) Cálculo de Resistencia a la Tracción

Factor de resistencia	$\phi := 0.6$	$dw := 0.8 \text{ cm}$
Longitud de soldadura (alas)	$Li := 56 \text{ cm}$	
Área efectiva de soldadura	$A_W := Li \cdot 0.707 \cdot dw = 32 \text{ cm}^2$	
Resistencia nominal del material del electrodo	$F_W := 0.6 \cdot F_{EXX} = 29 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$	
Resistencia de diseño	$\phi \cdot F_W \cdot A_W = 547 \text{ tonnef}$	

b) Cálculo de Resistencia al Corte

Factor de resistencia	$\phi := 0.9$	$dw := 0.8 \text{ cm}$
Longitud de soldadura (alas)	$Li := 56 \text{ cm}$	
Área efectiva del metal base	$A_{BM} := Li \cdot 0.707 \cdot dw = 32 \text{ cm}^2$	
Resistencia nominal del metal base	$F_{BM} := F_y = 24 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$	
Resistencia de diseño	$\phi \cdot F_{BM} \cdot A_{BM} = 684 \text{ tonnef}$	

El menor valor de resistencia es de **547 t**, siendo la sollicitación 88 t. Por lo cual la soldadura verifica.

13.1.3. Diseño por bloque de corte

Se considera un posible fallo de la unión, donde una sección se encuentra sollicitada a corte y otra a tracción. En este caso la sollicitación será la mitad que la tracción del cable porque son dos placas.

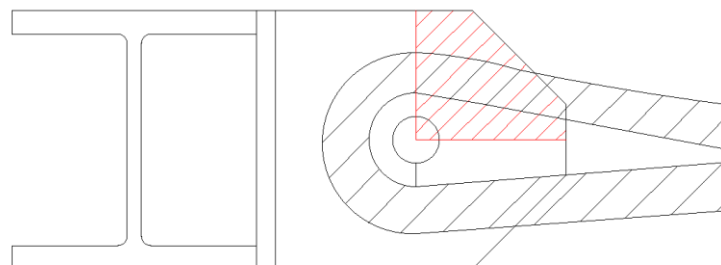


Figura N° 74: Posible falla de unión

$$\phi := 0.75$$

Área bruta solicitada al corte $A_{gv} := 64 \text{ cm}^2$

Área bruta solicitada a la tracción $A_{gt} := 55 \text{ cm}^2$

Área neta solicitada al corte $A_{nv} := 54 \text{ cm}^2$

Área neta solicitada a la tracción $A_{nt} := 45 \text{ cm}^2$

$F_u \cdot A_{nt} = 1665 \text{ tonnef}$ $0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv} = 1199 \text{ tonnef}$

Como se cumple, $F_u \cdot A_{nt} \geq 0.6 \cdot F_u \cdot A_{nv}$ entonces la resistencia nominal por bloque de corte se calcula es:

$$R_n := \phi \cdot (0.6 \cdot F_y \cdot A_{gv} + F_u \cdot A_{nt}) = 1940 \text{ tonnef}$$

Resistencia nominal del bloque de corte $R_n = 1940 \text{ tonnef}$

$P_u := 44 \text{ tonnef}$ Verifica

13.1.4. Diseño por desgarramiento de la chapa

Resistencia al corte de la chapa $\tau_u := 0.7 \cdot F_u = 26 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$

Tensión de rotura del material de la chapa $F_u := 37 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$

Diámetro nominal del bulón $d := 7 \text{ cm}$

$Le := 16 \text{ cm}$

$$R_n := 2 \cdot 2 \cdot t \cdot \left(Le - \frac{d}{2} \right) \cdot \tau_u = 2590 \text{ tonnef}$$

$P_u := 44 \text{ tonnef}$ Verifica

13.2. Unión arrostramiento - columna - losa

Esta unión es fabricada en taller, consta de dos placas metálicas unidas a un perfil IPBv300, de 1m, luego en la obra se soldará la continuación del perfil.

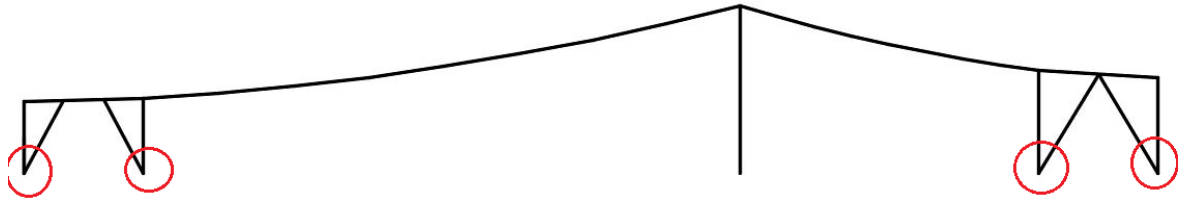


Figura N° 75: Ubicación de uniones a diseñar

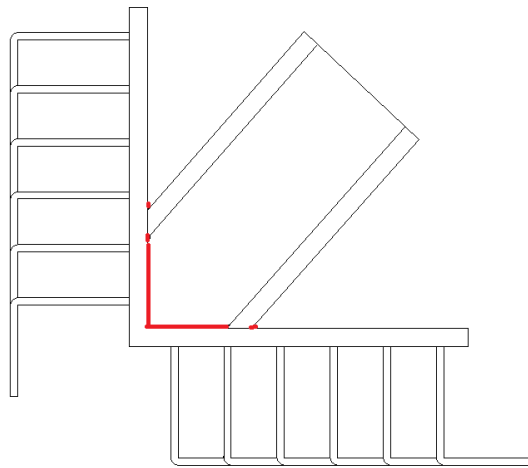


Figura N° 76: Esquema de unión en estudio

13.2.1. Diseño de soldadura entre placas

La soldadura será provista por el cordón aplicado en las alas y alma del perfil.

a) Cálculo de Resistencia a la Tracción

Factor de resistencia	$\phi := 0.6$	$dw := 1 \text{ cm}$
Longitud de soldadura (alas)	$Li := 161.4 \text{ cm}$	
Espesor de garganta promedio	$eg_{140} := 0.342 \text{ cm}$	
	$eg_{40} := 0.940 \text{ cm}$	$eg := \frac{eg_{140} + eg_{40}}{2}$
Área efectiva de soldadura	$A_W := Li \cdot eg = 103 \text{ cm}^2$	
Resistencia nominal del material del electrodo	$F_W := 0.6 \cdot F_{EXX} = 29 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$	
Resistencia de diseño	$\phi \cdot F_W \cdot A_W = 1788 \text{ tonnef}$	

b) Cálculo de Resistencia al Corte

Cálculo de $\phi \cdot F_w \cdot A_w$

Factor de resistencia	$\phi := 0.6$	$dw := 1 \text{ cm}$
Longitud de soldadura (alas)	$Li := 161.4 \text{ cm}$	
Espesor de garganta promedio	$eg_{140} := 0.342 \text{ cm}$	
	$eg_{40} := 0.940 \text{ cm}$	$eg := \frac{eg_{140} + eg_{40}}{2}$
Área efectiva de soldadura	$A_w := Li \cdot eg = 103 \text{ cm}^2$	
Resistencia nominal del material del electrodo	$F_w := 0.6 \cdot F_{EXX} = 29 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$	
Resistencia de diseño	$\phi \cdot F_w \cdot A_w = 1788 \text{ tonnef}$	

Factor de resistencia	$\phi := 0.9$	$dw := 1 \text{ cm}$
Longitud de soldadura (alas)	$Li := 161.4 \text{ cm}$	
Área efectiva del metal base	$A_{BM} := Li \cdot dw = 161 \text{ cm}^2$	
Resistencia nominal del metal base	$F_{BM} := F_y = 24 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$	
Resistencia de diseño	$\phi \cdot F_{BM} \cdot A_{BM} = 3486 \text{ tonnef}$	

Se recalcula la resistencia de diseño para el lado de soldadura mínimo correspondiente al espesor del ala (8mm para elementos con espesores mayores a 19mm) .

	$dw := 8 \text{ mm}$	$P_u := 250 \text{ tonnef}$
Factor de resistencia	$\phi := 0.6$	$dw := 0.8 \text{ cm}$
Longitud de soldadura (alas)	$Li := 161.4 \text{ cm}$	
Espesor de garganta promedio	$eg_{140} := 0.274 \text{ cm}$	
	$eg_{40} := 0.752 \text{ cm}$	$eg := \frac{eg_{140} + eg_{40}}{2}$
Área efectiva de soldadura	$A_w := Li \cdot eg = 83 \text{ cm}^2$	
Resistencia nominal del material del electrodo	$F_w := 0.6 \cdot F_{EXX} = 29 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$	
Resistencia de diseño	$\phi \cdot F_w \cdot A_w = 1431 \text{ tonnef}$	
	$P_u := 250 \text{ tonnef}$	Verifica

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 98 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

13.2.2. Anclaje de la unión a las columnas y losa de hormigón

Una vez que hemos dimensionado la unión, diseñamos el anclaje de la misma a la columna y viga de hormigón. Utilizamos para ello la longitud de desarrollo necesaria en barras de acero con gancho solicitadas a tracción.

$f_c := 40 \text{ MPa}^2$	$f_y := 420 \text{ MPa}$
Factor de ubicacion de armadura	$\psi_t := 1.3$
Factor por revestimiento	$\psi_e := 1$
Factor por hormigon con agregado liviano	$\lambda := 1$
Traccion en los anclajes	$T_a := 192 \text{ tonnef}$
Diametro de la barra	$d_b := 16 \text{ mm}$
$L_{dh} := \left(\frac{0.24 \cdot \psi_e \cdot \lambda \cdot f_y}{\sqrt{f_c}} \right) d_b = 26 \text{ cm}$	

Para resistir esta tracción es necesario colocar 24 barras de 16 mm, con un gancho a 90° de 20 cm y una longitud de anclaje de 26 cm.

13.2.3. Diseño de perno al corte

La sollicitación del perno será la mitad de la sollicitación a tracción del cable ya que el perno pasa a través de dos placas. El mismo se dimensiona como un bulón A35, con la rosca excluida de los planos de corte.

$\phi := 0.75$	
Resistencia nominal del bulón	$F_n := 4.15 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$
Área nominal del bulón	$A_b := 19.6 \text{ cm}^2$
$R_c := \phi \cdot F_n \cdot A_b = 61 \text{ tonnef}$	$P_u := 44 \text{ tonnef}$ Verifica

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 99 de 137
----------------------------	---------------------------------	--------------------------------

13.3. Unión de puntal

El puntal en el cual apoyan las vigas del techo llega a una columna que viene desde el segundo subsuelo, la misma es de hormigón de 70 cm x 70 cm. La unión posee una platina de acero de que cubre toda la superficie de la columna y es sujeta a la misma con bulones. Sobre ella se encuentran dos chapas soldadas que sostienen un pasador a través del cual se logra que el puntal este articulado en dicho punto.

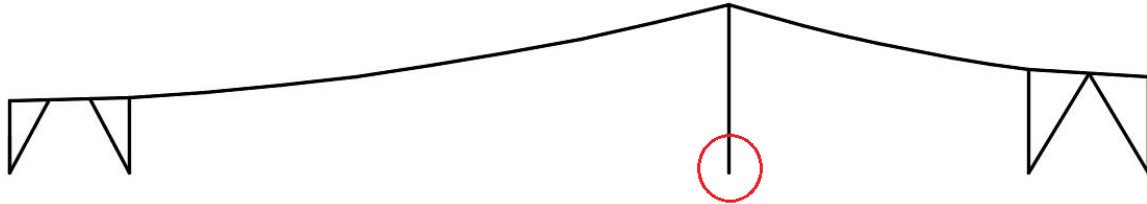


Figura N° 77: Ubicación de unión a diseñar

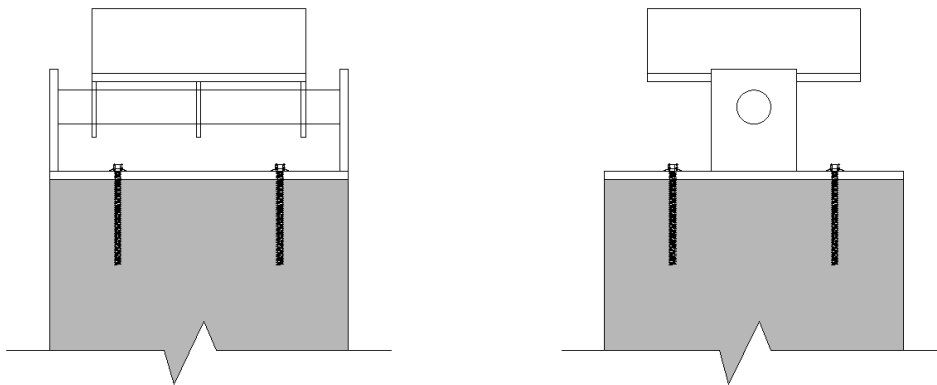


Figura N° 78: Esquema de unión en estudio

13.3.1. Diseño al corte del perno

La resistencia al corte del perno se calcula como la resistencia de un bulón de alta resistencia solicitado a corte, como el perno tiene apoyo en dos lados, la sollicitación al corte es la mitad, tomamos un perno de 80 mm de diámetro.

$\phi := 0.75$	
Resistencia nominal del bulón	$F_n := 4.15 \frac{\text{tonnef}}{\text{cm}^2}$
Área nominal del bulón	$A_b := 50.25 \text{ cm}^2$
$R_c := \phi \cdot F_n \cdot A_b = 156 \text{ tonnef}$	
$P_u := 121 \text{ tonnef}$	Verifica

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 100 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

13.3.2. Resistencia al aplastamiento de las chapas de la base

$$\phi := 0.75$$

Proyección del área de aplastamiento $A_{pb} := 32 \text{ cm}^2$

$$R_n := 1.8 \cdot F_y \cdot A_{pb} = 1382 \text{ tonnef}$$

Resistencia nominal al aplastamiento

$$\phi \cdot R_n = 1037 \text{ tonnef} \quad P_u := 121 \text{ tonnef} \quad \text{Verifica}$$

13.3.3. Resistencia al aplastamiento del puntal

$$\phi := 0.75$$

Proyección del área de aplastamiento $A_{pb} := 24 \text{ cm}^2$

$$R_n := 1.8 \cdot F_y \cdot A_{pb} = 1037 \text{ tonnef}$$

Resistencia nominal al aplastamiento

$$\phi \cdot R_n = 778 \text{ tonnef}$$

$$P_u := 121 \text{ tonnef} \quad \text{Verifica}$$

14. PLAN DE MANTENIMIENTO

La planificación del mantenimiento en edificios puede evitar gastos innecesarios y pérdida de tiempo. Ya que la falta de esta implementación conduce a edificios degradados prematuramente, limitando así su vida útil y deteriorando la calidad de vida de quienes los habitan.

El plan diseñado en este apartado se compone por un listado de los elementos que requerirán mantenimiento, la actividad de mantenimiento que se deberá realizar junto con las fallas frecuentes que puedan presentar los elementos analizados, y finalmente, planillas de inspección y mantenimiento que permitan un registro de seguimiento del plan.

La ley Sitter señala que el mantenimiento correctivo puede llegar a ser cinco veces más costoso que el mantenimiento preventivo. Por este motivo, es que en el plan de mantenimiento desarrollado se hace énfasis en actividades de mantenimiento preventivo por sobre el mantenimiento correctivo.

14.1. Elementos que requieren mantenimiento

Se identificaron los principales elementos componentes del edificio que son de frecuente deterioro en edificios existentes similares y, a su vez, prioridad en caso de falla:

ELEMENTOS IDENTIFICADOS	
Item	Elemento
1	Muros y acabados
2	Pisos
3	Cubierta y red pluvial
4	Cielorrasos
5	Estructura de Hormigon Armado
6	Puertas y Ventanas
7	Red de agua potable
8	Griferia y artefactos sanitarios
9	Red sanitaria
10	Barandas y persianas
11	Instalacion electrica
12	Vias ferreas
13	Estructua de acero
14	Pavimentos exteriores

14.2. Guías de ciclos de mantenimiento

Los elementos enumerados son resultado de agrupar varios tipos de elementos por categorías, para facilitar las inspecciones e intervenciones que se deban realizar. Los cuadros enseñados en este apartado muestran las guías de mantenimiento elaboradas para el edificio en estudio. En estos se incluyen los problemas frecuentes y ciclos de mantenimiento preventivo recomendado para cada elemento identificado.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 102 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

En las Tablas N° 1 a 15 se detallan las actividades a realizar en cada elemento, junto con la frecuencia y una pequeña descripción de la tarea:

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA MUROS Y ACABADOS		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	1 año	Revisión general del estado de conservación de los muros (interiores e exteriores) del edificio, tanto los tabiques de H°A°, como las paredes livianas; se revisa la aparición de grietas, fisuras, huecos, deformaciones, desgaste, humedad, manchas, suciedad, etc.; así como la condición del acabado de estas como los revestimientos, enchapes y pintura (según sea el caso).
	2 años	Inspección del estado de remates, cornisas, y salientes de la fachada.
Limpiar	2 años	Limpieza general de las paredes
Renovar	5 años	Sustitución de las láminas y/o paneles que presenten deterioro avanzado.
		Repintado de la protección de los elementos metálicos accesibles de la fachada.
		Repintado de las paredes (según deterioro que presente).
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Muros rígidos (Tabiques de H°A°)	<ul style="list-style-type: none"> - Suciedad - Manchas (Degradación química del concreto o del acero de refuerzo) - Focos de Humedad/Hongos - Deformaciones (alineamiento de pared o desplome) 	
Muros Livianos	<ul style="list-style-type: none"> - Reventaduras de las láminas - Grietas/Fisuras (especialmente en la juntas) - Suciedad - Manchas - Focos de Humedad/Hongos - Deformaciones (alineamiento de pared o desplome) - Desgaste de las láminas - Despegue de las láminas 	
Acabados de Pared	<ul style="list-style-type: none"> - Repello: grietas y fisuras, manchas, despegue - Revestimientos y enchapes: grietas y fisuras, suciedad, manchas, despegue - Pintura: abombamientos, despegues, manchas, desconchados 	

Tabla N° 1

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 103 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA PISOS		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	1 año	Revisión general del estado de conservación de los diferentes tipos de piso del edificio, se revisa la aparición de grietas, fisuras, huecos, despegues, desgaste, humedad, manchas, ralladuras, suciedad, etc. (según sea el caso).
Limpiar	2 meses	Encerado de los pisos cerámicos.
		Limpieza con agua a presión del piso granítico.
Renovar	3 años	Sustitución de alfombrado.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Piso (granítico, porcelánico)	<ul style="list-style-type: none"> - Grietas/Fisuras - Despegue de piezas(a excepción del lujado) - Suciedad - Manchas - Rayaduras/Desgaste - Humedad (en el caso del vinílico) 	
Piso alfombrado	<ul style="list-style-type: none"> - Despegue de alfombra - Humedad - Suciedad/Manchas - Rasgaduras/Deshilache AE26 	
Zócalos	<ul style="list-style-type: none"> - Reventaduras - Despegue - Suciedad/Manchas - Humedad/Hongos - Rayaduras 	

Tabla N° 2

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 104 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA CUBIERTA Y RED PLUVIAL		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	3 meses	Revisión de aparición de goteras y de detectarse alguna su reparación debe ser inmediata (Especialmente en estación lluviosa).
		Revisión de deformaciones o pérdida de agua en las canaletas y bajantes, de detectarse alguna falla se debe reparar de inmediato (Especialmente en verano).
	6 meses	Revisión de estancamiento en las canaletas debido acumulación de hojas u otros, de presentarse, limpiar de inmediato.
		Revisión general del estado de conservación del techo y red pluvial, revisar la cubierta, viga cumbrera, juntas entre paneles, canaletas, bajantes pluviales y las cajas de registro, se debe realizar una inspección antes de que comience la época lluviosa para realizar las intervenciones que se requieren para preparar la estructura y otra finalizando con el propósito de observar el desempeño de este.
Subcontratar inspeccion	1 año	Subcontratar empresa encargada de inspeccionar y reemplazar paneles solares
Renovar	1 año	Revisión de las juntas de láminas de cubierta y canaletas.
	5 años	Sustitución de canaletas deterioradas.
		Sustitución de los bajantes deformados o rotos.
		Sustitución de juntas de sellado entre paneles.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Cubierta	<ul style="list-style-type: none"> - Roturas u orificios. - Corrosión. - Paneles mal sellados. - Paneles sueltos debido a un mal apoyo. - Deformación en los marcos de los paneles - Pintura: suciedad, manchas, hongos y humedad. 	
Canaletas Bajadas Cumbreras	<ul style="list-style-type: none"> - Roturas u orificios - Corrosión - Mal anclaje (en cuanto a las canoas y bajantes se puede dar el desacople de uniones) - Deformaciones - Pintura: suciedad, manchas, hongos, humedad, desconchados. - Estancamientos producidos por acumulación de hojas u otros (en el caso de las limahoyas y canoas) 	
Cajas de registro pluvial	<ul style="list-style-type: none"> - Mal funcionamiento - Filtraciones - Resquebrajamiento 	

Tabla N° 3

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 105 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA CIELORRASOS		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	6 meses	Revisión general del estado de conservación de los diferentes tipos de cielorrasos del edificio, se revisa la aparición de fisuras, huecos, láminas desacomodadas, pandeo, goteras, humedad, manchas, etc. (según sea el caso) Así como el deterioro de las cornisas y otros acabados de cielorrasos, de presentar algunos de estos síntomas se debe proceder a su reparación inmediata.
Renovar	5 años	Sustitución de las láminas de cielo que muestren deterioro avanzado. Repintado de los cielos (según deterioro que presenten).
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Cielorrasos suspendidos		<ul style="list-style-type: none"> - Láminas desacomodadas - Focos de humedad - Suciedad - Manchas (principalmente debido goteras o filtraciones). - Pandeo de la estructura de sujeción del cielo - Pintura: abombamientos, despegues, manchas, desconchados.
Cielorrasos de losa (concreto reforzado)		<ul style="list-style-type: none"> - Grietas/Fisuras - Flechas (deformación) - Suciedad - Manchas - Focos de Humedad/Hongos - Repello: grietas y fisuras, manchas, despegue u otros.
Cornisas		<ul style="list-style-type: none"> - Reventaduras - Despegue - Suciedad/Manchas - Focos Humedad - Rayaduras/Desgaste

Tabla N° 4

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 106 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA ESTRUCTURAS DE H° A°		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	1 año	Revisión general del estado de conservación de los diferentes elementos estructurales de concreto reforzado del edificio (columnas y vigas), se revisa la aparición de fisuras, grietas, huecos, flechas, humedad, manchas, degradación química, suciedad, etc. (según sea el caso). En la mayoría de los casos se debe consultar a un experto sobre las causas de estos síntomas y las intervenciones por realizar.
Renovar	5 años	Renovación de las juntas estructurales en las zonas de sellado que se encuentren deterioradas.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Columnas Vigas Tabiques Losas		<ul style="list-style-type: none"> - Grietas/Fisuras - Flechas (deformación) - Suciedad - Manchas - Focos de Humedad/Hongos - Revoque: grietas y fisuras, manchas, despegue u otros) - Acabados como revestimientos y enchapes: grietas y fisuras, suciedad, manchas, etc. - Pintura: abombamientos, despegues, manchas, desconchados.

Tabla N° 5

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 107 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA PUERTAS Y VENTANAS		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	3 meses	Revisión general del estado de conservación de los distintos tipos de puertas y cerraduras del edificio, se revisa la aparición de golpes, hundimientos grietas, huecos, desplomes, humedad, hongos, manchas, suciedad, efectividad de cierre, etc (según sea el caso).
		Revisión general del estado de conservación de los distintos tipos de ventanas (incluye vidrios, celosías y marcos), se revisa la aparición de golpes, hundimientos, rayaduras grietas, huecos, desplomes, humedad, hongos, manchas, suciedad, mecanismos de cierre, etc. (según sea el caso).
Limpiar	1 mes	Limpieza de rieles y guías en cerramientos corredizos
	6 meses	Limpieza de los canales y las perforaciones de desagüe de las ventanas. Limpieza con producto abrillantador de los acabados de acero inoxidable y galvanizados.
Renovar	3 meses	Lubricación de bisagras, pivotes y los brazos hidráulicos.
		Lubricación de los elementos móviles de las ventanas y herrajes de celosía.
	5 años	Renovación del sellado de los vidrios con los marcos de las puertas.
		Sustitución de las cerraduras fatigadas. Pulido de las rayaduras y los golpes de las ventanas y del aluminio lacado. Renovación del tratamiento contra los insectos y los hongos de las puertas y marcos de madera (según sea el caso).
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Puerta de marco de aluminio y vidrio Puerta metálica Puerta de emergencia		<ul style="list-style-type: none"> - Deformación (Golpes, Hundimiento, etc). - Humedad - Suciedad/Manchas - Rayaduras/Desgaste - Mal anclaje del marco de aluminio o metal. - Mal funcionamiento del cierre y de tope de las puertas. - Corrosión, y mal alineamiento de las bisagras). - Cerraduras fatigadas - Mal funcionamiento del brazo hidráulico - Mal ajuste del vidrio al marco, desajuste de la venilla(para la puerta de vidrio y aluminio)
Ventanas con marco de aluminio		<ul style="list-style-type: none"> - Humedad/Hongos - Suciedad/Manchas - Rayaduras/Desgaste - Vidrios quebrados o faltantes - Paletas quebradas o faltantes (celosías) - Deterioro del herraje de las celosías y comprobación del mecanismo de cierre.

Tabla N° 6

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 108 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA RED DE AGUA POTABLE		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	3 meses	Revisión del estado del depósito de agua (si hay) se realiza detección de fugas, además el vaciado y limpieza de éste, medición de la capacidad efectiva del depósito de agua.
		Revisión de la condición de las llaves de paso y chorro y demás válvulas y accesorios componentes de la red, comprobación de apertura y cierre y detección de fugas, ante desperfectos reparación o sustitución inmediata.
		Revisión de las válvulas reductoras de presión, se debe comprobar el funcionamiento de regulación.
		Comprobar el funcionamiento de la red de suministro contra incendios.
		Comprobar el funcionamiento del sistema hidroneumático (bombas, tanque hidroneumático, etc).
	6 meses	Revisión general del estado de conservación y funcionamiento de la red de suministro de agua potable, se revisan las tuberías, válvulas y accesorios expuestos (visibles) con el propósito de detectar fugas y roturas, revisar los anclajes y deterioro general.
1 año	Revisión de las tapas de concreto de las cajas de registro, posible sustitución si se encuentran en mal estado.	
Limpiar	1 año	Realizar prueba de funcionamiento de las llaves de corte.
		Limpiar las llaves de paso y lubricación del vástago. Si hay fugas en el vástago cambiar la empaquetadura.
		Limpieza de las cajas de registro.
Renovar	5 años	Limpieza de la red de agua potable debido a sedimentos producidos por el agua e incrustaciones internas (Consultar a un experto).
		Sustitución de llaves de paso, llaves de corte, válvulas de reductoras de presión degradadas.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Red de Agua Potable		<ul style="list-style-type: none"> - Rotura de tubos - Fugas - Deterioro de los anclajes de las tubería expuesta - Mal funcionamiento de las llaves de paso, llaves de chorro y demás válvulas y accesorios. - Condición de otras válvulas y accesorios - Suciedad en el tanque de almacenamiento de agua potable. - Presión de suministro insuficiente - Mal funcionamiento de la bomba(s) y el sistema hidroneumático.

Tabla N° 7

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 109 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA GRIFERÍA Y LOZA SANITARIA		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	1 mes	Revisar tapas de inodoro y sentaderos, ante rotura sustitución inmediata. Comprobar el funcionamiento de todas las piezas de los inodoros, inspección del tanque de agua.
	3 meses	Revisión general del estado de conservación y funcionamiento de la grifería y la loza sanitaria, se revisan los inodoros, mingitorios, lavatorios, fregaderos, pilas y todos sus componentes con el propósito de detectar fugas, roturas, manchas, suciedad, revisar los anclajes y deterioro general.
Limpiar	6 meses	Limpeza y eliminación de sales acumuladas en inodoros, lavatorios, orinales, etc.
Renovar	5 años	Sustitución general de llaves de control, tubos de abasto, cacheras, sifones, sentadero y tapas de inodoro por degradación de uso.
		Sustitución general de los espejos por deterioro.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Lavatorios y Fregaderos/Pilas		<ul style="list-style-type: none"> - Apariencia general, presencia de manchas, suciedad, rayadura del vitrificado u otros - Rotura/fisuras - Mal funcionamiento del sifón (Deterioro, fugas) - Mal funcionamiento de la llave de control (Deterioro, fugas) - Mal funcionamiento del tubo de abasto (Deterioro, fugas) - Mal funcionamiento de las cachera (Rotura, fugas) - Mal funcionamiento del desagüe (Deterioro, fugas) - Deterioro de los anclajes de los lavatorios.
Mingitorios		<ul style="list-style-type: none"> - Apariencia general, presencia de manchas, suciedad, rayadura del vitrificado u otros - Rotura/fisuras - Deterioro de los anclajes de los lavatorios. - Fugas - Fluxómetro: deterioro y mal funcionamiento.
Inodoros		<ul style="list-style-type: none"> - Apariencia general, presencia de manchas, suciedad, rayadura del vitrificado u otros - Rotura - Deterioro de los anclajes (elementos de fijación inodoro-piso y inodoro-tanque) - Mal funcionamiento de la válvula de entrada - Mal funcionamiento de la llave de control (Deterioro, fugas) - Mal funcionamiento del tubo de abasto (Deterioro, fugas) - Asiento y tapadera: suciedad, rotura, despegue u otros.

Tabla N° 8

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 110 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA RED SANITARIA		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	6 meses	Revisión general del estado de conservación y funcionamiento de los colectores, bajantes, cajas de registro, arquetas, trampas de grasa, con el propósito de detectar fugas y roturas, revisar los anclajes y deterioro general.
Limpiar	6 meses	Limpieza de cajas de registro y drenajes.
Renovar	5 años	Sustitución de los sumideros, bajantes y tuberías degradados.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Red sanitaria		<ul style="list-style-type: none"> - Rotura de tubos. - Fugas. - Deterioro de los anclajes de la tubería expuesta. - Mal funcionamiento y deterioro de las cajas de registro.

Tabla N° 9

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA BARANDAS Y PERSIANAS		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	6 meses	Revisión general del estado de conservación de las rejas y barandillas de acero. Inspección del funcionamiento de los elementos móviles de las persianas enrollables.
	1 año	Revisión de la condición general de funcionamiento y deterioro de las persianas. Comprobación del estado de solidez, anclaje y fijación de las barandillas y rejas.
Limpiar	6 meses	Limpieza integral de las rejas, barandillas y persianas.
Renovar	3 años	Sustitución de las cintas de las persianas enrollables.
		Engrasado de las guías y del tambor de las persianas enrollables.
		Renovación del esmalte de las barandillas de acero.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Barandillas, rejas y persianas		<ul style="list-style-type: none"> - Deterioro del anclaje y fijación de la barandillas y rejas - Corrosión de la barandillas y rejas de acero - Rotura - Deformaciones (hendiduras, golpes, pandeo). - Pintura: abombamientos, despegues, manchas, desconchados. - Mal funcionamiento y deterioro de las persianas.

Tabla N° 10

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 111 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA INSTALACIÓN ELÉCTRICA		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	1 mes	Revisión del estado y funcionalidad de los interruptores y tomacorrientes, en caso de rotura o deterioro sustitución inmediata.
		Revisión de lámparas incandescentes, LED (interiores y exteriores) y fotoceldas, detección lámparas fundidas, rotura y sujeción, en caso de presentarse sustitución inmediata.
	1 año	Verificación del estado de las conexiones de las líneas de distribución principal y secundaria, verificación de la continuidad eléctrica de la línea. En caso de deterioro reparación o sustitución inmediata.
		Revisión del estado y funcionamiento del tablero de distribución eléctrica.
		Revisión del estado de las conexiones que se encuentran a la intemperie, en caso de deterioro o mal funcionamiento reparaciones inmediatas.
	5 años	Revisión general de la instalación de salidas de voz y datos, además de la canaleta y el ducto de cableado.
Comprobación de las intensidades nominales de la instalación en relación con la sección de los ductos y revisión del correcto funcionamiento de los mecanismos de protección de las líneas.		
Revisión del estado y funcionamiento de la red de puesta a tierra.		
Limpiar	6 meses	Limpieza de los apagadores, tomacorrientes y lámparas en general.
Renovar	-	Sustitucion tras inspeccion de elementos con imperfectos
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Iluminación		<ul style="list-style-type: none"> - Rotura, despegue y suciedad de los apagadores. - Rotura y despegue de los Plafones. - Luminarias Incandescentes fundidas - Rotura y mala sujeción lámparas fluorescentes e incandescentes. - Rotura, fundición y mala sujeción de las Fotoceldas.
Instalación Eléctrica y Cableado Estructurado		<ul style="list-style-type: none"> - Mal funcionamiento, rotura y suciedad de los tomacorrientes. - Deterioro del anclaje ducto metálico para cableado estructurado. - Rotura, focos de humedad y mala sujeción de la canaleta. - Mal funcionamiento, rotura y suciedad de las salidas de voz y datos. - Rasgos de sobrecalentamiento, deterioro de la integridad física y partes faltantes del tablero de distribución eléctrico principal y secundarios.

Tabla N° 11

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 112 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA VÍAS DE METROTRANVÍA		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	1 mes	Corroborar el correcto funcionamiento de los sistemas de control de trenes y comunicaciones.
	6 meses	Revisión general del estado de conservación de las vías: se examina si existen desgastes, fisuras o roturas en rieles; se verifica si existen pérdidas de apriete en las fijaciones de durmientes; se determina si existe contaminación y degradación del balasto. Inspeccionar puentes, alcantarillas y cunetas; tomar nota de aguas estancadas a lo largo de la vía, ya que pueden indicar alcantarillas obstruidas.
Limpiar	3 meses	Corte e inhibición de malezas, tanto en las vías como en pasos peatonales.
	6 meses	Limpieza general de materiales que afecten el drenaje de las vías.
	1 año	Saneamiento de plataformas.
Renovar	3 años	Esmerilar rieles (restablecer su perfil), transponer (cambiar la cara interna del riel), o cambiar el riel.
		Renovación de durmientes.
		Sustituir la fijación dañada: toda operación relativa a las fijaciones deben conducirse de manera de no desmontar 2 cabezas de durmientes consecutivos.
		Renovar todo durmiente desguarnecido de balasto, aunque solo sea parcialmente, debe ser rebalastado el mismo día.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Rieles		<ul style="list-style-type: none"> - Roturas por fatiga - Fisuras a partir de los orificios para el abulonado - Desgaste por abrasión de partículas de balasto - Desgaste por resbalamiento de las ruedas en el arranque o frenado - Desgastes acelerados en curvas de radio reducido - Desalineamiento en curvas - Alabeo - Grietas en el alma - Roturas en el patín del riel
Durmientes		- Deterioro en la clavazón debido al paso del tranvía
Balasto		- Contaminación y degradación de las partículas por efecto de las cargas

Tabla N° 12

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 113 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	6 meses	Vigilar que no hayan fugas o infiltraciones de agua que puedan oxidar las superficies metálicas.
	1 año	Controlar el estado de la cubierta, para preservar la infraestructura de la lluvia y la salinidad.
		Evaluar la aparición de grietas, fisuras o abombamientos en techos, suelos y puertas.
	2 años	Revisión del estado de la pintura de protección.
	4 años	Ensayos no destructivos: tintas de penetración, ultrasonidos o rayos x
	5 años	Revisar todas las uniones, ya sean soldadas o abulonadas.
10 años	Completa revisión general y elaboración de un informe sobre la situación en la que se encuentra cada elemento estructural.	
Limpiar	1 año	Limpieza de superficies para evitar la acumulación de impurezas que puedan ocasionar fallas prematuras en el sistema de protección.
Renovar	3 años	Protección de los elementos, aislando la superficie con un revestimiento orgánico (pinturas o un proceso de galvanizado, como la protección catódica).
		Reparación o reemplazo de las partes deterioradas o dañadas de la estructura.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Juntas o zonas de difícil acceso	- Formación de focos de corrosión	
Estructura en general	- Deterioros causados por fuego: modificación de plasticidad y dilatación de elementos - Colapsos o deformaciones excesivas debido a lesiones mecánicas	

Tabla N° 13

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 114 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

GUÍA DE MANTENIMIENTO PARA PAVIMENTO EXTERIOR		
CICLOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO RECOMENDADOS		
Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspeccionar	1 año	Revisar el estado de sellado de juntas, verificando si se han llenado de materiales incompresibles, evitando la expansión libre del hormigón.
		Control del estado del hormigón, búsqueda de fisuras o deterioramiento del mismo.
Limpiar	1 año	En caso de existir decoloración: lavado completo con agua caliente acompañado con cepillado; si la decoloración persiste, usar solución diluida de ácido.
Renovar	6 meses	Sellado de fallas superficiales en su estado inicial de evolución y en áreas locales.
	1 año	Si existe alabeo moderado: sellar fisuras o reparación en todo el espesor, mediante la inserción de pasadores o el relleno de cavidades con grouts muy fluidos.
		Si existe fisuración (longitudinal o transversal): se debe realizar el sellado, el cosido o el reemplazo de todo el espesor, dependiendo la ubicación de las fisuras.
		Si existe escalonamiento: menor a 8 mm, realizar cepillado con disco; mayor a 8 mm, hacer reparación en profundidad total.
		Si existen levantamientos: reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor para restablecer su serviciabilidad.
DETERIOROS Y FALLAS FRECUENTES		
Pavimento en general		<ul style="list-style-type: none"> - Ampollas por sellado prematuro de la superficie - Delaminaciones por inapropiada terminación de la superficie - Empolvamiento superficial - Mapeo superficial por secado excesivo de la capa superficial - Alabeo por deficiencia en la transferencia de cargas entre losas

Tabla N° 14

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 115 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

PREVENCIÓN DE FISURAS	
HORMIGÓN FRESCO	
Tipo de fisura	Prevención
Por asentamiento plástico	<ul style="list-style-type: none"> - Emplear relaciones a/c suficientemente bajas - Emplear fibras de polipropileno que pueden reducir el asentamiento plástico de un 40% a un 70% - Colocar el hormigón primero en las secciones más profundas, y luego sobre las secciones de menor espesor - Diseñar adecuadamente los encofrados - Brindar a las armaduras un recubrimiento adecuado
Por contracción plástica	<ul style="list-style-type: none"> - Humedecer los encofrados - Hormigonar en las horas de menor temperatura - Emplear contenidos unitarios de cemento lo más bajos posible y disminuir el contenido de finos - Mantener la temperatura del hormigón baja - Crear una niebla de agua sobre la losa después de la colocación y antes del acabado - Proteger al hormigón con láminas de polietileno
HORMIGÓN ENDURECIDO	
Tipo de fisura	Prevención
Contracción por secado	<ul style="list-style-type: none"> - Minimizar el contenido de agua de la mezcla - Si es necesario trabajar con asentamientos superiores a 8 cm, utilizar aditivos superfluidificantes - Adecuado curado, lo más pronto posible - No incorporar agua en la obra - Realizar diseño de juntas para pisos - No superar los 8 metros lineales hormigonados en el mismo día en elementos que no tengan juntas previstas
Fisuración por contracción térmica inicial	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir el calor de hidratación empleando cementos BCH o con elevado porcentaje de puzolanas o escorias - Utilizar agregados con coeficientes de dilatación térmica bajos - Enfriar inicialmente el hormigón - Emplear encofrados de madera siempre humedecidos - Reducir la ganancia de calor de la radiación solar mediante nieblas de agua

Tabla N° 15

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 116 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

14.3. Inspecciones

Establecidas las frecuencias recomendadas con que un edificio se debe inspeccionar, se elaboró un formulario para recopilar datos de las fallas y deterioros de los elementos identificados en el edificio.

En este formulario se indica el tipo de elemento por inspeccionar y los deterioros más comunes que presentan, para que puedan ser revisados visualmente a modo de detectar la aparición de alguno, luego se procede a clasificar la condición del deterioro o falla (si es que existe alguna). La condición puede ser “Ninguno”, “Leve” o “Grave”, y está sujeta al criterio y experiencia del inspector decidir cómo clasificar las fallas. Estas condiciones están dadas para que se clasifique el deterioro propiamente según el grado de desarrollo de éste y la importancia que establece para que no se altere el uso normal de las instalaciones. Una vez clasificada la condición se procede a describir el porcentaje que este deterioro representa de la cantidad total inspeccionada. Así el inspector puede incluir alguna observación del problema encontrado si lo considera pertinente reportarlo.

Al final del formulario se incluye una sección para que se registre el resumen de la inspección, la cual debe indicar la condición general del elemento inspeccionado, éste se puede clasificar en “Aceptable”, “Regular” y “Deficiente”, el cuadro a continuación muestra los parámetros para asignar la condición general al elemento inspeccionado.

PÁRAMETROS DE LA CONDICIÓN DE DETERIORO	
Condición	Descripción
Aceptable	No se presenta deterioro o fallas en el elemento o estas se presentan muy leves, sin perjudicar la apariencia general de la estructura.
Regular	Se presenta deterioros o fallas de consideración, pero estos no perjudican el uso normal del edificio o la seguridad de sus ocupantes.
Deficiente	Existen fallas y deterioros graves que impiden el uso normal del edificio o ponen en riesgo la seguridad de sus ocupantes.

En el resumen de inspección se puede anotar si se requiere de alguna intervención específica, en este caso reparación, sustitución o renovación y limpieza. También si fuere del caso, debe indicar un plazo para realizar dicha inspección a fin de clasificar las urgentes de las que pueden ser programadas. Toda la información que recopila el inspector va a estar sujeta al piso y unidad inspeccionada. Estos datos junto con la fecha son importantes para llevar un control de las inspecciones y para darle seguimiento al comportamiento del edificio.

En la página siguiente, se muestra una planilla modelo en la que, dependiendo del elemento a inspeccionar, se completa la misma con los posibles deterioros o fallas que puede sufrir el elemento inspeccionado:

Registro de Inspecciones de Mantenimiento

Fecha:	Inspector:
--------	------------

Subregión:	Edificio:
------------	-----------

Detalle de la Inspección

Elemento:	Nivel a Inspeccionar:	Última Inspección :	Motivo Inspección: Inspección Periódica (Preventiva) []
Tipo:	Cantidad a Inspeccionar:	Unidad:	Solicitud de Mantenimiento (Correctivo) []

Descripción:

Deterioro/Falla	Condición del Deterioro/Falla			% Deterioro	Observaciones
	Ninguno	Leve	Grave		

Resumen de la Inspección

Condición general:	Aceptable []	Regular []	Deficiente []	Intervención Requerida:	Ninguna []	Reparación []	Sustitución/ Renovación []	Limpieza []
Plazo Intervención:	Ninguno []	Programable []	Urgente []	Indique plazo:				

Observaciones Generales:

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 118 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

14.4. Intervenciones

Una vez realizada una inspección, ésta va a determinar si el elemento requiere de alguna intervención, estas actividades pueden ser reparaciones, sustituciones, renovaciones y limpieza, al igual que combinaciones de ellas. Se elaboró un formulario para poder recopilar información de las actividades realizadas. En este se registran los bienes y servicios empleados en dicha actividad, así como la cantidad utilizada y el precio de éstos. En este formulario se debe indicar la cantidad atendida en la intervención, el piso y la fecha de la actividad. Esto al igual que el formulario de inspecciones para llevar el control y seguimiento de las actividades.

Registro de Intervenciones de Mantenimiento								
Fecha:			Responsable:					
Subregión:			Edificio:					
Detalle de la Actividad								
Elemento:		Nivel atendido:		Actividad Realizada:	Ninguna []	Reparación []		
Tipo:		Cantidad atendida:		Unidad:	Sustitución/ Renovación []	Limpieza []		
Descripción actividad:								
Artículo No.	Código Armonizado	Descripción del material o servicio empleado			Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
Resumen de la Actividad								
Tiempo utilizado en la ejecución de la actividad:			Monto total:					
Actividad realizada debido a:		Solicitud de Mantenimiento (Correctivo) []	Mantenimiento Preventivo []					
Observaciones:								

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 119 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

14.5. Implementación del plan de mantenimiento

El registro de inspecciones e intervenciones, estará a cargo, al igual que la responsabilidad de ordenar la ejecución de las mismas, del departamento de mantenimiento.

Se establece la estructura organizativa para implementar el plan de mantenimiento. Para que el plan de mantenimiento pueda ser desarrollado se definen las figuras de administrador del edificio y jefe de mantenimiento. Es importante aclarar que el administrador de edificios está enfocado en la actividad de planificación y control de las necesidades de cada edificio y es quien lleva el seguimiento del plan de mantenimiento, por otro lado, el jefe de mantenimiento es quien coordina a los técnicos para realizar las inspecciones e intervenciones necesarias para atender las necesidades de cada edificio, su labor es más operativa que de planificación. Un administrador puede contar con varios jefes de mantenimiento, o puede asignar uno por especialidad (civil, eléctrico, aire acondicionados, equipos, etc.).

FUNCIONES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	
Administrador del edificio	<ul style="list-style-type: none"> • Planificar el proceso por el cual se establecen los objetivos de trabajo. • Manejar los recursos de una forma provechosa para poder alcanzar los objetivos. • Programar las actividades que deben realizarse en cada edificio. • Evaluar las actividades de trabajo con el fin de que se realicen con orden y un propósito. • Monitorear los procesos de mantenimiento • Visualizar los objetivos alcanzados y las posibles amenazas a los proyectos para aplicar cambios a futuro.
Jefe de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar la ejecución de los trabajos de mantenimiento. • Revisar que la ejecución sea conforme con lo planificado. • Evaluar posibles conflictos que pongan en peligro el alcance de los objetivos e informarlos a la administrador • Supervisar y dirigir inspecciones de mantenimiento. • Realizar reportes de las actividades realizadas.

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 120 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

15. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

El presupuesto se llevó a cabo a través de la metodología de precios unitarios. Se calculó el costo de una unidad a construir y luego se lo multiplicó por la cantidad de cada uno.

15.1. Cómputo de materiales

COMPUTO DE MATERIALES					
N° Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Sección / Espesor	m3
1.1	Columnas				
	Hormigon	m	3164,00	0,490	1550
1.2	Columnas PB				
	Hormigon	m	550,40	0,180	99
2	Tabiques				
	Hormigon	m2	5827,36	0,500	2914
3.1	Vigas 10m				
	Hormigon	m	4730,00	0,720	3406
3.2	Vigas 5m				
	Hormigon	m	300,00	0,280	84
4.1	Losas 10m				
	Hormigon	m2	12000,00	0,300	3600
4.2	Losas 5m				
	Hormigon	m2	8000,00	0,300	2400
4.3	Losas 2SS				
	Hormigon	m2	16830,00	0,500	8415
5	Pasarella				
	Hormigon	m	394,40	2,200	868
6	Pilotes				
	Hormigon	m	1729,00	0,785	1357
	Complementos				
	Encofrado				
	Hormigon Total	m3			24693
9	Cubierta				
	Acrilico	m2	9530,00		
	Panel Solar	m2	9530,00		

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 122 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

15.3. Cómputo de acero (perfiles, tubos y cables)

En este caso la cuantificación es más detallada, ya que tenemos gran variedad de perfiles. Se consideró cada estructura de acero por separada y se calcularon los metros necesarios de cada elemento estructural.

COMPUTO DE ACERO			
Denominación	Cantidad	Longitud	Peso kg/m
Columna			
Tubo 500x500x126	21,00	14	240
Vigas Centrales			
Perfil W 24x229	20,00	10	341
Pasarela			
Viga Longitudinal (IPBv300)	8,00	50	238
Viga Longitudinal (W 10X60)	24,00	10	89
Diagonales Tipo 1 (IPBv260)	16,00	8	68
Diagonales Tipo 2 (IPBv220)	16,00	8	51
Diagonales Tipo 3 (IPBv140)	8,00	8	25
Montante Tipo 1 (IPBv260)	16,00	6	68
Montante Tipo 2 (IPBv220)	16,00	6	51
Montante Tipo 3 (IPBv140)	8,00	6	25
Reticulado			
Vigas Longitudinales (W 10X88)	23,00	10	131
Correas Centrales (Tubos 100x140x6,35)	120,00	10	22
Correas Extremas (W 14X74)	42,00	10	110
Diagonales (Tubos 140x140x12)	120,00	6	45
Cables			
Tensores cubierta (63,5mm)	80,00	97	25
Arriostramiento			
Perfil IPBv300	84,00	8	238

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 123 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

15.4. Presupuesto

Se considera la cantidad de cada material que es necesario por unidad a construir y se multiplica por la cantidad de cada uno. Además, se considera la mano de obra, equipos, máquinas, impuestos, etc.

ÍTEM: Columnas

UNIDAD DE MEDIDA: m3 1550,36

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 40	m3	1,00	\$ 18.500,00	\$ 18.500
Acero	kg	153,24	\$ 295,33	\$ 45.257
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	2,50	\$ 427,38	\$ 1.068
Clavos	kg	2,00	\$ 1.027,00	\$ 2.054
Tirantes	m	4,80	\$ 65,18	\$ 313
Subtotal Materiales				\$ 67.675
I.V.A.		21%		\$ 14.212
EQUIPOS Y MAQUINAS				\$ 3.384
				(5% materiales)
MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	4,60	\$ 549,00	\$ 2.524
Ayudante (armador)	h	6,90	\$ 504,00	\$ 3.476
Subtotal Mano de Obra				\$ 15.446
Cargas Sociales		90% Mano de Obra		\$ 13.902
TOTAL				\$ 114.619
				\$ 177.701.056

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 124 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Columnas PB

UNIDAD DE MEDIDA: m3 99,072

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 40	m3	1,00	\$ 18.500,00	\$ 18.500
Acero	kg	170,06	\$ 295,33	\$ 50.225
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	2,50	\$ 427,38	\$ 1.068
Clavos	kg	2,00	\$ 1.027,00	\$ 2.054
Tirantes	m	4,80	\$ 65,18	\$ 313
Subtotal Materiales				\$ 72.643
I.V.A.	21%			\$ 15.255

EQUIPOS Y MAQUINAS	(5% materiales)	\$ 3.632
---------------------------	-----------------	----------

MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	5,10	\$ 549,00	\$ 2.801
Ayudante (armador)	h	7,65	\$ 504,00	\$ 3.857
Subtotal Mano de Obra				\$ 16.105
Cargas Sociales	90% Mano de Obra			\$ 14.494

TOTAL			\$ 122.130	\$ 12.099.673
--------------	--	--	------------	---------------

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 125 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Tabiques

UNIDAD DE MEDIDA: m3 2913,68

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 30	m3	1,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800
Acero	kg	107,96	\$ 295,33	\$ 31.885
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	3,30	\$ 427,38	\$ 1.410
Clavos	kg	1,70	\$ 1.027,00	\$ 1.746
Tirantes	m	4,80	\$ 65,18	\$ 313
Subtotal Materiales				\$ 52.637
I.V.A.		21%		\$ 11.054
EQUIPOS Y MAQUINAS (5% materiales)				\$ 2.632
MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	3,24	\$ 549,00	\$ 1.778
Ayudante (armador)	h	4,86	\$ 504,00	\$ 2.449
Subtotal Mano de Obra				\$ 13.674
Cargas Sociales		90% Mano de Obra		\$ 12.306
TOTAL				\$ 92.303
				\$ 268.940.459

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 126 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Vigas 10m

UNIDAD DE MEDIDA:

m3

3405,6

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 30	m3	1,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800
Acero	kg	160,72	\$ 295,33	\$ 47.466
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	2,50	\$ 427,38	\$ 1.068
Clavos	kg	1,50	\$ 1.027,00	\$ 1.541
Tirantes	m	18,00	\$ 65,18	\$ 1.173
Subtotal Materiales				\$ 68.531
I.V.A.		21%		\$ 14.391
EQUIPOS Y MAQUINAS				\$ 3.427
				(5% materiales)
MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	4,82	\$ 549,00	\$ 2.647
Ayudante (armador)	h	7,23	\$ 504,00	\$ 3.645
Subtotal Mano de Obra				\$ 15.739
Cargas Sociales		90% Mano de Obra		\$ 14.165
TOTAL				\$ 116.253
				\$ 395.912.608

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 127 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Vigas 5m

UNIDAD DE MEDIDA:

m3

84

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 30	m3	1,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800
Acero	kg	132,37	\$ 295,33	\$ 39.092
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	2,50	\$ 427,38	\$ 1.068
Clavos	kg	1,50	\$ 1.027,00	\$ 1.541
Tirantes	m	18,00	\$ 65,18	\$ 1.173
Subtotal Materiales				\$ 60.157
I.V.A.		21%		\$ 12.633
EQUIPOS Y MAQUINAS				\$ 3.008
				(5% materiales)
MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	3,97	\$ 549,00	\$ 2.180
Ayudante (armador)	h	5,96	\$ 504,00	\$ 3.002
Subtotal Mano de Obra				\$ 14.629
Cargas Sociales		90% Mano de Obra		\$ 13.166
TOTAL				\$ 103.594
				\$ 8.701.879

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 128 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Losas 10m

UNIDAD DE MEDIDA:

m3

3600

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 30	m3	1,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800
Acero	kg	77,24	\$ 295,33	\$ 22.812
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	3,00	\$ 427,38	\$ 1.282
Clavos	kg	1,00	\$ 1.027,00	\$ 1.027
Tirantes	m	22,70	\$ 65,18	\$ 1.480
Subtotal Materiales				\$ 43.884
I.V.A.	21%			\$ 9.216
EQUIPOS Y MAQUINAS				\$ 2.194
(5% materiales)				
MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	2,32	\$ 549,00	\$ 1.272
Ayudante (armador)	h	3,48	\$ 504,00	\$ 1.752
Subtotal Mano de Obra				\$ 12.471
Cargas Sociales	90% Mano de Obra			\$ 11.224
TOTAL				\$ 78.988
				\$ 284.358.025

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 129 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Losas 5m

UNIDAD DE MEDIDA:

m3

2400

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 30	m3	1,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800
Acero	kg	130,29	\$ 295,33	\$ 38.479
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	3,00	\$ 427,38	\$ 1.282
Clavos	kg	1,00	\$ 1.027,00	\$ 1.027
Tirantes	m	22,70	\$ 65,18	\$ 1.480
Subtotal Materiales				\$ 59.551
I.V.A.	21%			\$ 12.506
EQUIPOS Y MAQUINAS				\$ 2.978
				(5% materiales)
MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	3,91	\$ 549,00	\$ 2.146
Ayudante (armador)	h	5,86	\$ 504,00	\$ 2.955
Subtotal Mano de Obra				\$ 14.548
Cargas Sociales	90% Mano de Obra			\$ 13.093
TOTAL				\$ 102.675
				\$ 246.419.354

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 130 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Losas 2SS

UNIDAD DE MEDIDA:

m3

8415

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 30	m3	1,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800
Acero	kg	35,55	\$ 295,33	\$ 10.499
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	3,00	\$ 427,38	\$ 1.282
Clavos	kg	1,00	\$ 1.027,00	\$ 1.027
Tirantes	m	22,70	\$ 65,18	\$ 1.480
Subtotal Materiales				\$ 31.570
I.V.A.		21%		\$ 6.630
EQUIPOS Y MAQUINAS				\$ 1.579
				(5% materiales)
MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	1,07	\$ 549,00	\$ 585
Ayudante (armador)	h	1,60	\$ 504,00	\$ 806
Subtotal Mano de Obra				\$ 10.839
Cargas Sociales		90% Mano de Obra		\$ 9.755
TOTAL				\$ 60.372
				\$ 508.033.374

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 131 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Pasarella

UNIDAD DE MEDIDA: m3 867,68

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 30	m3	1,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800
Acero	kg	199,06	\$ 295,33	\$ 58.790
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Madera de encofrado	m2	3,00	\$ 427,38	\$ 1.282
Clavos	kg	1,00	\$ 1.027,00	\$ 1.027
Tirantes	m	22,70	\$ 65,18	\$ 1.480
Subtotal Materiales				\$ 79.862
I.V.A.	21%			\$ 16.771
EQUIPOS Y MAQUINAS				\$ 3.993
				(5% materiales)
MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	5,97	\$ 549,00	\$ 3.279
Ayudante (armador)	h	8,96	\$ 504,00	\$ 4.515
Subtotal Mano de Obra				\$ 17.240
Cargas Sociales	90% Mano de Obra			\$ 15.516
TOTAL				\$ 133.382
				\$ 115.733.066

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 132 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: Pilotes

UNIDAD DE MEDIDA:

m3

867,68

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Hormigon H - 30	m3	1,00	\$ 16.800,00	\$ 16.800
Acero	kg	102,32	\$ 295,33	\$ 30.218
Alambre	kg	0,72	\$ 673,87	\$ 483
Subtotal Materiales				\$ 47.501
I.V.A.		21%		\$ 9.975

EQUIPOS Y MAQUINAS	(5% materiales)	\$ 2.375
---------------------------	-----------------	----------

MANO DE OBRA				
Oficial (hormigon)	h	1,00	\$ 595,00	\$ 595
Ayudante (hormigon)	h	1,00	\$ 428,00	\$ 428
Medio oficial (encofrado)	h	8,00	\$ 549,00	\$ 4.392
Ayudante (encofrado)	h	8,00	\$ 504,00	\$ 4.032
Medio oficial (armador)	h	3,07	\$ 549,00	\$ 1.685
Ayudante (armador)	h	4,60	\$ 504,00	\$ 2.321
Subtotal Mano de Obra				\$ 13.453
Cargas Sociales		90% Mano de Obra		\$ 12.108

TOTAL			\$ 85.412
			\$ 74.109.933

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 133 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: MOVIMIENTO DE SUELOS

UNIDAD DE MEDIDA: m3 309600

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Combustible y Mantenimientos	m3	1,00		\$ 171
I.V.A.		21%		\$ 36

EQUIPOS Y MAQUINAS				
Retroexcavadora Caterpillar 320	h	0,010	2368,421053	\$ 23
Cargadora Frontal Caterpillar 930	h	0,010	4736,842105	\$ 47
Camiones batea	h	0,010	118,4210526	\$ 1
Subtotal Equipos y Maquinas				\$ 71

MANO DE OBRA				
Choferes y Maquinistas				\$ 288
Subtotal Mano de Obra				\$ 288
Cargas Sociales		90% Mano de Obra		\$ 259

TOTAL				\$ 825
				\$ 255.455.684

ÍTEM: ESTRUCTURA DE ACERO

UNIDAD DE MEDIDA: kg 763312,00

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Acero F-24	kg	1,00	\$ 332	\$ 332
Uniones y Montaje		20% Materiales		\$ 66
Subtotal Materiales y Mano de Obra				\$ 398
I.V.A.		21%		\$ 84

EQUIPOS Y MAQUINAS				
Elevadores		2	\$ 6	\$ 13
Grua (Pluma)		1	\$ 19	\$ 19
Subtotal Equipos y Maquinarias				\$ 32

TOTAL				\$ 513
				\$ 391.823.446

Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 134 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

ÍTEM: CERRAMIENTO CUBIERTA

UNIDAD DE MEDIDA: m2 19060 3049,6

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MATERIALES				
Panel Fotovoltaico	m2	0,50	\$ 24.688	\$ 12.344
Vidrio 8mm	m2	0,50	\$ 6.320	\$ 3.160
Marcos de Acero	kg	10,24	\$ 331	\$ 3.389
Neopreno	m	2	\$ 198	\$ 316
Construccion y Colocacion	40% Materiales			\$ 7.684
Subtotal Materiales				\$ 26.893
I.V.A.	21%			\$ 5.648
TOTAL				\$ 32.540
				\$ 620.219.411

Una vez presupuestado todo, se tabularon los valores y se calcularon los honorarios.

ITEM	PRECIO	U\$S
Columnas	\$ 189.800.729	\$ 632.669
Vigas	\$ 404.614.487	\$ 1.348.715
Tabiques	\$ 268.940.459	\$ 896.468
Losas	\$ 1.038.810.754	\$ 3.462.703
Pasarela	\$ 115.733.066	\$ 385.777
Pilotes	\$ 74.109.933	\$ 247.033
Movimiento de Suelo	\$ 255.455.684	\$ 851.519
Estructura de Acero	\$ 391.823.446	\$ 1.306.078
Cubierta	\$ 620.219.411	\$ 2.067.398
SubTotal	\$ 3.359.507.969	\$ 11.198.360

HONORARIOS	PRECIO	U\$S
Anteproyecto 1%	\$ 33.595.080	\$ 111.984
Diseño estructural - Calculo 2,50%	\$ 83.987.699,23	\$ 279.959
SubTotal	\$ 117.582.779	\$ 391.943

TOTAL	\$ 3.477.090.748	\$ 11.590.302
--------------	------------------	---------------

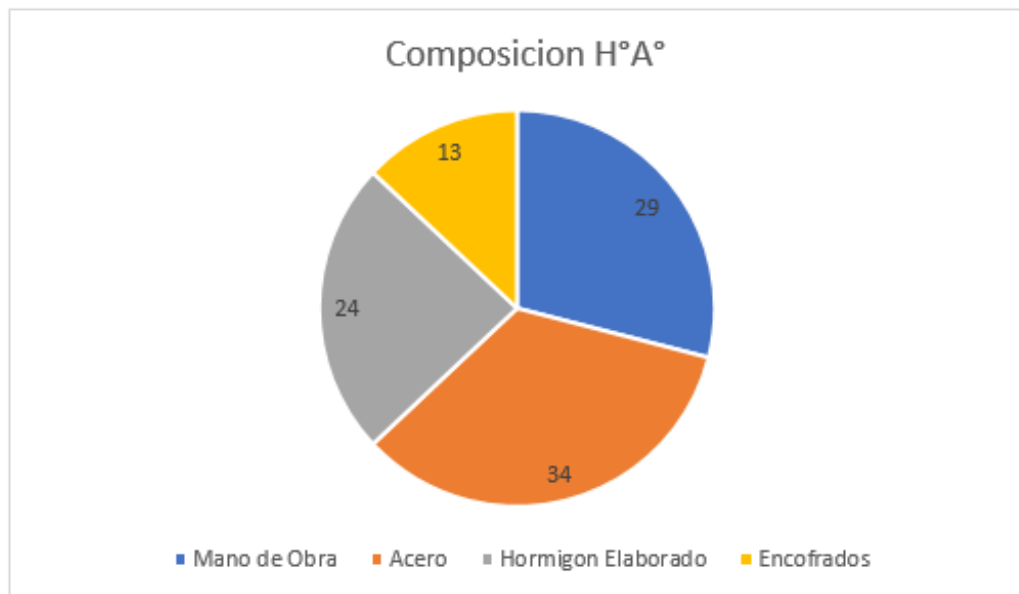
Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 135 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Adicionalmente, se calcularon valores que nos ayudan a tener noción de ciertos parámetros:

- Valores índices por metro cubierto de superficie:

VALORES INDICE	PRECIO	U\$S
Precio por metro cuadrado cubierto	\$ 77.269	\$ 258
Costo de e. de acero por metro cubierto	\$ 8.707	\$ 29
Costo de H°A° por metro cubierto	\$ 46.489	\$ 155
Costo cubierta por metro cubierto	\$ 13.783	\$ 46
Costo honorarios por metro cubierto	\$ 2.613	\$ 9

- Porcentaje de las composiciones del hormigón armado:



- Incidencia por cada ítem de la construcción:

Incidencia por ítem	
Columnas	5%
Vigas	12%
Tabiques	8%
Losas	30%
Pasarela	3%
Pilotes	2%
Movimiento de Suelo	7%
Estructura de Acero	8%
Cubierta	18%
Honorarios	3%

- Incidencia por cada ítem de la construcción (gráfico):



Diseño Estructural 2022	Proyecto de Terminal Multimodal	Grupo N° 2 Página 137 de 137
----------------------------	---------------------------------	---------------------------------

16. CONCLUSIONES

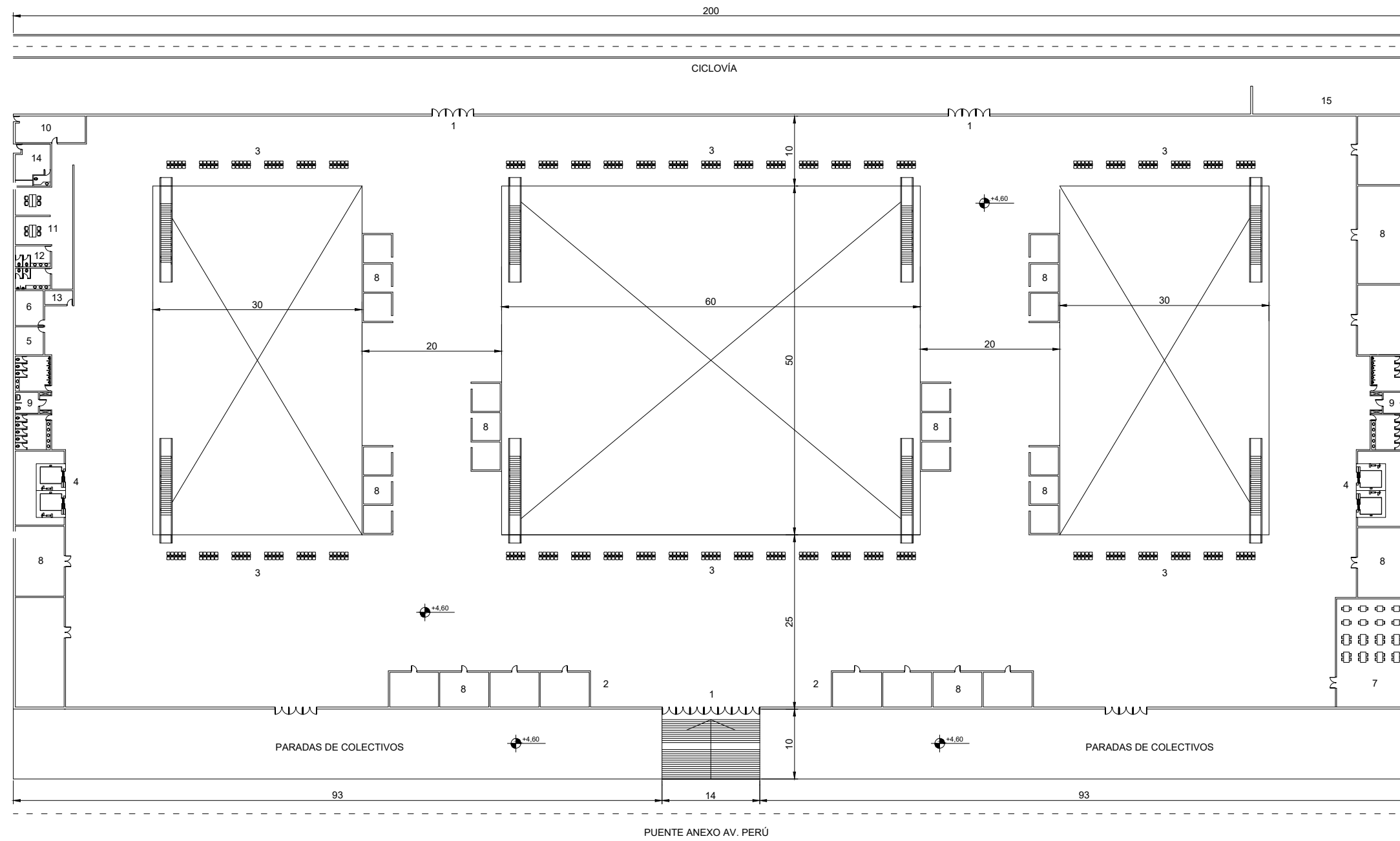
Entre las conclusiones que se pueden salvar de este trabajo, se destacan las siguientes:

Es importante que haya una constante retroalimentación entre arquitectura e ingeniería, dado que cada vez que surgía un problema o una alternativa en el diseño de la estructura se debía cambiar la arquitectura correspondiente, pudiendo afectar en aspectos que generaban otras modificaciones.

Debe hacerse un correcto análisis de la distribución de las actividades en el tiempo, para que estas puedan ser cumplidas tal como se planean. Un cambio en el cronograma de trabajo puede causar problemas en la organización y en el desarrollo de un trabajo, sobre todo si se trata de proyectos importantes como en este caso.

Relacionado con el tema anterior, se resalta que debe haber una buena delegación de los trabajos entre los integrantes del grupo, de manera que el desarrollo del proyecto se realice de la forma más continua posible. Además, es importante el intercambio entre compañeros para poder revisar y aprender de las dudas, errores y soluciones que van surgiendo.

Por último, se destaca que en este trabajo se pudo hacer el diseño de varios elementos estructurales, de distintas características y comportamientos. Esto nos permitió aplicar de forma global y en una estructura completa varios conceptos y temas vistos a lo largo de toda la carrera.

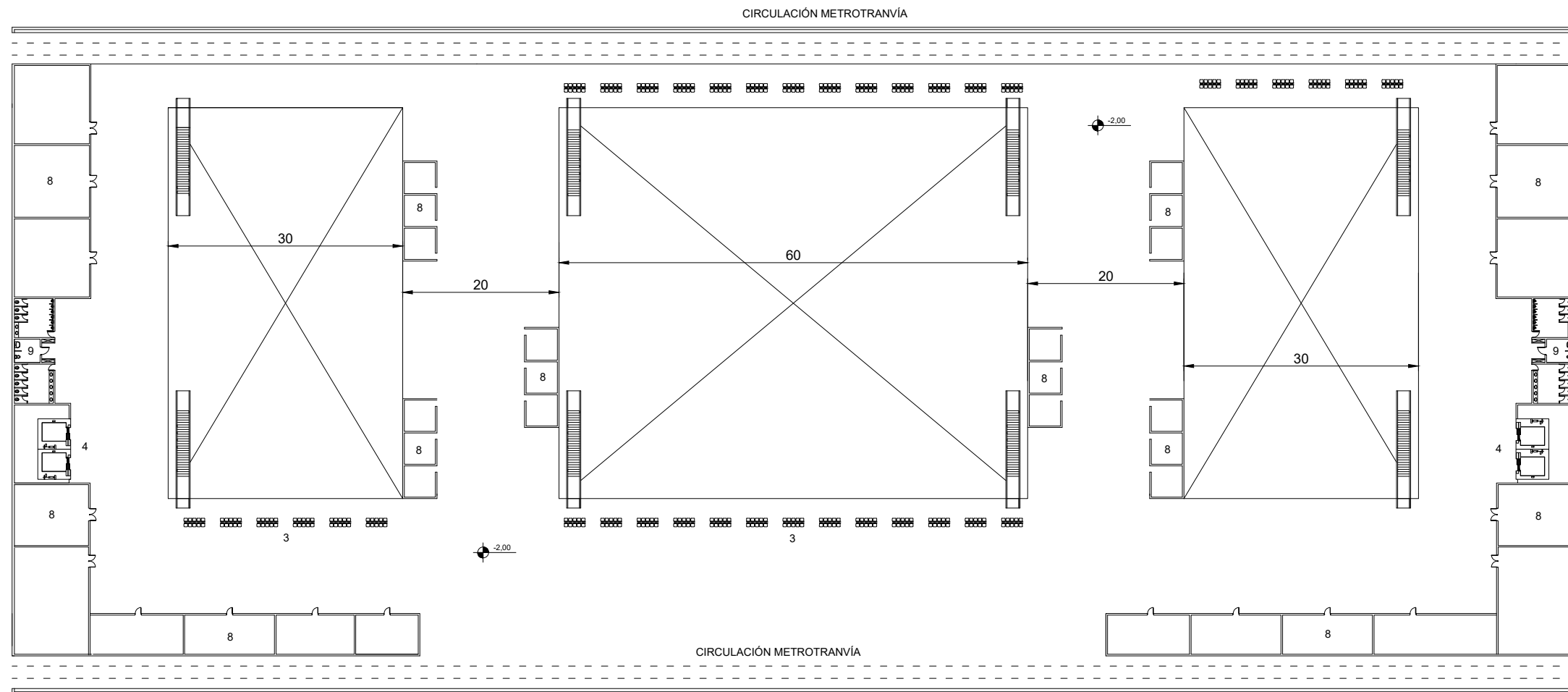


REFERENCIAS

- 1) Ingreso
- 2) Atención al público / Inf. turística
- 3) Área de espera
- 4) Ascensores
- 5) Casilleros para valijas
- 6) Sala de primeros auxilios
- 7) Café / Bar
- 8) Locales comerciales
- 9) Sanitarios públicos
- 10) Sala de mantenimiento
- 11) Oficinas administrativas
- 12) Sanitarios para personal
- 13) Depósito de limpieza
- 14) Sala de estar y descanso p/choferes
- 15) Estacionamiento de bicicletas

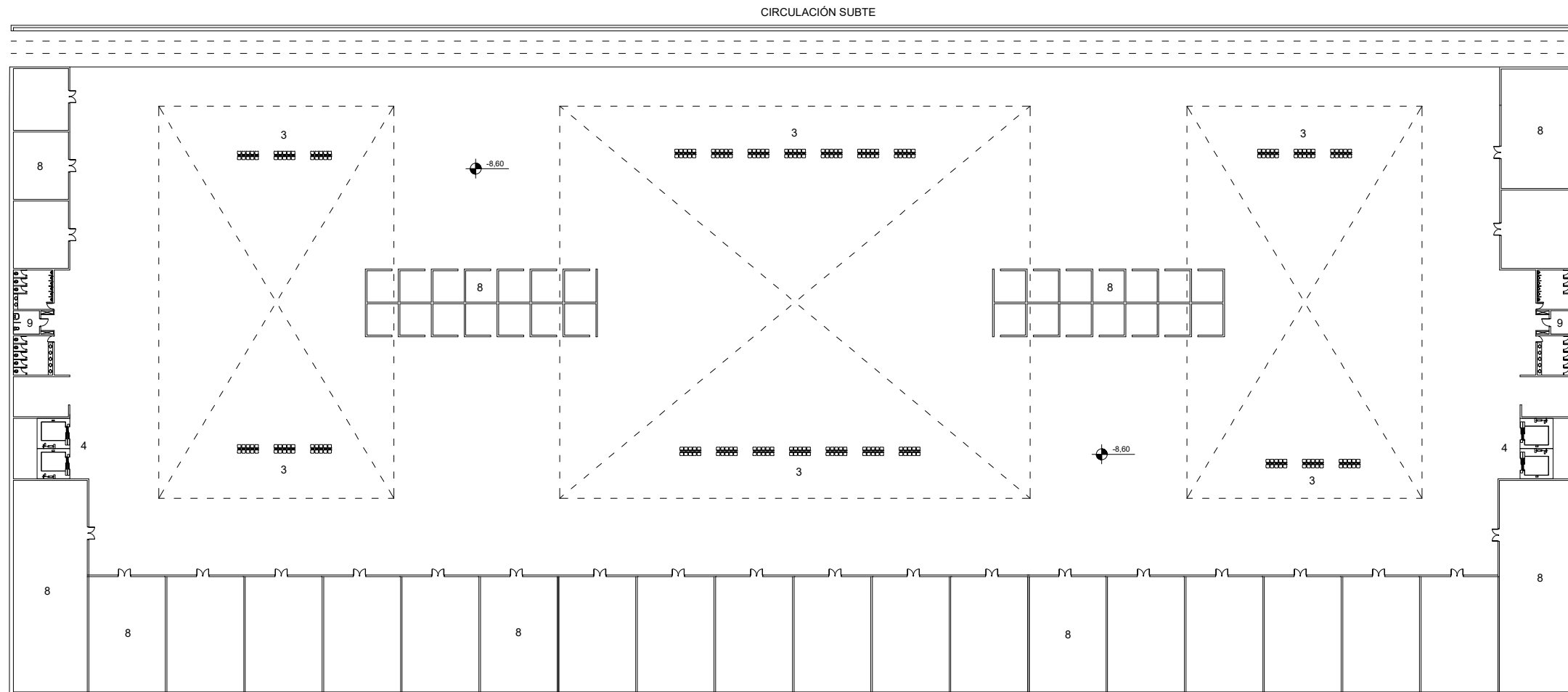
PLANTA BAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
DISEÑO ESTRUCTURAL	
Proyecto de Terminal Multimodal	
Grupo: Gastón López Tomás Mirchak Álvaro Navarro	1

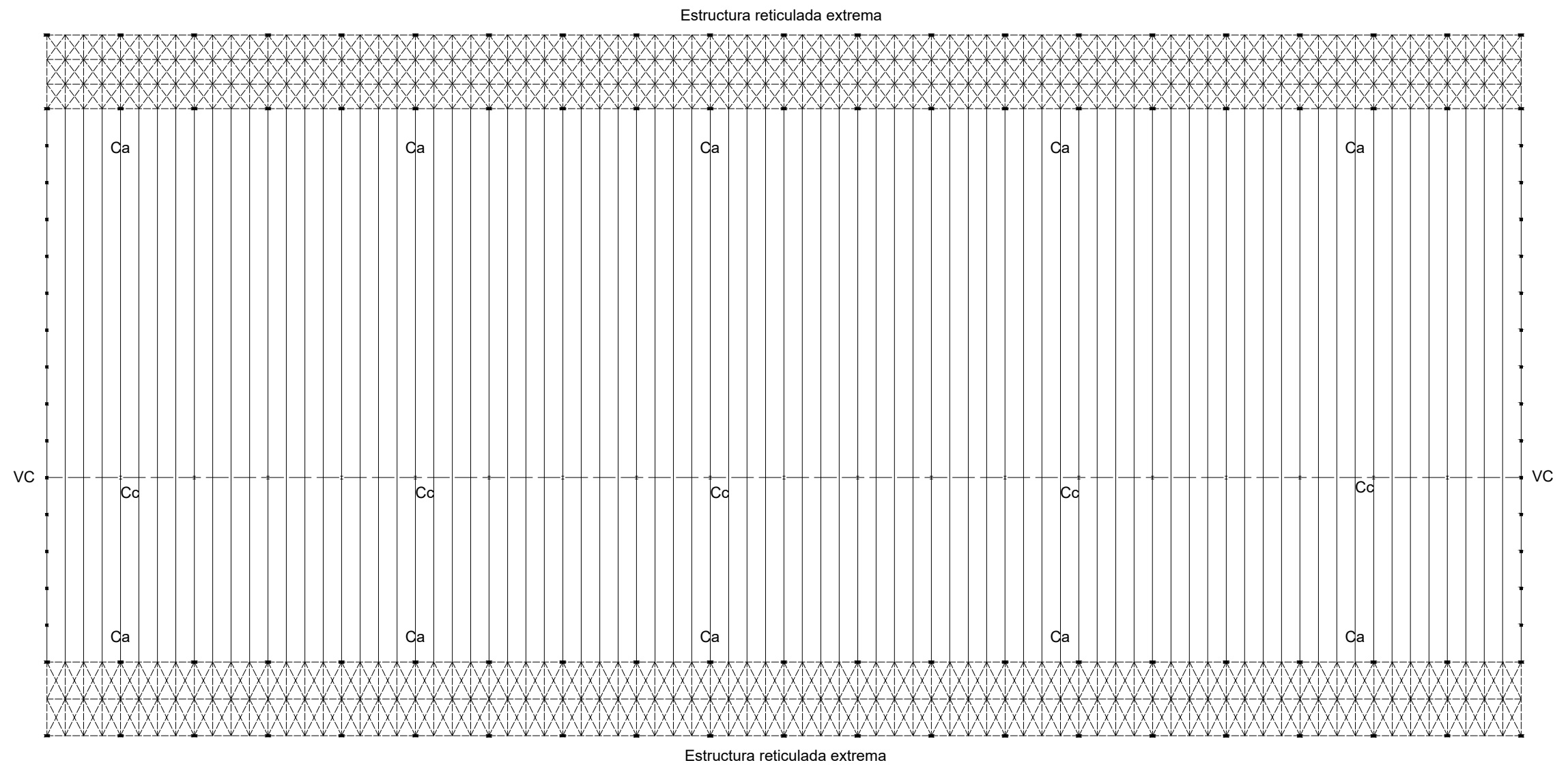


1° SUBSUELO

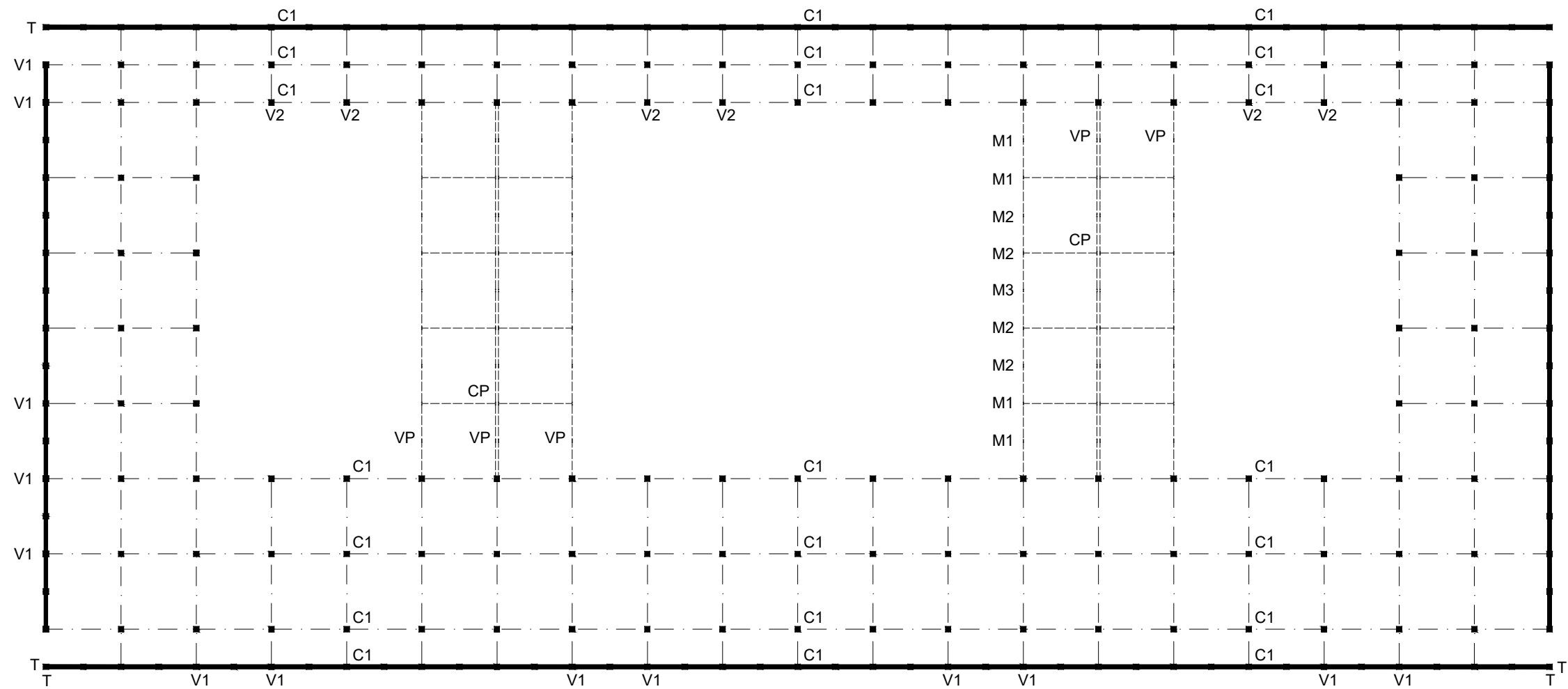
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
DISEÑO ESTRUCTURAL	
Proyecto de Terminal Multimodal	
Grupo:	Gastón López Tomás Mirchak Álvaro Navarro
	2



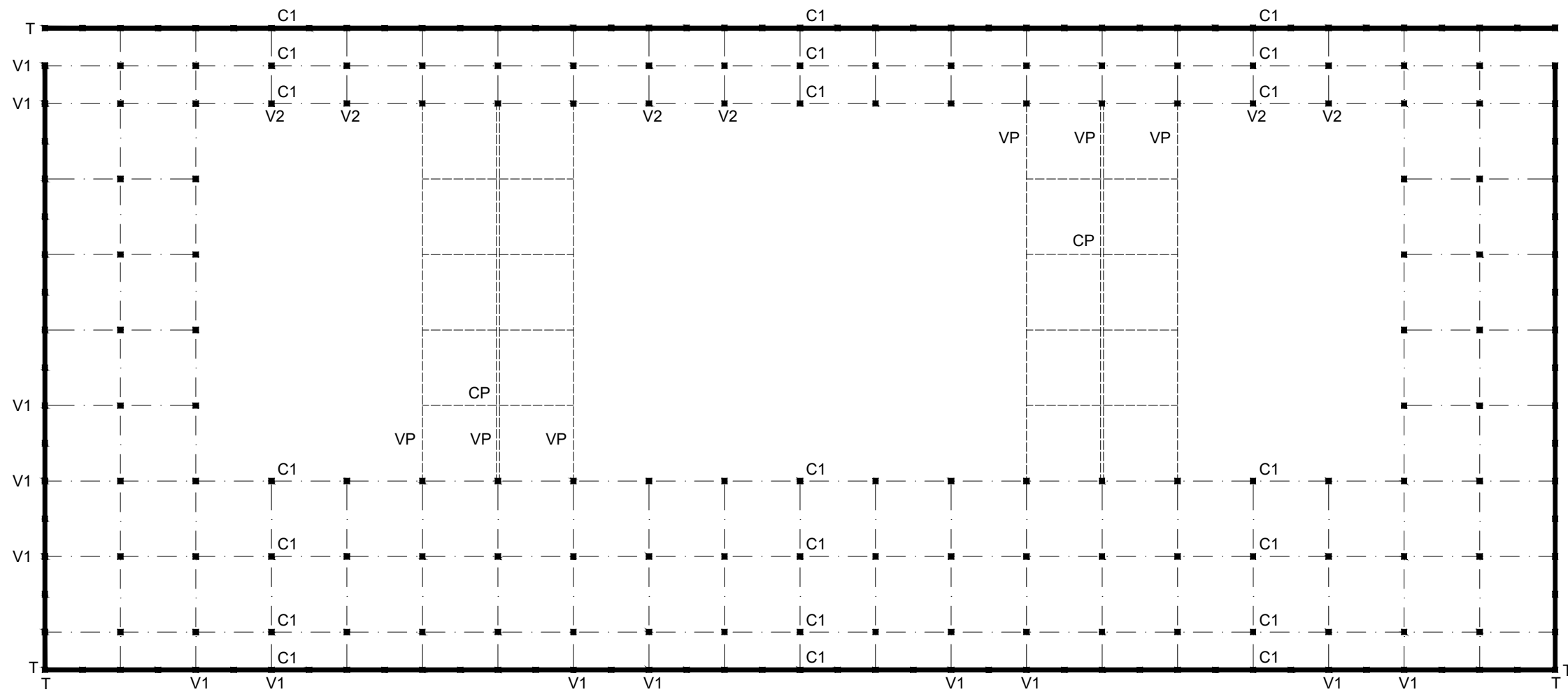
2° SUBSUELO



PLANTA BAJA



1° SUBSUELO



2° SUBSUELO