Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

Ampliación Planta Industrial Rafaela

Provincia de Santa Fe

ESTUDIANTES

Boidi De Ponti, Francisco	B-6374/6
Cipollone, Mercedes	C-7023/8
Paván, Álvaro	P-4702/3
Zamora, Sofía	Z-1174/6

DIRECTORES:
Ing. Fideleff, Horacio
Inga. Luque, Analía

ASESORES:
Ing. Oliva, Emmanuel
Dr. Ing. Raffaelli, Juan Pablo
Dra. Inga. Portapila, Margarita
Ing. Raúl Navarro
Arq. Cervera, Cristina

Trabajo presentado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de
Ingeniero Civil

Febrero 2026

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN....4
2. OBJETIVOS....5
2.1 OBJETIVO GENERAL....5
2.2 OBJETIVOS PARTICULARES....5
2.3 DISCIPLINAS PRINCIPALES....5
3. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE LA OBRA....6
3.1 UBICACIÓN....6
3.2 EMPRESA THERMOFIN SUDAMÉRICA S.A....7
3.3 INFORMACIÓN RECOPILADA....9
3.3.1 Campaña de Relevamiento Topográfico....9
3.3.1.1 Relevamiento Topográfico....9
3.3.1.2 Observaciones del Relevamiento....10
3.3.2 Estudio de suelos....11
Características generales del suelo....11
Fundaciones recomendadas....12
3.3.3 Estructura existente....13
4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA NAVE INDUSTRIAL....15
4.1 ASPECTOS GENERALES....15
4.2 REGLAMENTACIÓN UTILIZADA....16
4.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO E HIPÓTESIS DE CÁLCULO....17
4.4 DETERMINACIÓN DE ACCIONES....21
4.4.1 Cargas Permanentes (Dead -D)....21
4.4.2 Cargas Vivas (Live - L)....21
4.4.3 Cargas de viento (Wind - W)....22
4.4.3 Sobrecargas de techo (Roof Live - Lr)....23
4.4.4 Combinaciones de cargas}....23
4.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL....23
4.6 RESUMEN DE RESULTADOS....27
4.6 FUNDACIONES....33
4.7 REPRESENTACIÓN GRÁFICA....37
5. ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE IMPLANTACIÓN....40
5.1 DETERMINACIÓN DE LA CUENCA DE APORTE....41
5.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA....44
5.3 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO....45
5.4 CAUDAL MÁXIMO ADMISIBLE....46
5.5 SITUACIÓN PRE INTERVENCIÓN....47
5.6 SITUACIÓN POST INTERVENCIÓN....50
5.6.1 Introducción al Problema y Verificación Normativa....50
5.6.2 Metodología de diseño....51
5.6.3 Hipótesis de proyecto....53
5.6.4 Análisis de resultados....54

6. DISEÑO DE LA CIRCULACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL.....57
6.1 DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL..... 57
6.2 JUNTAS.....61
6.3 Circulación vehicular.....64
7. INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL.....66
7.1 ODS QUE CONTEMPLA EL PROYECTO..... 66
7.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL.....68
7.2.1 Medidas de mitigación propuestas por la empresa..... 68
7.2.2 Medidas de mitigación adicionales.....70
8. CONCLUSIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....71
9. BIBLIOGRAFÍA.....73
10. PLANOS.....75
11. ANEXOS.....94
Anexo G01 - Nivelación.....95
Anexo H01 - Análisis Hidráulico..... 97
Anexo V01 - Verificación de Espesores del Pavimento.....126
Anexo E01 - Plano del Puente Grúa.....130
Anexo E02 - Análisis de Cargas de Viento.....132
Anexo E03 - Dimensionamiento nave industrial.....144

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe aborda el desarrollo de una propuesta de Ingeniería Civil, basado en la ampliación de una Planta Industrial de la Ciudad de Rafaela, Provincia de Santa Fe - Argentina. En la Figura 1 y en el Plano G01 - Ubicación de proyecto, se observa la ubicación respecto de la provincia y de la ciudad.

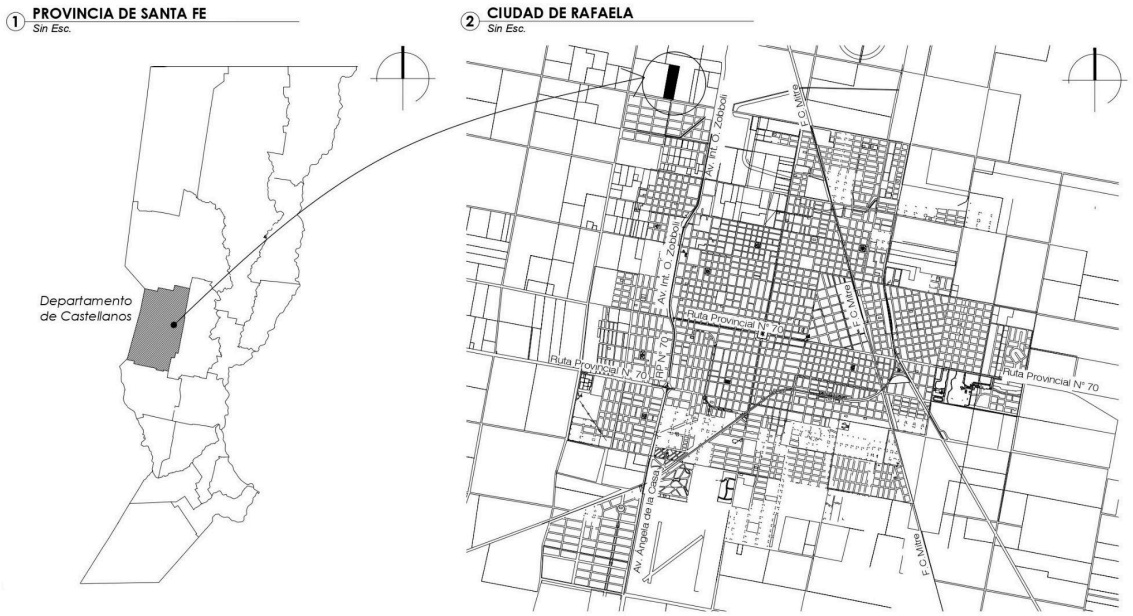


Figura 1: Ubicación del proyecto respecto a la ciudad de Rafaela y a la Pcia. de Sta. Fe.
Fuente: Elaboración propia.

El proyecto se enmarca dentro de un nuevo plan de crecimiento de la empresa Thermofin Sudamérica S.A., dedicada a la fabricación de equipos de transferencia de calor. La propuesta contempla la ampliación de la superficie cubierta con el objetivo de acompañar la expansión productiva prevista por la empresa y garantizar la continuidad operativa de la empresa.

En el aspecto estructural, el trabajo aborda el análisis y diseño de una nueva nave metálica, que se implantará a escasa distancia de las naves existentes, previendo su posible integración futura en un único conjunto edilicio. Este desarrollo incluye el estudio geotécnico del terreno y el diseño de las fundaciones más adecuadas según las características del suelo.

Desde el punto de vista hidráulico, se lleva a cabo el análisis hidrológico e hidráulico del predio y la adecuación del sistema de drenaje pluvial, ajustado a los requerimientos de la normativa municipal y provincial vigente. Además, se proyecta la circulación vial interna del complejo industrial y se incorpora la dimensión ambiental, aplicando criterios de sostenibilidad y mitigación del impacto hídrico y operativo.

De esta manera, como se muestra en la Figura 2 y en el Plano G02 - Implantación, el proyecto propone una solución técnica integral y viable, que garantice la seguridad estructural, la funcionalidad industrial y la eficiencia hidráulica, asegurando al mismo tiempo la compatibilidad con las instalaciones existentes y el cumplimiento de la normativa aplicable.

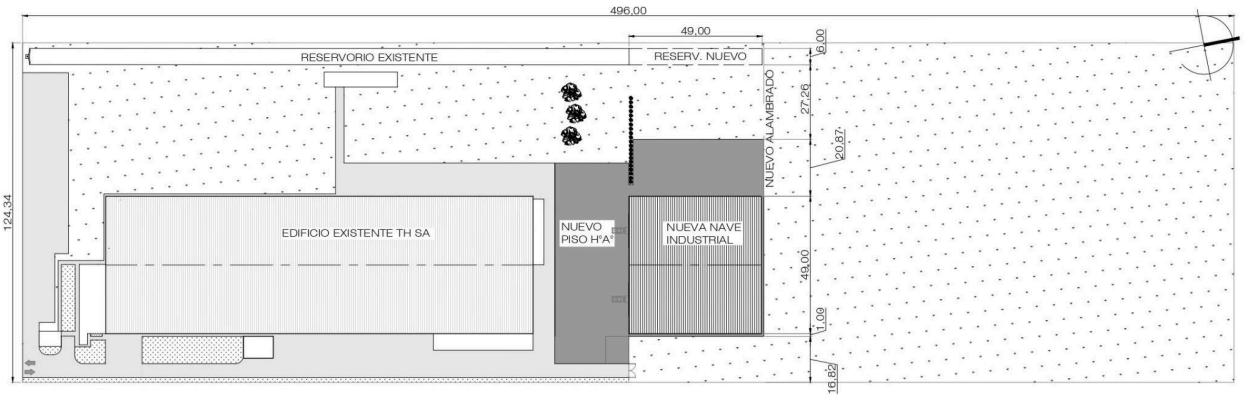


Figura 2: Predio de Thermofin Sudamérica SA - Rafaela, Sta. Fe.
Fuente: Elaboración propia.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una solución para la ampliación de una planta industrial en la ciudad de Rafaela que contemple la correcta funcionalidad de la misma y la dimensión ambiental.

2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Proyectar la ampliación de la planta industrial, incorporando conceptos de innovación tecnológica y ambientales.
- Diseñar la circulación vial interna del predio, definiendo la estructura del pavimento.
- Diseñar un sistema de drenaje superficial, que cumpla con los requerimientos y normativas del Municipio de Rafaela.
- Plantear medidas de mitigación de impactos negativos vinculados con el proyecto.

2.3 DISCIPLINAS PRINCIPALES

Para el desarrollo integral del presente proyecto, se ha definido un abordaje multidisciplinario que permite cubrir los aspectos técnicos, funcionales y ambientales necesarios. A continuación, se detallan las disciplinas principales que conforman el eje del estudio:

- Layout General
- Análisis Hidrológico - Hidráulico
- Análisis Circulación de vehículos
- Análisis Estructural (metálico)
- Fundaciones
- Aspectos Ambientales

3. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE LA OBRA

3.1 UBICACIÓN

Como se comentó en la introducción, la planta industrial del presente proyecto, se encuentra ubicada en la ciudad de Rafaela, localidad del centro oeste de la provincia de Santa Fe, Argentina, cabecera del departamento Castellanos. En la Figura 3 se puede observar la ubicación de este último dentro de la provincia. Su superficie total es de 156,6 km2 (15.660 Has.).

Figura 3: Ubicación de la Ciudad de Rafaela - Departamentos de Castellanos.
Fuente: Documento de la Municipalidad de Rafaela, Septiembre 2006.

Rafaela está inserta en la región pampeana agroganadera e industrial que concentra la mayor parte de la población de Argentina y donde se desarrollan las actividades económicas de mayor relevancia. Su ubicación estratégica la sitúa en un punto central con relación a importantes centros urbanos del país. Conforme a lo expuesto en la Figura 4, Rafaela se

encuentra aproximadamente a 100 kilómetros de la capital provincial, 230 km de la ciudad de Rosario, 530 km de la Capital Federal y 320 km de Córdoba.

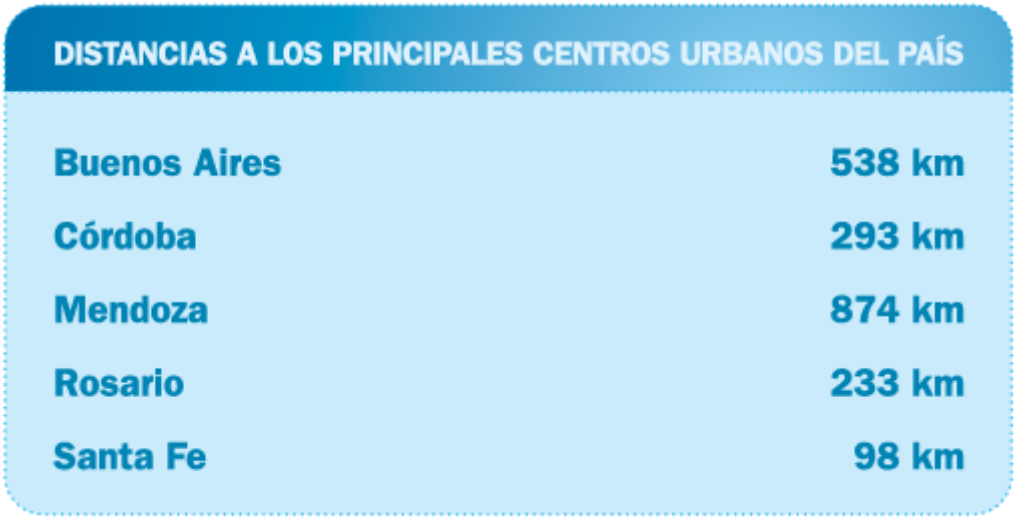


Figura 4: Distancias de Rafaela a los principales centros urbanos del país.
Fuente: Documento de la Municipalidad de Rafaela, Septiembre 2006.

3.2 EMPRESA THERMOFIN SUDAMÉRICA S.A.

Thermofin es una empresa dedicada al diseño, fabricación y comercialización de productos de transferencia de calor de alta calidad. Fue fundada en 2002 en Reichenbach, Alemania, por Bernd Loeffler, y desde entonces ha expandido sus operaciones a nivel global, consolidándose como proveedora de clientes en distintos continentes.

En 2008 se constituyó Thermofin Sudamérica S.A. en la ciudad de Rafaela, en asociación con la familia Szewc, con reconocida trayectoria en el rubro de la refrigeración a través de Frío Raf S.A. Inicialmente, la filial operó en una planta de pequeña escala, que con el tiempo fue objeto de sucesivas ampliaciones debido al crecimiento sostenido de la demanda.

En 2018 se habilitó un complejo industrial de 6 hectáreas, ubicado frente al Parque de Actividades Económicas de Rafaela (PAER) [5]. En las Figuras 5 y 6 se observa la ubicación de la misma y su ingreso. Esta instalación significó un incremento en la capacidad operativa de la empresa, orientada principalmente al mercado sudamericano, aunque también participa en otros destinos internacionales en colaboración con la casa matriz.

La producción local se centra en intercambiadores de calor aletados con tubos de acero inoxidable, destinados a procesos industriales vinculados con el almacenamiento de frutas, procesamiento de carnes, pescados y productos lácteos. Actualmente, entre un 65% y un 70% de la producción se destina a la exportación, con énfasis en América Latina. (Datos obtenidos del portal de noticias PuntoBiz [6]).

En función de la evolución de sus operaciones, la empresa definió un plan de crecimiento por etapas. La primera fase permitió aumentar la capacidad productiva mediante el lanzamiento de una nueva línea de productos, lo que representó un incremento del 30% en las ventas durante el primer año. La segunda etapa, concretada en 2023, incorporó una ampliación edilicia contigua al predio de 2018, reforzando la capacidad productiva y consolidando la presencia regional. En la presentación de esa etapa, como se especifica en el portal de noticias PuntoBiz [7], Fernando Szewc, ejecutivo que comanda las operaciones de Thermofin en Argentina, planteó que “La progresiva instalación de maquinaria para ampliar la producción llegará de Asia y Europa y con ella el plan de incrementar un 15% el plantel de empleados que hoy en día está en una base de 50 operarios”.

Finalmente, la tercera etapa, prevista para 2025, contempla la ampliación de la superficie cubierta y de la capacidad instalada con el fin de acompañar la proyección de crecimiento a mediano plazo.

El proyecto actual se enmarca en esta tercera etapa de expansión, constituyendo la base para la planificación, diseño y dimensionamiento de las obras necesarias para responder a las futuras exigencias de producción.

Figura 5: Ubicación Thermofin Sudamérica SA, en Rafaela.
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6: Thermofin Sudamérica SA.
Fuente: Portal de noticias "PuntoBiz", diciembre 2022.

3.3 INFORMACIÓN RECOPILADA

3.3.1 Campaña de Relevamiento Topográfico

3.3.1.1 Relevamiento Topográfico

El día 11 de octubre de 2025 se realizó un relevamiento topográfico del terreno correspondiente al área de estudio. La campaña de medición se llevó a cabo utilizando un nivel óptico y una regla graduada, instrumentos que permitieron obtener niveles con precisión milimétrica. En la Figura 7 se observan a los integrantes del equipo de proyecto realizando la nivelación del Perfil Transversal 1 del reservorio existente que se puede observar en la Figura 2.

Figura 7: Nivelación Perfil Transversal 1.
Fuente: Elaboración propia.

Como punto fijo se adoptó la cota intra uno del conducto de descarga del reservorio existente, considerándose éste como punto de partida para todas las mediciones. A partir de dicho punto se ejecutaron perfiles transversales en 3 (tres) secciones del reservorio, definiendo además puntos de paso intermedios con el fin de permitir la conexión entre los perfiles y una correcta representación del relieve interno. Asimismo, se determinó el nivel aguas arriba del reservorio, lo que permitió definir la pendiente longitudinal total del mismo.

Posteriormente, se relevaron niveles en puntos de interés vinculados con la futura ampliación del sistema, entre los cuales se incluyeron: el terreno natural en la zona donde se emplaza la nave existente, el pavimento actual, y el límite del predio en correspondencia con el alambrado perimetral.

También se midieron niveles en las cunetas adyacentes, con el objetivo de determinar el sentido de escurrimiento y evaluar las condiciones de drenaje superficial, incluyendo la cota de intradós de uno de los orificios de salida.

En el Anexo G01 - Nivelación se adjunta la planilla de niveles obtenidos, mientras que en el Plano G03 - Nivelación se presentan los perfiles transversales y la ubicación de los puntos nivelados.

3.3.1.2 Observaciones del Relevamiento

Durante la ejecución del relevamiento se detectaron ciertas particularidades del terreno que podrían requerir una evaluación técnica complementaria.

En primer lugar, se observó que el punto más bajo del reservorio se encuentra aproximadamente en la mitad de su longitud, y no en el punto de descarga, como sería óptimo para un correcto escurrimiento.

Además, se constató la presencia de agua estancada en una de las cunetas, como se muestra en la Figura 8, situación que podría deberse a inconvenientes constructivos en la alcantarilla continua, los cuales restringen el flujo del agua e impiden el drenaje adecuado hacia el punto de descarga.

Figura 8: Presencia de agua en cuneta.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Estudio de suelos

Según un sondeo geotécnico, realizado por Ing. Marco A. Boidi en agosto de 2014 [4], en el predio de Thermofin, se determinaron las características físico-mecánicas del subsuelo y se establecieron los parámetros resistentes para diseñar las fundaciones de una nave industrial.

Características generales del suelo

Los sondeos alcanzaron una profundidad de 12 m, ejecutándose el ensayo SPT (Figura 9), y un análisis de laboratorio (límites de plasticidad, clasificación SUCS, compactación y DCP).

Prof (m)	SPT1 (golpes)
-1	2
-2	1
-3	2
-4	5
-5	9
-6	5
-7	5
-8	10
-9	7
-10	6
-11	8
-12	10

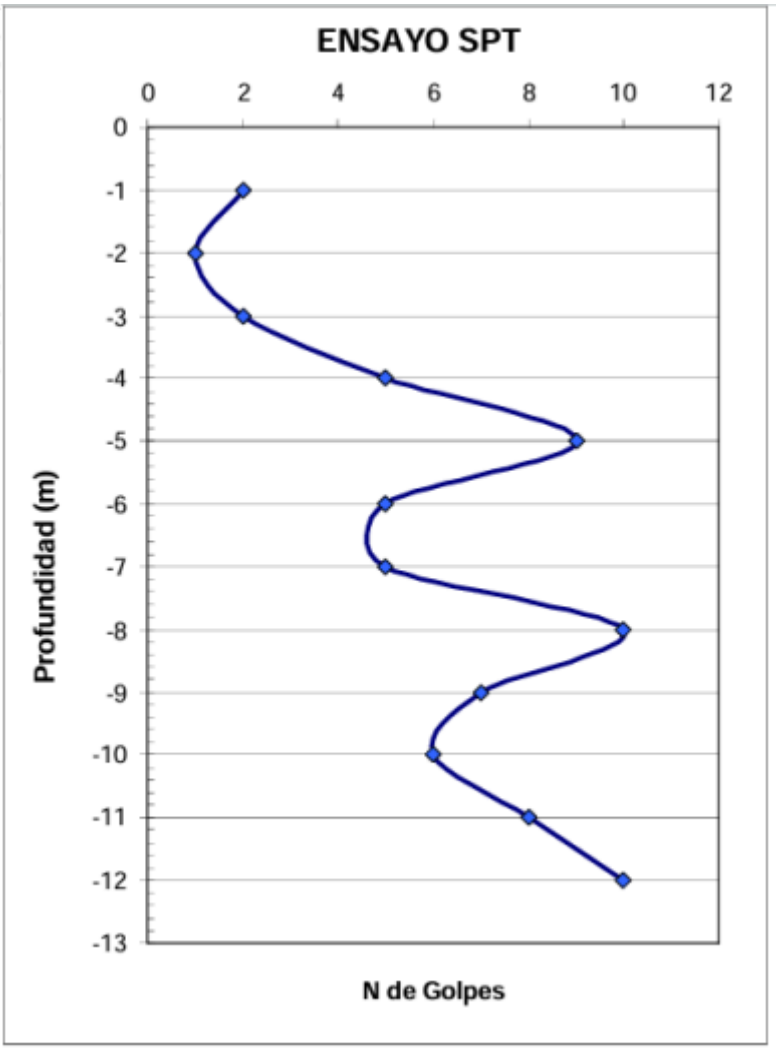


Figura 9: Resultados del Ensayo SPT.
Fuente: Informe Sondeo Geotécnico - GEOTECNIA y CIMIENTOS S.A. - agosto 2014.

- Geología local: suelos de la Formación Pampeana, constituidos por limos y arcillas cuaternarias.
- Nivel freático: detectado a –**1,00 m** respecto del nivel del terreno natural.

- Ensayo de compactación de suelos - VN-E5-93, se obtuvo la densidad seca máxima y la humedad óptima (Figura 10).

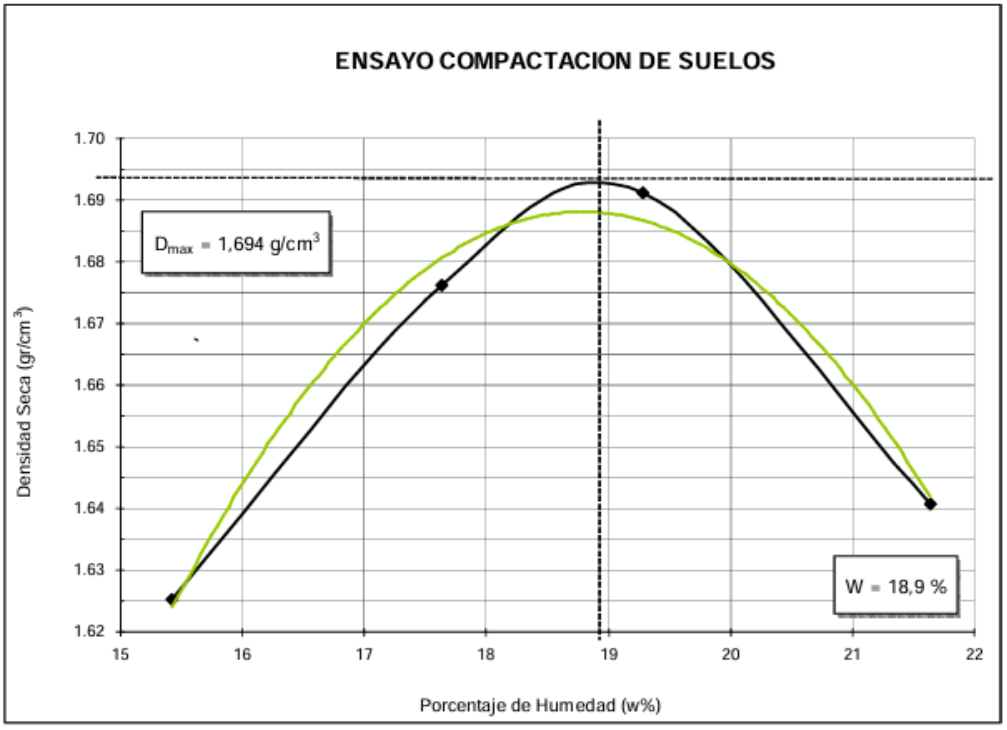


Figura 10: Densidad seca máxima y Humedad óptima según Ensayo VN-E5-93.
Fuente: Informe Sondeo Geotécnico - GEOTECNIA y CIMIENTOS S.A. - agosto 2014.

En conclusión, el subsuelo se caracteriza por un estrato superficial blando y compresible, sobre un estrato más competente a mayor profundidad, lo que condiciona el tipo de fundaciones a utilizar.

Fundaciones recomendadas

En función de los resultados obtenidos, se recomiendan dos alternativas de fundación:

1. Fundaciones superficiales

   Nivel de fundación –0,60 m

   Zapatas corridas, ancho máximo 60 cm » Tensión admisible 4.00 ton/m2.
   Zapatas aisladas máxima dimensión 1 m x 1 m » Tensión admisible 5,00 ton/m2.

2. Fundaciones profundas (pilotes)

   La fundación óptima, en relación al tipo de suelo más compacto a partir del nivel –3,50 m es la compuesta por pilotes de HºAº. Se recomienda una longitud mínima de 12 m. Esta solución logra transmitir las cargas a los estratos más resistentes con

asentamientos despreciables. Las tensiones admisibles por fricción se observan en la Tabla 1.

Tabla 1: Tensiones admisibles para pilotes de longitud mínima 12 m.
Fuente: Informe Sondeo Geotécnico - GEOTECNIA y CIMIENTOS S.A. - agosto 2014.

Profundidad	Tens. Adm. Fricción(1) [T/m2]
De –1,00 a –4,00 m	1,00 (1) (Compresión)
De –4,00 m a –12,00 m	2,70(1) (Compresión)

Tensión admisible por punta: Para considerar la carga por punta en el pilote es necesario, asegurar la limpieza del fondo de la excavación. En este caso, de acuerdo a la fórmula de Decourt - Cuaresma (1995), considerado Nspt = 7 golpes para 10 m de profundidad, y un coeficiente de seguridad de 4.

Tensión admisible por punta a profundidades superiores a -10 m = **17.5 Ton/ m2**.

3.3.3 Estructura existente

De acuerdo a la Memoria de Cálculo “Nave Industrial Thermofin” [3], realizada por GEOTECNIA y CIMIENTOS S.A., se conoce que en el lote se encuentra una estructura de acero, que tiene como objetivo cubrir la superficie de uso y brindar la capacidad necesaria para la circulación de los puentes grúas que se requerirán para la operación.

La estructura se compone de 2 naves longitudinales de 24,60 m de luz cada una y una longitud total de 59,30 m. En el otro sentido, se encuentran 13 módulos de pórticos principales de 12,00 m de luz, dando una longitud total de 156,00 m. Esto permite mayor paso entre ambas naves, lo que obliga a la disposición de una viga de apeo central en la cumbrera. Tanto los pórticos como las vigas de apeo se diseñan en base a perfiles W con calidad de acero A572-G50 (F36).

En sentido transversal la estabilidad frente a esfuerzos horizontales se logra en forma combinada con el accionar de cada uno de los pórticos principales y la colaboración de los arriostramientos verticales dispuestos en los frontis de la nave. Al estar la cubierta arriostrada, parte de los esfuerzos horizontales actuantes en sentido transversal se transportan hasta los sistemas de arriostramientos ubicados en los ejes 1 y 11.

Las vigas carrileras ubicadas sobre los ejes laterales son de 6m de luz y se materializan mediante perfiles laminados de sección W. Al ser la luz menor a 6m, la viga se diseña sin considerar arriostramiento lateral para contener los esfuerzos de frenado transversal. En

cambio, las vigas carrileras ubicadas sobre el eje central se vinculan entre sí mediante diagonales conformando un reticulado plano a nivel del cordón superior, lo que permite tomar la acción del frenado mediante esfuerzos normales resultantes en las alas superiores de las carrileras. Además, este reticulado garantiza la estabilidad lateral de las alas comprimidas.

En la Figura 11 se muestra la primera etapa de construcción del edificio, donde se construyeron los primeros 5 módulos de pórticos principales, sumando una longitud total de 60,00 m. Posteriormente se fueron adicionando los demás módulos, llegando a la longitud total actual de la nave, de 156,00 m. En la Figura 12 se aprecia un módulo completo conformado por dos pórticos principales y uno secundario.

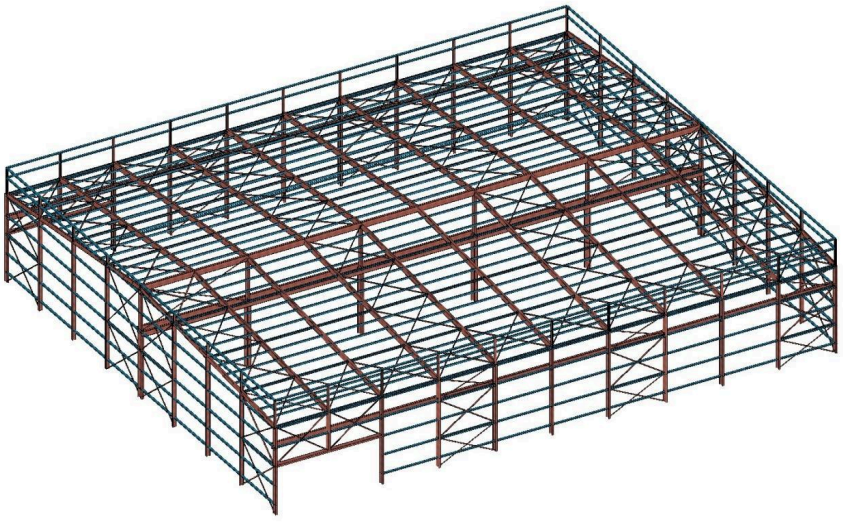


Figura 11: Esquema estructural general.
Fuente: Memoria de Cálculo "NAVE INDUSTRIAL THERMOFIN" - GEOTECNIA y CIMIENTOS S.A. - julio 2014.

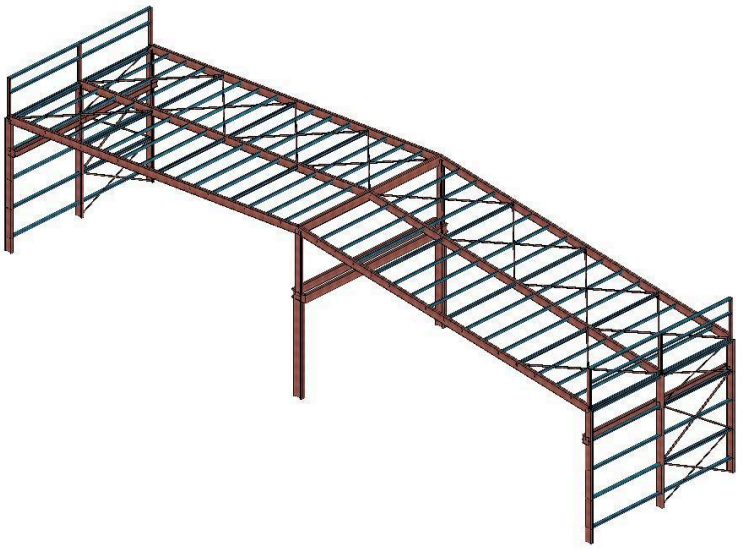


Figura 12: Módulo típico de estructura formado por 2 pórticos principales y un pórtico intermedio
Fuente: Memoria de Cálculo "NAVE INDUSTRIAL THERMOFIN" - GEOTECNIA y CIMIENTOS S.A. - julio 2014.

4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA NAVE INDUSTRIAL

4.1 ASPECTOS GENERALES

La nave industrial proyectada corresponde a una estructura metálica de planta rectangular, con dimensiones de 49 metros de ancho por 48,70 metros de largo, y una altura libre interior cercana a los 11 metros en cumbrera. La orientación general de la nave es Norte-Sur, al igual que la nave existente. En la Figura 13 se observa en planta la zona proyectada en este trabajo.

La ubicación y ancho del edificio fueron definidos teniendo en cuenta una posible ampliación futura que vincule el edificio existente con el nuevo. De ese modo, se definió una separación de 36m entre ellos, múltiplo de la separación típica entre pórticos principales de ambas estructuras, la cual es de 12m.

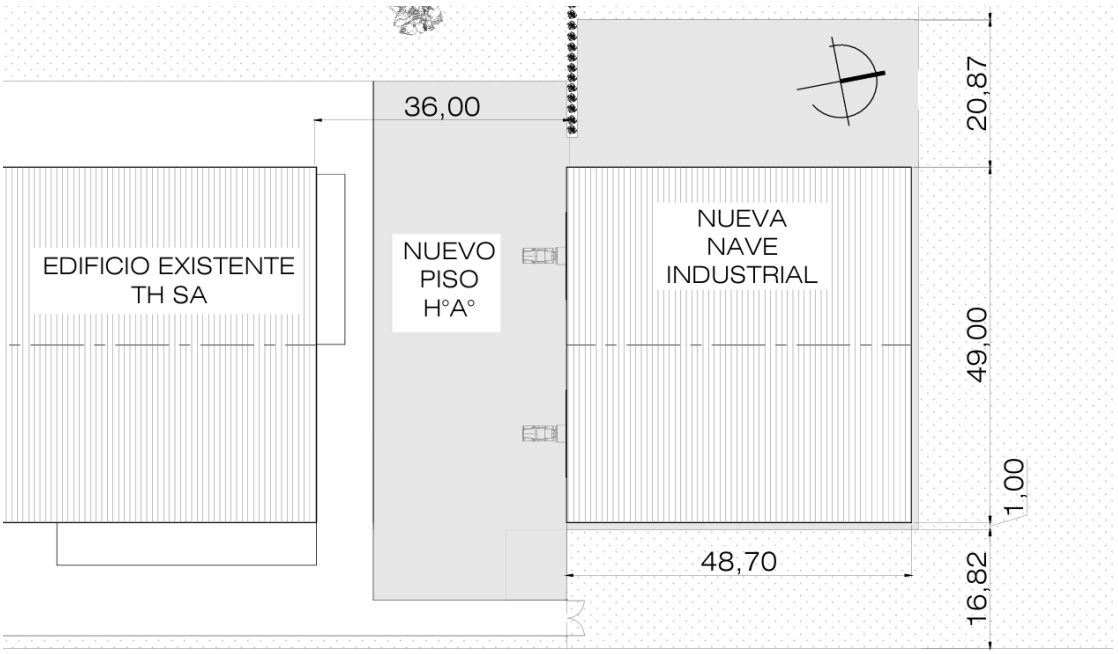


Figura 13: Propuesta de ubicación y dimensiones del nuevo edificio.
Fuente: Elaboración propia.

Los requerimientos funcionales de la estructura fueron definidos a partir de una entrevista personal con uno de los directores de la empresa, los cuales se citan a continuación.

- Separación longitudinal libre entre columnas internas de al menos 12m.
- Se deben colocar **un puente grúa** con capacidad de 10 Tn en cada módulo longitudinal (dos en total), separados por las columnas centrales de pórticos.

- 2 portones de ancho 12,00m ubicados en la fachada sur, para posibilitar la descarga de camiones en cada uno de los módulos longitudinales, y que los puentes grúa puedan manipular las cargas.

En la Figura 14 se puede ver a modo ilustrativo una semi corte transversal de la estructura propuesta.

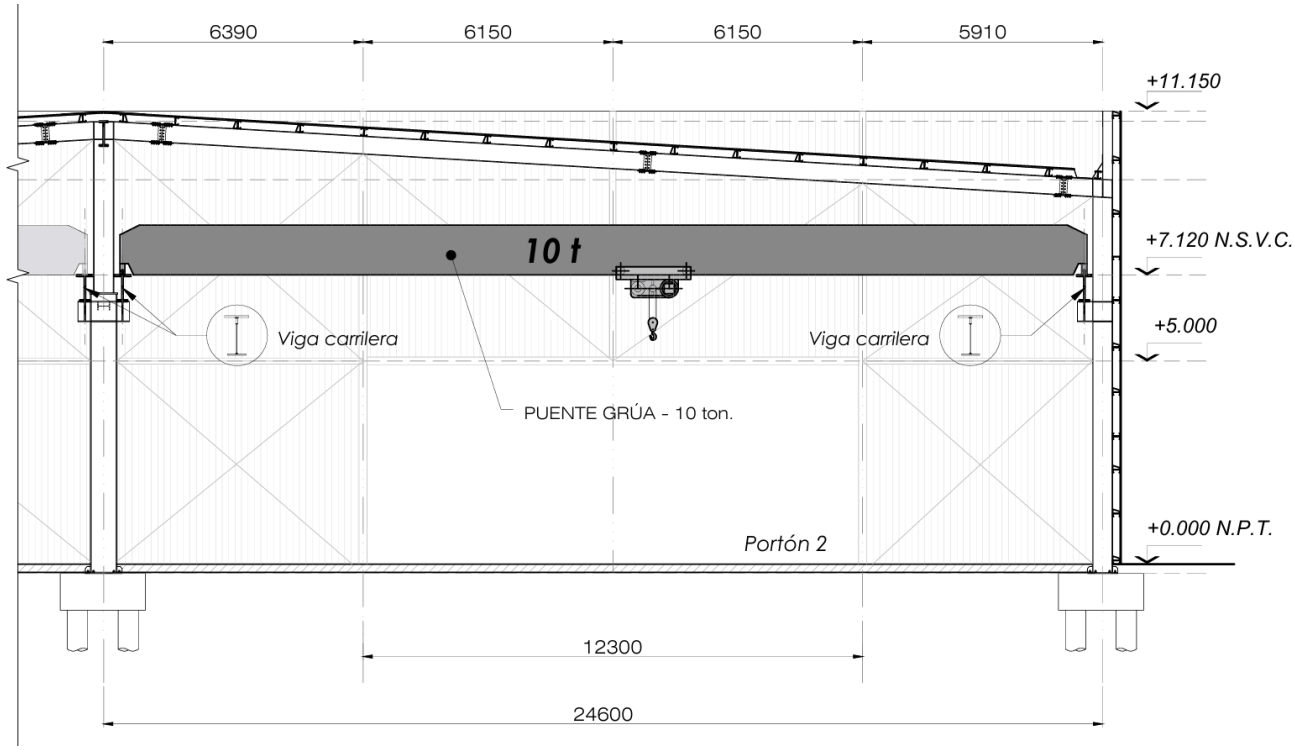


Figura 14: Semi-corte transversal en el interior del nuevo edificio.
Fuente: Elaboración propia.

Además, quedó definido claramente que los puentes grúa que operan en el edificio existente **no tienen** posibilidad de llegar al nuevo edificio (llegado el caso que se unan ambos edificios en un futuro). Esto es así ya que los últimos pórticos del edificio existente (lado norte) fueron construidos en una ampliación pasada y **no fueron diseñados** para cargas de puente grúa, es decir, las vigas carrileras se interrumpen antes de llegar al final del edificio.

4.2 REGLAMENTACIÓN UTILIZADA

Para el dimensionamiento, verificación y cálculo de la estructura metálica y sus fundaciones se adoptó la reglamentación nacional vigente, complementada con normativa internacional cuando fue necesario. Los reglamentos aplicados son los siguientes:

- **CIRSOC 301 (2018)** — Reglamento de cálculo de estructuras de acero para edificios.

- **CIRSOC 303 (2009)** — Reglamento de diseño y construcción de estructuras de acero conformadas en frío.
- **CIRSOC 102 (2005)** — Acciones en las estructuras. Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
- **CIRSOC 103 (2018)** — Acciones en las estructuras. Viento.
- **CIRSOC 101 (2005)** — Bases y criterios generales para el proyecto de estructuras de edificios.
- **CIRSOC 201 (2005)** — Reglamento de cálculo de estructuras de hormigón armado. (Fundaciones)

Particularmente, se utilizaron los criterios del siguiente manual para el caso de las cargas de puente grúa, y la concomitancia entre ambos, al existir dos.

- **Metal Building Manufacturers Association (MBMA)** — *Low Rise Building Systems Manual* (1996), Cleveland, Ohio. **Section 6 - Crane Loads**. [1]

4.3 CONSIDERACIONES DE DISEÑO E HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Las **hipótesis** básicas adoptadas son las siguientes:

- Columnas de pórticos empotradas en sus bases, las cuales estarán fundadas con pilotes.
- Acciones de puente grúa determinadas a partir del modelo que se instalará, como se especifica en 4.4.2. El diseño se realiza para dos puentes grúa de 10tn, uno en cada módulo longitudinal.
- El número de repeticiones de carga de los puentes grúa **N** es menor a $\boldsymbol{2x10^4}$, por lo que no se debe evaluar la resistencia a fatiga de las vigas carrileras, según CIRSOC 301, Apéndice 3.
- Acciones de viento determinadas a partir de CIRSOC 103, considerando **Exposición C,** y una velocidad básica de viento correspondiente a Rafaela de **50m/s**.

Como lineamiento básico del diseño de la estructura, se definió la geometría en base a la estructura del edificio existente, adoptando la misma tipología estructural. Además, se verificó que la geometría de la estructura sea adecuada para el funcionamiento correcto de los puentes grúa, según el modelo que se va a instalar.

Se colocaron **pórticos principales**, con una columna central, **cada 12m**; y entre ellos pórticos secundarios (sin columna central), todos ellos conformados por perfiles W laminados en caliente. Esto obliga la colocación de una **viga de apeo central** en la cumbrera. Los arriostramientos se materializan con cruces de san andrés, con tensores materializados con

perfiles ángulo. Para completar la cubierta y cerramiento de la nave se disponen correas materializadas con perfiles conformados en frío. Para asegurar la estabilidad local de los elementos que componen la estructura se disponen tillas y tornapuntas convenientemente. En la Figura 15 se puede ver una vista en 3 dimensiones de la estructura propuesta. Se encuentran resaltados en rojo los pórticos principales (donde apoyan las vigas carrileras), y la viga de apeo central.

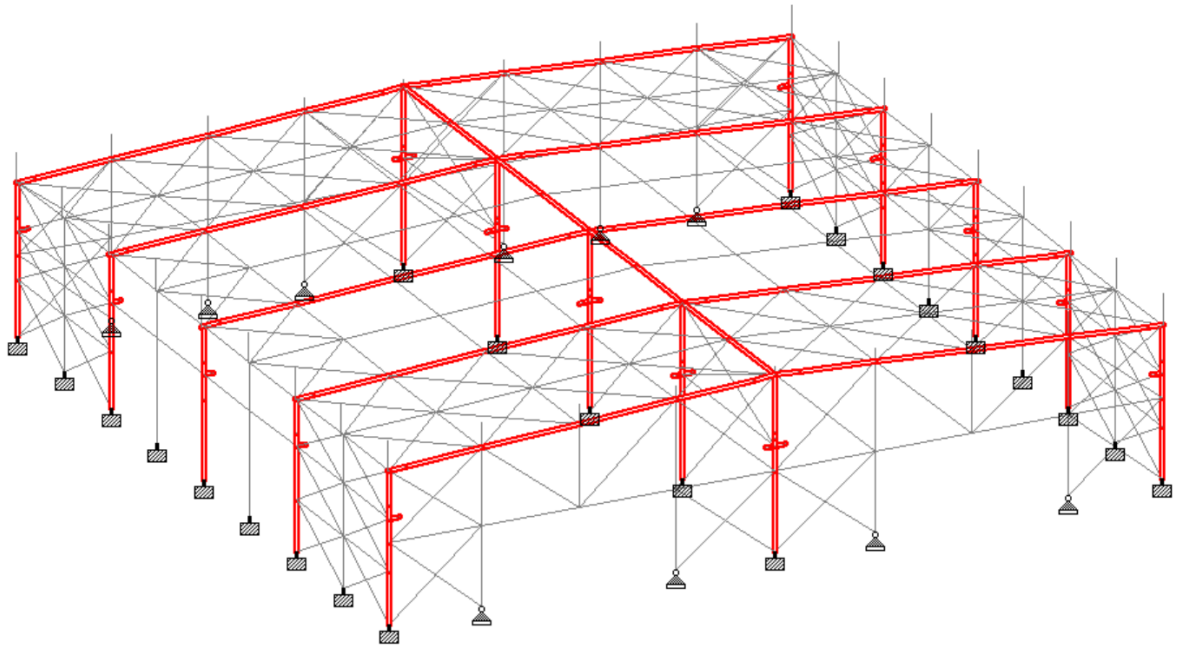


Figura 15: Vista en tres dimensiones de la estructura. Resaltados en rojo los pórticos principales y viga de apeo central.
Fuente: Elaboración propia.

Las acciones producidas por el **frenado longitudinal** se transmiten como esfuerzo normal por la misma viga carrilera, hasta llegar a los extremos de la nave, donde se encuentra dispuesto un sistema de arriostramiento que eleva la carga hacia las vigas de contraviento, y de allí viaja hasta las fundaciones. Esto se hizo de esta manera por la imposibilidad de ocupar el espacio entre columnas centrales, lo cual era un requerimiento de proyecto. La ubicación del sistema de arriostramiento longitudinal se muestra en las Figuras 16 y 17.

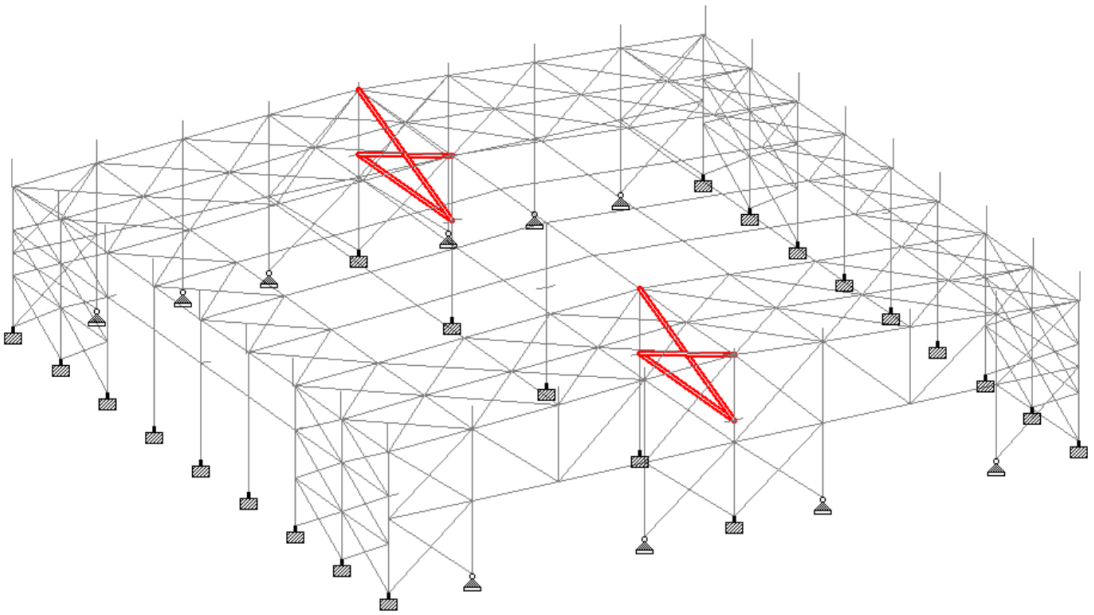


Figura 16: Vista en tres dimensiones de la estructura. Resaltado en rojo el sistema de arriostramiento ante las cargas longitudinales del puente grúa.
Fuente: Elaboración propia.

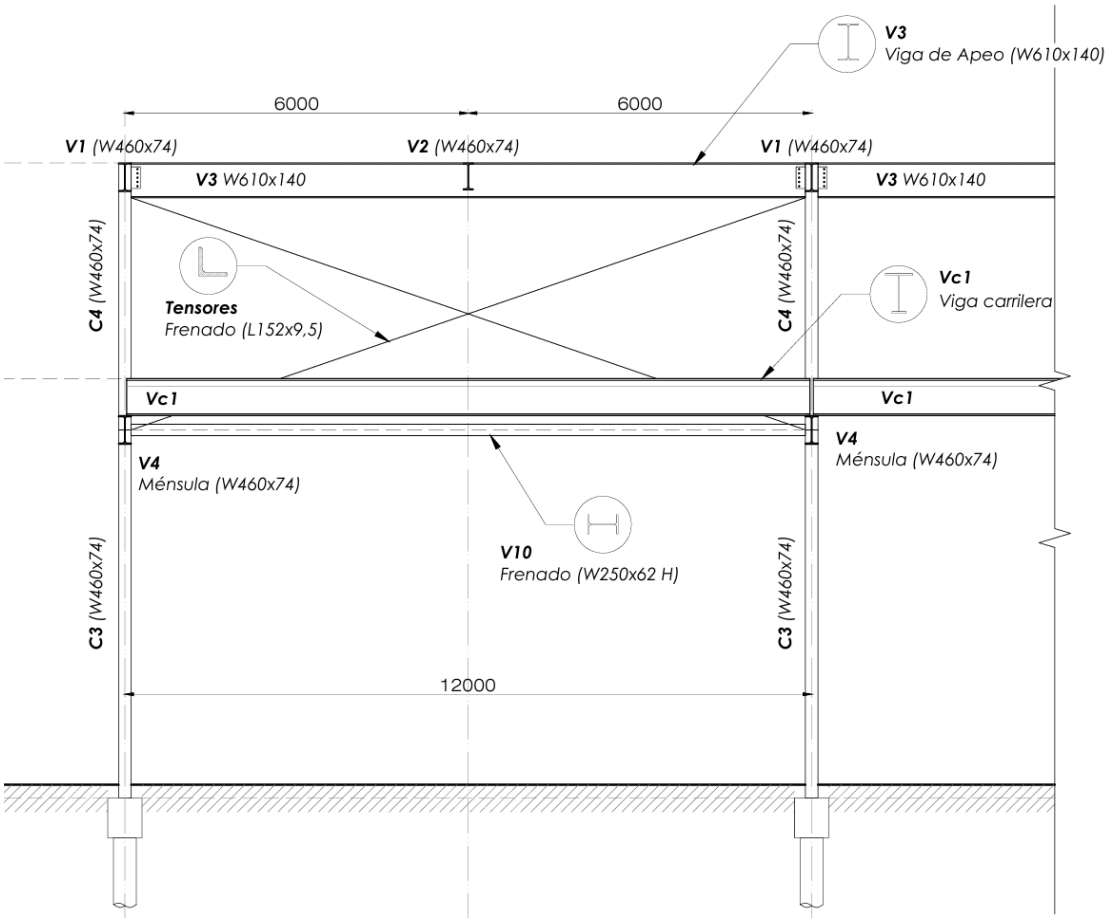


Figura 17: Vista lateral ampliada del arriostramiento ante cargas longitudinales del puente grúa.
Fuente: Elaboración propia.

Para evitar el momento torsor en la columna, producido por la excentricidad de dicha carga respecto al eje de la columna, se dispuso un perfil “doble Te” en cada extremo de la nave, que absorberá dicha excentricidad trabajando a flexión. En la Figura 18 se muestra el esquema de cálculo utilizado para dimensionar dicha sección, considerando que ambos puentes grúa se encuentran frenando, uno para cada lado, lo cual representa la peor situación.

La viga de equilibrio se calculó a flexocompresión oblicua. El momento flector en ambos ejes es debido a la acción inducida por el frenado longitudinal en sentido horizontal, y el peso propio en sentido vertical.

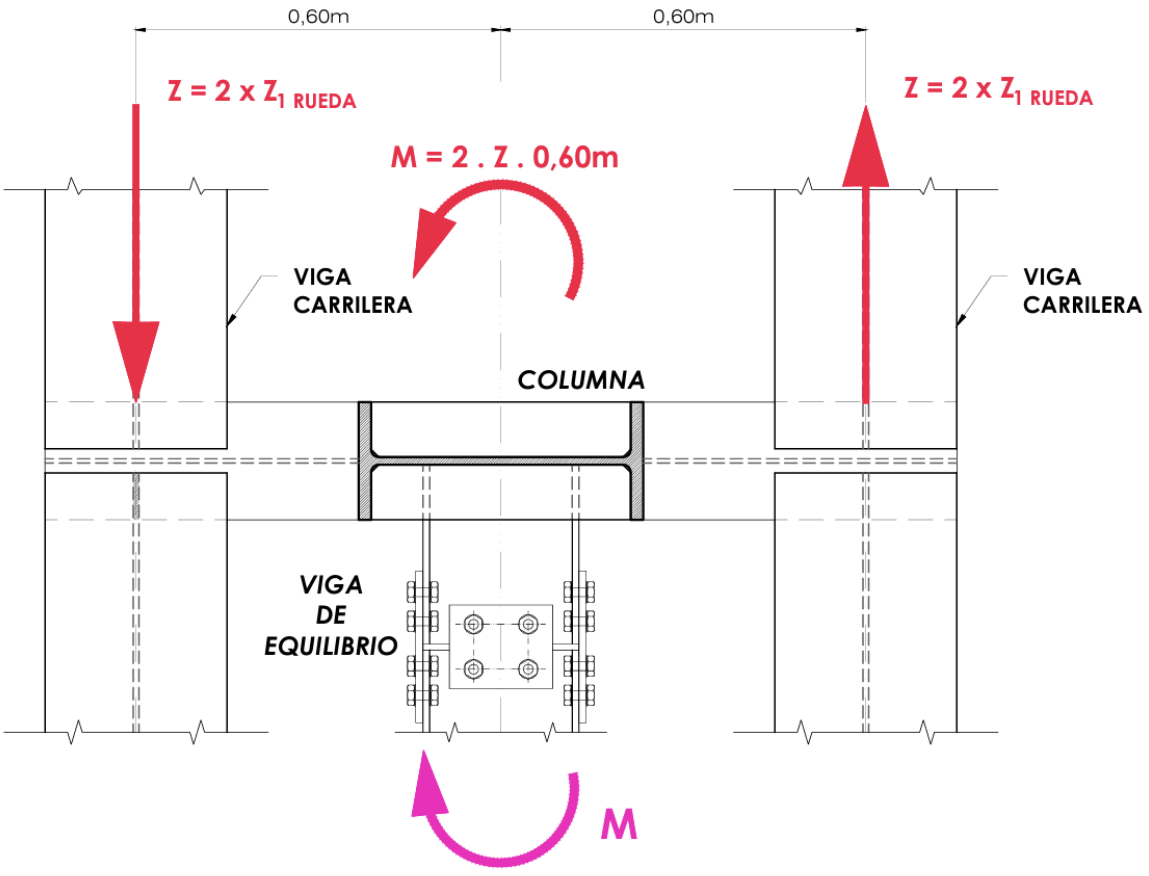


Figura 18: Esquema de cálculo de solicitaciones en la viga de equilibrio. Vista en planta.
Fuente: Elaboración propia.

Cabe recalcar que por razones constructivas, para evitar tener que hacer una soldadura en obra, se proyectó un empalme abulonado cercano a la llegada de la viga de equilibrio a la columna. De este modo, se une a la columna un pequeño tramo de viga mediante soldadura en taller, y luego se acopla el tramo central de la viga en obra. Para mayor detalle sobre esta unión, y el apoyo de la viga carrilera en general, ver el Plano E09 - Detalle de Viga Carrilera.

Las **vigas carrileras** sólo cuentan con apoyos en pórticos principales, teniendo así 12m de luz; las mismas serán perfiles armados, con una sección "I" armada, de simple simetría, buscando así la mayor optimización posible. En 4.6 RESUMEN DE RESULTADOS, se puede ver la sección de viga carrilera finalmente adoptada.

Para mayor detalle de la estructura, ver los Planos Estructurales E01 a E10.

4.4 DETERMINACIÓN DE ACCIONES

4.4.1 Cargas Permanentes (Dead -D)

Consisten en el peso propio de los elementos estructurales. Estimativamente se adoptó un peso de chapas y correas de 15 kg/m^2.

4.4.2 Cargas Vivas (Live - L)

Consisten fundamentalmente en las acciones de los dos puentes grúa. Las especificaciones particulares del modelo de puente grúa a instalar se encuentran en el Anexo E01 - Plano del Puente Grúa. En la Figura 19 se observan las características generales del mismo.

Los criterios para evaluar las acciones producidas teniendo en cuenta la concomitancia de ambos puentes grúa, se establecieron en base al manual de la MBMA 1996. Además, dados los procesos que se llevarán a cabo en la nave, se descarta la posibilidad de que se utilicen ambos puentes simultáneamente para elevar una misma pieza. A continuación, en la Figura 20, se muestra un extracto del mismo para el caso en cuestión. Se consideraron entonces los siguientes escenarios para el cálculo de los pórticos:

- 50% de las fuerzas horizontales de AMBOS puentes grúa.
- 100% de las fuerzas horizontales de un ÚNICO puente grúa.

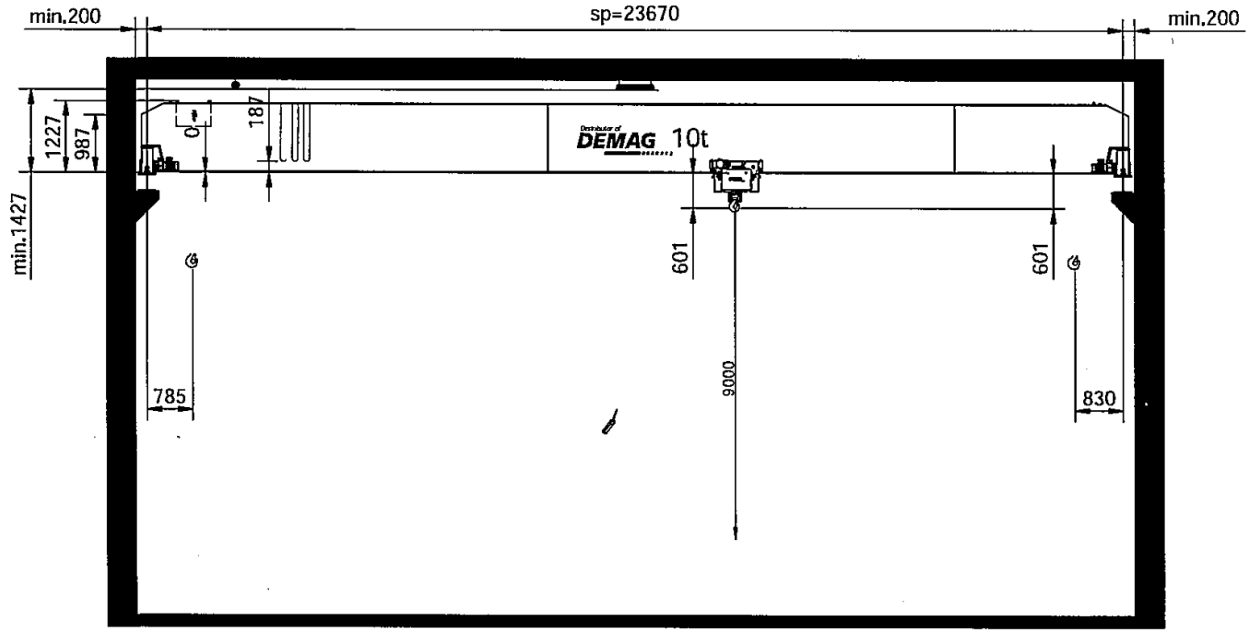


Figura 19: Características de los puentes grúa.
Fuente: DEMAG Cranes and components. Anexo E01.

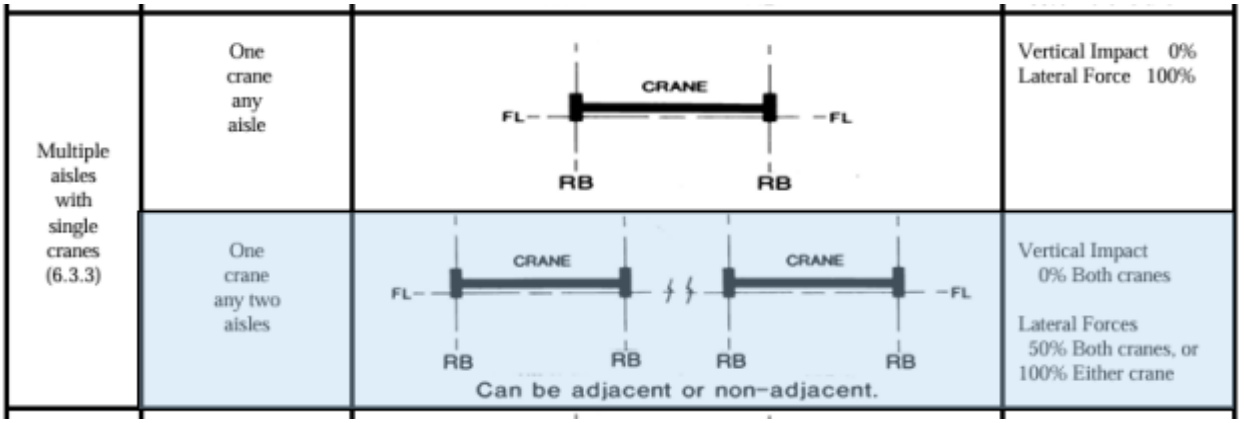


Figura 20: Criterio para la consideración de las cargas horizontales e impacto de los puentes grúa, para el cálculo de las estructuras de pórticos.
Fuente: Extracto del manual de la MBMA 1996. Sección 6, Tabla 6.3.3.

4.4.3 Cargas de viento (Wind - W)

Determinadas a partir de CIRSOC 103, tanto para el sistema principal resistente a las acciones de viento (SPRFV), como para componentes y revestimientos.

- Exposición: **C**
- Velocidad básica de viento: **50m/s**.

En el Anexo E02 - Análisis de Cargas de Viento se muestran las presiones de viento actuantes sobre la estructura.

4.4.3 Sobrecargas de techo (Roof Live - Lr)

Determinada a partir de CIRSOC 101. Resultando Lr = 0,58 kN/m^2.

4.4.4 Combinaciones de cargas}

Las combinaciones de cargas fueron establecidas en base a los lineamientos del reglamento CIRSOC 301, con metodología LRFD. Se analizan las combinaciones citadas en el mismo para Estado Límite de Servicio, y Estado Límite Último.

COMBINACIONES ELS:

- D+L+Lr
- D+W
- D+0,7L+0,7Lr+0,7W

COMBINACIONES ELU:

- 1,4D
- 1,2D+1,6L+0,5Lr
- 1,2D+1,6Lr+0,5L
- 1,2D+1,6Lr+0,8W
- 1,2D+1,5W+0,5L+0,5Lr
- 0,9D+1,5W
- 1,2D+1,6L+0,5Lr+0,8W

4.5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural de la nave industrial se llevó a cabo mediante el software STAAD.Pro V8i, una herramienta de cálculo estructural, de elementos finitos, que permite modelar, analizar y dimensionar estructuras en tres dimensiones.

Se realizó un modelo en tres dimensiones de la estructura, incluyendo pórticos, elementos de frontis y contravientos. Las fundaciones de las columnas de pórtico se supusieron empotradas, mientras que los parantes de frontis se supusieron articulados en su base.

Las acciones de viento se colocaron como cargas repartidas en los pórticos, de acuerdo a las presiones de viento calculadas anteriormente y el área de influencia de cada pórtico. El peso propio de chapas y correas también se ingresó al modelo como cargas repartidas en los pórticos.

Las vigas carrileras fueron modeladas paralelamente, y no se ingresaron como elementos en el modelo 3D, sino que se aplicaron en las ménsulas de apoyo las reacciones de las mismas. Las cargas de puente grúa se aplicaron como un tren de cargas móvil, avanzando en las vigas carrileras con un paso de 10 cm. Con los resultados del modelo de las vigas carrileras, se obtienen los esfuerzos en las mismas para el dimensionamiento. Las Figuras 21 y 22 reflejan lo obtenido en el programa en cuanto a deformaciones y momento flectores se refiere. A su vez en la Figura 23 se aprecia el modelo de barras tridimensional utilizado en el análisis de la estructura de la nave, mientras que en la Figura 24 se observa un renderizado de la misma obtenido a través del mismo programa Staad.

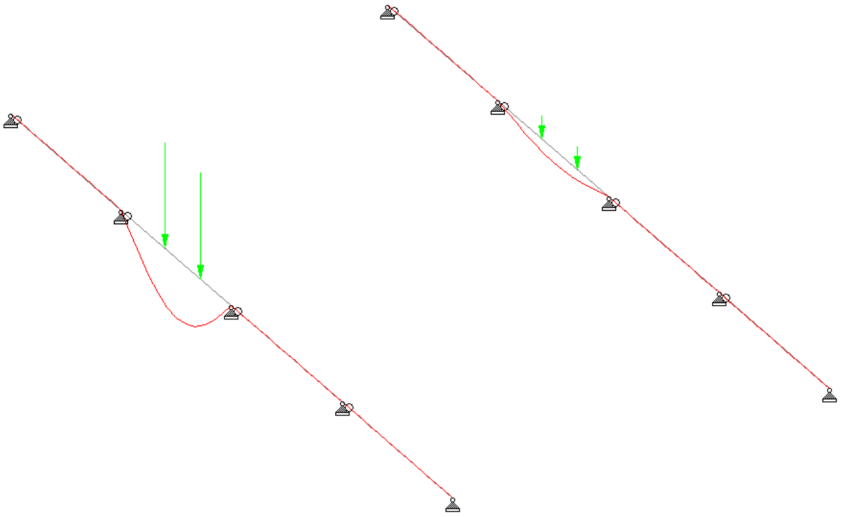


Figura 21: Modelo de Vigas carrileras - Deformada
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

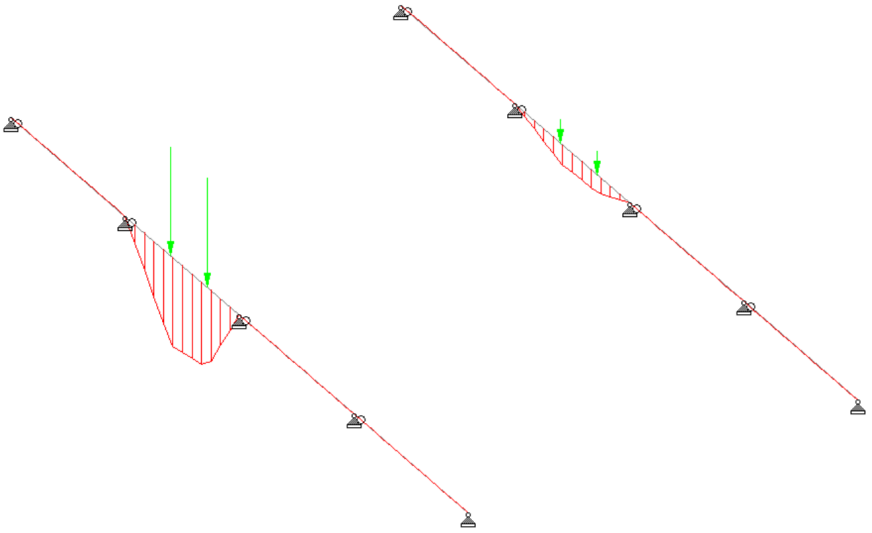


Figura 22: Modelo de Vigas carrileras - Momentos flectores
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

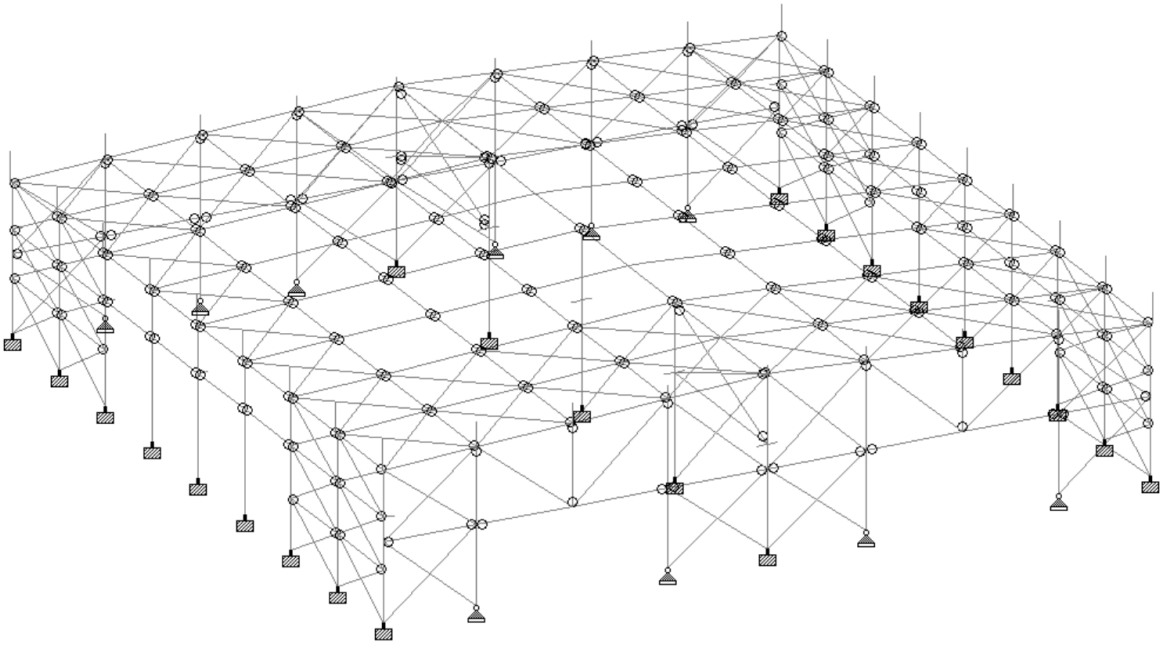


Figura 23: Vista del modelo estructural en 3 dimensiones.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

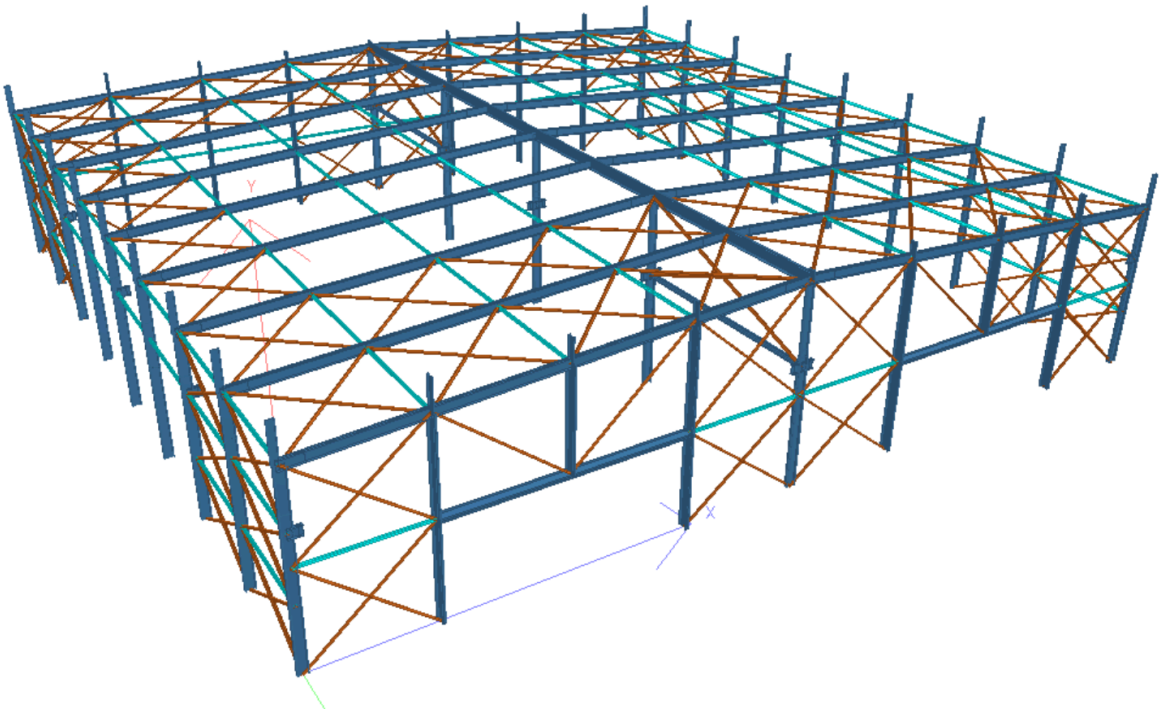


Figura 24: Render del modelo estructural en 3 dimensiones.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

Como se mencionó anteriormente, se ingresaron en los pórticos principales las acciones del puente grúa como cargas puntuales (una vertical en la ménsula y una horizontal a la altura de la vinculación del ala superior de la viga carrilera). Las cargas horizontales se colocaron en el mismo sentido que las de viento.

Se tuvieron en cuenta 3 escenarios posibles, como se muestran en la Figura 25.

- Ambos puentes grúa posicionados sobre un pórtico, 100% de la fuerza horizontal de un único puente grúa. (8 disposiciones posibles de cargas).
- Ambos puentes grúa posicionados sobre un pórtico, 50% de la fuerza horizontal de ambos puentes grúa. (4 disposiciones posibles de cargas).
- Un sólo puente grúa posicionado sobre el pórtico, con el 100% de la fuerza horizontal. (4 disposiciones posibles de cargas).

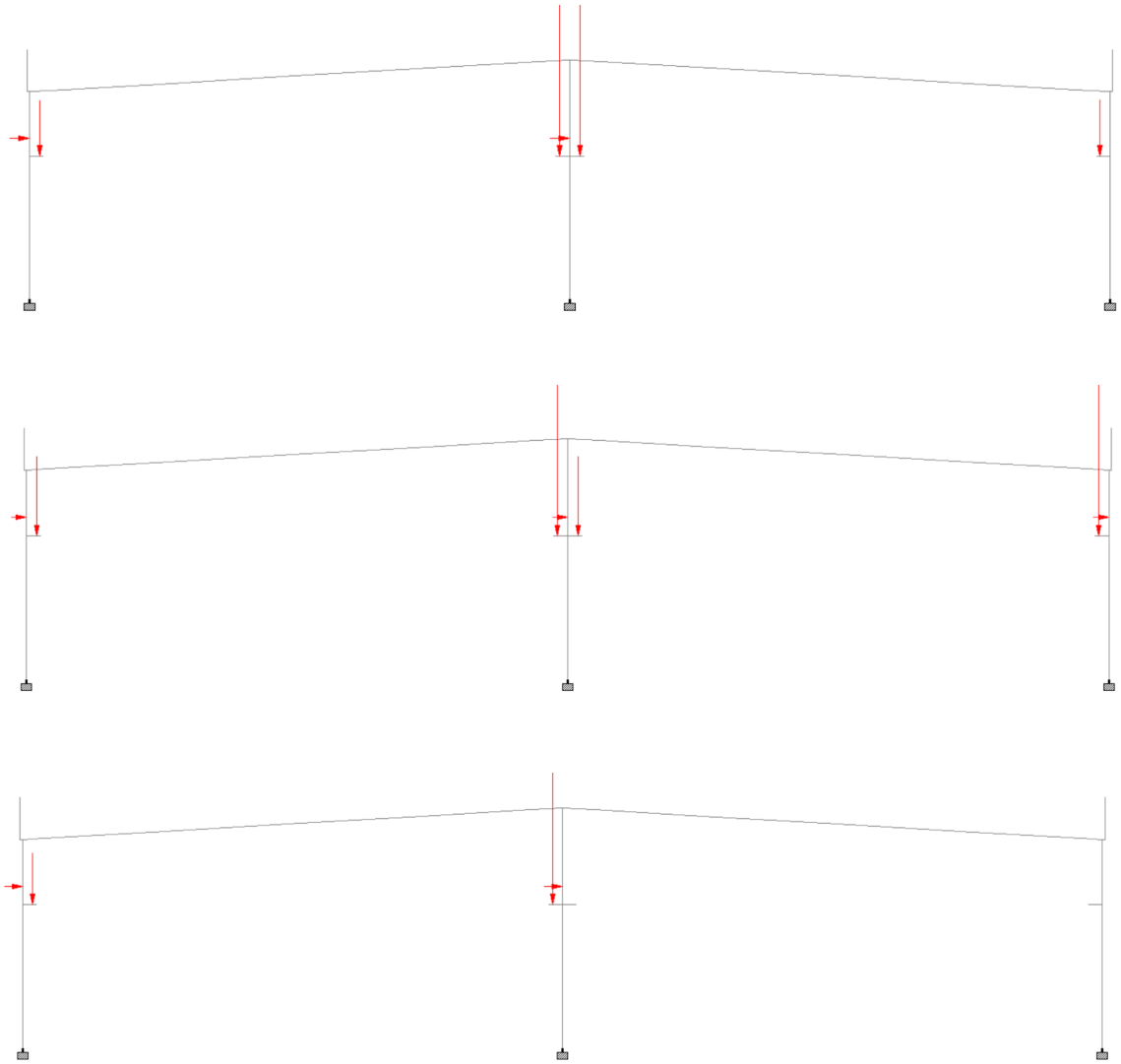


Figura 25: Ejemplos de los casos considerados para la aplicación de las cargas de puente grúa.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

En total, los 3 escenarios representan 16 casos posibles de disposición de cargas en cada uno de los pórticos.

4.6 RESUMEN DE RESULTADOS

En cuanto a la **Viga Carrilera**, en la Figura 26 se puede ver la sección finalmente adoptada. Se aprecia que el ala superior es más grande debido a que estará solicitada a las acciones horizontales de bamboleo del puente grúa. Además, resultó necesario un ensanche del alma al llegar al ala superior para poder tomar las cargas puntuales de las ruedas y evitar el pandeo localizado del alma. La sección adoptada resulta en un peso de la viga de 200 kg/m.

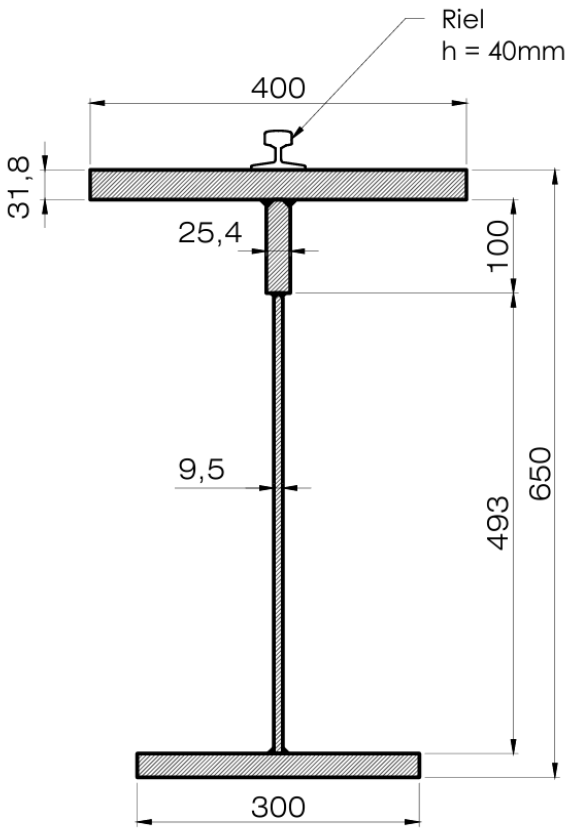


Figura 26: Sección transversal adoptada de la viga carrilera.
Fuente: Elaboración propia.

Además, en la Figura 27 se muestra el detalle en la sección del apoyo de las vigas carrileras. Se puede ver que el ala superior se encuentra vinculada mediante bielas a la columna, para transmitir las fuerzas horizontales de bamboleo, y arriostrar a la viga en los apoyos frente al fenómeno de pandeo lateral torsional. La vinculación a la ménsula es con bulones, y también fue necesario colocar un rigidizador en la viga carrilera en la sección del apoyo, debido a la importante carga puntual producida por la reacción en el apoyo. Para mayor detalle, ver los Planos Estructurales E01 a E10.

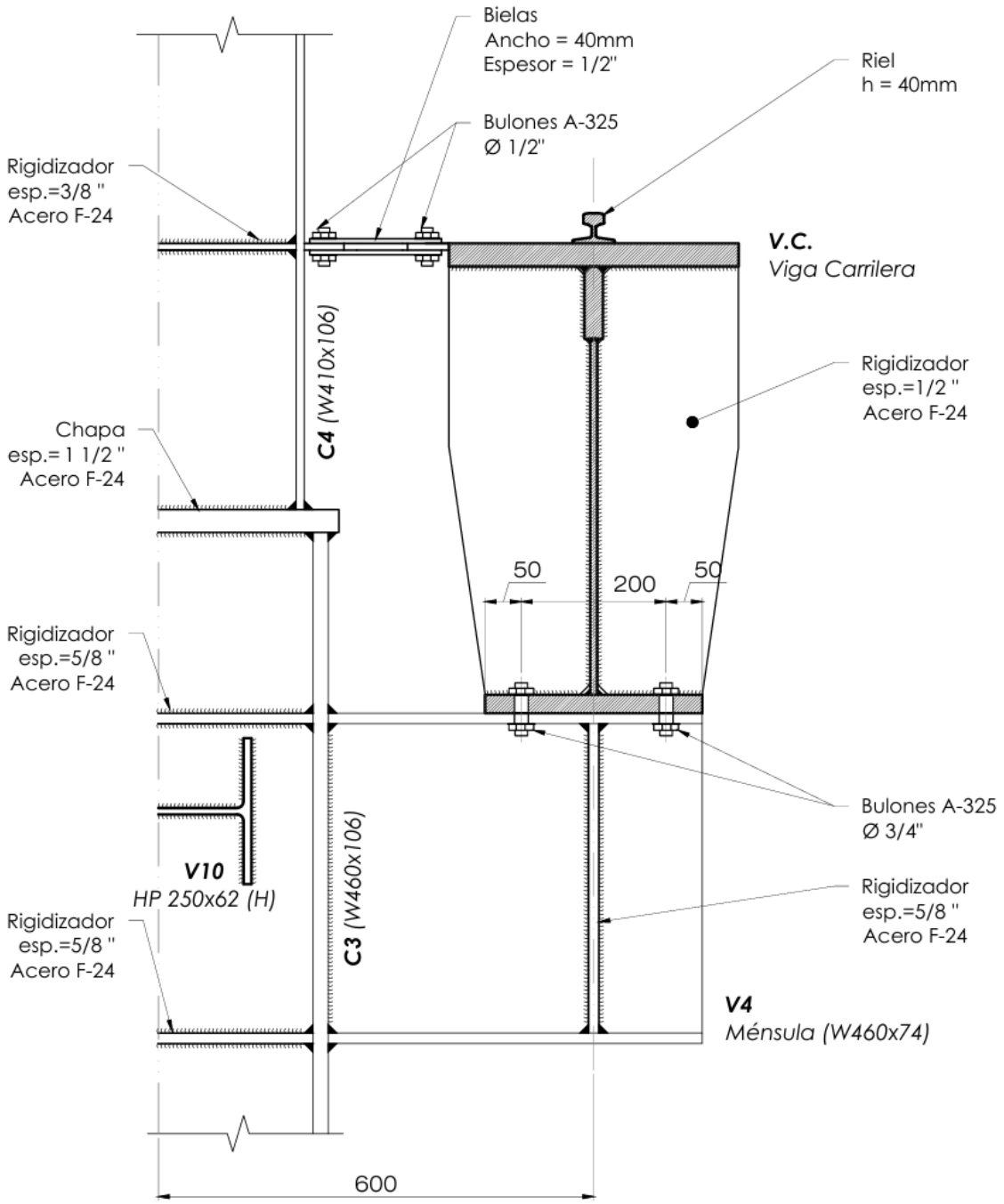


Figura 27: Vinculación de la viga carrilera en el apoyo. Semi-vista frontal.
Fuente: Elaboración propia.

Se procedió con el análisis estructural y dimensionamiento de pórticos. A modo de ejemplo se muestran en las Figuras 28, 29 y 30 los diagramas de momentos flectores en pórticos para algunas combinaciones típicas.

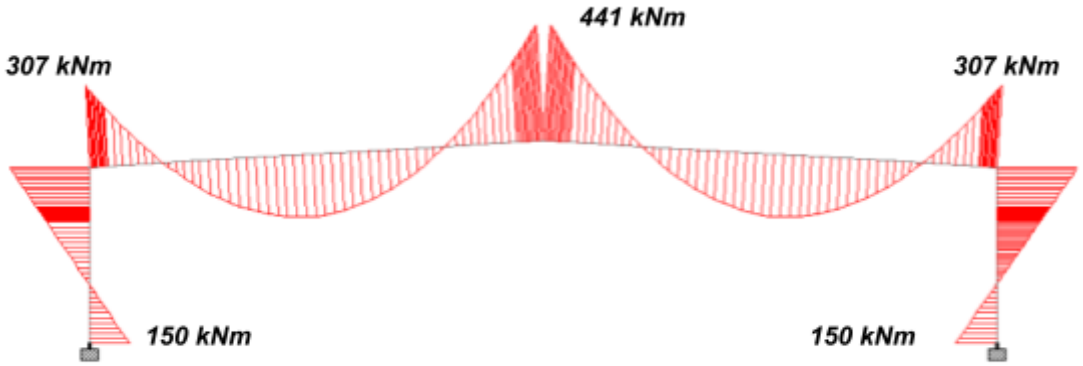


Figura 28: Diagrama de momentos flectores - Pórtico secundario. E.L.U. 1,2D + 1,6Lr + 0,5L
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

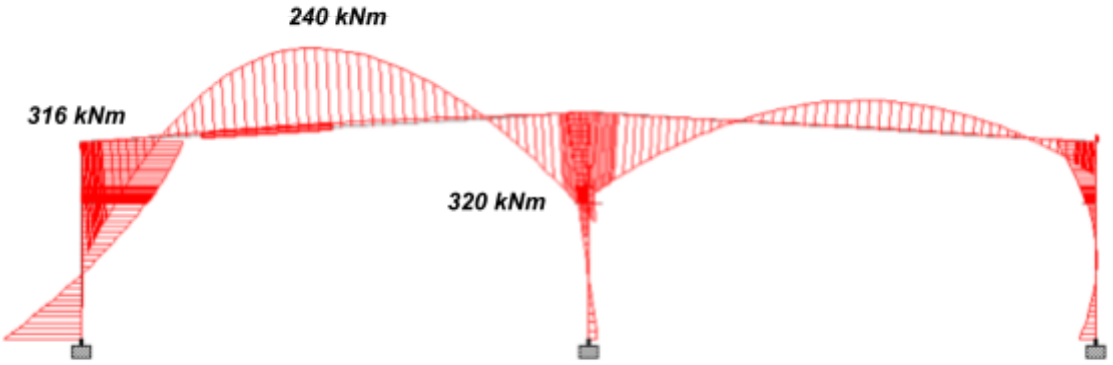


Figura 29: Diagrama de momentos flectores - Pórtico principal. E.L.U. 0,9D + 1,5W
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

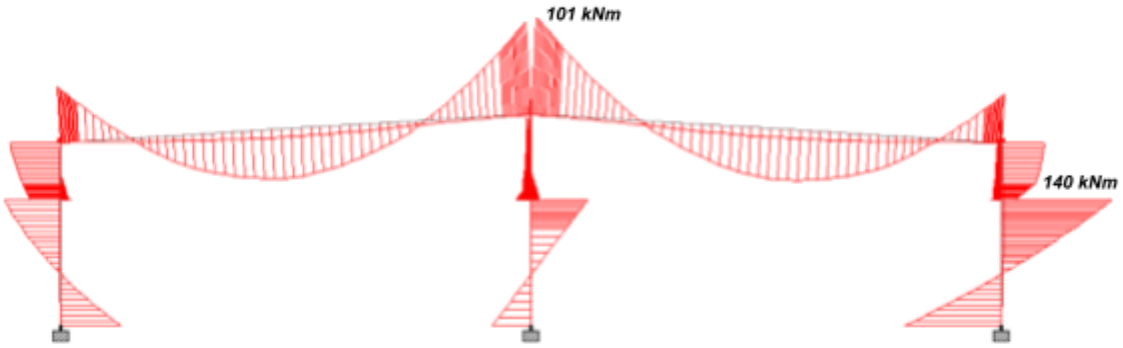


Figura 30: Diagrama de momentos flectores - Pórtico principal. E.L.U. 1,2D + 1,6L + 0,5Lr + 0,8W.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

En la Figura 31 se muestra el **diagrama envolvente de momentos flectores** en E.L.U. correspondiente al pórtico principal más solicitado.

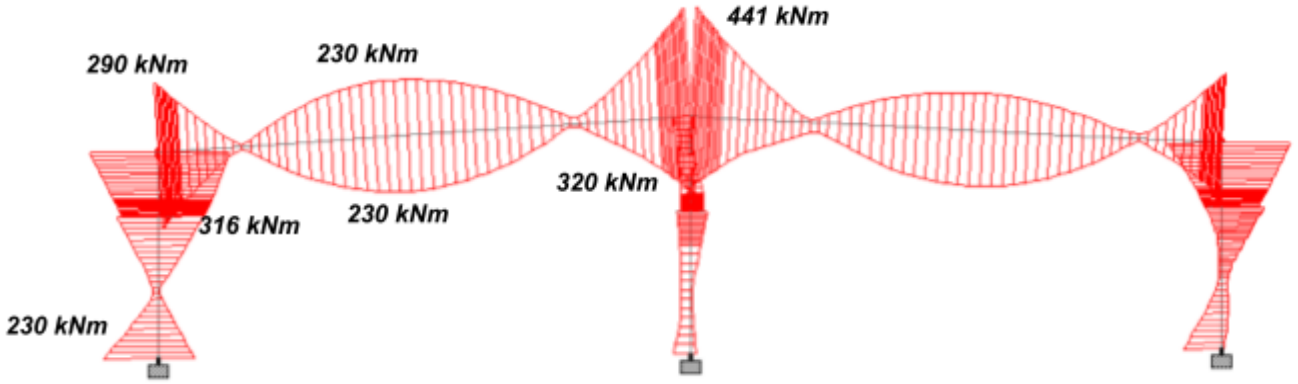


Figura 31: Diagrama envolvente de momentos flectores - Pórtico principal. E.L.U.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

En la viga de apeo se obtiene el diagrama de momentos flectores que se ve en la Figura 32, siendo mayor en el primer tramo ya que se analizó el viento en sentido longitudinal sólo en una dirección. Si se analiza en ambas direcciones, se obtiene un diagrama simétrico, con los máximos en los tramos extremos.

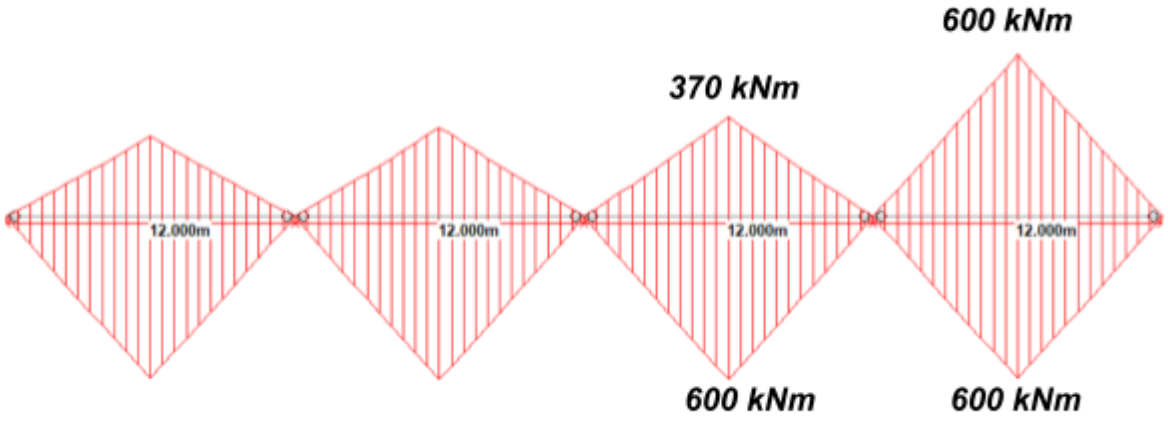


Figura 32: Diagrama envolvente de momentos flectores - Viga de Apeo. E.L.U.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

Luego de realizar el dimensionamiento de los elementos, se muestra un resumen de las secciones adoptadas en la Tabla 2.

Tabla 2: Resumen de secciones adoptadas.
Fuente: Elaboración propia - Dimensionamiento estructural.

RESUMEN DE SECCIONES		
Descripción	***Elemento***	***Sección***
Viga de pórtico principal	***V1***	W 460 x 74,0
Viga de pórtico secundario	***V2***	W 460 x 74,0
Viga de apeo central	***V3***	W 610 x 140,0
Ménsula de apoyo de V.C.	***V4***	W 200 x 31,3
Parapeto	***V5***	W 200 x 15,0
Parante de frontis	***V6***	W 360 x 32,9
Parante de frontis	***V7***	W 360 x 64,0
Parante de frontis	***V8***	W 410 x 46,1
Parante de contrafrontis	***V9***	W 410 x 46,1
Arriostramiento para frenado longitudinal	***V10***	W 250 x 62,0 H
Columna lateral de pórtico principal	***C1***	W 460 x 74,0
Columna de pórtico secundario	***C2***	W 460 x 74,0
Columna central de pórtico principal - inferior	***C3***	W 460 x 106,0
Columna central de pórtico principal - superior	***C4***	W 410 x 46,1
Tensores de cubierta	***T1***	L 102 x 102 x 6,4 *
Tensores de paredes laterales	***T2***	L 102 x 102 x 6,4 *
Tensores de frontis y contrafrontis	***T3***	L 102 x 102 x 6,4 *
Tensores de arriostramiento de frenado longitudinal	***T4***	L 152 x 152 x 9,5
Puntales de cubierta	***P1***	2x C 220-80-30-3,2
Puntales de paredes laterales - viga de contraviento	***P2***	2x C 200-80-30-3,2
Puntales de paredes laterales - fuera de viga de contraviento	***P3***	2x C 200-70-25-2,5
Puntales de frontis y conrafrontis	***P4***	2x C 200-70-25-2,5

Se verificaron las deformaciones, tanto verticales como horizontales. En la Tabla 3 se muestra la verificación de deformación vertical, y la Figura 33 muestra la deformada para ese estado de carga.

Tabla 3: Verificación de deformaciones verticales.
Fuente: Elaboración propia - Dimensionamiento estructural.

VERIFICACIÓN DE DEFORMACIONES VERTICALES											
Sentido	***Sector***	***Flecha [mm]***		***L [m]***	***Estado de carga***	***CARGA TOTAL***		***Verificación***	***CARGA VARIABLE***		***Verificación***
		Carga Total	***Carga Variable***			***L/***	***fadm [mm]***		***L/***	***fadm [mm]***	
Vertical	Nodo mitad de la luz viga de techo	102,00	90,0	24,600	E) D+W3: f tot. (⇧) E) D+L+Lr: f var. (⇩)	150	164	**Verifica**	180	137	**Verifica**

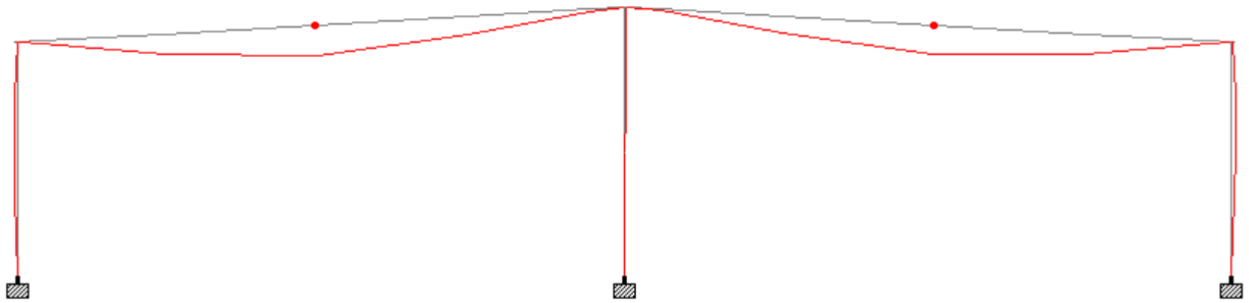


Figura 34: Deformada para D + Lr.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

Por otro lado, en la Tabla 4 se muestra la verificación de deformaciones horizontales, y de la misma manera se muestra en las Figuras 35 y 36 las deformadas correspondientes.

Tabla 4: Verificación de deformaciones horizontales.
Fuente: Elaboración propia - Dimensionamiento estructural.

VERIFICACIÓN DE DEFORMACIONES HORIZONTALES											
Sentido	***Sector***	***Flecha en servicio [mm]***		***H [m]***	***Estado de carga***	***CARGA TOTAL***		***Verificación***	***CARGA VARIABLE***		***Verificación***
		Carga Total	***Carga Variable***			***L/***	***fadm [mm]***		***L/***	***fadm [mm]***	
Horizontal	Desplazamiento de columna con respecto a la base por acción de viento	17,00	17,0	9,500	E) D+W: f tot. (⇨) E) D+Lr+L: f var. (⇨)	150	63	**Verifica**	160	59	**Verifica**
	Desplazamiento de columna con respecto a la base por acción de puente grúa	7,0	7,0	9,500	E) D+L: f PG. (⇨)	-	-	-	400	24	**Verifica**

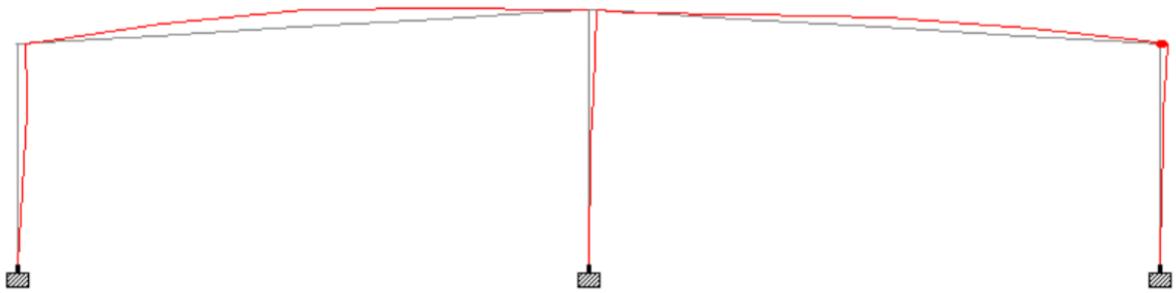


Figura 35: Deformada para D + W.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

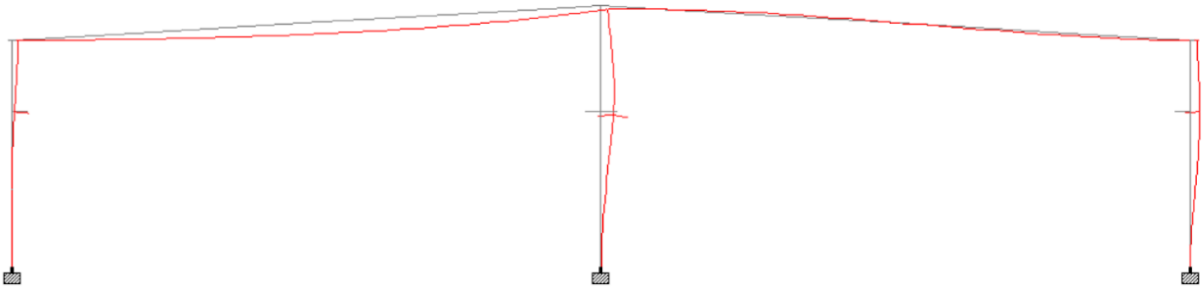


Figura 36: Deformada para D + L
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

En el Anexo E03 - Dimensionamiento Estructural se puede observar la memoria de cálculo completa de todos los elementos mencionados, y también de correas, tillas, fundaciones, entre otros.

4.6 FUNDACIONES

Las fundaciones de las columnas de pórticos fueron resueltas con grupos de dos pilotes, ya que se debe materializar el empotramiento con el que fueron representadas en el modelo numérico del edificio. Luego del dimensionamiento, tal como se muestra en la Figura 37, los pilotes resultaron de 0,50m de diámetro y 12m de longitud. El cabezal tiene un altura de 0,90m, adoptado con el criterio de garantizar su comportamiento como rígido.

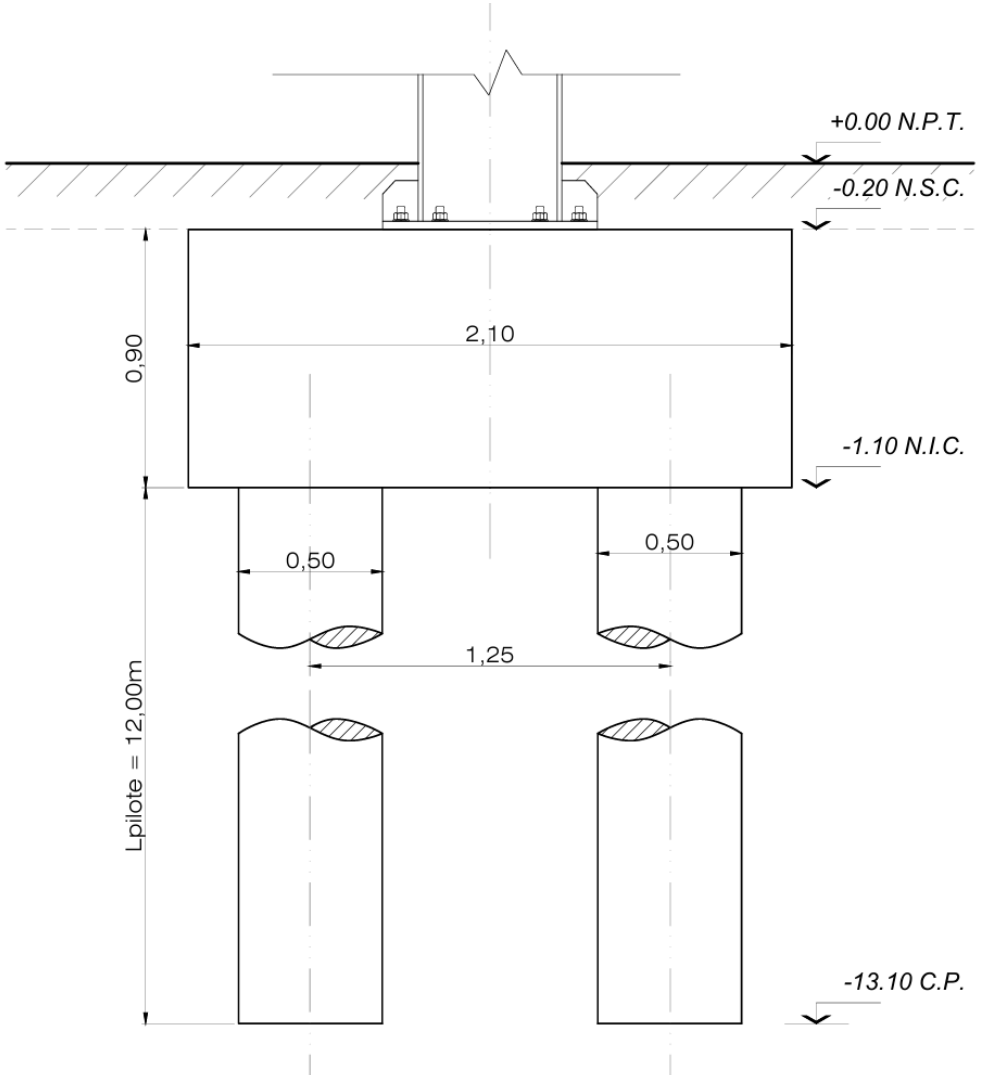


Figura 37: Vista del grupo de pilotes.
Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de los pilotes, se predimensionaron por capacidad de carga frente a las cargas verticales, con un factor de seguridad igual a 3. Luego se realizó un modelo de resortes lineales para verificar el comportamiento frente a momentos y cargas horizontales, el cual permite obtener los esfuerzos en pilotes y estimar el desplazamiento horizontal en el cabezal.

Los resortes se colocaron cada 0,50m, y la constante de los mismos se obtiene como el coeficiente de balasto horizontal multiplicado por el área de influencia de cada resort. El coeficiente de balasto horizontal fue estimado con la ecuación de Selvadurai, a partir de los datos del estudio geotécnico.

$$K_h = k_h \,.\, B \,.\, \Delta L$$

$$k_h = \frac{0{,}65\, E_S}{B\,(1-\mu^2)}$$

$K_h\,[kN/m]$: constante elástica del resorte lineal

$k_h\left[kN/m^3\right]$: Coeficiente de balasto horizontal

$B\,[m]$: Diámetro del pilote

$\Delta L\,[m]$: Separación entre resortes, $\Delta L = 0,50m$

$E_S\,[kPa]$: Módulo elástico del suelo

$\mu\,[adim.]$: Coeficiente de Poisson del suelo, $\mu = 0,50$ para condiciones no drenadas.

La presión de plastificación del suelo se obtuvo, según la teoría de Broms, como 9 veces la resistencia al corte no drenada (s_u). La misma se estimó como 8 veces el número de golpes del ensayo SPT.

$$s_u = 8\,N_{SPT}$$

$$p_u = 9\,.\,s_u$$

$$P_u = p_u\,.\,B\,.\,\Delta L$$

$s_u\,[kPa]$: Resistencia al corte no drenada del suelo.

N_{SPT}: Número de golpes del ensayo SPT.

$p_u\,[kPa]$: Presión horizontal de plastificación del suelo.

$P_u\,[kN]$: Fuerza horizontal de plastificación de un resorte.

En la Figura 38 se muestra el modelo de resortes realizado en Staad, junto con los resultados de fuerzas en resortes. Para el primer estrato, $N_{SPT} = 4$, por lo que reemplazando en las expresiones detalladas anteriormente, se obtiene una fuerza de plastificación de los resortes de dicho estrato de $P_u = 72\,kN$. Como se observa en los resultados de fuerzas en resortes, ninguno de ellos supera la fuerza de plastificación, por ende se mantienen en rango elástico.

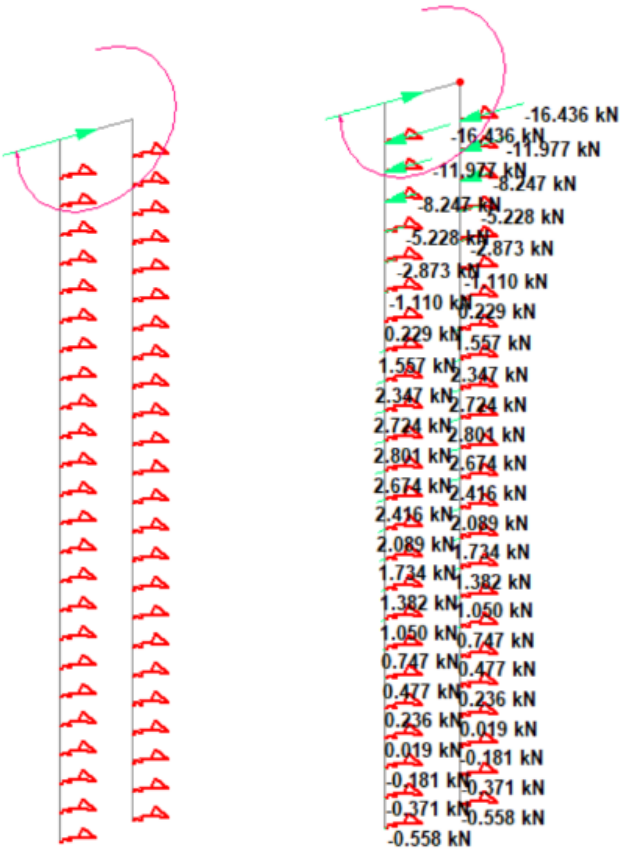


Figura 38: Modelo de resortes lineales. Resultados de fuerzas en resortes.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

Se comprueba el máximo desplazamiento horizontal a nivel del cabezal, tomando como admisible un desplazamiento horizontal de 20 mm. En la Figura 39 se observa que el máximo desplazamiento horizontal está en el orden de los 11 mm, resultando esto satisfactorio.

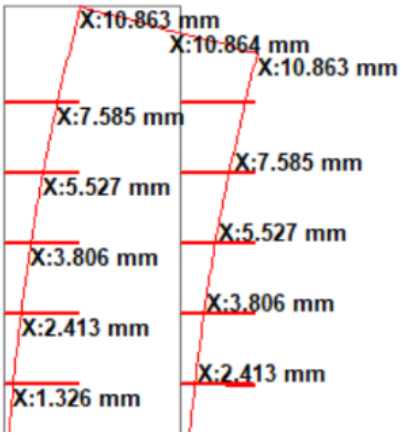


Figura 39: Resultados de desplazamientos horizontales en la cabeza de los pilotes.
Fuente: Elaboración propia - Modelo estructural en Staad.

Para las fundaciones de los parantes de frontis, debido a que estos tienen una carga vertical muy baja (están desvinculados de la viga de pórtico), y además están articulados en la base, se proyectó resolverlo con bases superficiales. En el dimensionamiento fue condicionante la verificación a deslizamiento horizontal.

En la Figura 40 se observa un extracto de la vista en planta del plano de fundaciones, correspondiente al frontis del edificio. Las dimensiones resultantes de las bases son de 1,60m x 1,60m en planta, y 0,40m de altura. La profundidad del plano de fundación es de 0,60m.

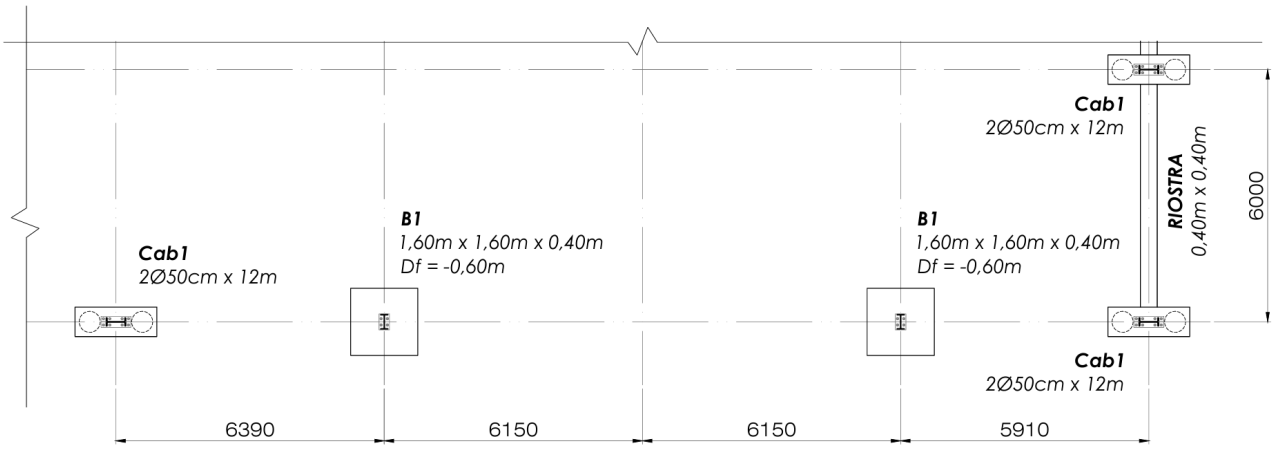


Figura 40: Vista en planta, fundaciones de parantes de frontis.
Fuente: Elaboración propia.

4.7 REPRESENTACIÓN GRÁFICA

La representación gráfica de la nueva nave industrial se realizó mediante el software Tekla Structures, una herramienta paga de modelado BIM orientada a estructuras metálicas y de hormigón que posibilita un desarrollo integral del proyecto desde su concepción hasta la fase ejecutiva.

En cuanto al diseño, se tomó una decisión proyectual de mantener los lineamientos estructurales del proyecto original en la nueva nave, dado que se conservan los mismos requerimientos funcionales vinculados a los movimientos internos. Por este motivo, se respetaron parámetros como la separación entre pórticos principales, las alturas generales de la nave y las disposiciones estructurales básicas, garantizando la coherencia funcional y constructiva entre ambas etapas. En consecuencia, la modelación en Tekla Structures debió reflejar estos criterios, asegurando que la representación digital mantuviera la compatibilidad geométrica y estructural con las naves existentes.

La utilización del programa permitió representar con precisión tridimensional todos los elementos que componen la estructura: columnas, vigas principales y secundarias, contravientos y uniones, tanto atornilladas como soldadas. Algunos ejemplos de esto se ven en las Figuras 41 y 42 a continuación. Esta representación gráfica no se limita únicamente a la visualización en 3D, sino que constituye la base para la generación automática de planos generales, cortes, detalles constructivos y listados de materiales. De esta manera, se asegura la coherencia entre el modelo y la documentación ejecutiva, reduciendo significativamente la probabilidad de inconsistencias durante la construcción.

Asimismo, la plataforma ofrece la posibilidad de realizar verificaciones previas respecto a interferencias, modulación de pórticos y correcta disposición de los elementos vinculados al puente grúa, lo que aporta un valor agregado al proceso de diseño. La flexibilidad del software para generar vistas en planta, elevaciones y detalles específicos de manera automática optimiza el tiempo destinado a la elaboración de la documentación técnica y favorece la comunicación entre proyectistas, taller y obra.

En síntesis, el programa constituye una herramienta fundamental para garantizar precisión y eficiencia en el diseño de la nueva nave industrial, al tiempo que posibilita prever y resolver de manera anticipada la futura integración con la estructura existente.

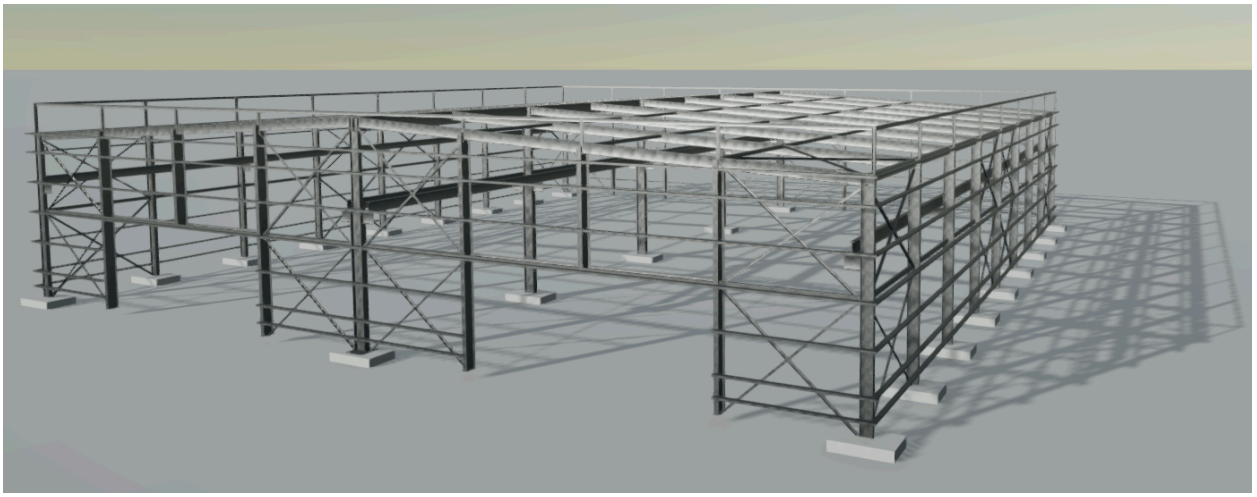


Figura 41: Render desarrollado dentro del programa Tekla Structures.
Fuente: Elaboración propia, con programa TEKLA

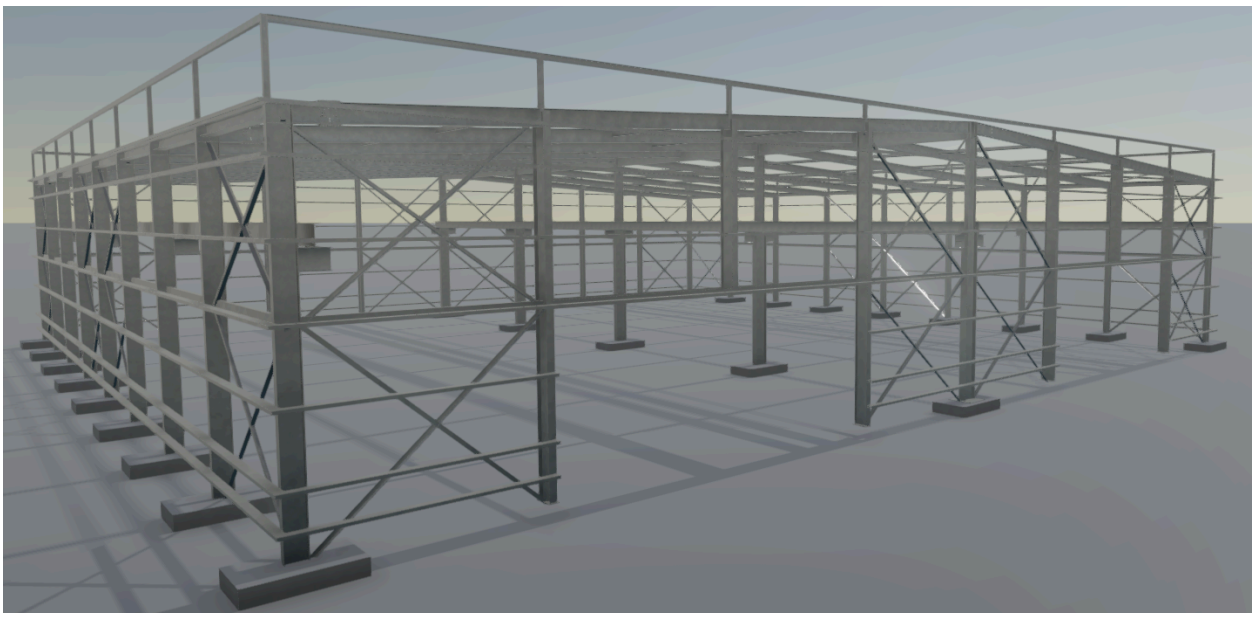


Figura 42: Render desarrollado dentro del programa Tekla Structures.
Fuente: Elaboración propia, con programa TEKLA

5. ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE IMPLANTACIÓN

Los procesos de urbanización suelen incrementar tanto el riesgo de inundación como los fenómenos de erosión y sedimentación. En la actualidad, el área de estudio en Rafaela no se utiliza para actividades agrícolas, pero presenta cobertura de pasto, lo que favorece la infiltración del agua y mantiene la capacidad de percolación del terreno, contribuyendo al equilibrio hidráulico natural de la zona.

Sin embargo, con la ejecución del proyecto de ampliación de la Planta Industrial de Rafaela, se anticipan cambios en el uso del suelo que responden a los objetivos de ampliación que presenta la empresa Thermofin.

La transformación del terreno mediante la construcción de infraestructuras y edificaciones altera las condiciones naturales del suelo, aumentando la superficie impermeable, lo que genera mayor escorrentía superficial y reduce la capacidad de infiltración y percolación. Esta modificación conlleva a una disminución del flujo subterráneo y subsuperficial, impactando en el comportamiento hidráulico de la zona.

Como consecuencia, el riesgo de inundación se eleva debido a la impermeabilización del suelo, reflejándose en un aumento de caudales máximos, mayores volúmenes de escurrimiento y una reducción en los tiempos de respuesta de las cuencas.

Asimismo, estos cambios pueden intensificar los procesos de erosión y sedimentación, provocando deterioro de la cubierta vegetal, alteraciones morfológicas en canales de desagüe, erosión en alcantarillas y obras de descarga, así como la necesidad de implementar medidas de control de erosión. La sedimentación podría generar obstrucciones en los sistemas de desagüe aguas abajo, disminuyendo su capacidad hidráulica.

Para minimizar los impactos derivados de la intervención, resulta fundamental evaluar adecuadamente las condiciones hidráulicas del terreno y considerar las medidas necesarias para el diseño de obras que garanticen un correcto manejo del escurrimiento. La ampliación de la Planta Industrial se llevará a cabo incorporando estrategias que reduzcan al mínimo el riesgo de anegamientos e inundaciones, asegurando la continuidad operativa de la empresa y la protección de la infraestructura existente.

Para ello se siguieron los lineamientos de la legislación provincial, específicamente las Leyes 11730 y 13246. Cabe destacar que la Ley 13246, propia de la cuenca del Arroyo Ludueña, departamento de Rosario, fue extendida a la cuenca de análisis para su aplicación.

A partir de estos lineamientos, en conjunto con la Resolución Provincial 736, que plantea normativas para los desarrollos nuevos que impliquen cambios en el uso del suelo, se proponen las siguientes acciones para la ejecución del proyecto hidráulico:

- Evaluar las condiciones hidrológicas pre y post proyecto, con el fin de determinar el volumen de agua a almacenar y dimensionar un reservorio que permita atenuar el caudal pico de escurrimiento generado por la intervención y enviarlo aguas abajo

- Analizar la obra de retención de volúmenes de precipitación existente, cuya obra de descarga actual en principio no será modificada, garantizando que el diseño de los desagües internos de la Planta Industrial sea compatible con su capacidad de evacuación.

- Diseñar los sistemas de desagües internos de la ampliación de la Planta Industrial, considerando los caudales previstos y los tiempos de respuesta de las cuencas.

- Conducir los desagües internos hacia el reservorio proyectado, de manera de regular los aportes y minimizar riesgos de anegamiento.

5.1 DETERMINACIÓN DE LA CUENCA DE APORTE

Con el propósito de estudiar la problemática de la zona para prever su influencia sobre el funcionamiento de los desagües del proyecto, se procedió a obtener las curvas de nivel correspondientes mediante Google Earth Pro, herramienta que permite analizar perfiles altimétricos de líneas trazadas e incorporar curvas de nivel digitalizadas, las cuales se corresponden a la digitalización realizada por la Secretaría de Recursos Hídricos provincial llevadas a un archivo KMZ. Tal como se muestra en la Figura 43.

Es importante mencionar que el lote en estudio pertenece a la cuenca del canal Norte, colector que atraviesa parte del sector norte-noreste de la ciudad de Rafaela.

Figura 43: Curvas de nivel en las cercanías de la zona de implantación
Fuente: Extracto de Google Earth, con intervención propia.

Posteriormente, se realizó el análisis de la cuenca de aporte ubicada aguas arriba de la ampliación de la Planta Industrial de Rafaela. La misma se observa marcada en color naranja en la Figura 44. Para su delimitación se tuvieron en cuenta los caminos existentes en el sector, la disposición de las curvas de nivel relevadas y los cuerpos receptores.

Para la delimitación de la cuenca se analizaron las divisorias topográficas correspondientes al punto de cierre del área en estudio. Por definición, las líneas divisorias representan los límites de la cuenca vertiente y se caracterizan por intersectar de manera perpendicular a las curvas de nivel.

Como se mencionó anteriormente, se muestra en la Figura 44. Se comenzó representando de manera preliminar el área de aporte de la cuenca externa hacia el terreno en estudio. A partir de las pendientes observadas en la topografía, se establece un contorno inicial que indica las zonas desde donde se concentran los escurrimientos pluviales hacia el predio. Esta primera aproximación resulta esencial para comprender la magnitud del aporte externo y comenzar a dimensionar la influencia de la cuenca en el sitio de implantación.

Figura 44: Primera aproximación de la cuenca de aporte al terreno de implantación.
Fuente: Google Earth.

En la Figura 45 se muestra la delimitación ajustada del área de aporte hacia el terreno de implantación. La cuenca se encuentra representada con mayor precisión, considerando la topografía y el sentido del escurrimiento superficial. Es importante considerar que la misma tiene un área de aproximadamente 13,20 Ha, la cual se puede considerar una cuenca pequeña. Esto se debe más que nada a que el predio se encuentra próximo a una divisoria de aguas.

Si bien esta información resulta fundamental para el análisis hidrológico —ya que permite estimar los volúmenes de agua que ingresan al terreno y determinar las condiciones de funcionamiento del cuerpo receptor, en este caso la cuneta del camino—, la obra de descarga existente en el predio no será objeto de modificación. Se considera que la obra de descarga se mantiene sin modificación por una cuestión de costos y de afectaciones al predio.

Figura 45: Cuenca de aporte aproximada al terreno de implantación.
Fuente: Google Earth.

5.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Para la estimación del caudal máximo asociado a una lluvia de diseño, se aplica el Método Racional, el cual permite obtener una aproximación representativa del comportamiento hidráulico de la cuenca a partir de sus características básicas. Este método resulta especialmente adecuado para cuencas pequeñas o de respuesta rápida, típicas de entornos urbanos, donde la concentración del escurrimiento se produce en períodos cortos de tiempo.

El uso del Método Racional modificado se justifica por las siguientes razones:

- Es un método sencillo y ampliamente utilizado, especialmente apropiado en estudios de drenaje urbano y diseño de sistemas pluviales de pequeña escala, con áreas 1 km^2 a 2,50 km^2.
- Incorpora el tiempo de concentración de la cuenca, asegurando que la duración de la lluvia considerada sea representativa del tiempo necesario para que toda la superficie contribuya al escurrimiento.

El Método Racional se basa en las siguientes hipótesis simplificadoras:

- La intensidad de la lluvia es constante durante la duración considerada y uniforme sobre toda la cuenca.

- El coeficiente de escurrimiento permanece constante, representando el efecto combinado de las características superficiales y la permeabilidad del terreno.
- El caudal máximo se alcanza cuando la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración de la cuenca.

De esta manera, el caudal máximo se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C\ I\ A}{360}$$

$Q\ [m^3/s]$: Caudal máximo

C : Coeficiente de escorrentía

$I\ [mm/h]$: Intensidad de lluvia

$A\ [Ha]$: Área de la cuenca

El proyecto hidráulico busca cumplir con la normativa municipal, detallada a continuación en los Ítems 5.3 y 5.4, que exige una reducción mínima del 40% de los caudales erogados a la red pluvial mediante un sistema de regulación. Esto se logra mediante un sistema de captación y un reservorio de atenuación.

El funcionamiento del sistema interno es el siguiente: el agua de lluvia de las cubiertas es recolectada por canaletas metálicas, desciende por conductos verticales de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) hasta el nivel del terreno, donde el flujo es conducido por canales revestidos de hormigón y canales entubados de PEAD hasta descargar en el reservorio de atenuación.

El reservorio, que es una ampliación y optimización del existente, recibe el hidrograma de entrada -el caudal pico generado por la intervención- y lo almacena temporalmente. Luego, libera ese volumen de forma controlada a un caudal menor (Qcorte), asegurando que la descarga a la red pública cumpla con la normativa vigente.

5.3 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

Tal como se especifica en la Ordenanza 52858-22: “Sistema de regulación de excedentes pluviales o reservorios domiciliarios”, la precipitación de proyecto se obtendrá en base a las Curvas IDR de la Ciudad de Rafaela (Municipalidad de Rafaela, 2008) [2]. A continuación se presenta la ecuación y los parámetros de cálculo de dichas curvas.

Siendo:

$$i = \frac{a \cdot T_r^b}{(D+c)^m}$$

i [mm/h]: Intensidad

Tr [años]: Tiempo de Retorno

D [min]: Duración

a: 1.214,9 - b: 0,15713 - c: 17,478 - m: 0,7555

Para la determinación de la lluvia de diseño se estimará lo siguiente:

- La duración de la lluvia (D) podrá ser de 30 minutos o más dependiendo del tamaño y comportamiento de la cuenca bajo estudio
- La distribución de la lluvia (construcción del Hietograma de Diseño) podrá realizarse con la metodología de Bloque Alterno distribuyendo la precipitación en bloques de 5, 10 y 15 minutos de duración.
- Para el dimensionado de la obra se utilizará un tiempo de retorno (TR) de 5 años y para la condición de verificación de 25 años.
- Para la modelación hidrológica e hidráulica se podrá utilizar cualquier modelo matemático y/o programa computacional.

5.4 CAUDAL MÁXIMO ADMISIBLE

La Ordenanza 52585-22 [2] establece ciertas regulaciones para los reservorios de lotes grandes, lotes cuya superficie es mayor a 1000 m^2, lotes destinados a viviendas colectivas (más de 3 unidades), actividades económicas, comerciales, servicios y equipamientos, en los cuales se construya galpones, naves industriales, depósitos de cualquier tipo, entre otros.

Toda propuesta de edificación con las características antes descriptas deberá estar acompañada de una evaluación hidrológica - hidráulica, que demuestre una reducción mínima de los caudales erogados a la red pluvial del 40%. Esto significa que el pico del hidrograma generado, producto de la impermeabilización del suelo debido a la nueva construcción, deberá reducirse utilizando un sistema de regulación a nivel de lote. Es decir, se deberá prever dentro de cada parcela, dispositivos o mecanismos atenuantes del efecto producido por las precipitaciones intensas, producto de la impermeabilización del lote. En el cálculo del porcentaje impermeable de lote se deberán considerar todas las superficies impermeables existentes y proyectadas (techos, aleros, veredas, estacionamientos, playa de maniobras, etc).

5.5 SITUACIÓN PRE INTERVENCIÓN

Considerando como situación pre intervención el área delimitada en la Figura 45. Cabe mencionar que la misma será considerada exclusivamente con cubierta vegetal.

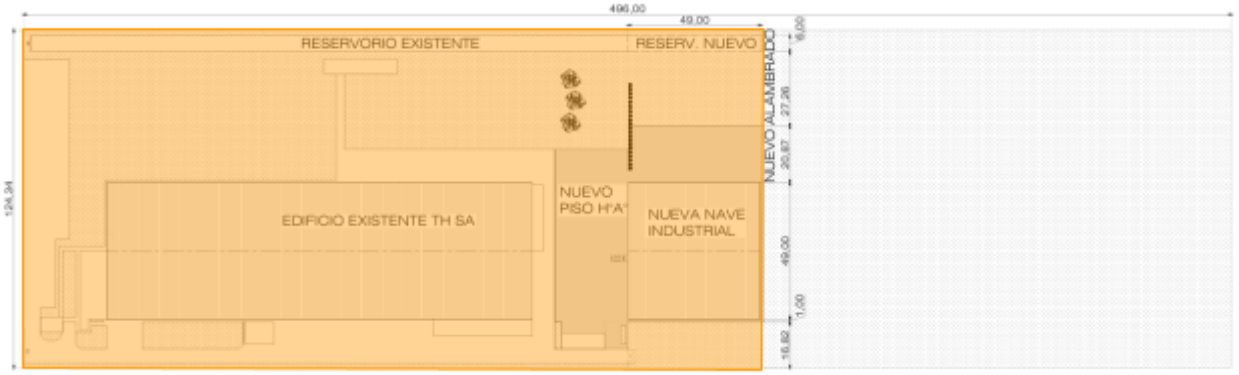


Figura 46: Área pre intervención, considerada como superficie permeable.
Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, para la estimación del caudal máximo asociado a una lluvia de diseño se aplica el Método Racional, donde $Q = \frac{C\,I\,A}{360}$.

La hipótesis fundamental de este método es que el caudal máximo se produce cuando la duración de la precipitación es igual al tiempo de concentración de la cuenca $\left(T_c\right)$. De esta manera, el hidrograma se asume triangular con el tiempo base igual a dos veces el T_c.

El coeficiente de escorrentía, C, se define como la cantidad de precipitación que se transforma en escurrimiento superficial durante la lluvia de diseño. Depende principalmente de la impermeabilización de la cuenca y del tipo de superficie, para cada recurrencia de diseño.

Para la situación pre-intervención, se categoriza el área como una zona verde con pendiente plana (0-2%), tal como se observa en la Figura 47. Se ha optado por definir una condición pobre de la cubierta vegetal, decisión que responde a un criterio de diseño conservador debido a que se considera que la ubicación del lote en una zona abierta lo expone a factores climáticos regionales, como períodos de déficit hídrico y vientos desecantes, que no garantizan el mantenimiento permanente de una cobertura densa y continua (superior al 50%). Bajo estas premisas, y según los lineamientos del Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe [8], se adoptan los coeficientes de escorrentía de 0,34 para una recurrencia de 5 años y 0,40 para 25 años.

Característica de la Superficie	Recurrencia (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Hormigón : pavimentos, techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas Verdes (jardines, parques, etc.):							
Condición pobre (cubierta de pasto menor al 50% del área)							
Pendiente llana: 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Media: 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Elevada: > 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición media (cubierta de pasto entre 50% - 75% del área)							
Pendiente llana: 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Media: 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Elevada: > 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor al 75% del área)							
Pendiente llana, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Media, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Elevada ; > 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Áreas de cultivos							
Pendiente llana: 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Media: 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Elevada: > 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Pendiente llana: 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Media: 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Elevada: > 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							

Figura 47: Coeficiente de escorrentía.Estándares en ciudad de Austin, Texas, EU.
Fuente: Chow et al. (1994)

El tiempo de concentración se calcula según la expresión del Federal Aviation Agency, la cual es aplicable para flujo mantiforme predominante. Dado que el predio en su estado actual carece de canales definidos, esta metodología resulta la más adecuada para representar la traslación del agua sobre la cobertura natural. Utilizando la fórmula que se detalla a continuación, obtuvimos un tiempo de concentración de 69,25 min para una recurrencia de 5 años (Recurrencia asociada al diseño según la Ordenanza 52858-22.

$$T_c = 22.73\,(1,1 - C)\,L^{0,5}\,S^{-0,33}$$

$T_c\,[min]$: Tiempo de concentración

C : Coeficiente de escorrentía

$L\,[km]$: Longitud del recorrido

$S\,[m/m]$: Pendiente del terreno

Por consiguiente, se obtienen los hidrogramas triangulares de diseño para la situación pre-intervención por medio del ya mencionado Método Racional Modificado, con las recurrencias establecidas en la Ordenanza 52858-22. Los mismos se pueden observar en la Figura 48 y 49.

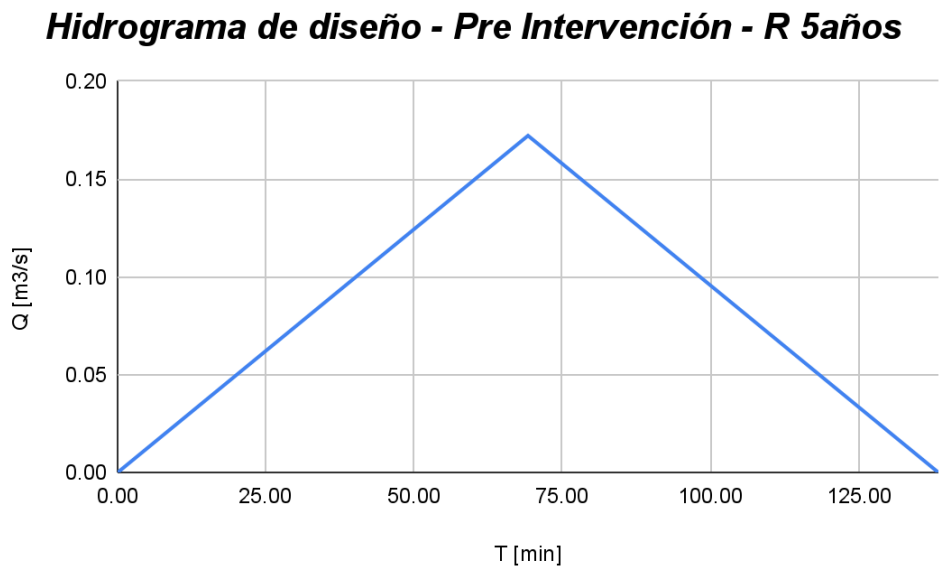


Figura 48: Hidrograma de diseño Pre intervención - Recurrencia 5 años.
Fuente: Elaboración propia.

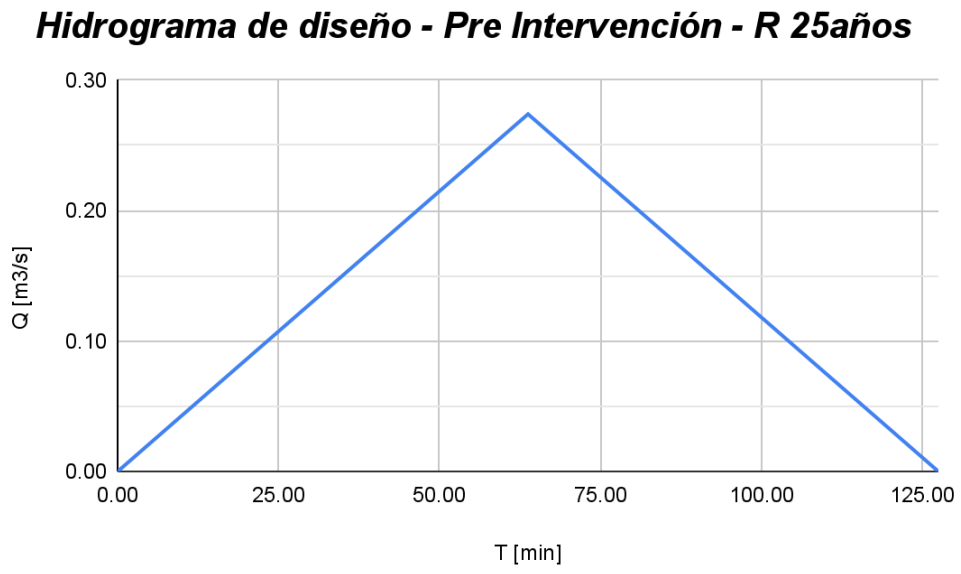


Figura 49: Hidrograma de diseño Pre intervención- Recurrencia 25 años.
Fuente: Elaboración propia.

5.6 SITUACIÓN POST INTERVENCIÓN

5.6.1 Introducción al Problema y Verificación Normativa

Previo al análisis de la solución de diseño, se procedió a la verificación del caudal de corte (caudal máximo de descarga permitido a la red pluvial pública) actualmente asignado al predio. Dicha verificación arrojó que el caudal de escurrimiento que actualmente se vuelca a la red es un 66% superior al caudal de corte admisible por la ordenanza.

El cálculo de los caudales presentados se deriva de dos metodologías complementarias. El caudal de descarga, o caudal de aporte directo a la red, fue determinado mediante la aplicación del Método Racional, utilizando la expresión $Q = C\,I\,A$. Para este cálculo, se consideró el coeficiente de escorrentía C representativo del estado actual del predio, la intensidad de lluvia I correspondiente al tiempo de concentración y la superficie total de la cuenca. Este caudal es de de 0,30 m³/s. Por otro lado, el límite máximo admisible de volcado a la vía pública es de 0,18 m³/s. Este se obtuvo aplicando el criterio de restricción de la Ordenanza 52858-22, la cual establece que el caudal de salida no debe superar el 60% del caudal generado en el estado de pre-intervención. Para una mayor comprensión de las variables y coeficientes adoptados en estos cálculos, se puede observar el Anexo H01 - Análisis Hidráulicol, donde se detallan las planillas de cálculo del Método Racional, las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) aplicadas y el desglose de las superficies de aporte

En Figura 50 se observa un esquema de aquellas áreas que aportan directo a red, conformando el caudal de descarga directa, y las áreas que aportan al reservorio y reciben la adecuada atenuación.

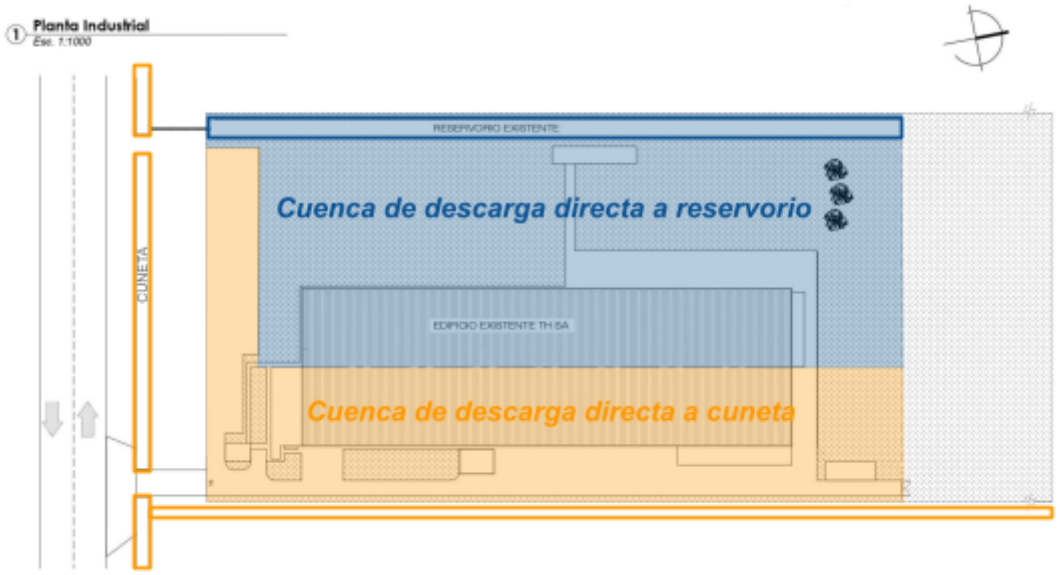


Figura 50: Cuencas de aporte actuales.
Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la situación actual, el cual se observa en la Tabla 5, revela que el caudal de descarga excede en 0,12 m³/s el límite permitido reglamentario. Esto implica el incumplimiento de la ordenanza municipal vigente en materia de control de caudales pluviales y representa un riesgo de saturación de los conductos públicos y posibles anegamientos en las zonas bajas adyacentes durante eventos de precipitación intensos. En la Tabla 5, se observan los valores obtenidos sobre la situación actual del predio.

Tabla 5: Situación actual de escurrimientos.
Fuente: Elaboración propia.

Situación actual de escurrimientos	
Qmáx	0.31 m3/s
Qcorte adm.	0.18 m3/s
Q C4	0.14 m3/s
Q C5	0.11 m3/s
Q C6	0.06 m3/s
Qdescarga directa	0.30 m3/s
No verifica ordenanza, Qdesc>Qcorte	

En el Plano H01 - Plano de Cuencas - Actual, se observan las cuencas C4, C5 y C6 que descargan directo a red, sin atenuación de caudales.

En virtud de la situación normativa identificada y considerando los futuros requerimientos hidráulicos asociados a la expansión de la planta industrial, se establece la necesidad de un rediseño hidráulico integral de la gestión pluvial del predio. Este rediseño tiene como objetivo primordial garantizar el cumplimiento de la normativa vigente, minimizando el impacto del desarrollo sobre la infraestructura urbana.

5.6.2 Metodología de diseño

Al igual que en la etapa previa a la intervención, el caudal máximo de diseño se obtiene mediante el Método Racional. En este escenario, el área intervenida presenta condiciones heterogéneas, ya que combina sectores permeables e impermeables, como se detalla en la Tabla 6. Por tal motivo, se calcula un coeficiente de escorrentía ponderado para el área total A, utilizando la siguiente expresión:

$$C = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} C_i A_i$$

C : Coeficiente de escorrentía ponderado

C_i : Coeficiente de escorrentía asociado a la i-ésima subárea A_i

$A\ [Ha]$: Área de la cuenca

n : Número total de subáreas en la que se divide el área total A

Tabla 6: Coeficiente de escorrentía ponderado - R 5 años y R 25 años.
Fuente: Elaboración propia con datos del Decreto 4841/2012.

Superficie de escurrimiento	Ci (R=5 años)	Ci (R=25 años)	Área [ha]	C (R=5 años)	C (R=25 años)
Concreto / Techo	0.80	0.88	1.98	0.61	0.68
Permeable	0.34	0.40	1.41		

En cuanto al tiempo de concentración de la cuenca, se considera como el tiempo máximo que tarda una gota de lluvia en recorrer la totalidad de la cuenca. En nuestro caso, adoptamos TC propios en distintas secciones, donde colocamos puntos de captación.

$$T_C = \frac{LONG.\ RECORRIDA}{V.\ ESCURRIMIENTO}$$

La longitud del recorrido se obtiene sumando las diferentes instancias de trayectorias del agua:

- D_{ch}: Distancia de escurrimiento sobre chapa ondulada.
- D_c: Distancia de escurrimiento sobre canaleta metálica.
- D_b: Distancia de bajante.
- D_a: Distancia sobre acequia rectangular de hormigón.
- D_e: Distancia sobre caño de PEAD.
- D_m: Distancia de escurrimiento mantiforme sobre el terreno de la propiedad .

En la Figura 51, se observa un esquema ejemplificativo de las distancias consideradas para el cálculo del TC.

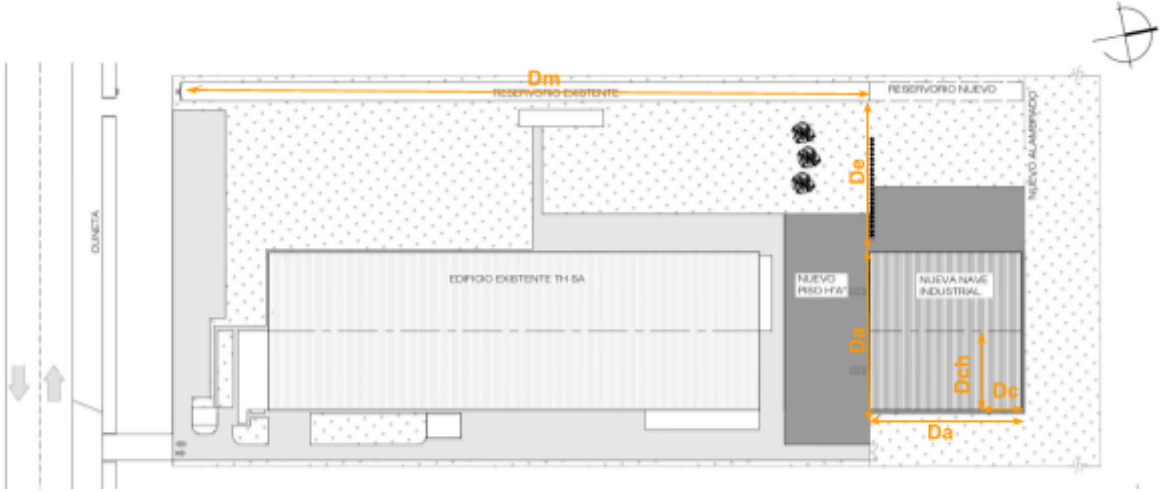


Figura 51: Distancias utilizadas para el cálculo del TC.
Fuente: Elaboración propia.

Se consideró la velocidad del agua de escurrimiento sobre techos metálicos de 0,25 m/s. Además, se consideran las siguientes velocidades de referencia, las cuales están incluidas en el Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe, Figura 52:

- Vt: Velocidad del agua de escurrimiento mantiforme (0,10 m/s)
- Vc: Velocidad del flujo no concentrado en pavimentos (0,60 m/s)

Tipo de flujo	Vel [m/seg]
Flujo no concentrado en campos, zonas verdes, parques y jardines	0.10
Flujo no concentrado en pavimentos	0.35
Flujo en cordón-cuneta	0.60
Flujo en zanjas y canales excavados	1.10
Flujo en conductos de hormigón	1.30
Flujo en canales revestidos en hormigón	1.40

Figura 52: Valores de referencia de la Velocidad Máxima, para estimar el Tiempo de Concentración. *Fuente: Decreto 4841/2012 dictado por el Poder Ejecutivo Provincial y correspondiente a Recursos Hídricos - Sistema del Arroyo Ludueña.*

El Tiempo de Concentración del proyecto luego de la intervención es de 48,72 min.

5.6.3 Hipótesis de proyecto

Como hipótesis de proyecto, se plantea el rediseño y la optimización del sistema de gestión pluvial del predio. Esta intervención consta de dos pilares fundamentales orientados a garantizar el cumplimiento normativo:

1. ***Rediseño del Sistema de Captación y Conducción:*** Se propone la implementación de un sistema convencional de captación y conducción pluvial, compuesto por:
   - *Canaletas metálicas* dispuestas en la cubierta de la nave industrial, encargadas de recolectar el agua de lluvia.
   - *Conductos verticales de PEAD*, destinados al descenso del caudal hacia el nivel del terreno.
   - *Canales revestidos de hormigón con rejilla superior*, que conducen el flujo pluvial hasta los canales entubados.
   - *Canales entubados de PEAD*, que conducen el flujo pluvial hasta el reservorio excavado en el terreno natural.
2. ***Ampliación y Optimización del Reservorio de Atenuación:*** Se define ampliar el reservorio existente con el objetivo de ajustar su capacidad de almacenamiento al volumen requerido por los procesos de expansión de la planta industrial. Dicha ampliación implica no sólo un incremento en su longitud, sino también una modificación

en su geometría, pasando de su forma triangular actual a una configuración trapezoidal, más eficiente en términos de capacidad de almacenamiento y estabilidad de taludes.

En consecuencia, la situación post intervención será analizada considerando la totalidad de los edificios proyectados y las superficies impermeables que formarán parte del predio.

En esta etapa de proyecto, se prevé actuar sobre una superficie total de 3,39 hectáreas, de las cuales 1,98 hectáreas corresponderán a pavimentos rígidos y áreas destinadas a actividades industriales, mientras que las 1,41 hectáreas restantes permanecerán como áreas permeables.

En el Plano H02 - Plano de cuencas se observa el rediseño del sistema de captación y conducción y la ampliación del reservorio. Las cuencas C12, C13 y C14, las cuales se pueden visualizar en color naranja en la Figura 53, siguen aportando directamente a la red, pero en menor magnitud.

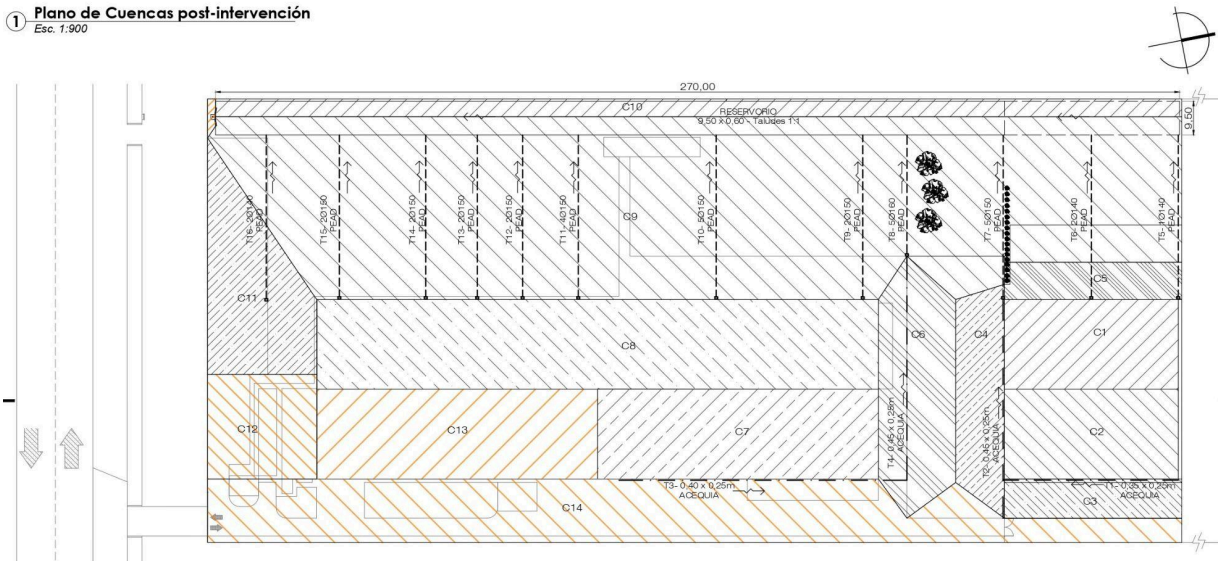


Figura 53: Cuencas que aportan directo a la red.
Fuente: Elaboración propia.

5.6.4 Análisis de resultados

Los caudales e hidrogramas triangulares de diseño para recurrencias de 5 años y 25 años se calculan de la misma forma que para la situación pre-intervención. En las Figuras 54 y 55, se observan los Hidrogramas de diseño para las recurrencias de diseño y verificación.

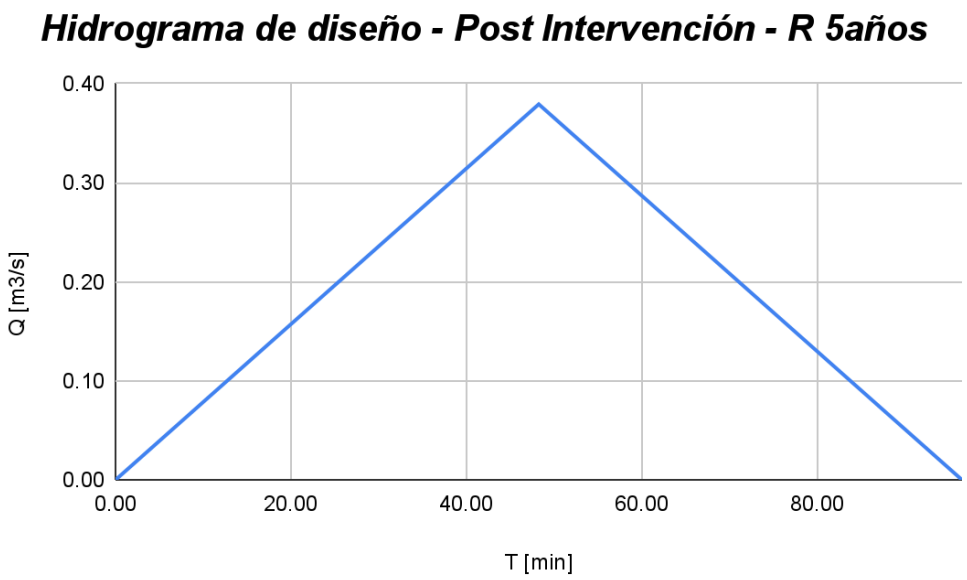


Figura 54: Hidrograma de diseño Post intervención - Recurrencia 5 años.
Fuente: Elaboración propia.

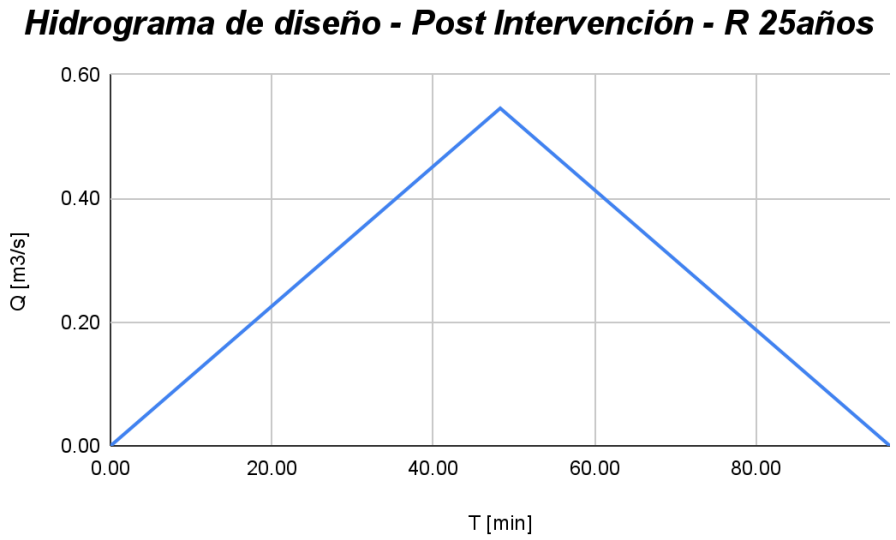


Figura 55: Hidrograma de diseño Post intervención- Recurrencia 25 años.
Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los hidrogramas de diseño correspondientes a las situaciones previa y posterior a la intervención, se evidencia un incremento del caudal pico, que pasa de 0,27 m³/s en la condición inicial a 0,38 m³/s luego de la ejecución de la propuesta. Este aumento se debe principalmente al cambio en el uso del suelo y a la mayor proporción de superficies impermeables incorporadas en el área intervenida.

En la Figura 56 se presentan los hidrogramas de entrada y salida obtenidos mediante la aplicación del Método Racional, utilizados para el dimensionamiento del reservorio. La curva roja representa el hidrograma de entrada (Qentrada), correspondiente al caudal generado en la

situación post intervención, mientras que la curva azul muestra el hidrograma de salida (Qcorte), asociado al caudal controlado por el reservorio.

El área comprendida entre ambas curvas permite estimar el volumen de almacenamiento necesario para atenuar el pico de caudal y cumplir con las condiciones de descarga exigidas por la normativa local. A partir de este análisis se obtuvo un volumen de embalse de aproximadamente 1620,00 m³, valor que garantiza la eficiencia hidráulica del sistema y la reducción del impacto hidrológico generado por la intervención.

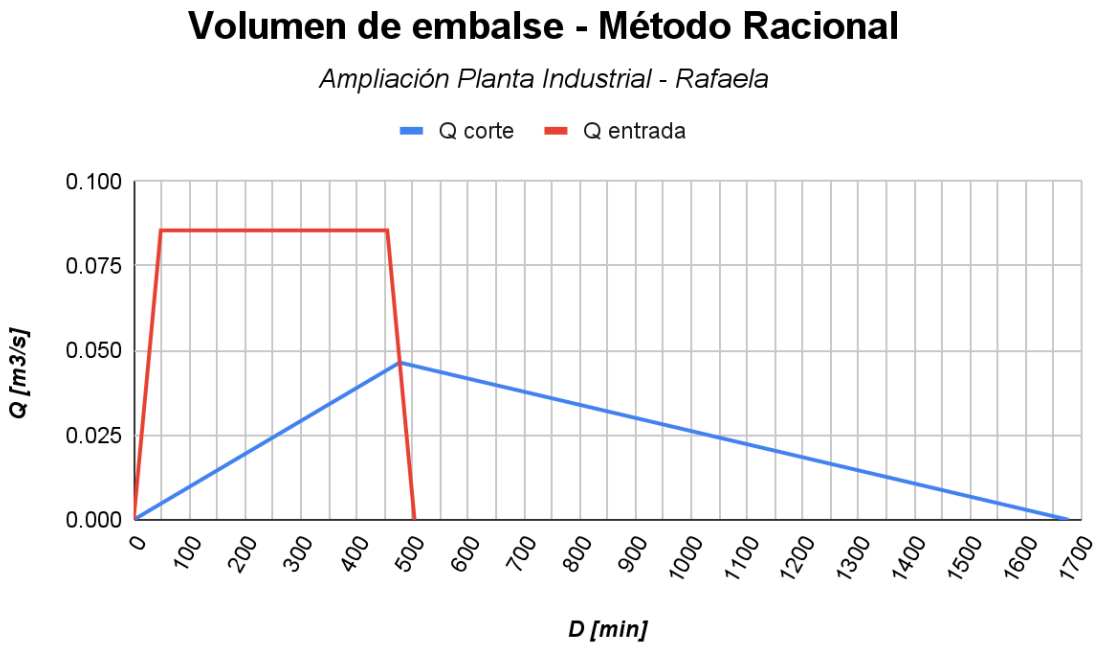


Figura 56: Hidrogramas de entrada y de salida - Volumen del embalse.
Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo H01-Análisis Hidráulico se detallan todos los cálculos, tablas y resultados obtenidos para el análisis hidráulico.

En el Plano H03 - Perfil de Obra Tipo se muestran las secciones tipo de desagües pluviales, junto con el diseño de pavimento, el cual se detalla a continuación.

6. DISEÑO DE LA CIRCULACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL

6.1 DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

Para el proyecto, se ha definido como requisito fundamental la extensión de la vía actual hacia la nave trasera, lo que permitirá la completa maniobrabilidad y el ingreso directo de camiones semi-remolques. Este avance es esencial para optimizar el proceso productivo de la empresa.

La Figura 57 ilustra esta intervención, donde los pavimentos nuevos a diseñar están representados con el color más oscuro, destacando las zonas de ampliación. Estos nuevos sectores se integrarán a la infraestructura existente, mostrada en tono gris claro, completando el circuito de la planta industrial.

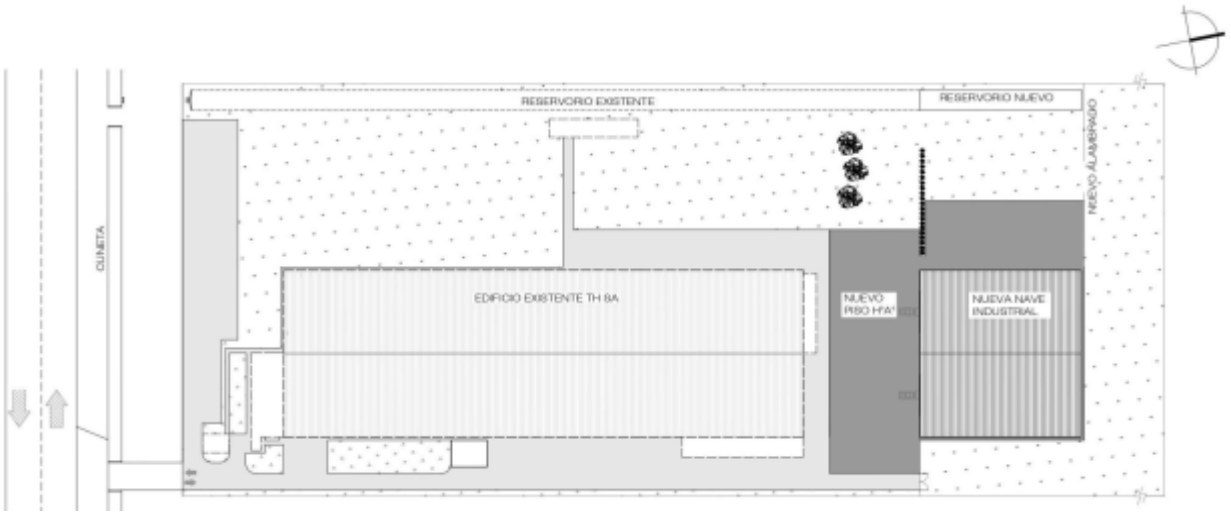


Figura 57: Planta de implantación de la infraestructura vial proyectada y su vinculación con el entorno.
Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que esta ampliación se construirá manteniendo el actual pavimento de hormigón que recorre el ala lateral este. Dicha elección garantiza una alta resistencia a las grandes cargas vehiculares y una extensa durabilidad, con una vida útil de diseño de 20 a 40 años, superando significativamente la vida útil de 10 a 15 años del pavimento flexible.

El diseño del pavimento rígido se fundamentó en la metodología establecida por el Método de la Portland Cement Association (PCA) de 1984.

Para la aplicación práctica de esta metodología, se utilizó un software desarrollado por el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), por el Ing. Diego Calo. Esta herramienta permitió procesar los datos de entrada y realizar las verificaciones necesarias por erosión y por fatiga, entregando como resultado el espesor mínimo de calzada requerido.

Como datos de tránsito para verificar espesores se ingresó:

- TMDA: 10V/dia
- Periodo de diseño: 50 años
- Porcentaje de vehículos pesados : 100%
- TPMDA: 10VP/dia
- Tasa de crecimiento de vehículos pesados : 2%
- Factor de Proyección del Tránsito: 1,69
- Espectro de cargas: Para camiones semi-remolques S1-D1-D2 como se ve en la Figura 58.
- Se considera subrasante tratada con CUV 5%, CBR > 5%
- La transferencia de cargas se realiza por medio de juntas transversales con pasadores

Nº	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN Nº DE EJES	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	PESO MÁXIMO (t)	Relación POT/PESO (CV/t) mín.
9		S1-D1-D2	18,60	2,60	4,30	34,50	4,25

Figura 58: Configuración tipo S1-D1-D2
Fuente: Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística

Con respecto al espectro de cargas, se utilizan los vehículos de diseño con su respectiva carga por eje máxima legal. En la Figura 59 se muestra el espectro de carga adoptado para el diseño.

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados (excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)					
Ejes simples		Ejes Dobles		Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
6	1000,0	18	1000,0	0	0,0
11	1000,0	0	0,0	0	0,0

Figura 59: Configuración de cargas por ejes
Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Es importante mencionar que para el diseño del paquete estructural se utilizará un hormigón de calidad H30, tal como se muestra en la Figura 60.

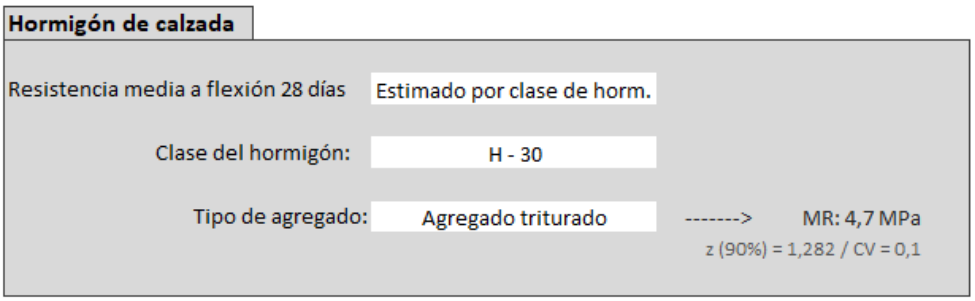


Figura 60: Ingreso del hormigón a utilizar en el pavimento rígido.
Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Para continuar con el proceso de diseño, se ingresa el valor del CBR correspondiente a la subrasante, según lo detallado en la Figura 61. Este valor se estableció en 5%, dato que fue obtenido directamente del estudio geotécnico obtenido del Informe Sondeo Geotécnico [4].

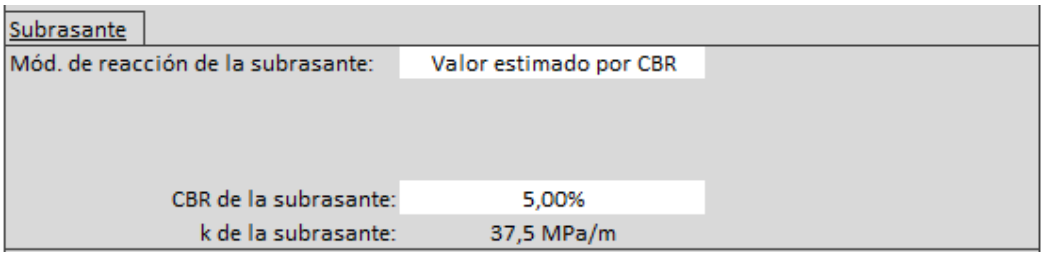


Figura 61: Ingreso del CBR de la subrasante.
Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

En cuanto al diseño de la base para el nuevo camino, se planteó utilizar materiales y espesores similares a los presentes en caminos existentes. De esta forma se obtuvo una sola base de suelo tratado con cemento de 20 cm de espesor como se indica en la Figura 62.

A diferencia del pavimento flexible, el pavimento rígido no requiere de una estructura con múltiples capas debido a su alta rigidez. Las tensiones inducidas por la carga se distribuyen y se ven significativamente reducidas a través de la losa de hormigón antes de alcanzar los estratos inferiores. Por lo tanto, el análisis en esta figura se centra específicamente en la verificación del espesor de la base.

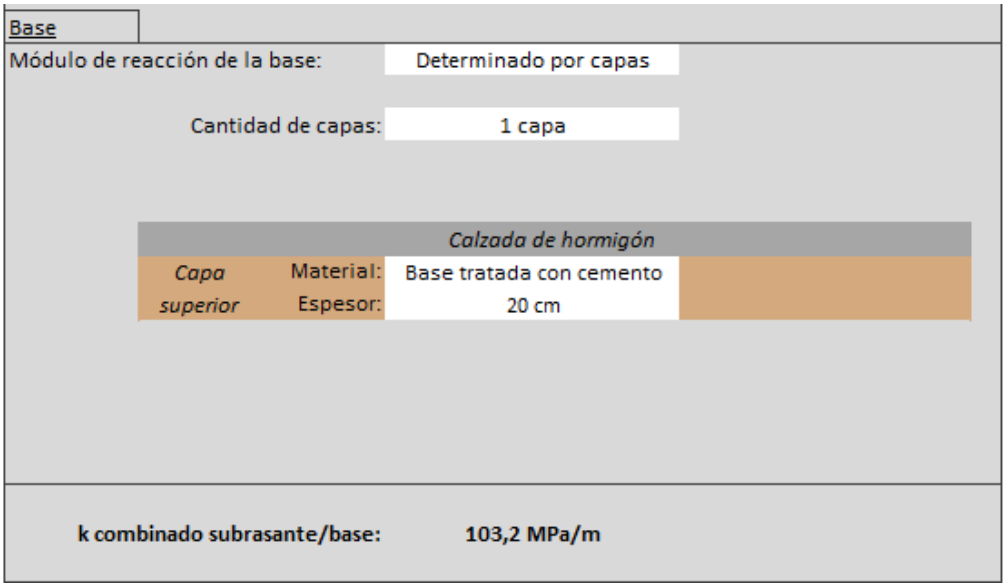


Figura 62: Ingreso del espesor de la base.
Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Tras aplicar un Factor de Seguridad de Cargas de 1,10, se obtuvieron los resultados definitivos del diseño. Estos resultados, que confirman el espesor requerido del pavimento bajo las condiciones de carga y los criterios de diseño establecidos, se presentan detalladamente en la Figura 63.

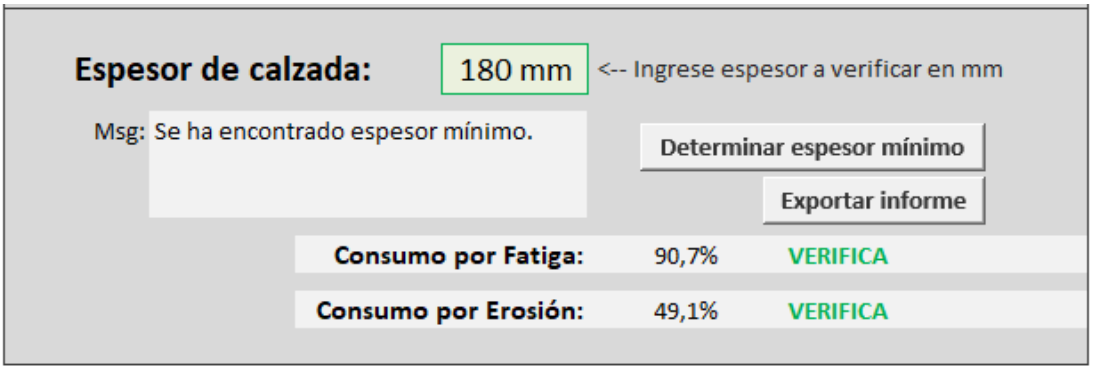


Figura 63: Espesor de calzada mínimo y verificaciones.
Fuente: Verificación de pavimento rígido según PCA '84

Concluimos que el espesor seleccionado para la nueva calzada es de 18 cm. Esta selección de 18 cm iguala el espesor del pavimento existente. Dicha homogeneidad dimensional simplifica significativamente la transferencia de carga y la instalación de los pasadores necesarios para lograr la unificación estructural efectiva entre la nueva y la antigua sección del pavimento.

En el Anexo V01 - Verificación de Espesores del Pavimento se observa la planilla de resultados que arroja el programa utilizado, donde se demuestra que el espesor adoptado se verifica.

Se destaca la ejecución de un riego de curado sobre la capa de suelo tratado, y sobre ella una membrana de polietileno que independice a la losa de hormigón de la base inferior.

Finalmente, el paquete estructural definido para la nueva sección es el que se observa en la Figura 64.

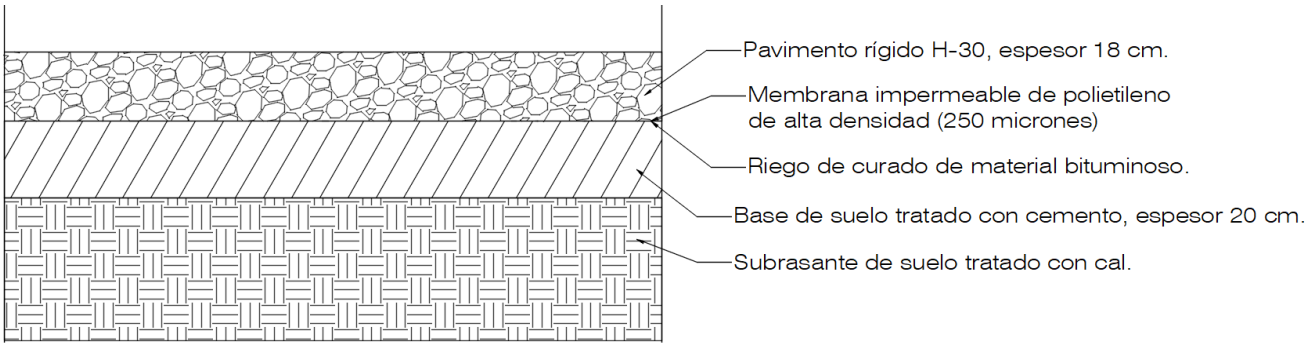


Figura 64: Paquete estructural del pavimento rígido.
Fuente: Elaboración propia

6.2 JUNTAS

Para el pavimento rígido es necesario desarrollar un diseño de juntas conforme a los lineamientos establecidos por el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA), el cual proporciona manuales específicos para su correcta ejecución.

El propósito esencial del sistema de juntas es controlar el patrón de fisuración inherente que se produce en el pavimento rígido a lo largo de su vida útil. Este control se materializa mediante el diseño y la ejecución de juntas transversales y longitudinales, las cuales deben incorporar mecanismos de transferencia de carga que aseguren la continuidad y el desempeño estructural entre las losas.

Un diseño de juntas efectivo resulta crucial para prevenir la aparición de fisuras aleatorias e incontroladas, resistir adecuadamente las cargas dinámicas a las que el pavimento estará sometido, e impedir la infiltración de agua bajo la losa. La prevención de la infiltración es vital, ya que mitiga el riesgo de deterioros prematuros en los estratos inferiores.

Para cumplir con estos objetivos, se disponen distintos tipos de juntas: de contracción (longitudinales y transversales), transversales de dilatación, de construcción y de aislación (en contacto con otras estructuras).

A fin de vincular el pavimento rígido existente con el nuevo a construir, se proyectan **juntas transversales de dilatación o expansión,** cuyo objeto es proveer espacio para la dilatación de las losas sin que ingresen materiales incompresibles y se realice una

transferencia de cargas no deseadas. Para realizar las mismas se debe perforar la losa existente para colocar pasadores, estas son barras de acero liso de 30 cm de largo y 25 mm de diámetro, las perforaciones deben realizarse con una separación de 40 cm entre cada una y las barras quedarán adheridas a la estructura existente por medio de grout. Este tipo de junta provee un capuchón con material compresible que permite el movimiento de expansión de la losa comprimiendo la junta, su ancho es de 20mm a 25 mm como se ve en la Figura 65.

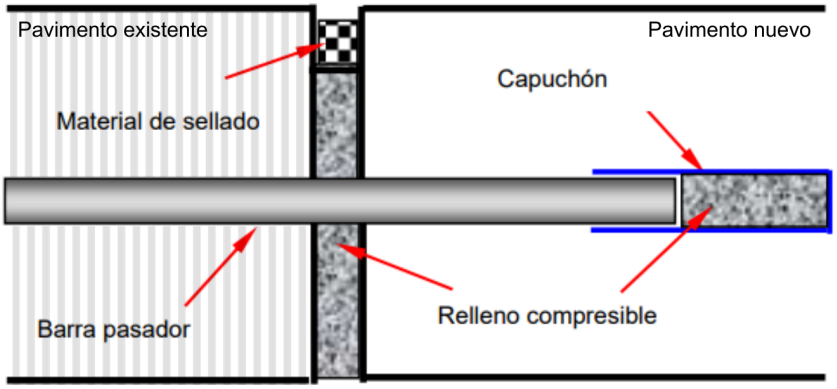


Figura 65: Junta realizada entre pavimento rígido existente y nuevo.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

Cabe destacar que las juntas transversales de contracción ubicadas a menos de 30m de una junta de expansión deben llevar pasadores.

Además de la junta ya mencionada, dado que el pavimento experimenta alabeos higrotérmicos y la circulación de grandes cargas que provocan fisuraciones se divide al pavimento en losas delimitadas por **juntas longitudinales y transversales** que buscan generar un plano de discontinuidad para poder actuar sobre el mismo y controlarlo.

Las **juntas transversales** utilizan pasadores para transferir cargas de una losa a la contigua, estos pasadores son de 30 cm de largo, 25 mm de diámetro y poseen una separación de 40 cm entre cada uno. Su espaciamiento no debe ser superior a 21 veces el espesor de la losa, resultando así 378 cm en este caso. Vemos el detalle de la misma en la Figura 66.

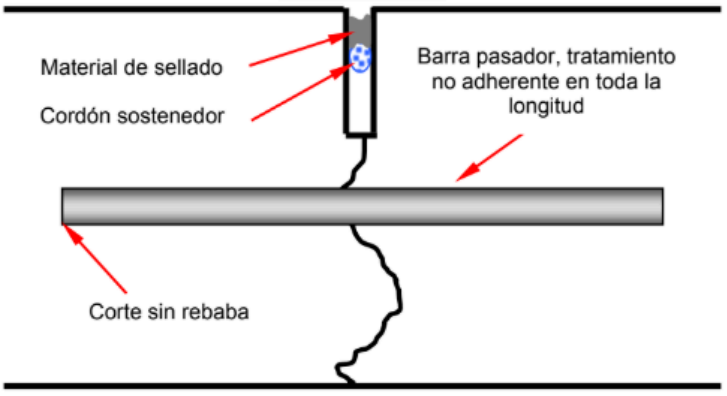


Figura 66: Junta transversal de contracción.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

Las j**untas longitudinales** se emplean con el objetivo de aliviar las tensiones que los alabeos higrotérmicos generan en las losas de pavimento. Para su construcción, se utilizan barras de unión, que son barras de acero conformado con un diámetro de 12 mm y una longitud de 80 cm. Su ejecución se hace necesaria cuando el ancho del pavimento supera los 4,50 m. La Figura 67 ilustra detalladamente la configuración de la junta longitudinal comentada, mostrando su disposición y componentes principales.

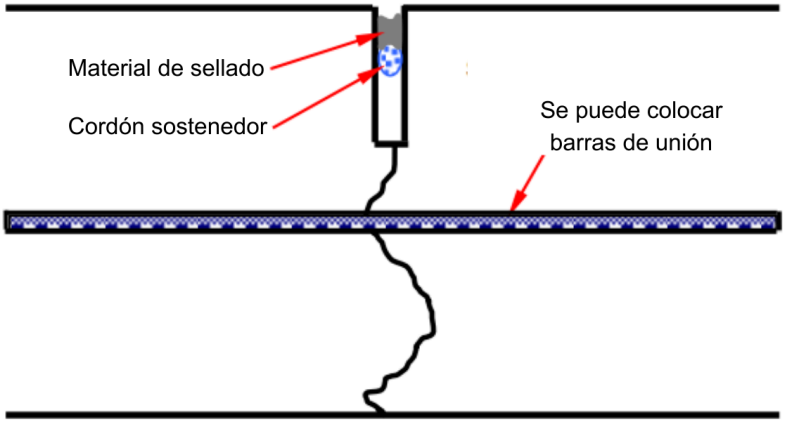


Figura 67: Junta longitudinal de contracción.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

Las **juntas transversales de construcción** se ejecutan obligatoriamente al finalizar una jornada de trabajo o debido a paradas imprevistas durante el proceso de hormigonado. Siempre que la planificación lo permita, se recomienda que estas juntas se sitúen de forma coincidente con la posición de las juntas transversales previamente definidas en el proyecto. Su configuración y detalles constructivos se muestran en la Figura 68.

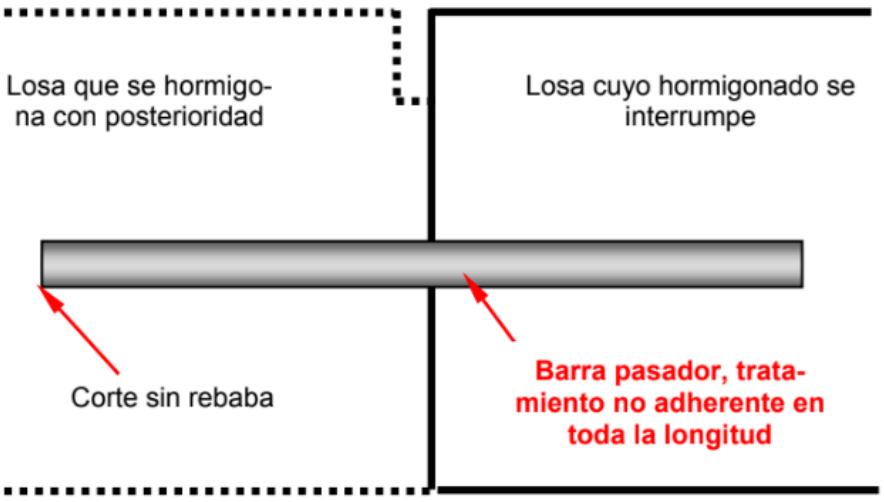


Figura 68: Junta transversal de construcción .
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

La **junta de aislación** tiene por objeto permitir el movimiento libre del pavimento en relación con otras estructuras fijas colindantes. Mediante esta disposición, se evitan esfuerzos y posibles daños estructurales generados por fenómenos como la dilatación, la contracción o los asentamientos diferenciales. Las características y detalles constructivos de esta junta se ilustran en la Figura 69.

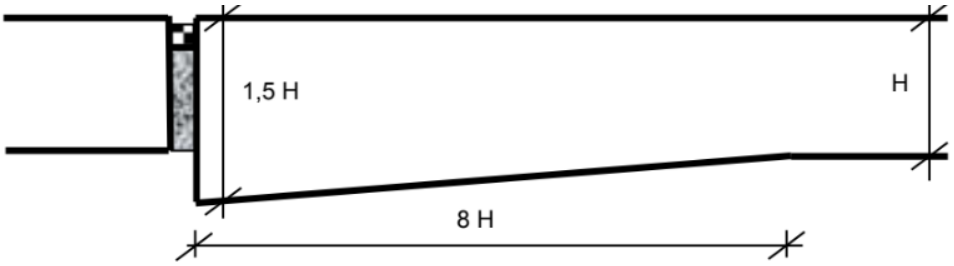


Figura 69: Junta de aislación.
Fuente: Manual de Diseño de Pavimento Rígido del ICPA

En el Plano V01 - Detalle de juntas, se especifican cada una de las juntas mencionadas. Mientras que en el Plano V02 - Diseño de Juntas de Pavimento Rígido se observan las ubicaciones de cada una de ellas.

6.3 Circulación vehicular

Asimismo, el proyecto contempla el diseño de una circulación vehicular adecuada dentro de los límites del terreno, optimizada para el tránsito de camiones semi-remolques.

Esta optimización garantiza la maniobrabilidad necesaria para las operaciones logísticas. En la Figura 70, se presenta un esquema visual que detalla el flujo de circulación de estos vehículos alrededor de la nave.

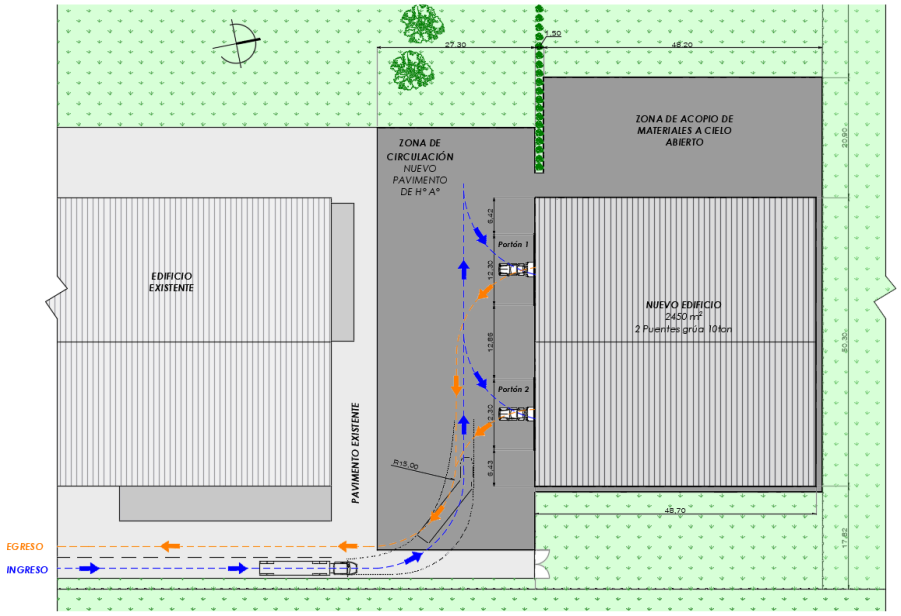


Figura 70: Esquema de circulación vehicular.
Fuente: Elaboración propia

Se busca garantizar que los radios de giro de los vehículos pesados tengan un margen de seguridad evitando siniestros entre los mismos. El vehículo de diseño que se considera es el camión S1-D1-D2.

Las recomendaciones para los radios de giro de los vehículos pesados se obtienen de la Dirección Nacional de Vialidad “DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial”. La bibliografía indica los sobreanchos a tener en cuenta según la medida de los vehículos y el ángulo con el que giran los mismos.

Siguiendo estos lineamientos en base al vehículo de diseño, se adoptaron radios de giro mayores a 15 metros, teniendo así un margen de seguridad.

La Figura 71 muestra los radios de giro y la mínima trayectoria requerida para el vehículo de diseño WB-12.

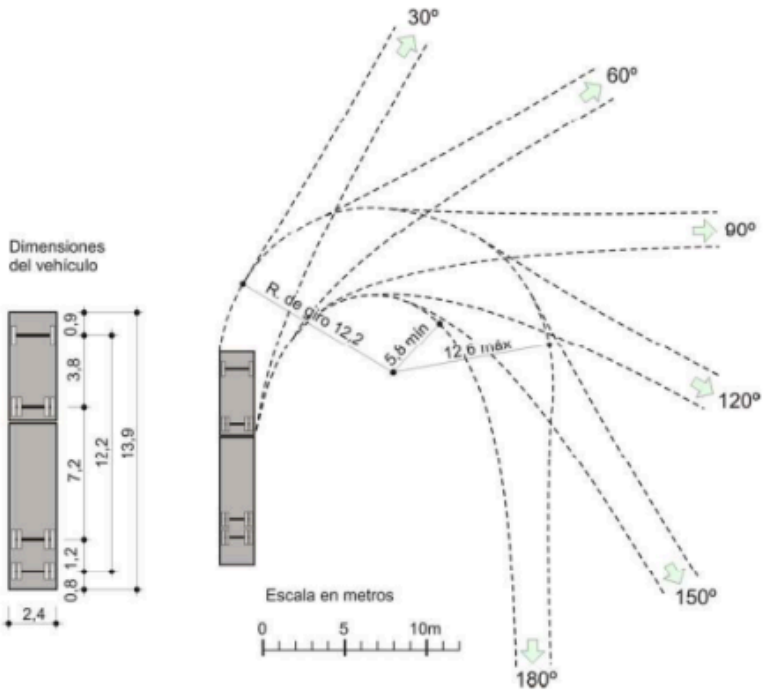


Figura 71: Radios de Giro.
Fuente: Mínima trayectoria para vehículo de diseño WB-12. Plano DNV

Teniendo como premisa el margen de seguridad antes visto, se puede ver, en la Figura 70, la circulación presentada por los camiones semi-acoplados de diseño desde el ingreso del predio industrial hasta la zona posterior de la nave existente donde el mismo deberá girar a la izquierda y luego maniobrar retrocediendo de manera que el camión pueda ingresar si semi-acoplado a la nave de almacenamiento donde el puente grúa deposita las cargas sobre el mismo.

7. INCORPORACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

En este punto se contempla cómo se relacionan los Objetivos de Desarrollo Sostenible con el proyecto.

Los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), son un conjunto de 17 objetivos universales y ambiciosos que contienen 169 metas específicas, los cuales tienen como foco el poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas disfruten de paz y prosperidad para el año 2030.

Estos objetivos, creados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 2015, están diseñados para ser adoptados por todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo, como un plan de acción para la humanidad.

7.1 ODS QUE CONTEMPLA EL PROYECTO

Dentro del proyecto, se contemplan los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible [9]:

Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación

9.1 Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

9.4 Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales.

9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales, fomentando la innovación.

El proyecto contribuye a este objetivo al desarrollar una infraestructura industrial de alta calidad, fiable y resiliente mediante el diseño de una nueva nave metálica y de fundaciones adecuadas. Se promueve la modernización tecnológica y la innovación al utilizar software BIM (Tekla Structures) y herramientas de cálculo avanzado (STAAD.Pro) para garantizar la seguridad y la eficiencia en el diseño estructural y ejecutivo. Además, la implementación de un rediseño hidráulico integral con un reservorio de atenuación cumple con la normativa local, asegurando que la infraestructura sea sostenible al mitigar el impacto hidrológico de la expansión industrial.

Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

12.4 Lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, reduciendo significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo para minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.

12.5 Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Este objetivo se aborda directamente a través de las modalidades de producción y consumo responsables implementadas por la empresa. Thermofin Sudamérica S.A. realiza una gestión ecológicamente racional de residuos peligrosos, como los efluentes de pintura y aceite, asegurando su retiro por empresas especializadas o su tratamiento in situ para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente. Adicionalmente, se reduce la generación de desechos promoviendo la economía circular mediante la venta de recortes y virutas de acero inoxidable a otras empresas para su reutilización como materia prima.

Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos

6.3 Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertido y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos.

6.6 Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, montañas, humedales, ríos, acuíferos y lagos.

El proyecto se alinea con la gestión sostenible del agua al abordar dos frentes: la calidad y el saneamiento. La empresa ya cuenta con un programa de monitoreo ambiental de las napas freáticas para asegurar la calidad del agua subterránea, junto con un sistema de trampa de aceites para reducir la contaminación del efluente industrial. Desde la ingeniería, el diseño del sistema de drenaje pluvial (reservorio y conducción) tiene como objetivo proteger los ecosistemas relacionados con el agua (cuerpos receptores) y garantizar el saneamiento al mitigar el riesgo de anegamientos y al cumplir con la normativa que exige una reducción mínima del 40% del caudal de descarga a la red pluvial pública.

Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos

8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, incluso centrándose en sectores de alto valor añadido.

8.4 Mejorar progresivamente la eficiencia de los recursos mundiales en el consumo y la producción, y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación ambiental.

El proyecto apoya el crecimiento económico sostenido de la región, ya que se enmarca en la tercera etapa de expansión productiva de la empresa, lo que conlleva un aumento de la capacidad instalada y la previsión de incrementar la plantilla de empleados. Además, se promueve la eficiencia de los recursos y la desvinculación del crecimiento económico de la degradación ambiental mediante por ejemplo la propuesta de implementar un sistema de generación de energía renovable (paneles solares y molinos de viento), lo que a su vez posicionaría a la empresa como un referente en sostenibilidad en el sector industrial.

7.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL

7.2.1 Medidas de mitigación propuestas por la empresa.

La gestión y disposición final de residuos contaminantes se encuentra estrictamente regulada por un marco normativo que abarca las esferas municipal, provincial y nacional, asegurando el cumplimiento de estándares ambientales y minimizando los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Las principales normativas que rigen esta materia, y que son aplicables a las operaciones de Thermofin Sudamérica S.A., son las siguientes:

- Nivel Nacional:

  Ley N° 24.051 (Ley de Residuos Peligrosos): Establece el régimen legal para la gestión integral de los residuos peligrosos generados o ubicados en el territorio nacional. Define qué se considera un residuo peligroso y establece las responsabilidades de los generadores, transportistas y operadores de plantas de tratamiento y disposición final.

  Ley N° 25.612 (Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicio): Proporciona un marco para la gestión de residuos no peligrosos, pero

generados por actividades industriales, promoviendo la minimización, reutilización, reciclado, tratamiento y disposición final segura.

- Nivel Provincial (Santa Fe):

  Ley N° 11.717 (Ley Provincial del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible): Constituye el marco general de la política ambiental provincial. Regula diversos aspectos, incluyendo la gestión de residuos y la protección de los recursos naturales, incluyendo aguas subterráneas, y sirve de base para regulaciones más específicas.

  Ley N° 13.055 (Régimen de Gestión de Residuos Peligrosos, Industriales y de Servicios): Adhiere y complementa la Ley Nacional N° 24.051, estableciendo procedimientos de registro, manifiestos de transporte y condiciones de operación para los actores involucrados en la cadena de manejo de residuos peligrosos dentro de la provincia.

- Nivel Municipal (Rafaela):

  Ordenanza N° 4.404 (GIRSU): El marco normativo municipal de Rafaela se aplica de forma complementaria a las normativas nacionales y provinciales. Rige a los Grandes Generadores de residuos. Esta ordenanza es crucial para el manejo de las virutas y recortes de acero inoxidable no contaminados, que son considerados Residuos Sólidos Urbanos (RSU) valorizables. El municipio exige la correcta separación en origen de esta chatarra y puede solicitar un Plan de Gestión para asegurar que estos residuos, que tienen valor de mercado, sean recuperados y no sean mezclados o en el basural, promoviendo su reciclaje y la economía circular

Thermofin Sudamérica S.A. cuenta actualmente con un plan de gestión responsable de sus residuos en todos los procesos operativos. Este marco de actuación se alinea rigurosamente con las legislaciones ambientales de alcance nacional, provincial y municipal mencionadas anteriormente.

- Efluentes Oleosos Industriales: Respecto a los residuos de aceite, si bien una parte significativa se evapora durante los procesos de calentamiento y es emitida a la atmósfera, el residuo sólido se trata mediante lavado con agua. Este efluente es dirigido a un tanque subterráneo que incorpora una trampa de aceites, permitiendo la separación de los componentes oleosos. El líquido restante es extraído periódicamente por camiones atmosféricos, asegurando su correcto manejo.

- Residuos Sólidos de Pintura: En cuanto a los residuos de pintura, la empresa ha establecido un proceso de gestión que incluye la limpieza con agua para recolectar el polvo de pintura residual. La pintura genera un efluente que se dispone en bidones de 1000 L y son retirados por una empresa especializada en la disposición final ambientalmente responsable de estos desechos.

- Recortes y virutas de acero inoxidable: la empresa se adhiere a los principios de la Ley Nacional N° 25.612 y la Ordenanza Municipal. Estos materiales, considerados Residuos Sólidos Urbanos valorizables por su cotización en el mercado, son separados de manera rigurosa en el punto de generación. Se acopian en volquetes designados para ser recogidos por empresas recicladoras. Esta práctica facilita su reintroducción en la cadena productiva como materia prima, reduciendo significativamente el volumen de desechos que se destinan a vertedero.

- Monitoreo de napas: Asimismo, la empresa contempla la Ley 11.717 y lleva adelante un programa de monitoreo ambiental de las napas freáticas. A partir de pozos de observación se realizan análisis anuales de las napas.

7.2.2 Medidas de mitigación adicionales.

Una medida de mitigación adicional y de gran impacto sería la implementación de un sistema de generación de energía renovable. Aprovechando la vasta superficie disponible en el techo de la nave industrial, se podría llevar a cabo la instalación de paneles solares fotovoltaicos. Esta iniciativa, en conjunto con la colocación de molinos de viento en el predio, permitiría a Thermofin Sudamérica S.A. iniciar un proceso de independización de la red eléctrica convencional.

Considerando el contexto actual, la empresa podría incorporarse al programa Prosumidores desarrollado por la Empresa Provincial de la Energía (EPE), alineado con la Ley Provincial N° 14.259. Este programa busca promover la generación distribuida de energía eléctrica a partir de fuentes renovables (principalmente solar fotovoltaica y eólica) por parte de los propios usuarios.

Bajo este esquema, el usuario industrial adopta el rol de "Usuario-Generador" o "Prosumidor" (productor y consumidor) dentro de la red eléctrica.

Para gestionar esta energía, el sistema se interconecta a la red de la EPE mediante un medidor bidireccional, implementando la técnica de Medición Neta (Net Metering). Este instrumento registra tanto la energía que la planta consume de la red como el excedente que la planta inyecta a la misma. Los excedentes de energía volcados a la red son reconocidos por la

EPE, lo que se traduce en un crédito o incentivo económico aplicado directamente en la factura del servicio eléctrico. Este beneficio facilita la recuperación de la inversión a largo plazo y contribuye de manera significativa a la optimización de los costos operativos.

Dada la asociación con una empresa alemana, reconocida por sus altos estándares y conciencia en el cuidado medioambiental, la adopción de esta medida no solo contribuye a la reducción significativa de la huella de carbono de la planta, sino que también posiciona a la empresa como un referente en el sector en términos de sostenibilidad y adopción de protocolos avanzados para la protección del medio ambiente. La energía generada in situ cubrirá una parte sustancial de las necesidades energéticas de la planta, disminuyendo la dependencia de fuentes no renovables y garantizando la optimización de los costos operativos a largo plazo.

8. CONCLUSIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El desarrollo de este trabajo nos ha permitido integrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en una solución técnica real, compleja y multidisciplinaria. La propuesta no solo responde a una necesidad de expansión productiva de la empresa, sino que garantiza la seguridad estructural, la eficiencia logística y el cumplimiento riguroso de las normativas ambientales e hidráulicas vigentes.

En el **ámbito estructural**, se ha logrado una compatibilidad geométrica y funcional plena entre la nueva nave industrial y las instalaciones preexistentes. La utilización de metodologías de cálculo avanzadas, mediante el software de elementos finitos STAAD.Pro, junto con el modelado BIM en Tekla Structures, permitió optimizar la estructura metálica para soportar las solicitaciones dinámicas de los dos puentes grúa de 10 toneladas. Esta estrategia de diseño asegura la estabilidad del conjunto frente a cargas gravitatorias y de viento, cumpliendo rigurosamente con los reglamentos CIRSOC vigentes y facilitando la futura integración edilicia prevista en el plan maestro de la empresa.

Respecto a la **ingeniería hidráulica**, el proyecto resuelve el impacto hidrológico derivado del incremento de la impermeabilización del suelo. La proyección y optimización de un reservorio de detención con un volumen de 1620 m³ permite regular los excedentes pluviales, cumpliendo estrictamente con la Ordenanza Municipal de Rafaela que exige una reducción del caudal pico de descarga. Esta intervención no solo protege la infraestructura propia contra anegamientos, sino que aporta una solución responsable al sistema de drenaje urbano circundante, mitigando el riesgo hídrico en la cuenca de aporte.

En relación a la **infraestructura vial**, el diseño de un pavimento de hormigón H30 con 18 cm de espesor responde adecuadamente a las exigencias de tránsito pesado y

maniobrabilidad de camiones semi-remolques. La verificación mediante el método de la Portland Cement Association (PCA) garantiza una vida útil de diseño de 50 años, asegurando la durabilidad de la calzada bajo condiciones de carga intensiva. Asimismo, la correcta planificación de las juntas y la geometría de circulación optimizan la logística interna, reduciendo los tiempos operativos de carga y descarga sin comprometer la seguridad vial dentro del predio.

Finalmente, la **dimensión ambiental** se ha incorporado como un eje transversal del proyecto, alineando la expansión industrial con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La gestión de residuos peligrosos y la propuesta de incorporación de energías renovables evidencian un compromiso con la producción limpia.

9. BIBLIOGRAFÍA

[1] Metal Building Manufacturers Association (MBMA) — Low Rise Building Systems Manual (1996), Cleveland, Ohio. Section 6 - Crane Loads.

[2] Ordenanza 52858-22. “Sistema de regulación de excedentes pluviales o reservorios domiciliarios”. Municipalidad de Rafaela. Febrero 2022. Rafaela, pcia de Santa Fe.
Enlace:Ordenanza-52858-22.-Sistema-de-regulacion-de-excedentes-pluviales-o-reservorios-domiciliarios.pdf

[3] Memoria de Cálculo “Nave Industrial Thermofin”. GEOTECNIA y CIMIENTOS S.A. Julio 2014. Rafaela, pcia. de Santa Fe.

[4] Informe Sondeo Geotécnico. GEOTECNIA y CIMIENTOS S.A. Agosto 2014. Rafaela, pcia. de Santa Fe.

[5] La Opinión. Diario Digital. “Thermofin Sudamérica inauguró su planta industrial en Rafaela”. Abril 2018. (Accedido por última vez el 3 de octubre de 2025).
Enlace:Thermofin Sudamérica inauguró su planta industrial en Rafaela | Diario La Opinión de Rafaela

[6] PuntoBiz. Diario Digital. “Tras 10 años de inquilino inauguró planta propia y ya proyecta triplicar superficie”. Octubre 2018. (Accedido por última vez el 3 de octubre de 2025).
Enlace: Tras 10 años de inquilino inauguró planta propia y ya proyecta triplicar superficie | Punto Biz

[7] PuntoBiz. Diario Digital. “Multinacional suma m2 en Santa Fe y apuesta incrementar personal”. Diciembre 2022. (Accedido por última vez el 3 de octubre de 2025).
Enlace: Multinacional suma m2 en Santa Fe y apuesta a incrementar personal | Punto Biz

[8] Decreto 4841/12. “RECURSOS HÍDRICOS - SISTEMA DEL ARROYO LUDUEÑA”. Poder Ejecutivo Provincial. 17 de enero del 2013. Pcia. de Santa Fe.
Enlace: Ecofield - Provincias - Santa Fe, Argentina - Decreto (PEP) 4841/12.

[9] “Objetivos y metas de desarrollo sostenible”. Naciones Unidas. 25 de septiembre de 2015.
Enlace: Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible

[10] Ley 11730. “BIENES ZONAS INUNDABLES- INUNDACIONES”. BOLETÍN OFICIAL, 25 de abril de 2000. Enlace:LEY 11730

[11] Ley 13246. “RECURSOS HÍDRICOS - Cuenca de Aporte del Sistema del Arroyo Ludueña”. BOLETÍN OFICIAL, 11 de enero de 2012. Enlace:Ecofield - Provincias - Santa Fe, Argentina - Ley N° 13.246.

[12] Ley 24051. “RESIDUOS PELIGROSOS”. Congreso de la Nación. 17 de diciembre de 1991. Enlace:https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24051-450/actualizacion

[13] Ley 24051. “Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicio”. Congreso de la Nación. 03 de julio de 2002. Enlace:Ley 25612/2002 | Argentina.gob.ar

[14] Ley 11717. “Ley Provincial del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible”. LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE SANTA FE. 18 de noviembre de 1999. Enlace:https://www.santafe.gov.ar/normativa/getFile.php?id=228059&item=108183&cod=a027a91afd80ef499dc1a0a139899f7e

[15] Ley 13055. “Régimen de Gestión de Residuos Peligrosos, Industriales y de Servicios”. LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE SANTA FE. 30 de diciembre de 2009. Enlace:ley 13055

[16] Ley 13055. “Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU)”. Municipalidad de Rafaela. 18 de noviembre de 2010. Enlace:DECRETO-47518-2018-Grandes-Generadores.pdf

[17] Programa Prosumidores. Empresa Provincial de la Energía (EPE). 16 de mayo de 2024. Enlace:*Prosumidores – Somos Energía*

10. PLANOS

Generales

Plano G01 - Ubicación de proyecto (ítem 1)

Plano G02 - Implantación (ítem 1)

Plano G03 - Nivelación (Ítem 3.3.1.1)

Plano G04 - Layout General de Arquitectura

Hidráulicos

Plano H01 - Plano de cuencas - Actual (Ítem 5.5.1)

Plano H02 - Plano de cuencas (Ítem 5.5.3)

Plano H03 - Perfil Tipo de Obra Básica y Pavimento (Ítem 5.6.4)

Viales

Plano V01 - Diseño de Juntas de Pavimento Rígido - Circulación (6.2)

Estructurales

Plano E01 - Planta de Fundaciones

Plano E02 - Planta unifilar - Estructura Principal y Contravientos de Cubierta (Ítem 4.2)

Plano E03 - Planta unifilar - Correas y Tillas de Cubierta (Ítem 4.2)

Plano E04 - Pórticos típicos Principales y Secundarios (Ítem 4.2)

Plano E05 - Estructura de Frontis (Ítem 4.2)

Plano E06 - Estructura de Contrafrontis (Ítem 4.2)

Plano E07 - Vista Lateral Exterior (Ítem 4.2)

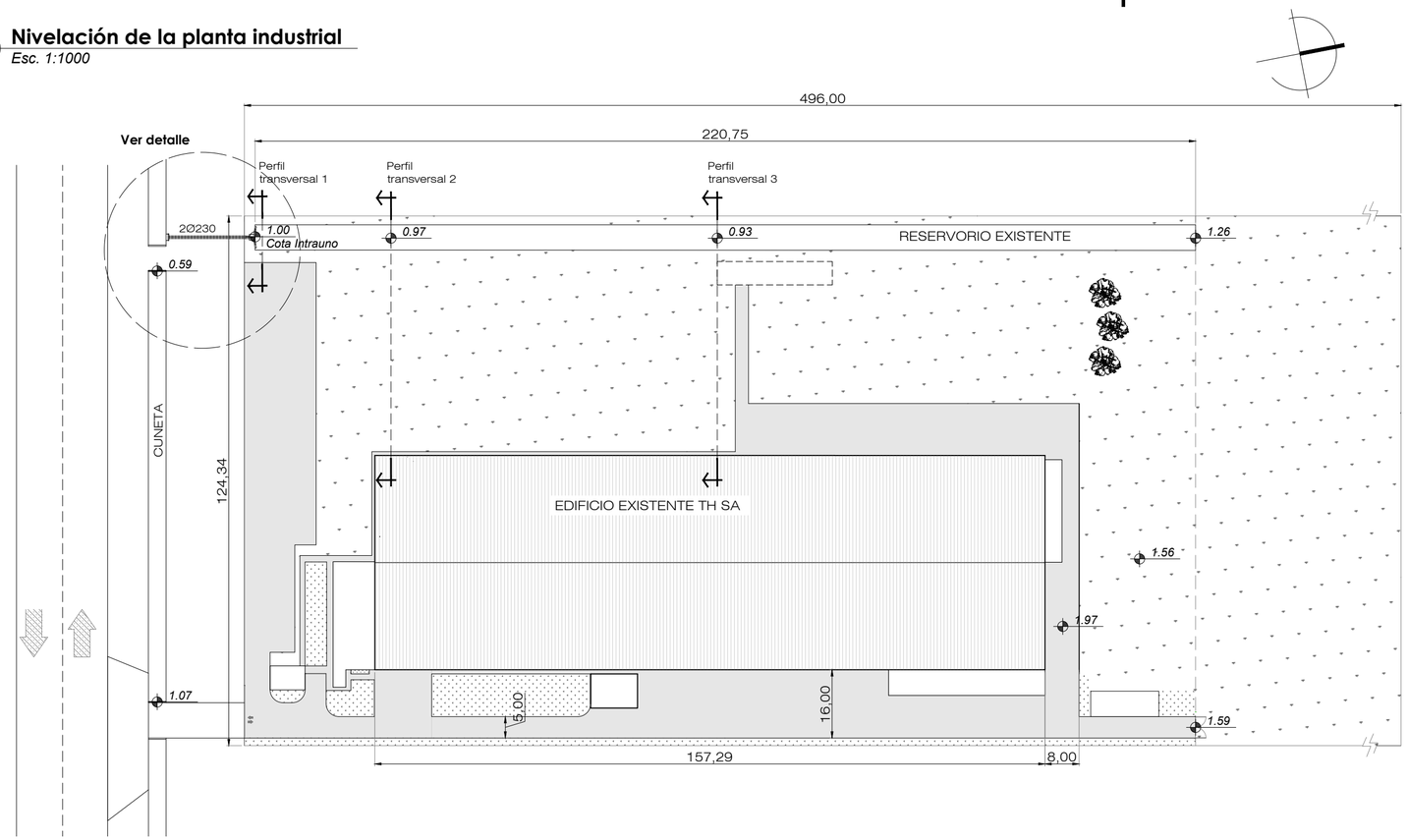
Plano E08 - Vista Lateral Interior (Ítem 4.2)

Plano E09 - Detalle de Viga Carrilera

Plano E10 - Detalle de empalmes - Viga de Pórtico

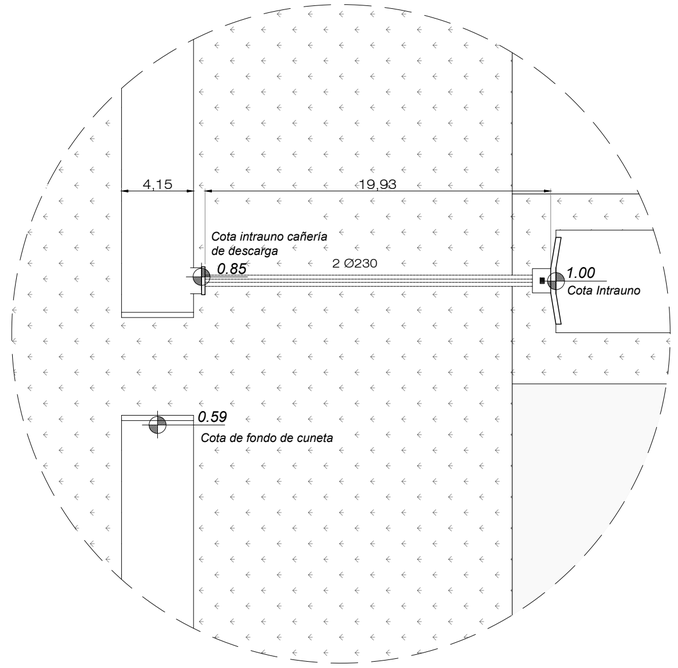
1 Nivelación de la planta industrial

Esc. 1:1000



2 Detalle obra de descarga

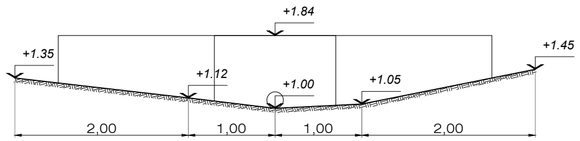
Esc. 1:250



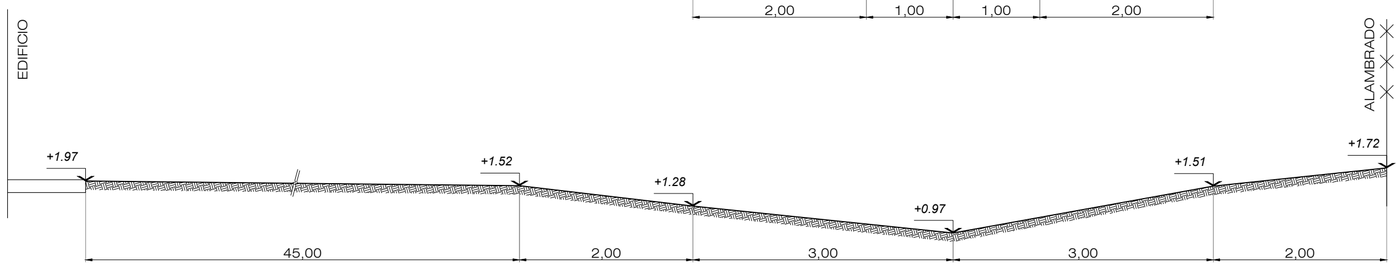
3 Perfiles transversales

Esc. 1:50

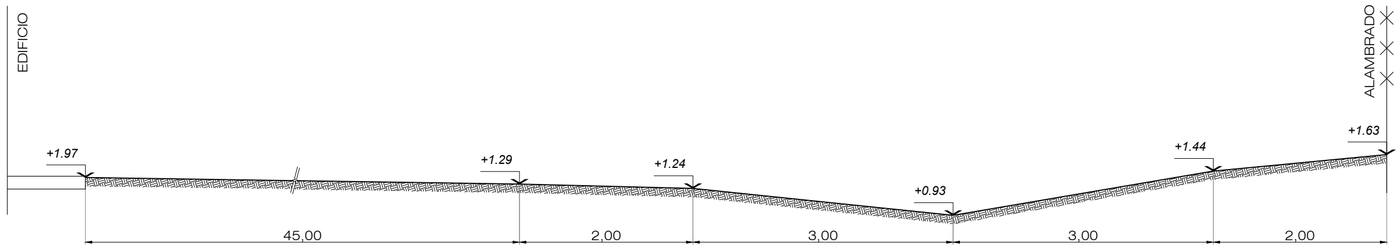
Perfil Transversal 1



Perfil Transversal 2



Perfil Transversal 3



Las medidas se expresan en metros.

Las cotas altimétricas están en metros.

Las cotas altimétricas están referenciadas a la cota intrauno de la cañería de salida del reservorio ***PF ± 1.00***

REV 3	Emisión.	27/03/26
REV 2	Emisión.	06/02/26
REV 1	Emisión.	07/12/25
REV 0	Emisión.	21/10/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

NIVELACIÓN

Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO

G03

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

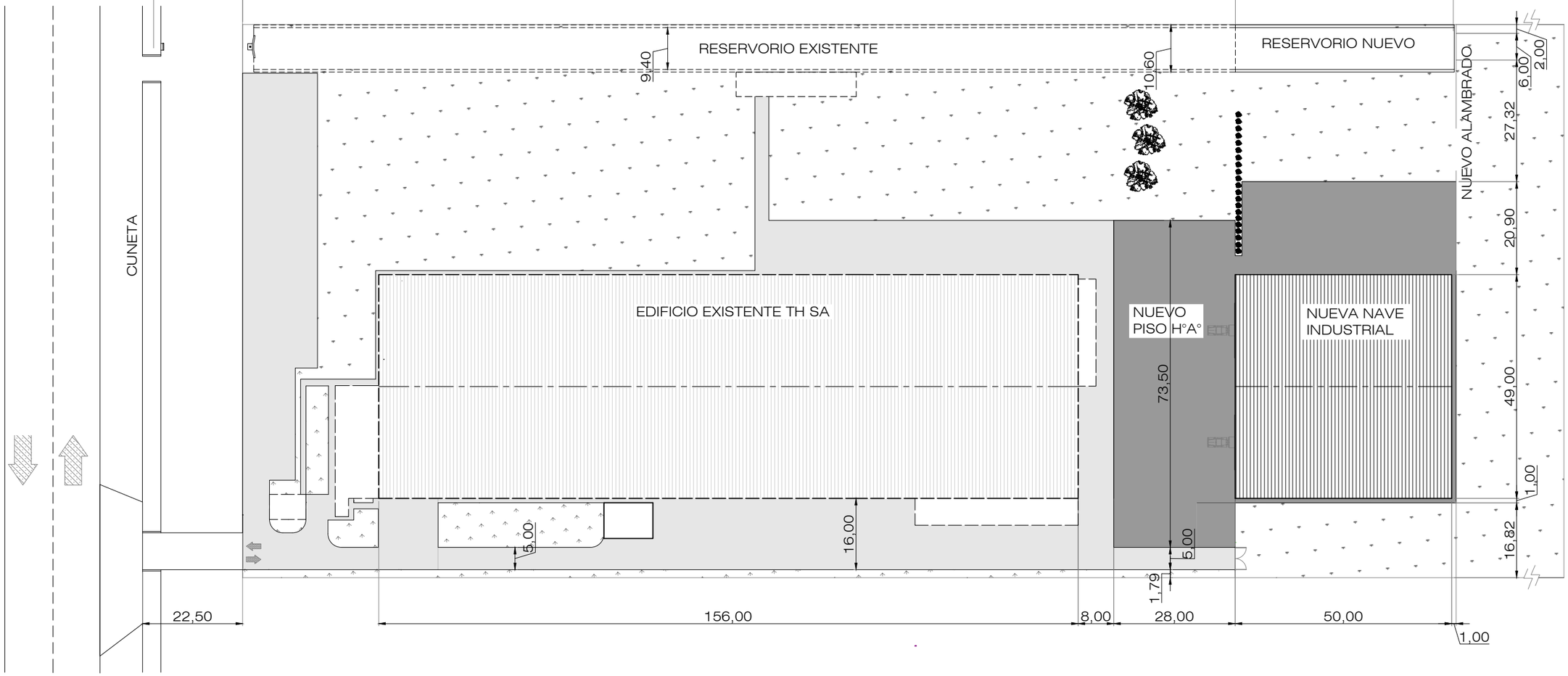
Esc: 1:1000

FECHA: 27/03/2026

A2 (420mmx594mm)

1 Implantación del proyecto

1:1000



SUPERFICIES IMPERMEABLES

Edificaciones existentes: **8463,5 m².**
Pavimento existente: **5754,6 m².**

Edificación futura: **2449,0 m².**
Pavimento futuro: **3115,2 m².**

Total edificada: 10912,5 m².
Total pavimentada: 8869,8 m².

Superficie total Impermeable: **19782,3 m².**

SUPERFICIES PERMEABLES

Superficie permeable: **35671,4 m².**

Las medidas se expresan en metros.

REFERENCIAS

- Nave metálica existente
- Estructuras complementarias existentes
- Reservorio existente
- Nave metálica a proyectar
- Reservorio a proyectar

REV 3	Emisión.	27/03/26
REV 2	Emisión.	06/02/26
REV 1	Emisión.	07/12/25
REV 0	Emisión.	21/10/25
N°	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

Esc: 1:1000

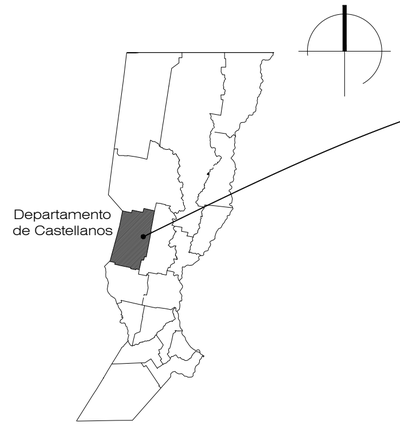
FECHA: 27/03/2026

N° PLANO

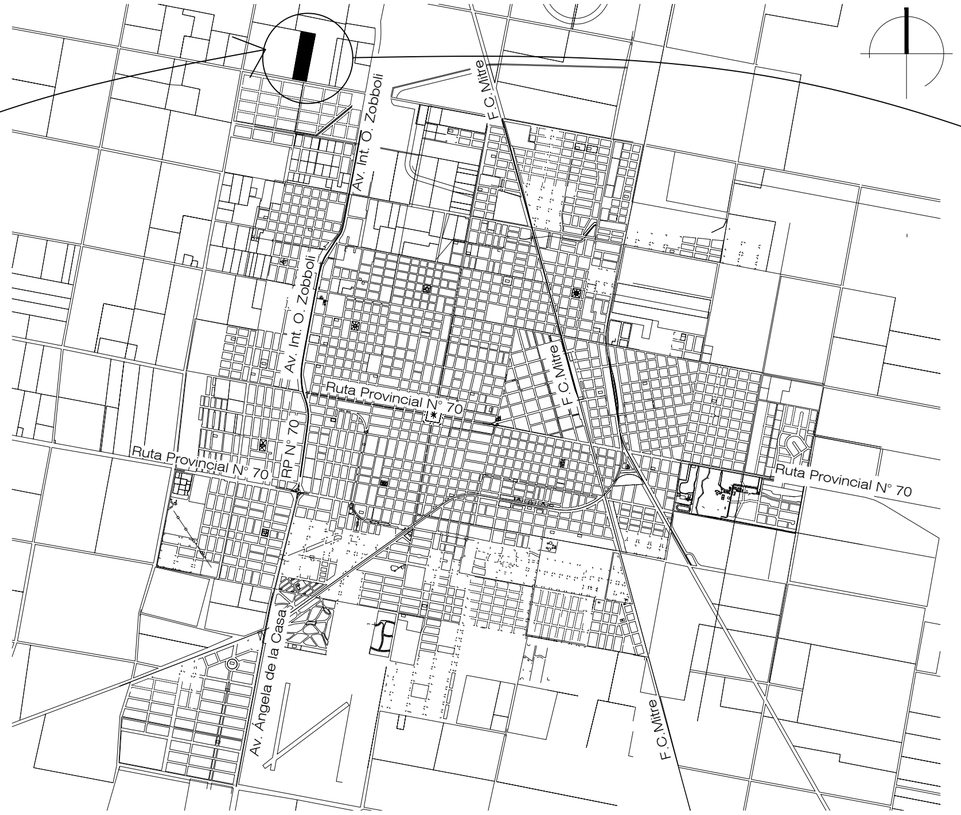
G02

A3 (420mmx297mm)

1 PROVINCIA DE SANTA FE
Sin Esc.

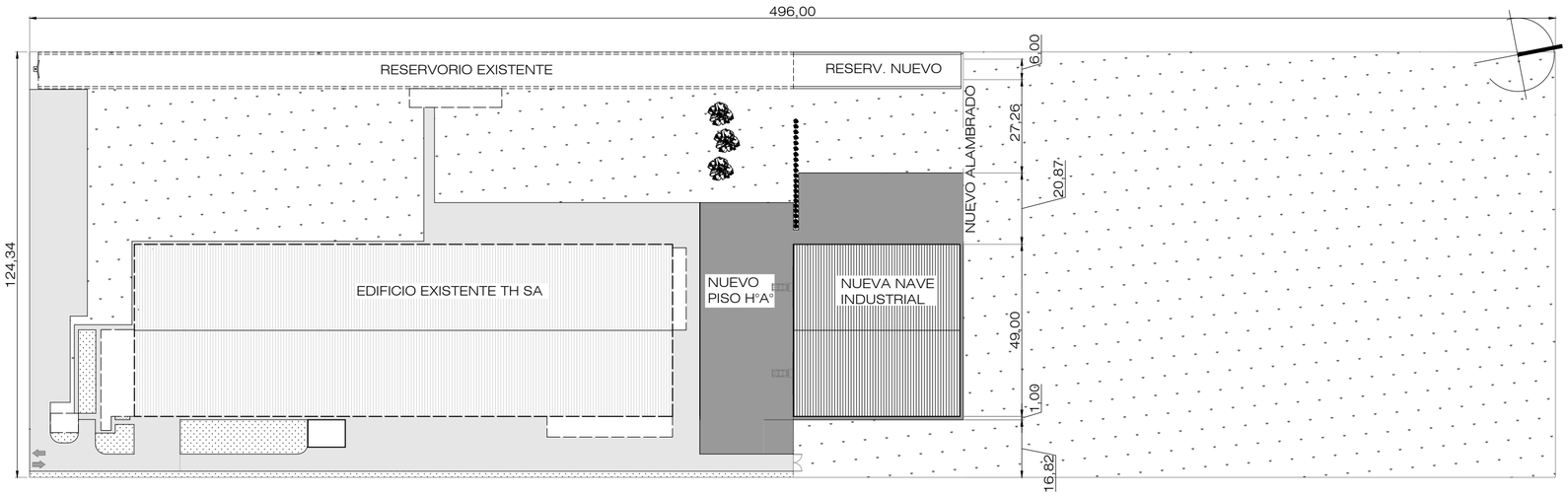


2 CIUDAD DE RAFAELA
Sin Esc.



3 ZONA DE IMPLANTACIÓN
Sin Esc.

4 PLANTA INDUSTRIAL THERMOFIN SUDAMÉRICA S.A.
1:1250



Las medidas se expresan en metros.

LISTADO DE PLANOS

Generales
Plano G01 - Ubicación de proyecto
Plano G02 - Implantación del proyecto
Plano G03 - Nivelación
Plano G04 - Layout General de Arquitectura

Hidráulicos
Plano H01 - Plano de cuencas - Actual
Plano H02 - Plano de cuencas
Plano H03 - Perfil Tipo de Obra Básica y Pavimento

Viales
Plano V01 - Diseño de juntas de pavimento rígido - Circulación

Estructurales
Plano E01 - Planta de Fundaciones
Plano E02 - Planta Unifilar - Estructura Principal y Contravientos de cubierta
Plano E03 - Planta Unifilar - Correas y Tillas de cubierta
Plano E04 - Pórticos Típicos Principales y Secundarios
Plano E05 - Estructura de Frontis
Plano E06 - Estructura de Contrafrontis
Plano E07 - Vista Lateral Exterior
Plano E08 - Vista Lateral Interior
Plano E09 - Detalle de Viga Carrilera
Plano E10 - Detalle de empalmes - Viga de Pórtico

Nº	REVISIÓN	FECHA
REV 3	Emisión.	27/03/26
REV 2	Emisión.	06/02/26
REV 1	Emisión.	07/12/25
REV 0	Emisión.	21/10/25

PROYECTO IV
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

UBICACIÓN DE PROYECTO
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO
G01

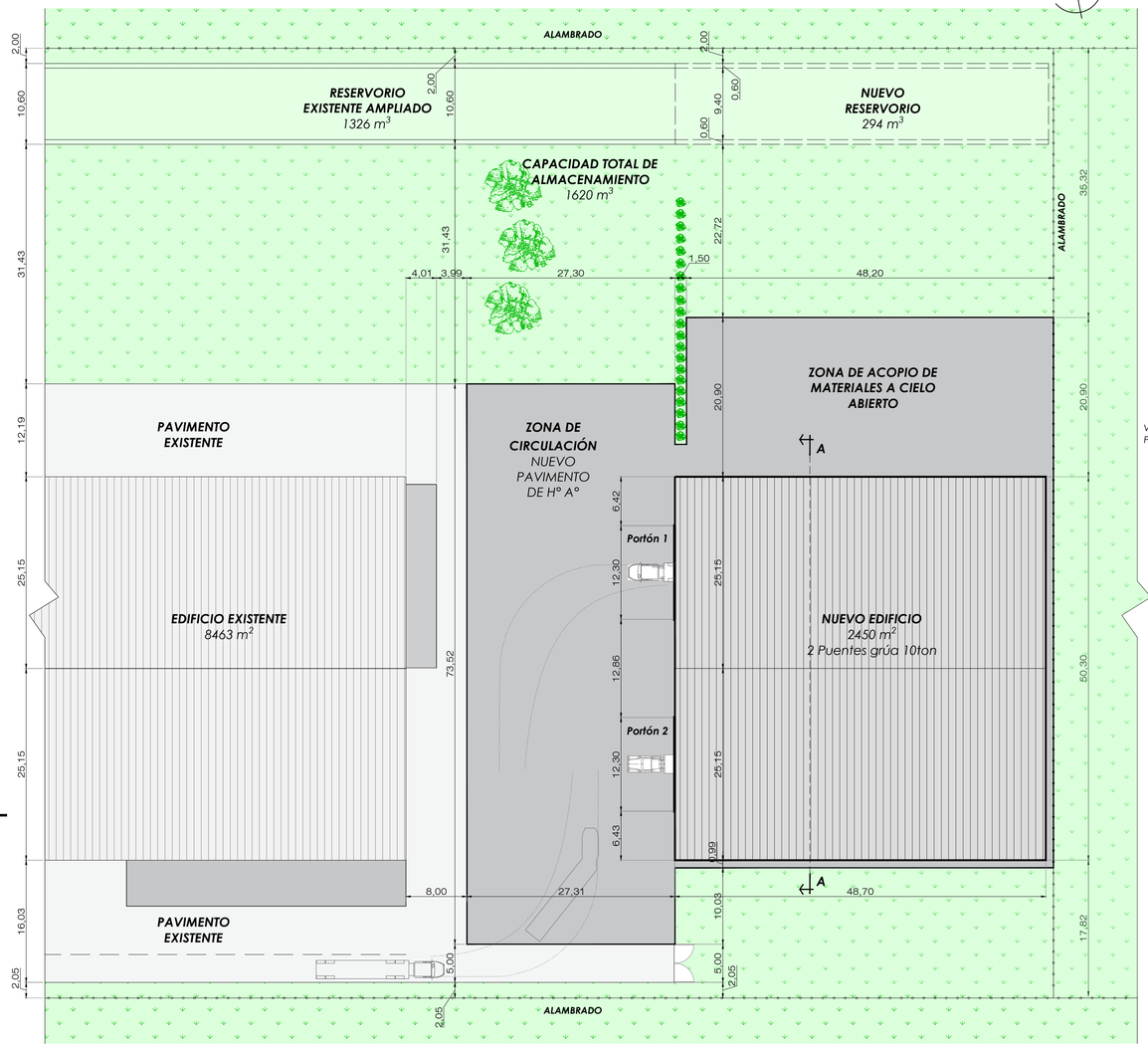
PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

Esc: Indicadas

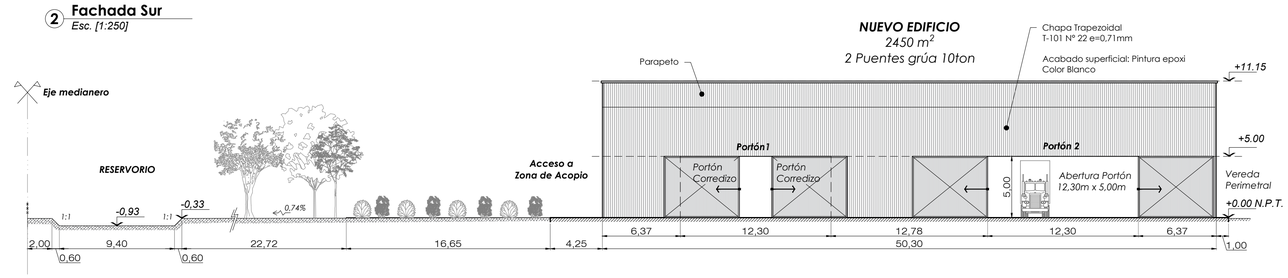
FECHA: 27/03/2026

A2 (420mmx594mm)

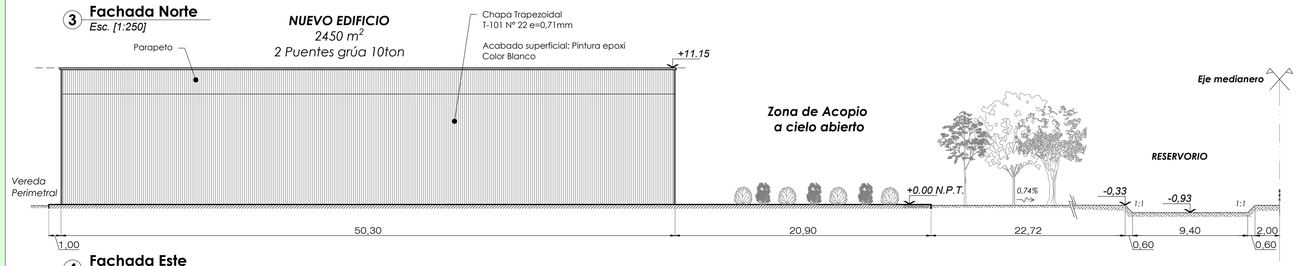
1 Planta de Arquitectura
Esc. [1:400]



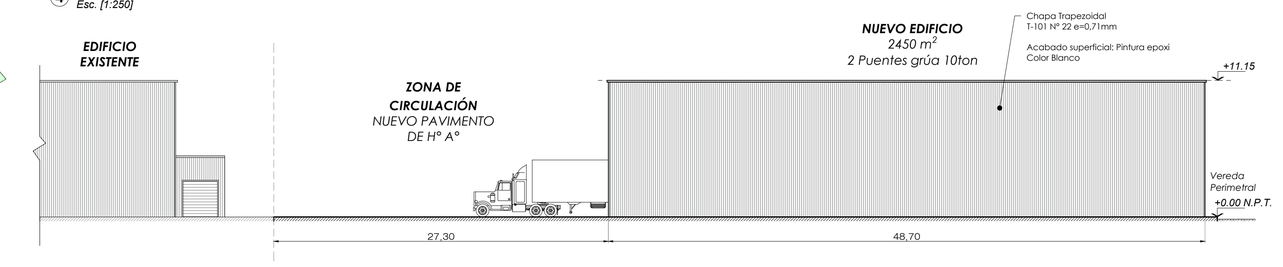
2 Fachada Sur
Esc. [1:250]



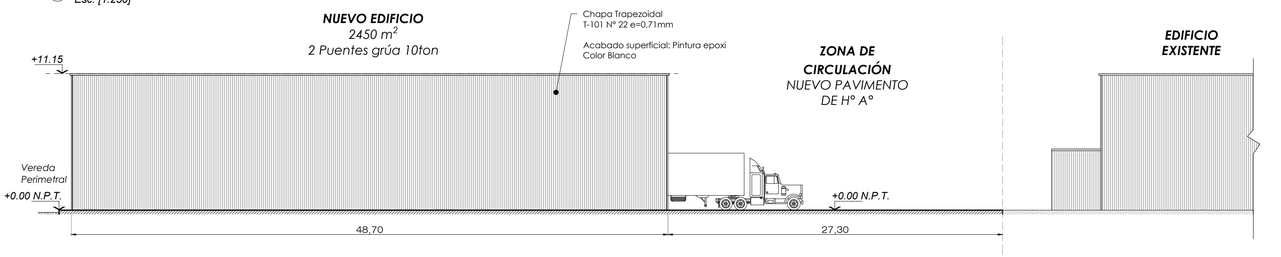
3 Fachada Norte
Esc. [1:250]



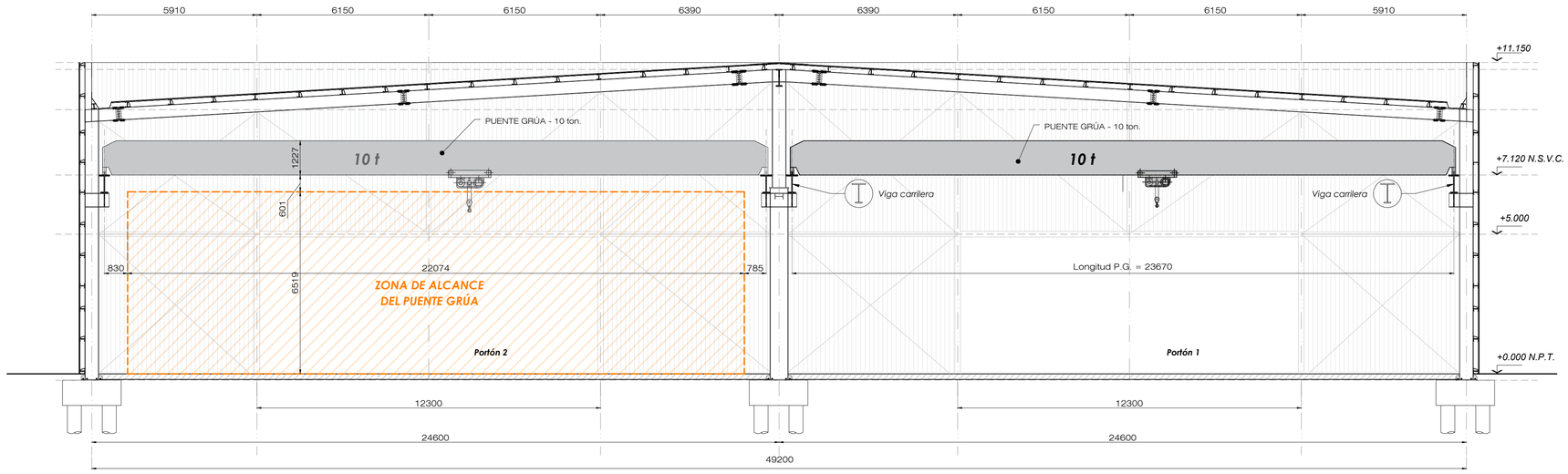
4 Fachada Este
Esc. [1:250]



5 Fachada Oeste
Esc. [1:250]



6 Corte Transversal A-A. Interior del nuevo edificio
Esc. [1:100]



Las cotas altimétricas están referenciadas al ***NPT interior ± 0,00***

SUPERFICIES IMPERMEABLES

Edificaciones existentes: **8463,5 m².**
Pavimento existente: **5754,6 m².**

Edificación futura: **2449,0 m².**
Pavimento futuro: **3115,2 m².**

Total edificada: 10912,5 m².
Total pavimentada: 8869,8 m².

Superficie total Impermeable: **19782,3 m².**

SUPERFICIES PERMEABLES

Superficie permeable: **35671,4 m².**

REV 2	Ajuste de tonos de grises.	27/03/26
REV 1	Incorporación de fachadas y cortes de arquitectura. Agregado de información adicional, cotas, alcance de puente grúa. Tabla de superficies.	06/02/26
REV 0	Emisión.	07/12/25
N°	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

Layout General de Arquitectura
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

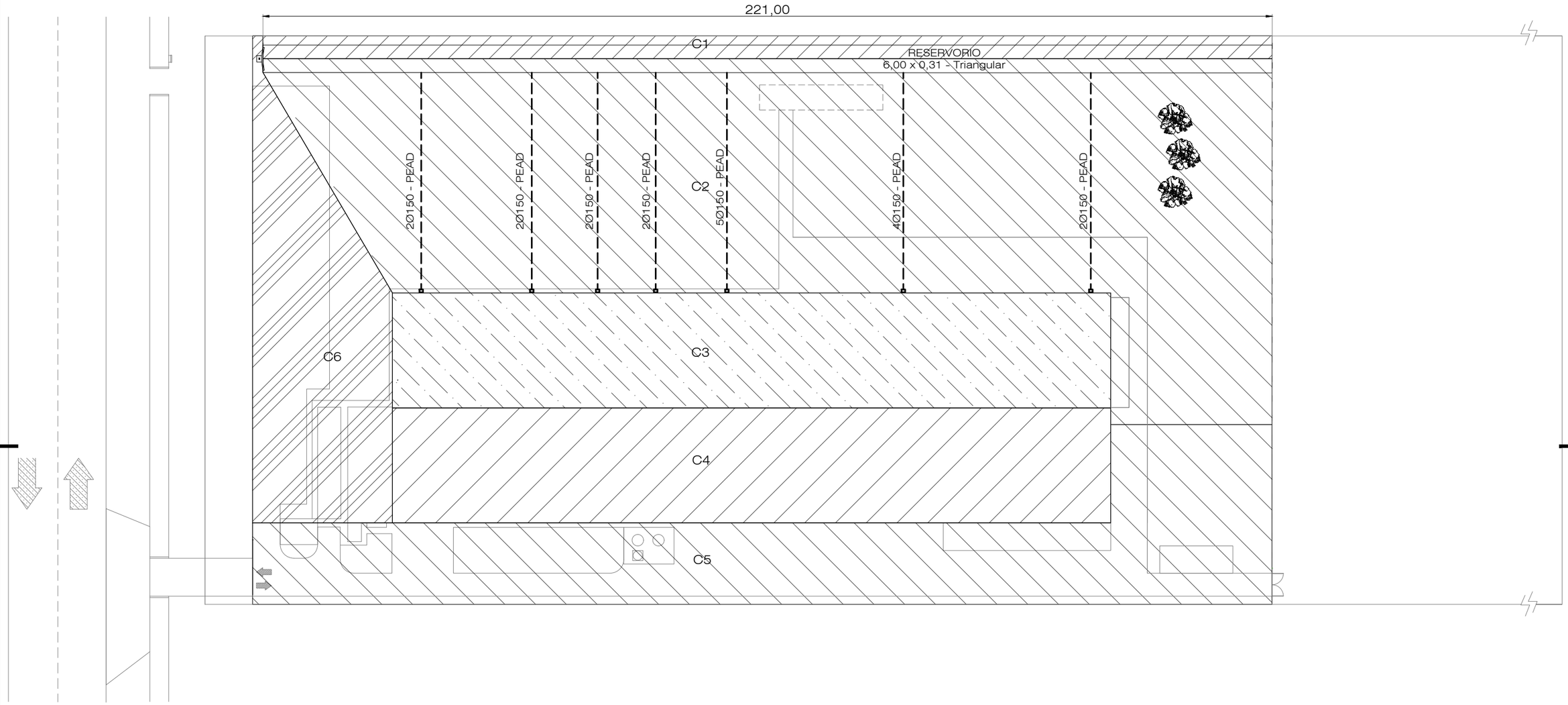
Nº PLANO **G04**

PROYECTISTAS: Boidi, Cipollone, Paván, Zamora
Esc: s/ plano
FECHA: 27/03/2026

A1 (594mmx841mm)

1 Plano de Cuencas - Situación actual

Esc. 1:900



REFERENCIAS

- Divisoria de cuencas
- Conductos de PEAD
- Cámaras de inspección
- Cxx Número de cuenca
- Sentido de escurrimiento

Las cotas altimétricas están referenciadas a la cota intrauno de la cañería de salida del reservorio ***PF ± 1.00***

Las cuencas C4, C5 y C6 descargan directo a red, sin atenuación de caudales.

Las cotas altimétricas están en metros.

Las medidas se expresan en metros.

Dimensiones de conductos en milímetros.

REV 3	Emisión.	27/03/26
REV 2	Emisión.	06/02/26
REV 1	Emisión.	07/12/25
REV 0	Emisión.	21/10/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

PLANO DE CUENCAS - ACTUAL

Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO

H01

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

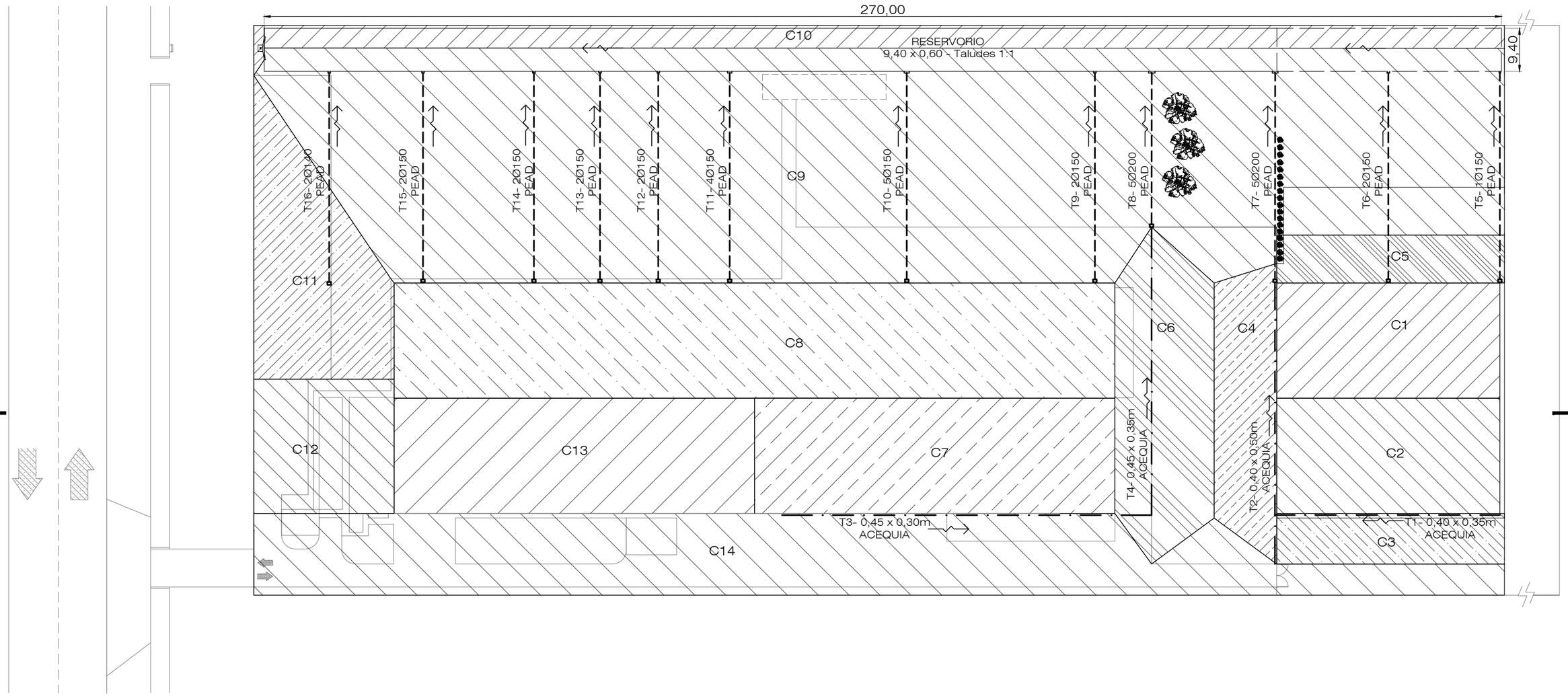
Esc: 1:900

FECHA: 27/03/2026

A3 (420mmx297mm)

1 Plano de Cuencas post-intervención

Esc. 1:900



REFERENCIAS

- Divisoria de cuencas
- Conductos de PEAD
- Acequias de hormigón
- Cámaras de inspección
- Cxx Número de cuenca
- Tx Número de tramo
- Sentido de escurrimiento

Las cotas altimétricas están referenciadas a la cota intrauno de la cañería de salida del reservorio ***PF ± 1.00***

Las medidas se expresan en metros.

Dimensiones de conductos en milímetros.

Las cotas altimétricas están en metros.

REV 3	Emisión.	27/03/26
REV 2	Emisión.	06/02/26
REV 1	Emisión.	07/12/25
REV 0	Emisión.	21/10/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

PLANO DE CUENCAS

Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

Esc: 1:900

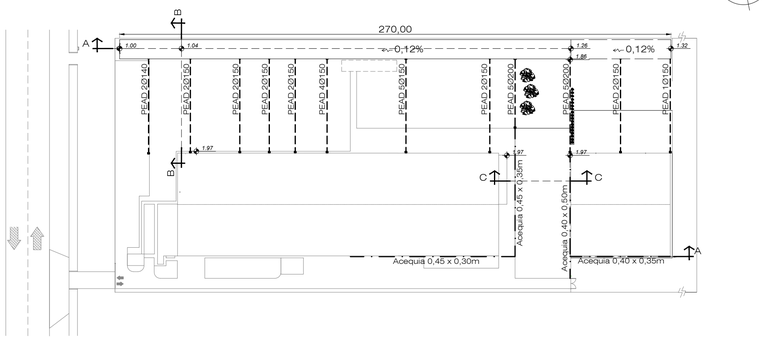
FECHA: 27/03/2026

Nº PLANO

H02

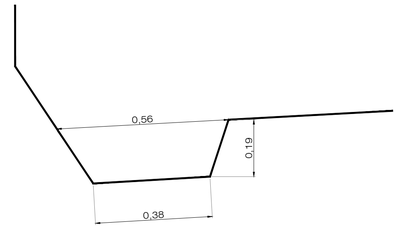
A3 (420mmx297mm)

① Planta del Proyecto
Esc. 1:1500

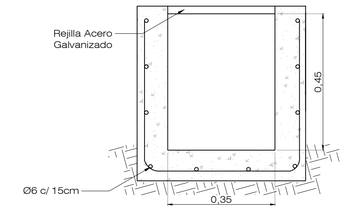


② Sección desagües pluviales
Esc. 1:10

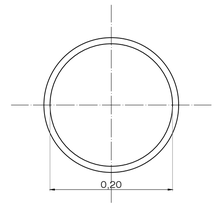
CANALETAS DE ACERO GALVANIZADO



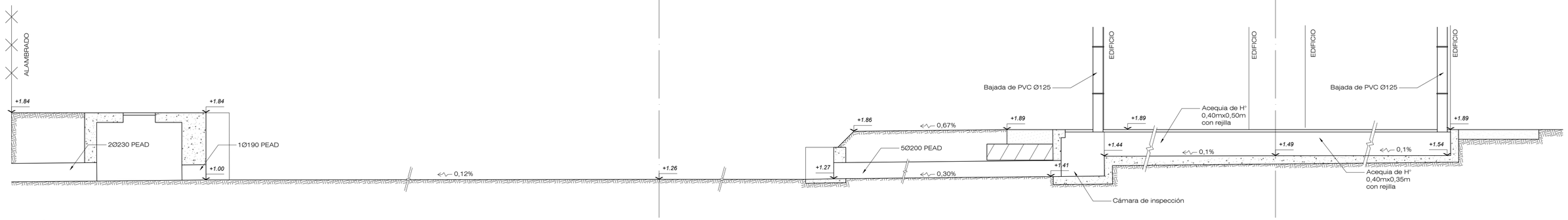
ACEQUIA DE H°A° CON REJILLA



CONDUCTO DE PEAD Ø200mm
Esc.1:5

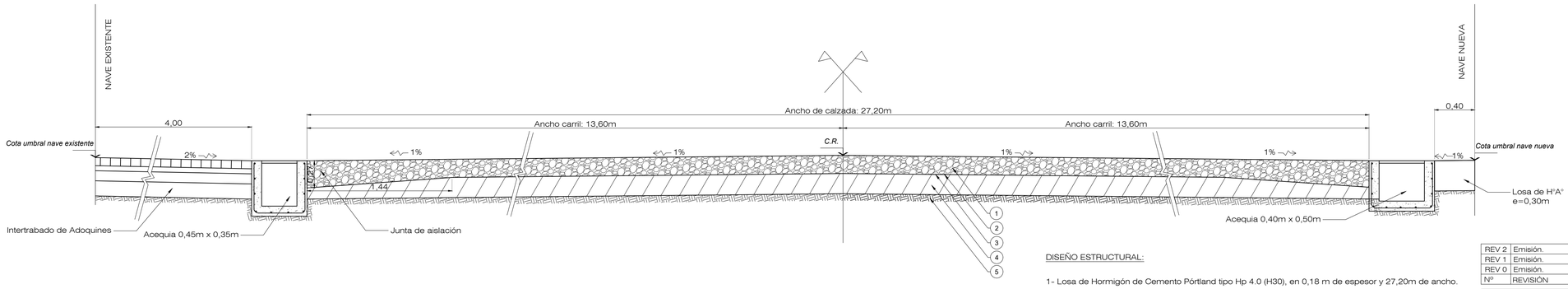


SECCIÓN LONGITUDINAL A-A
Esc.: 1:25



SECCIÓN TRANSVERSAL B-B
Esc.: 1:25

SECCIÓN TRANSVERSAL C-C
Esc.: 1:25



DISEÑO ESTRUCTURAL:

1- Losa de Hormigón de Cemento Pórtland tipo Hp 4.0 (H30), en 0,18 m de espesor y 27,20m de ancho.
2- Membrana impermeable de polietileno de alta densidad (250 micrones), en 27,20m de ancho.
3- Riego de curado de material bituminoso, en 27,20m de ancho.
4-Base de suelo tratado con cemento en 0,20m de espesor y 27,20m de ancho.
5- Subrasante de suelo tratado con cal compactado (CBR 5%).

Las cotas altimétricas están referenciadas a la cota intrauno de la cañería de salida del reservorio ***PF ± 1.00***

Las cotas altimétricas están en metros.

Las medidas se expresan en metros.

Dimensiones de conductos en milímetros.

REV 2	Emisión.	27/03/26
REV 1	Emisión.	06/02/26
REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

PERFIL TIPO DE OBRA BÁSICA Y PAVIMENTO
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

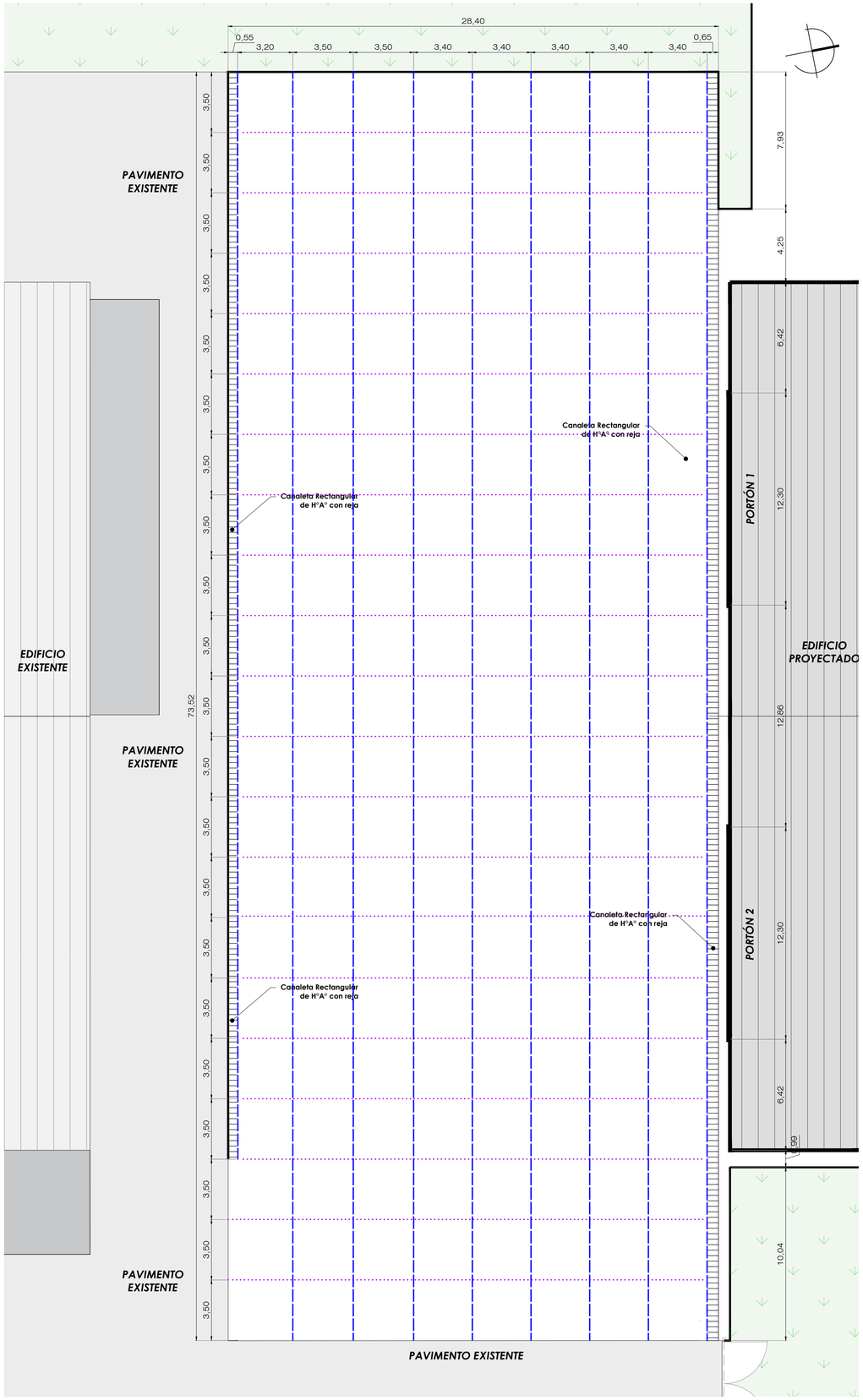
Nº PLANO **H03**

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

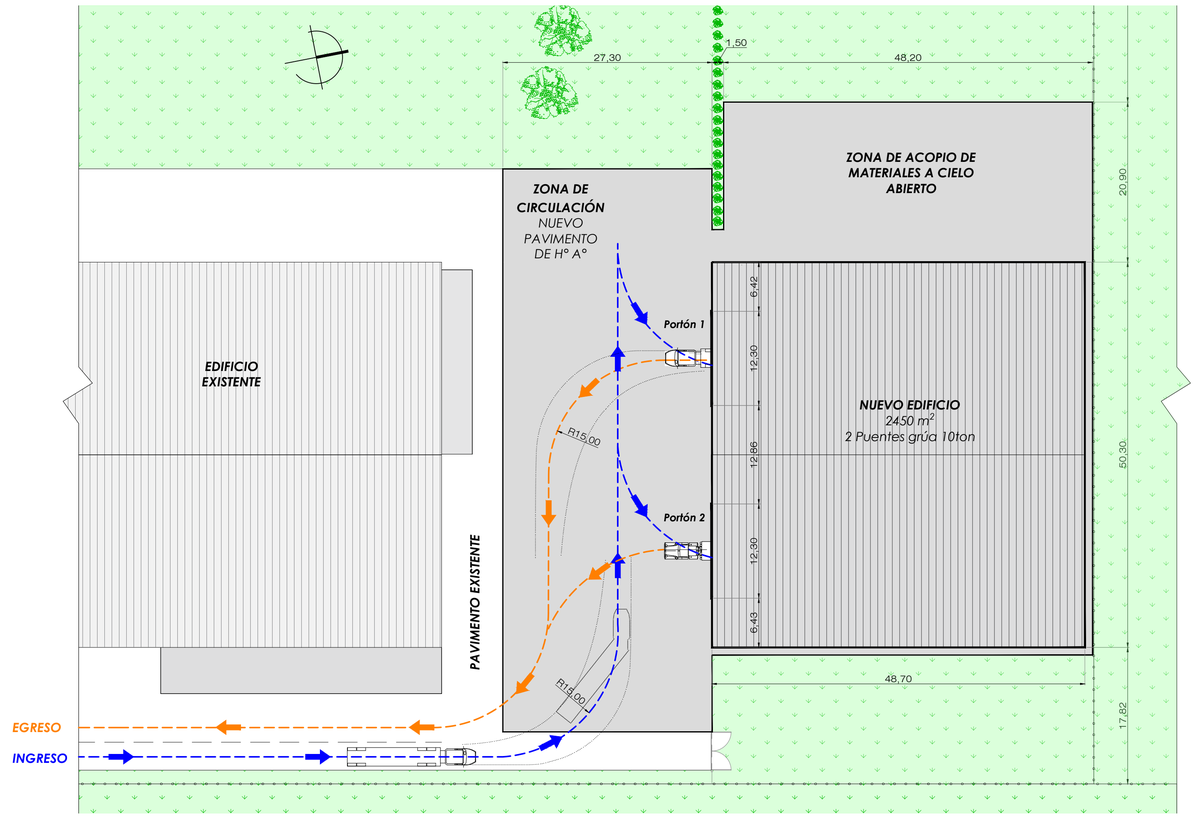
Esc: Indicadas | FECHA: 27/03/2026

A1 (594mmx841mm)

1 DISEÑO DE JUNTAS DE PAVIMENTO RÍGIDO
Esc. 1:150



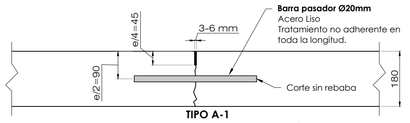
2 ESQUEMA DE CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS
Esc. 1:400



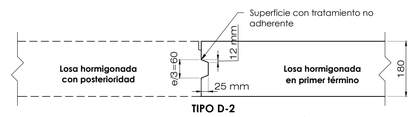
REFERENCIAS - Plano de Juntas

- **Junta A1** Junta transversal de contracción.
- **Junta C1** Junta longitudinal de contracción.
- **Junta E** Junta transversal de dilatación o expansión
- **Junta F2** Junta de aislación
- **Canaleta rectangular** de H°A° con reja superior

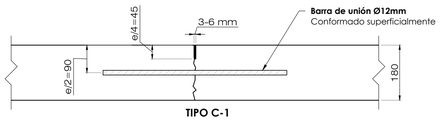
2 DETALLES DE JUNTAS
Esc. 1:10 [mm]



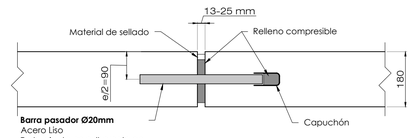
TIPO A-1
JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN
con pasadores



TIPO D-2
JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN O
ENSAMBLADA DE BORDES LIBRES sin barras de unión

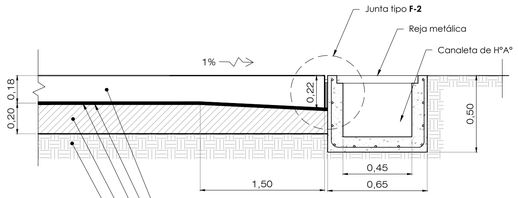


TIPO C-1
JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN
con barras de unión

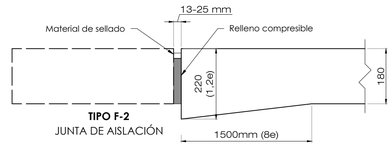


TIPO E
JUNTA TRANSVERSAL DE DILATACIÓN O EXPANSIÓN

2 DISEÑO ESTRUCTURAL Y DETALLE DE ENCUENTRO CON CANALETAS
Esc. 1:20 [m]



1. Losa de Hormigón de Cemento Pórtland tipo Hp 4,0 (H30), en 0,18 m de espesor y 27,20m de ancho.
2. Membrana impermeable de polietileno de alta densidad (250 micrones), en 27,20m de ancho.
3. Riego de curado de material bituminoso.
4. Base de suelo tratado con cemento en 0,20m de espesor y 27,20m de ancho.
5. Subrasante de suelo del lugar compactado (CBR 5%).



TIPO F-2
JUNTA DE AISLACIÓN

Nº	REVISIÓN	FECHA
REV 2	Ajuste de tonos de grises.	27/03/26
REV 1	Corrección de juntas. Mejora del plano de circulación. Agregado de detalles.	06/02/26
REV 0	Emisión.	07/12/25

PROYECTO IV
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

DISEÑO DE JUNTAS PAVIMENTO RIGIDO - CIRCULACIÓN
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO **V01**

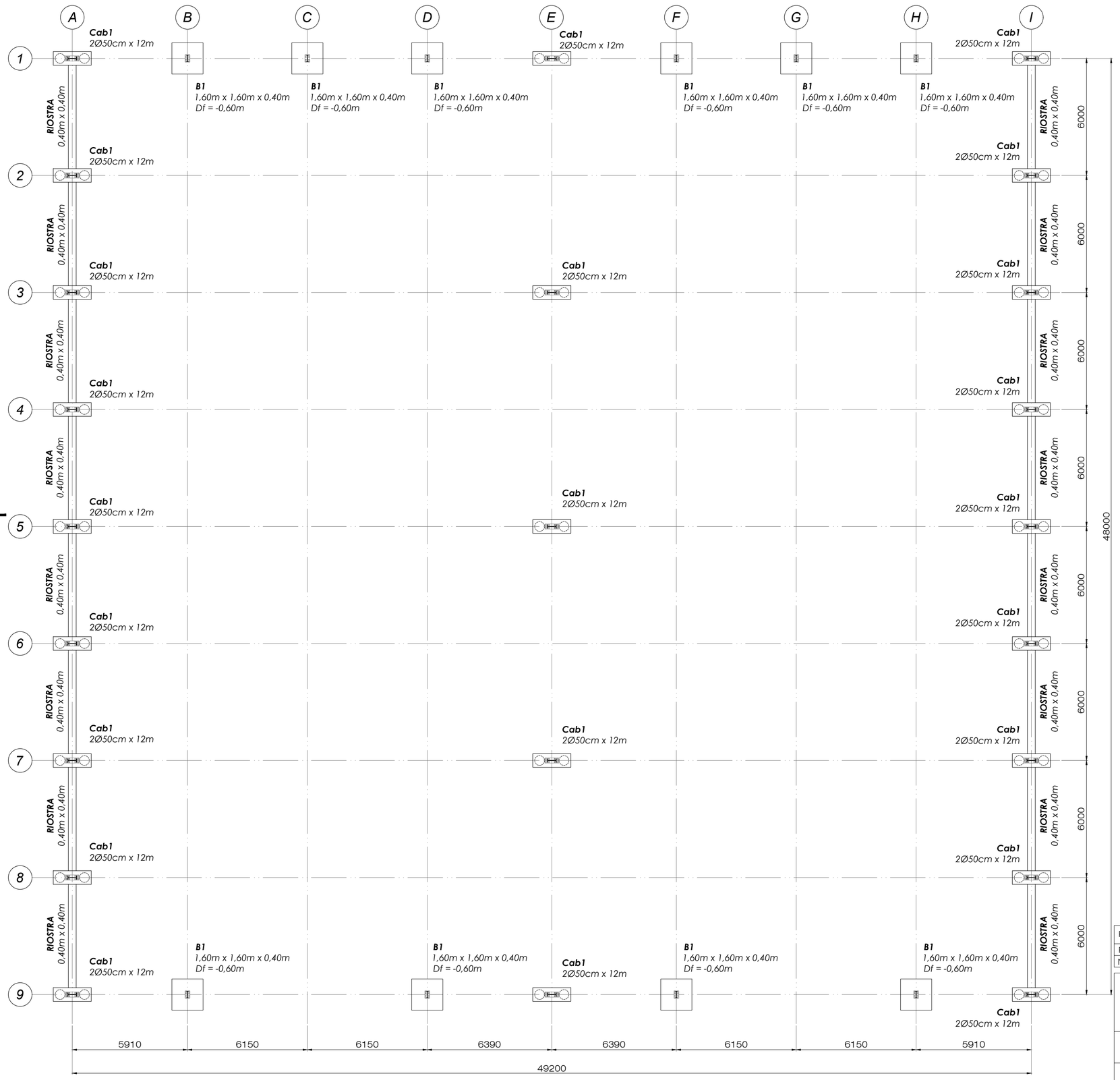
PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

Esc: s/ plano

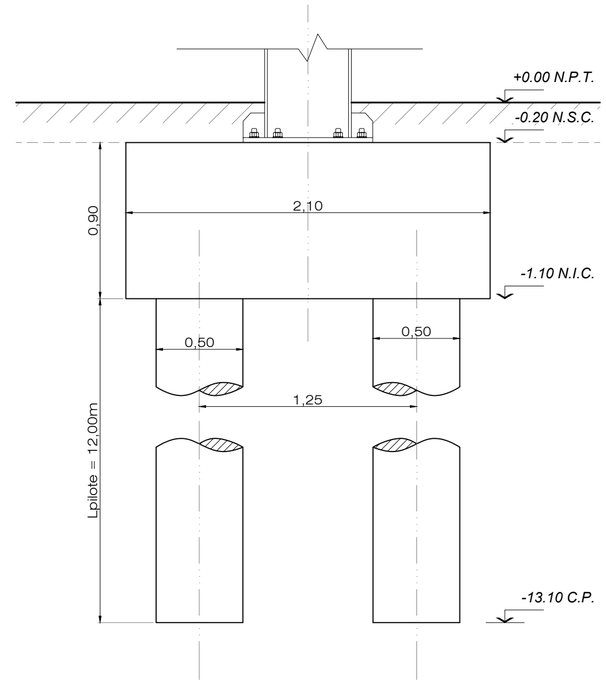
FECHA: 27/03/2026

A1 (594mm x 841mm)

1 Planta de Fundaciones
Esc. [1:150]



2 Detalle típico cabezales Cab1
Esc. [1:25]



ACERO PERFILES W ***F-36***

Hormigón ***H-25***
Acero ***ADN 4200/5000***

Las cotas altimétricas están referenciadas al ***NPT interior ± 0,00***

REV 1	Incorporación de riostras de H°A°.	06/02/26
REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

Planta de Fundaciones
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO
E01

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

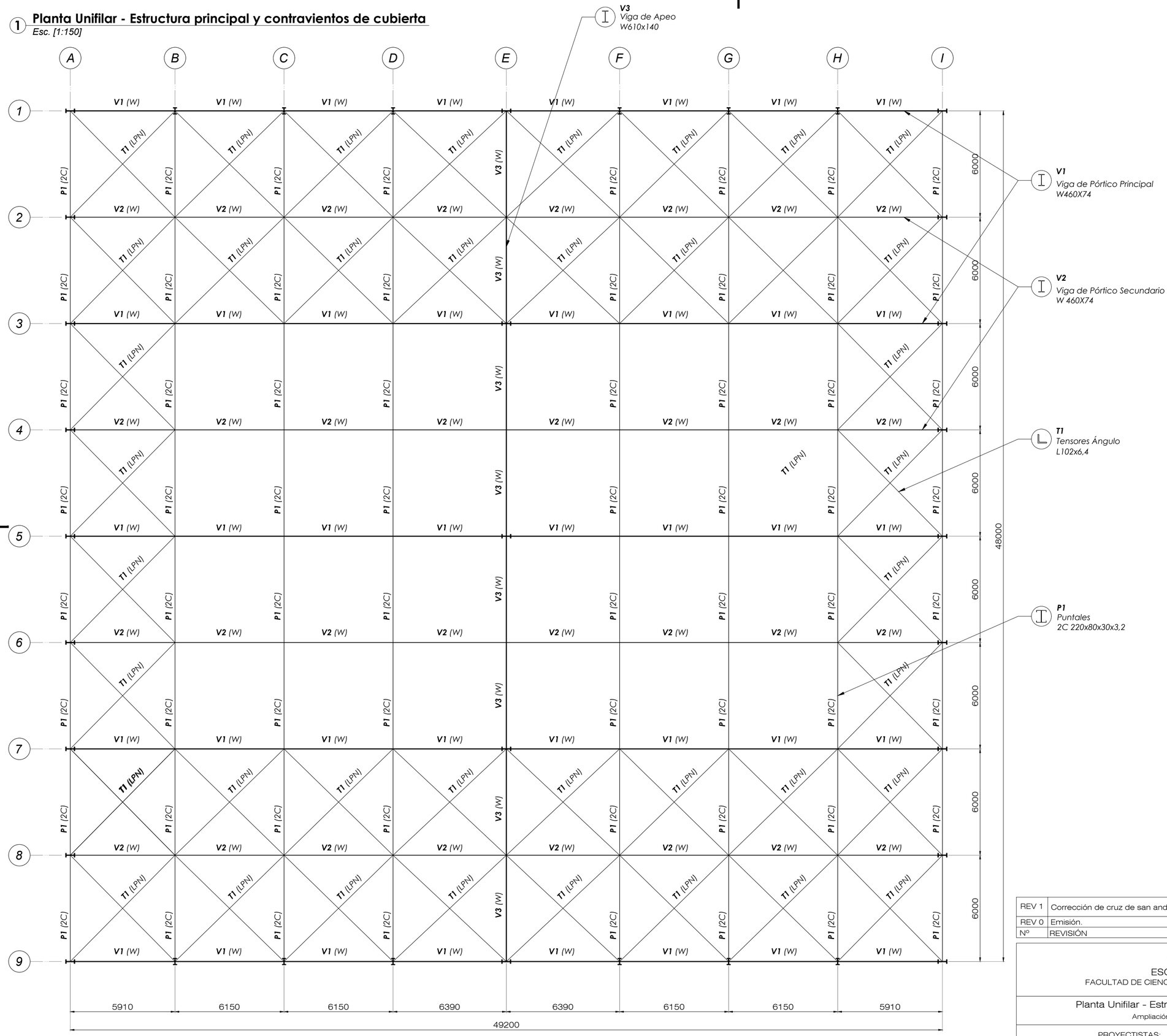
Esc: s/ plano

FECHA: 06/02/2026

A2 (420mmx594mm)

1 Planta Unifilar - Estructura principal y contravientos de cubierta

Esc. [1:150]



V3
Viga de Apeo
W610x140

V1
Viga de Pórtico Principal
W460X74

V2
Viga de Pórtico Secundario
W 460X74

T1
Tensores Ángulo
L102x6,4

P1
Puntales
2C 220x80x30x3,2

ACERO PERFILES W ***F-36***
ACERO PERFILES C ***F-24***
ACERO PERFILES L ***F-24***

REV 1	Corrección de cruz de san andrés faltante.	06/02/26
REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

Planta Unifilar - Estructura Principal y Contravientos de Cubierta
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO
E02

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

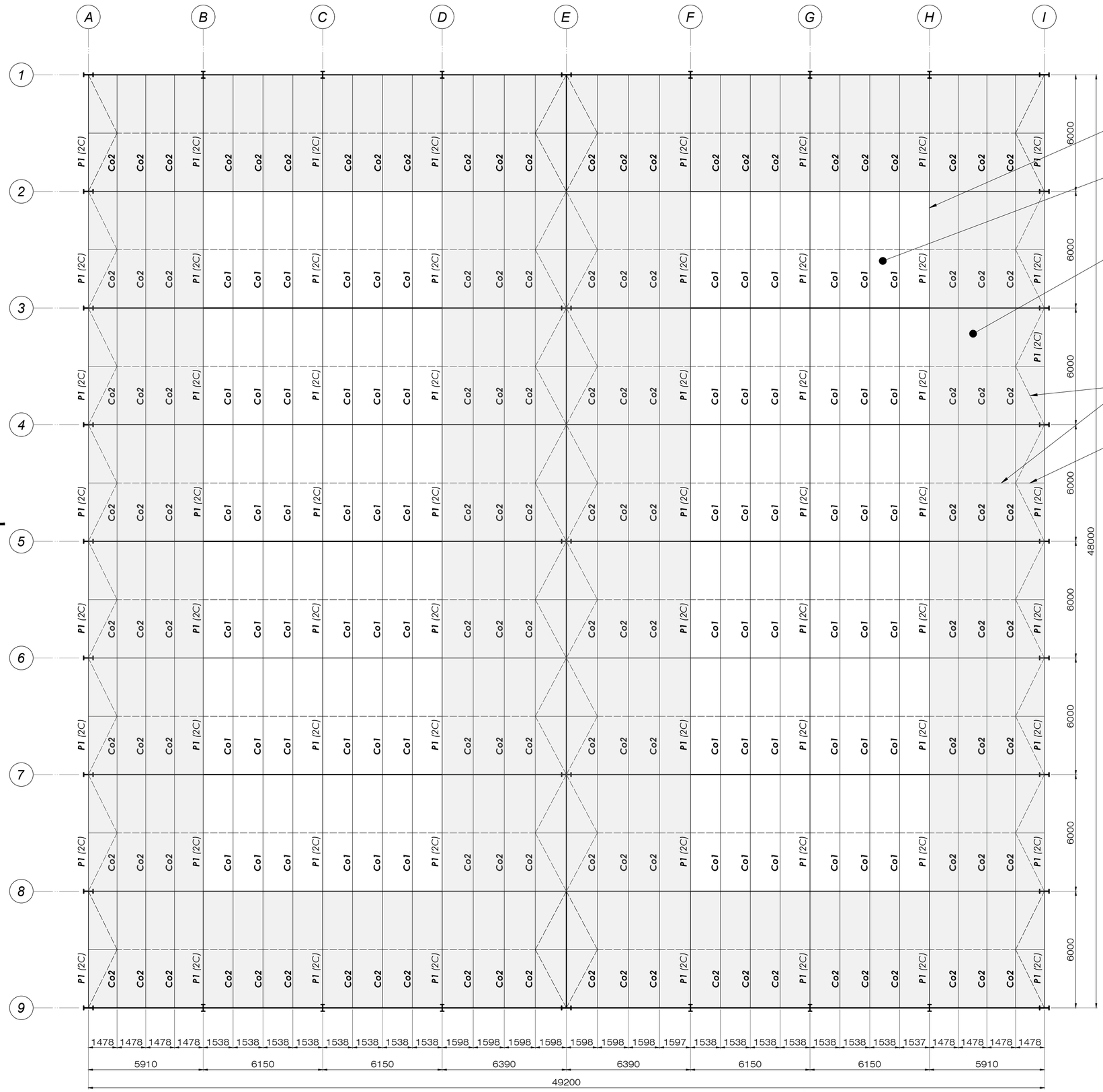
Esc: 1:150

FECHA: 06/02/2026

A2 (420mmx594mm)

1 Planta Unifilar - Correas y Tillas de Cubierta

Esc. [1:150]



P1
Puntales
2C 220x80x30x3,2

Co1
Correas C 220x80x30x2,5
(Se extienden en la zona NO sombreada))

Co2
Correas C 220x80x30x3,2
(Se extienden en la zona sombreada)

Tillas
Tensores
Redondos Ø$\frac{1}{4}$"

Tillas
Puntales
L 38x38x3,2

ACERO PERFILES W ***F-36***
ACERO PERFILES C ***F-24***
ACERO PERFILES L ***F-24***

REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

Plano Unifilar - Correas y Tillas de Cubierta
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO
E03

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

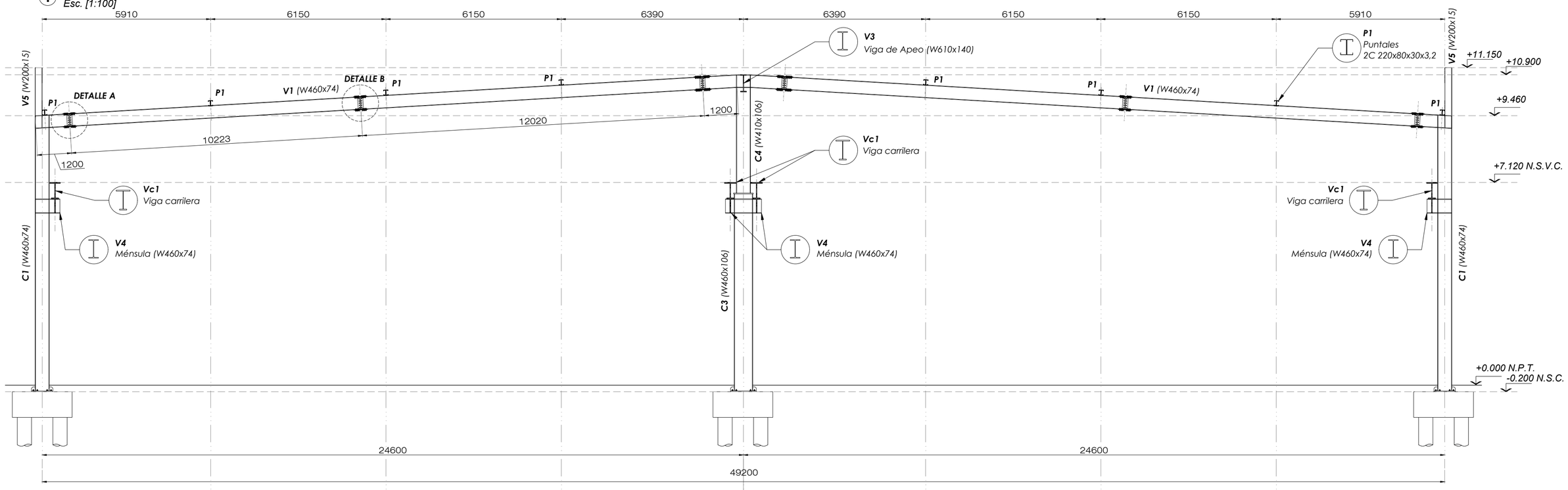
Esc: 1:150

FECHA: 06/02/2026

A2 (420mmx594mm)

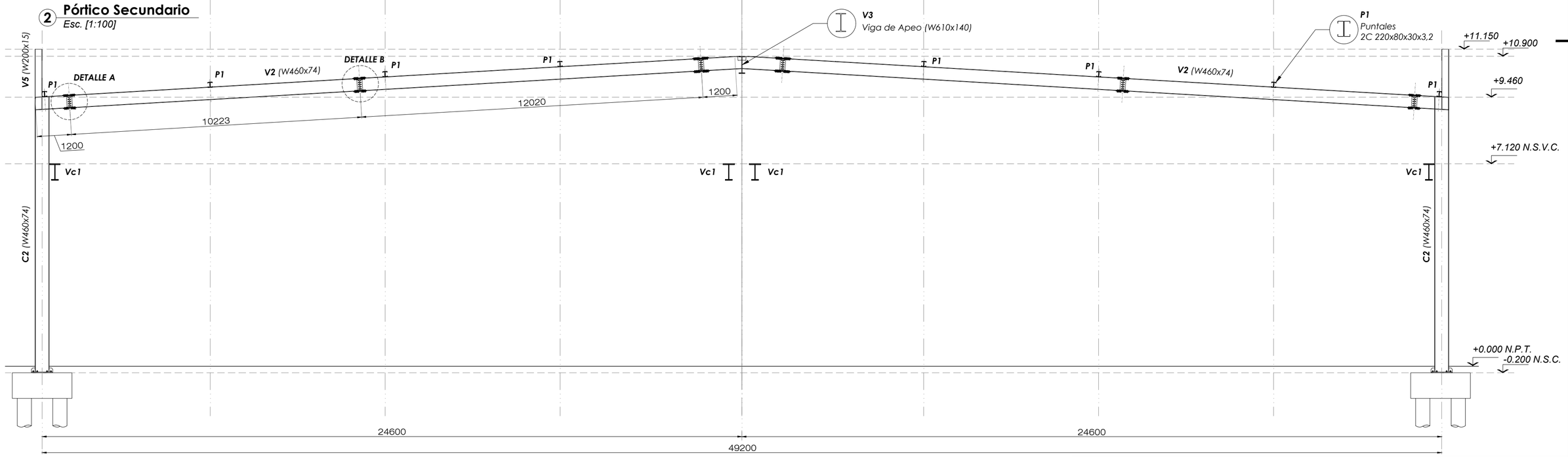
1 Pórtico Principal

Esc. [1:100]



2 Pórtico Secundario

Esc. [1:100]



ACERO PERFILES W ***F-36***
ACERO PERFILES C ***F-24***
ACERO PERFILES L ***F-24***

Las cotas altimétricas están referenciadas al ***NPT interior ± 0,00***

REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

Pórticos Típicos Principales y Secundarios
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO
E04

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

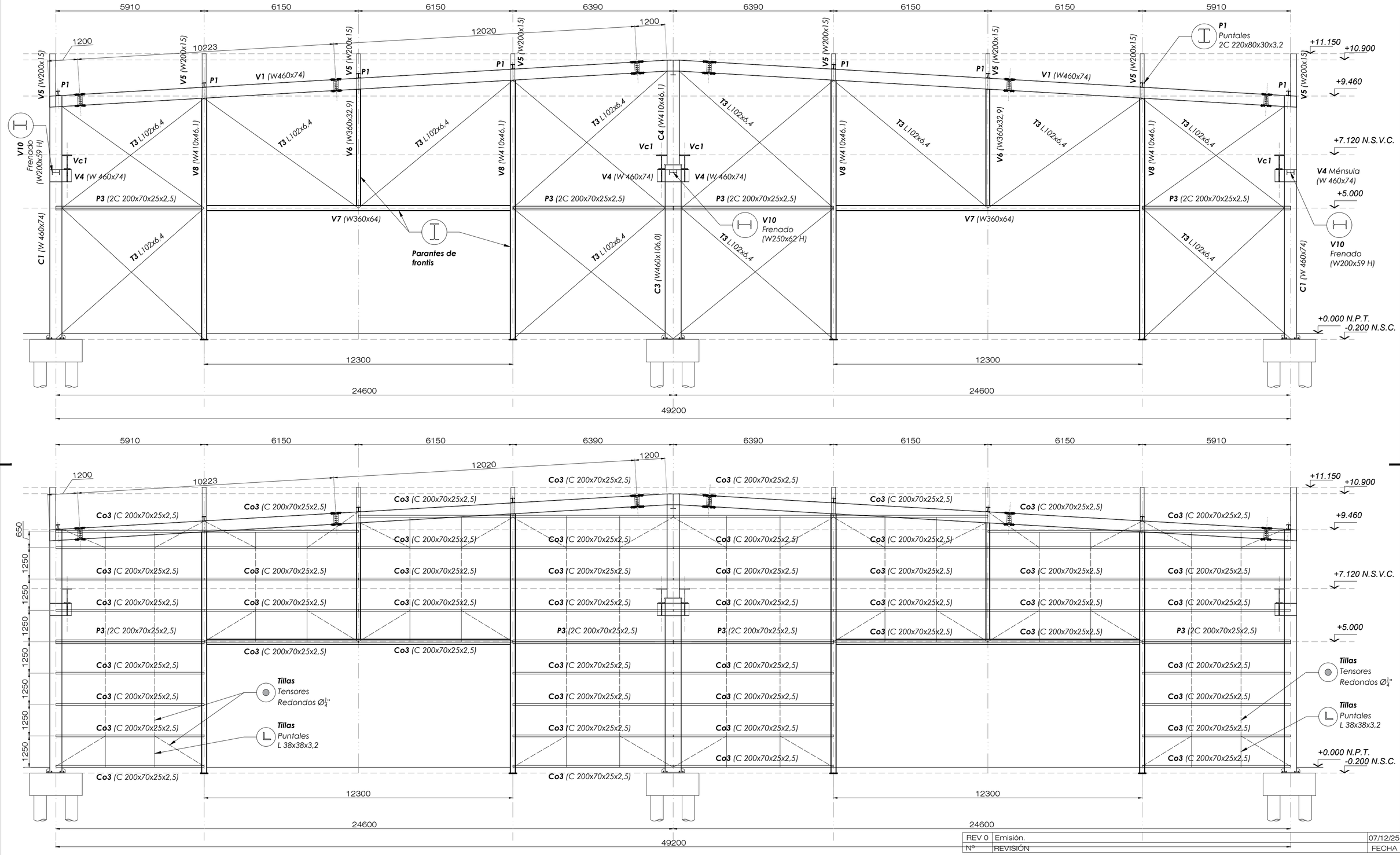
Esc: 1:100

FECHA: 06/02/2026

A2 (420mmx594mm)

① Estructura de frontis

Esc. [1:100]



② Correas y Tillas de frontis

Esc. [1:100]

ACERO PERFILES W **F-36**
ACERO PERFILES C **F-24**
ACERO PERFILES L **F-24**

Las cotas altimétricas están referenciadas al ***NPT interior ± 0,00***

REV 0	Emisión.	07/12/25
N°	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

Estructura de Frontis

Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

PROYECTISTAS: Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

Esc: 1:100

FECHA: 06/02/2026

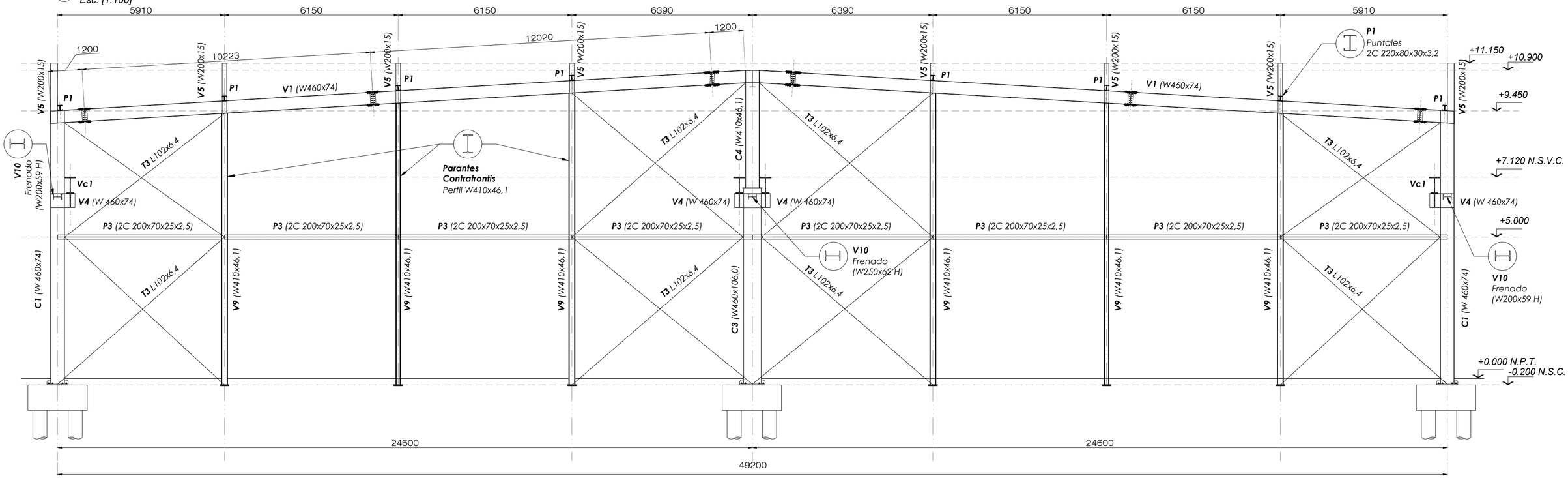
N° PLANO

E05

A2 (420mmx594mm)

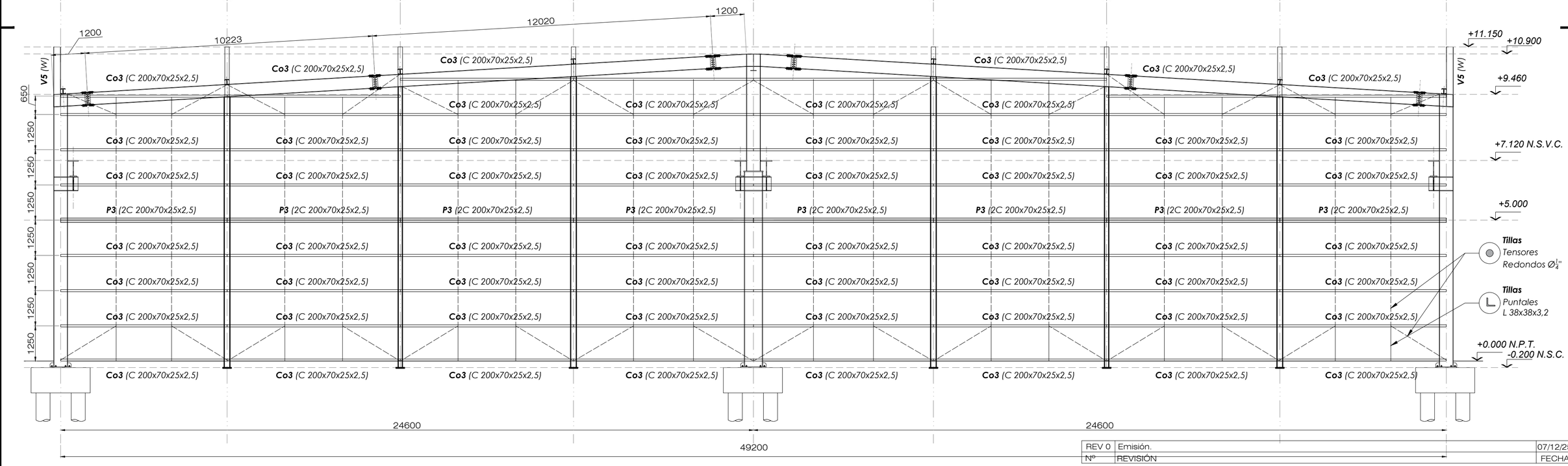
① Estructura de contrafrontis

Esc. [1:100]



② Correas y Tillas de contrafrontis

Esc. [1:100]



ACERO PERFILES W ***F-36***
ACERO PERFILES C ***F-24***
ACERO PERFILES L ***F-24***

Las cotas altimétricas están referenciadas al ***NPT interior ± 0,00***

REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

Plano Unifilar - Correas y Tillas Cubierta

Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO

E06

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

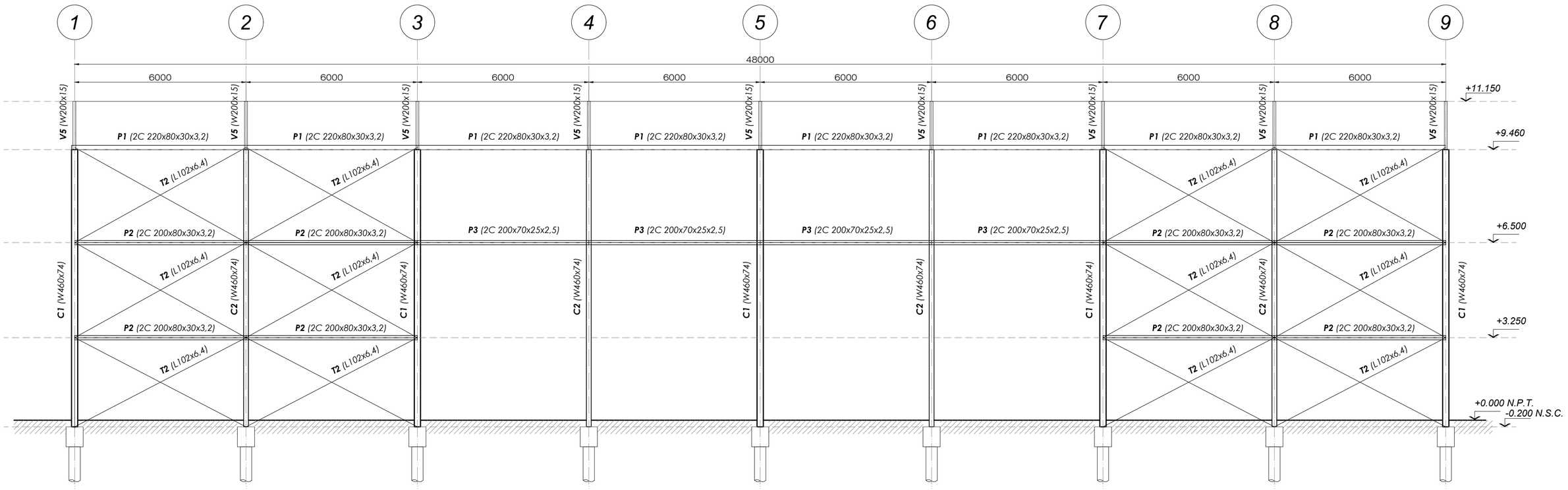
Esc: 1:100

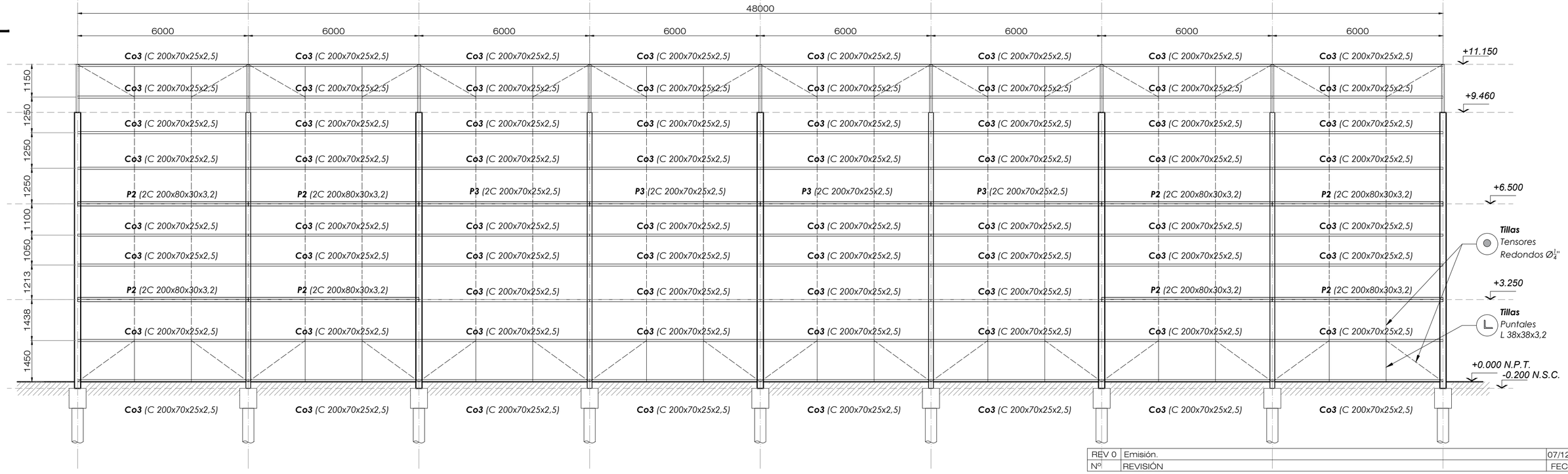
FECHA: 06/02/2026

A2 (420mmx594mm)

① Vista Lateral Exterior - Estructura principal

Esc. [1:100]





② Vista Lateral Exterior - Correas y Tillas

Esc. [1:100]

ACERO PERFILES W ***F-36***
ACERO PERFILES C ***F-24***
ACERO PERFILES L ***F-24***

Las cotas altimétricas están referenciadas al ***NPT interior ± 0,00***

REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

Vista Lateral Exterior
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO **E07**

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

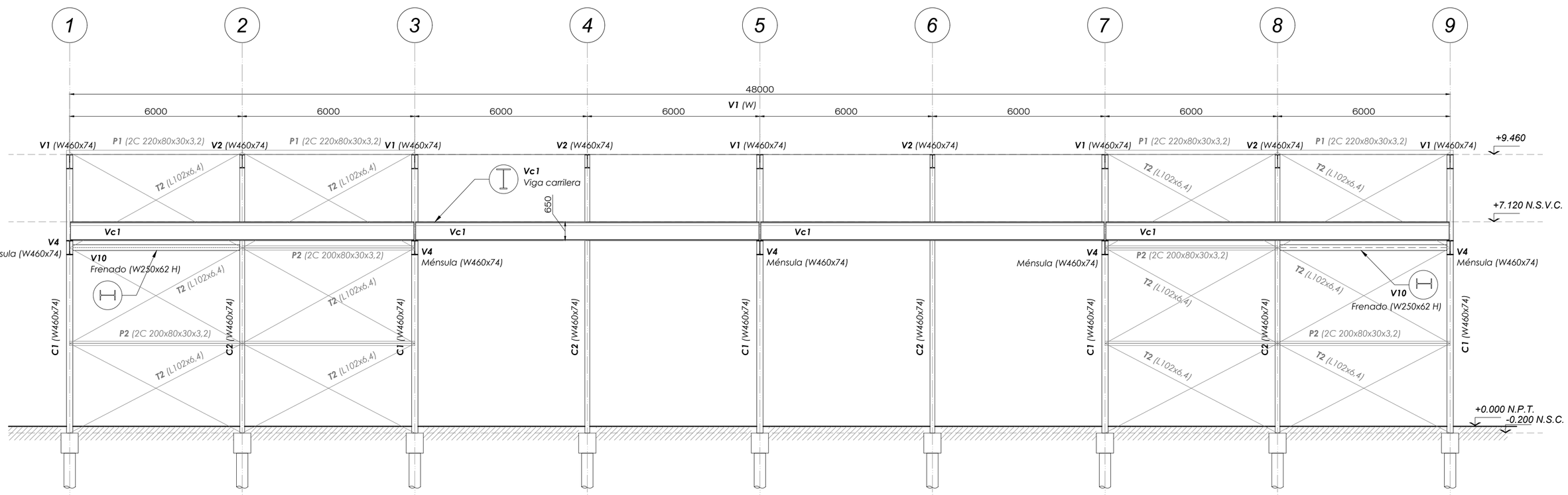
Esc: 1:100

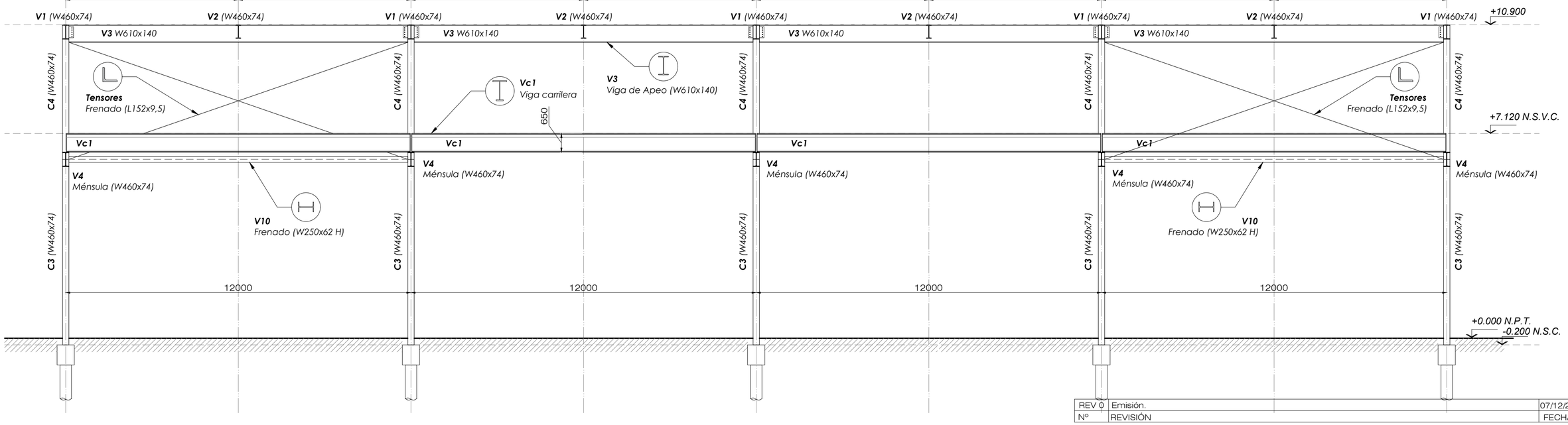
FECHA: 06/02/2026

A2 (420mmx594mm)

① Vista Lateral Interior - Columnas Laterales

Esc. [1:100]





② Vista Lateral Interior - Columnas Centrales

Esc. [1:100]

ACERO PERFILES W ***F-36***
ACERO PERFILES C ***F-24***
ACERO PERFILES L ***F-24***

Las cotas altimétricas están referenciadas al ***NPT interior ± 0,00***

REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

Vista Lateral Interior
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO
E08

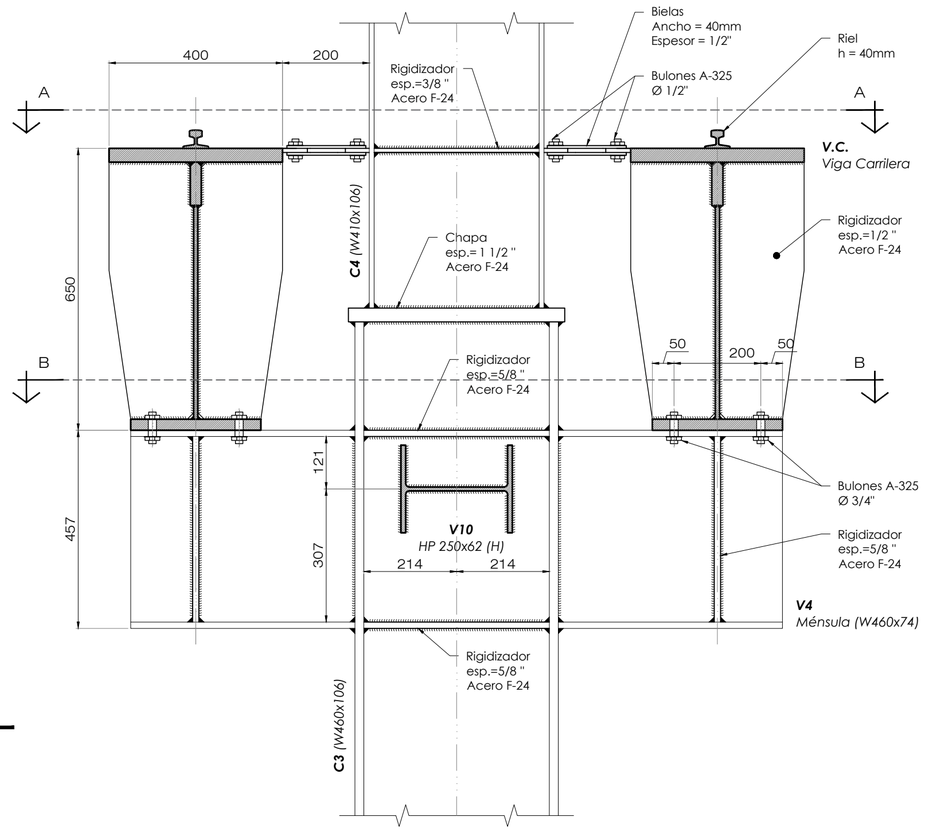
PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

Esc: 1:100

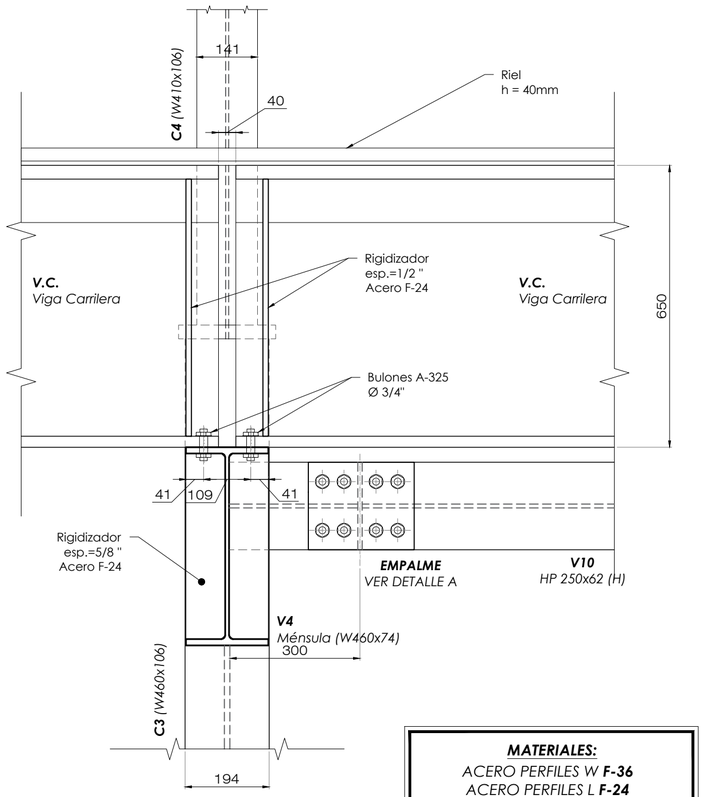
FECHA: 06/02/2026

A2 (420mmx594mm)

1 APOYO VIGA CARRILERA - VISTA FRONTAL
Esc. [1:10]

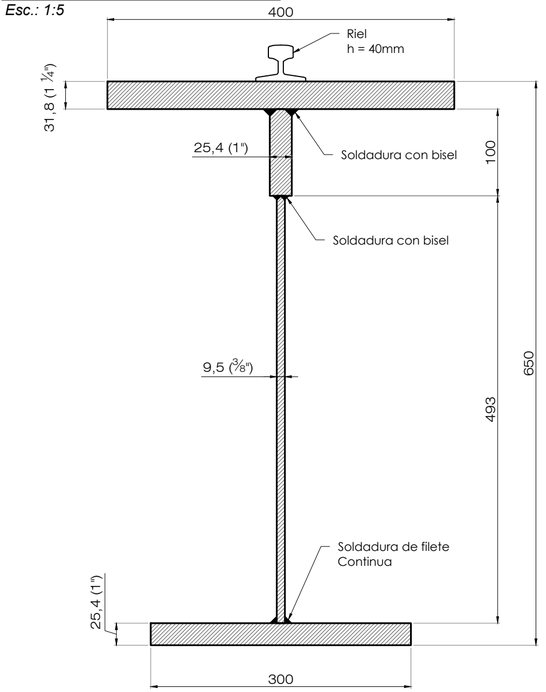


2 APOYO VIGA CARRILERA - VISTA LATERAL
Esc. [1:10]

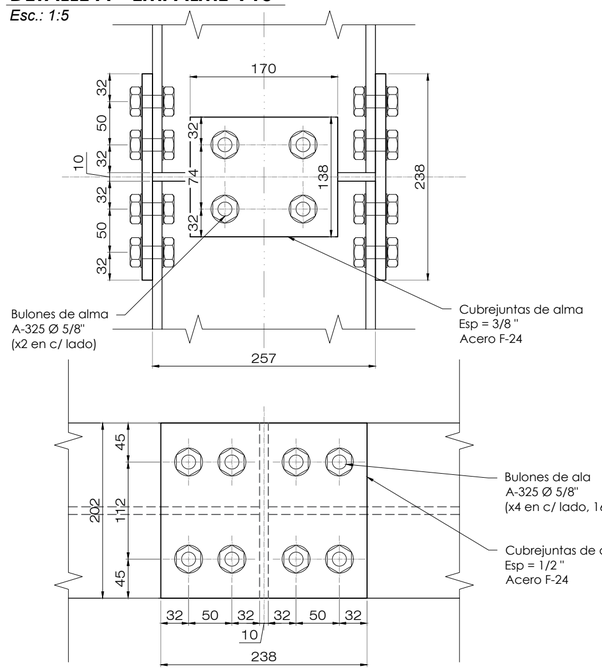


MATERIALES:
ACERO PERFILES W ***F-36***
ACERO PERFILES L ***F-24***
ACERO VIGA CARRILERA ***F-24***
ACERO PLANCHUELAS ***F-24***
BULONES ***A-325***
SOLDADURAS Electrodo ***E70-XX***

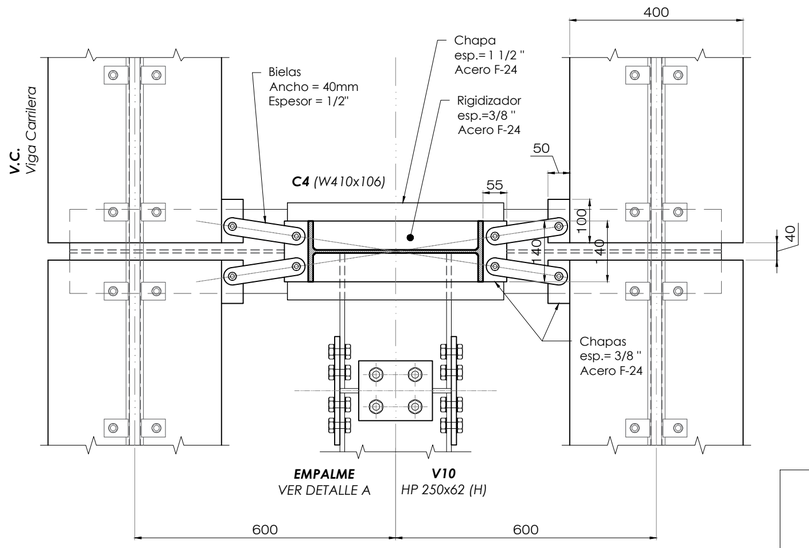
SECCIÓN VIGA CARRILERA
Esc.: 1:5



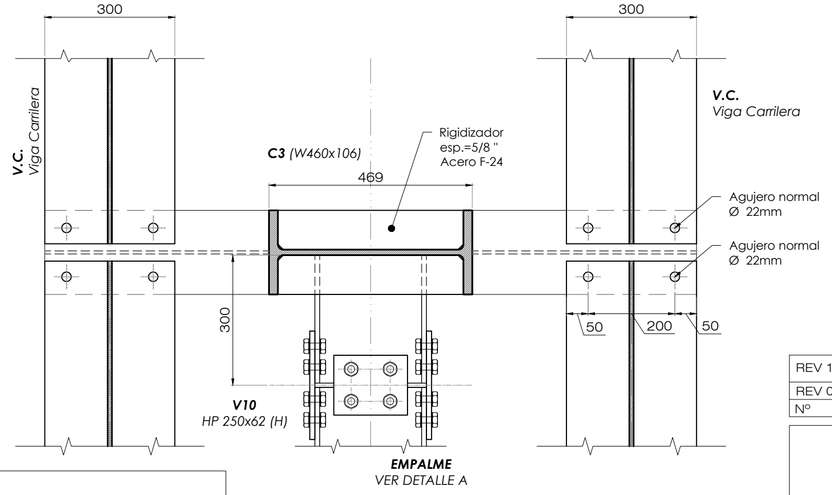
DETALLE A - EMPALME V10
Esc.: 1:5



3 APOYO VIGA CARRILERA - CORTE A-A
Esc. [1:10]



4 APOYO VIGA CARRILERA - CORTE B-B
Esc. [1:10]



REV 1	Incorporación detalles de apoyo de la V.C.,conexión arriostramiento para cargas longitudinales del P.G.	06/02/26
REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

DETALLE DE VIGA CARRILERA
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO
E09

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

Esc: s/ plano

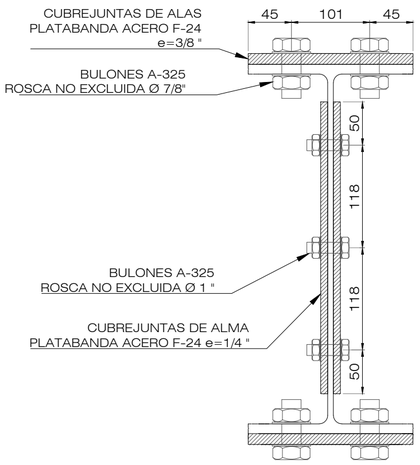
FECHA: 06/02/2026

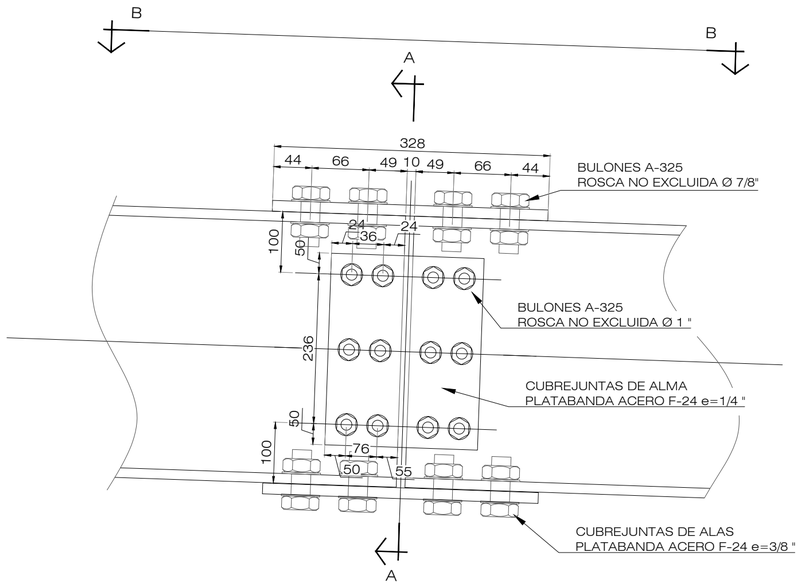
A2 (420mmx594mm)

① DETALLE A - EMPALME 1, VIGA DE PÓRTICO

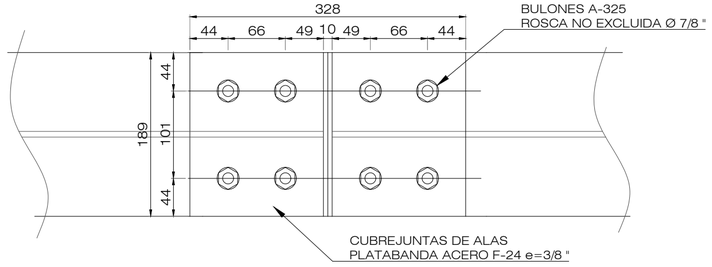
Esc. [1:5]

CORTE A-A

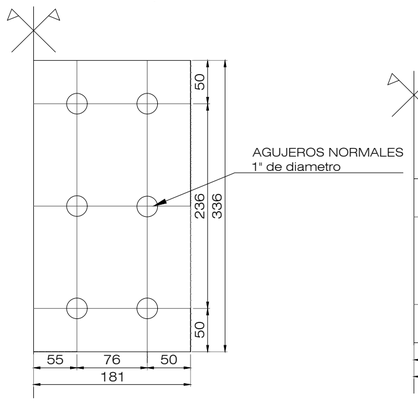




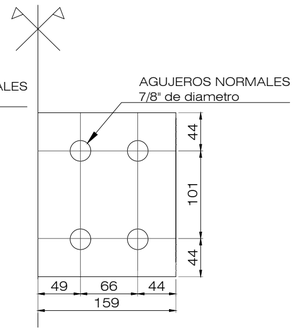
VISTA B-B



CUBREJUNTAS DE ALMA
Acero F-24 esp= 1/4"



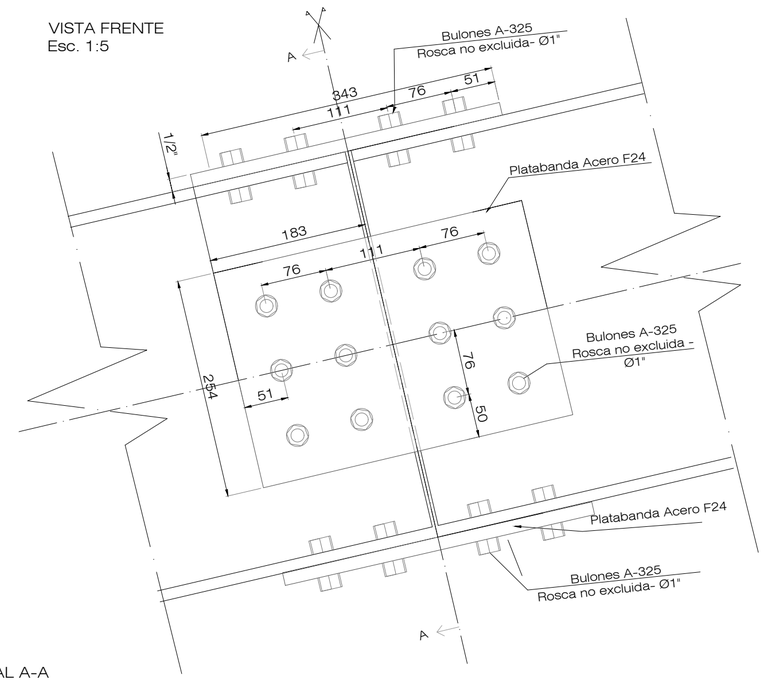
CUBREJUNTAS DE ALA
Acero F-24 esp=3/8 "



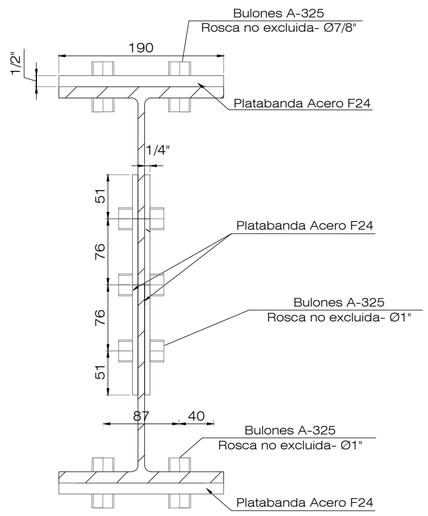
② DETALLE B - EMPALME 2, VIGA DE PÓRTICO

Esc. [1:5]

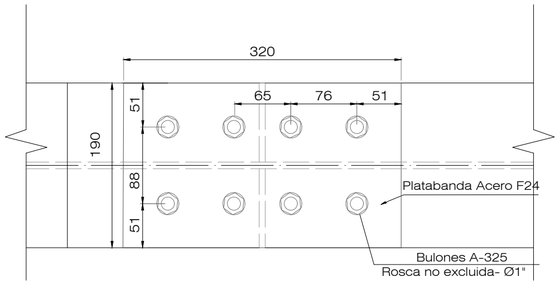
VISTA FRENTE
Esc. 1:5



CORTE TRANSVERSAL A-A
Esc. 1:5



VISTA ALA
Esc. 1:5



MATERIALES:

ACERO PERFILES W ***F-36***
ACERO PERFILES L ***F-24***
ACERO PLANCHUELAS ***F-24***
BULONES ***A-325***

REV 0	Emisión.	07/12/25
Nº	REVISIÓN	FECHA

PROYECTO IV

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA - UNR

DETALLE DE EMPALMES - Viga de Pórtico
Ampliación de Planta Industrial - RAFAELA, SANTA FE

Nº PLANO
E10

PROYECTISTAS:
Boidi, Cipollone, Paván, Zamora

Esc: 1:5

FECHA: 06/02/2026

A2 (420mmx594mm)

11. ANEXOS

Generales

Anexo G01 - Nivelación……95 (ítem 3.3.1.1)

Hidráulicos

Anexo H01 - Análisis Hidráulico……97 (Ítem 5.6.4)

Viales

Anexo V01 - Verificación de Espesores del Pavimento……126 (Ítem 6.1)

Estructurales

Anexo E01 - Plano del Puente Grúa……130 (Ítem 4.4.2)

Anexo E02 - Análisis de Cargas de Viento……132 (Ítem 4.4.3)

Anexo E03 - Dimensionamiento nave industrial……144 (Ítem 4.5)

Anexo G01 - Nivelación

Nivelación

Estación	Punto		Hsuperior [cm]	Hinferior [cm]	Hmedio [cm]	Distancia [m]	Cota [cm]
E1	PF (C. Intrauno)		156.0	122.0	139.0	0.0	100.0
	P. Transv. 1	1	144.0	110.0	127.0	34.0	112.0
		2	122.0	87.0	104.0	35.0	135.0
		3	151.0	117.0	134.0	34.0	105.0
		4	111.0	77.0	94.0	34.0	145.0
	P. Transv. 2	1	158.0	127.0	142.0	31.0	97.0
		2	103.5	73.0	88.0	30.5	151.0
		3	83.0	52.0	67.0	31.0	172.0
		4	125.0	96.0	111.0	29.0	128.0
		5	103.0	72.0	87.5	31.0	151.5
		6	69.5	15.0	42.0	54.5	197.0
	PP1		100.0	64.0	82.0	36.0	157.0
E2	PP1		116.5	70.5	93.0	46.0	157.0
	P. Transv. 3	1	197.0	118.0	157.0	79.0	93.0
		2	146.0	66.0	106.0	80.0	144.0
		3	128.0	48.0	87.0	80.0	163.0
		4	167.0	86.0	126.0	81.0	124.0
		5	161.0	81.0	121.0	80.0	129.0
	PP2		106.0	26.0	66.0	80.0	184.0
E3	PP2		167.0	74.0	121.0	93.0	184.0
	Puntos aislados	1	228.0	131.0	179.0	97.0	126.0
		2	118.0	98.0	108.0	20.0	197.0
		3	158.0	134.0	146.0	24.0	159.0
		4	155.0	145.0	149.0	10.0	156.0
E4	PF		268.0	161.0	214.0	107.0	100.0
	Cunetas	1	221.0	193.0	207.0	28.0	107.0
		2	305.0	205.0	255.0	100.0	59.0
		3	284.0	175.0	229.0	109.0	85.0

Anexo H01 - Análisis Hidráulico

Análisis Hidráulico

A continuación, se procede a desarrollar la memoria de cálculo hidráulico correspondiente a la propuesta “Ampliación de la Planta Industrial de Rafaela”.

El objetivo principal del estudio hidráulico es garantizar el correcto dimensionamiento de las obras hidráulicas necesarias para lograr una adecuada gestión de los escurrimientos pluviales dentro del área propuesta, minimizando así los riesgos asociados a anegamientos para las recurrencias de diseño adoptadas. El análisis se lleva a cabo en tres etapas: situación pre-intervención, situación actual y situación post-intervención.

Se comenzó por la *situación pre-intervención*, donde se establecieron las condiciones hidráulicas del terreno antes de la intervención a partir de los datos climáticos, topográficos y normativas locales. Se siguió por la etapa de análisis de la *situación actual*, donde se evaluaron las condiciones hidráulicas actuales del predio, con el objetivo de determinar el cumplimiento con la normativa vigente de la ciudad, considerando el estado actual del uso del suelo y las infraestructuras existentes.

Finalmente, se evalúa la *situación post-intervención futura*, donde se determinan las condiciones hidráulicas frente al cambio de uso de suelo generado por la ejecución de la propuesta, con la finalidad de diseñar soluciones de infraestructura que permitan controlar y mitigar los efectos de dicho cambio.

1. Situación Pre-Intervención.

Para el análisis de esta situación y de las demás, se hará uso de la Ordenanza 52858/22 de Rafaela, la cual implementa el Sistema de Regulación de Excedentes Pluviales.

En la misma se especifica, entre otras cuestiones, lo siguiente en relación a los parámetros de diseño:

- Duración de la lluvia (D) podrá ser de 30 minutos o más dependiendo del tamaño y comportamiento de la cuenca bajo estudio.
- Tiempo de Retorno (TR) para el dimensionamiento de la obra se utilizará un tiempo de 5 años.
- Condición de verificación será de 25 años.

Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía se define como la relación entre el caudal que ingresa sobre la cuenca y el caudal evacuado. Depende del grado de impermeabilización de la cuenca y del tipo de superficie, para cada recurrencia de diseño. Tal como se detalló en el Ítem 5.5. SITUACIÓN PRE INTERVENCIÓN, de la memoria de cálculo, el coeficiente de escorrentía se determina según Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe. En la Tabla H01.1 se observan los coeficientes de escorrentía para cada una de las recurrencias establecidas en la Ordenanza 52858/22. Se debe mencionar que se consideró zona permeable en condición pobre, con una pendiente plana de 0-2%.

Tabla H01.1: Coeficiente de escorrentía - R 5 años y R 25 años - Situación Pre-Intervención.
Fuente: Elaboración propia con datos del Decreto 4841/2012.

C Permeable (Condición Pobre - Plana 0-2%)	
C (R=5 años)	0.34
C (R=25 años)	0.40

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se define como el tiempo que le demanda a la gota de agua en transitar la cuenca desde el punto hidráulicamente más alejado hasta la sección de control o salida de la cuenca. El tiempo de concentración se calcula según la expresión del Federal Aviation Agency, la cual es aplicable para flujo mantiforme predominante.

$$T_c = 22.73\ (1,1 - C)\ L^{0,5}\ S^{-0,33}$$

$T_c\ [min]$: Tiempo de concentración

C : Coeficiente de escorrentía

$L\ [km]$: Longitud del recorrido

$S\ [m/m]$: Pendiente del terreno

A continuación, en la Tabla H01.2 se detallan los tiempos de concentración para cada recurrencia.

Tabla H01.2: Tiempo de concentración - R 5 años y R 25 años - Situación Pre-Intervención.
Fuente: Elaboración propia según expresión del Federal Aviation Agency.

Situación	**Pre-intervención**	
Recurrencia	5 años	25 años
Longitud	291.60 m	291.60 m
Pendiente [m/m]	2.30 ‰	2.30 ‰
Coef. Escorrentía	0.34	0.40
Tc	**69.25 min**	**63.79 min**

Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia en la situación Pre-Intervención permite evaluar la capacidad de evacuación del agua en condiciones habituales, asegurando la estabilidad y eficiencia de la infraestructura hidráulica del sector. Para el cálculo de la intensidad de lluvia se utilizó la Ordenanza 52858-22, la cual especifica que la precipitación de proyecto se obtendrá en base a las Curvas IDR de la Ciudad de Rafaela (Municipalidad de Rafaela, 2008). A continuación se presenta la ecuación y los parámetros de cálculo de dichas curvas.

Siendo:

$$i = \frac{a \cdot T_r^b}{(D+c)^m}$$

i: Intensidad [mm/h]

Tr: Tiempo de Retorno [años]

D: Duración [min]

a: 1.214,9 - b: 0,15713 - c: 17,478 - m: 0,7555

En la Tabla H01.3 se detallan las intensidades de lluvia para la recurrencia de diseño de 5 años y la de verificación de 25 años.

Tabla H01.3: Intensidad de lluvia - R 5 años y R 25 años - Situación Pre-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

Situación	**Pre-Intervención**	
a	1214.9	
b	0.15713	
c	17.478	
m	0.7555	
Recurrencia	5 años	25 años
D=Tc	69.25 min	63.79 min
i [mm/h]	**53.71 mm/h**	**72.66 mm/h**

Hidrogramas de diseño

Por último, a partir del Método Racional Modificado se asume una distribución triangular del caudal en el tiempo, con un tiempo al pico igual (t_p) al tiempo de concentración de la cuenca (T_c), y un tiempo de base igual a dos veces el tiempo al pico.

En la Tabla H01.4 se especifican los datos necesarios para los hidrogramas de diseño de las Figuras H01.1 y H01.2.

Tabla H01.4: Caudales de diseño - R 5 años y R 25 años - Situación Pre-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

Situación	**Pre-intervención**	
Recurrencia	5 años	25 años
Área	3.39 ha	3.39 ha
Tc	69.25 min	63.79 min
intensidad	53.71 mm/h	72.66 mm/h
Q	**0.17 m3/s**	**0.27 m3/s**

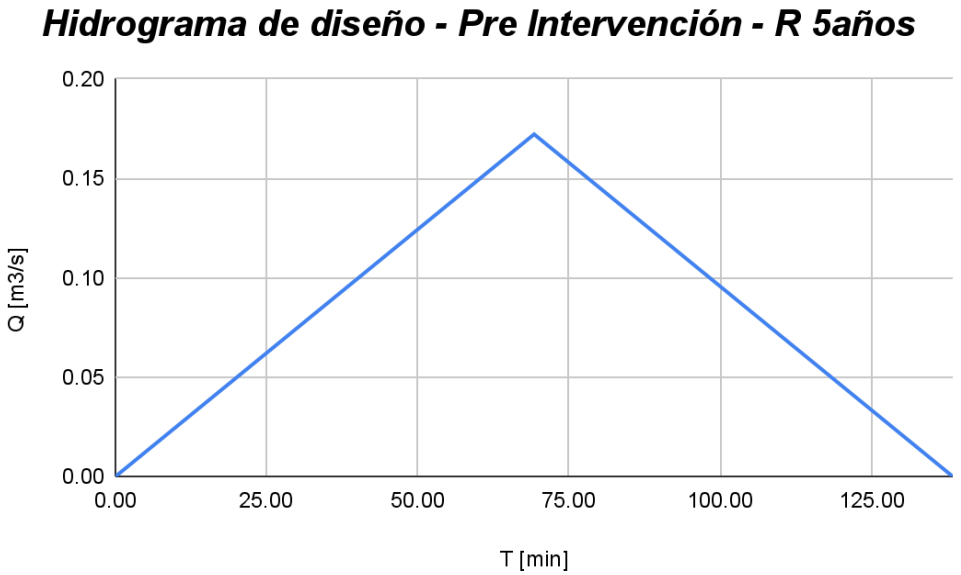


Figura H01.1: Hidrograma de diseño - R 5 años - Situación Pre-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

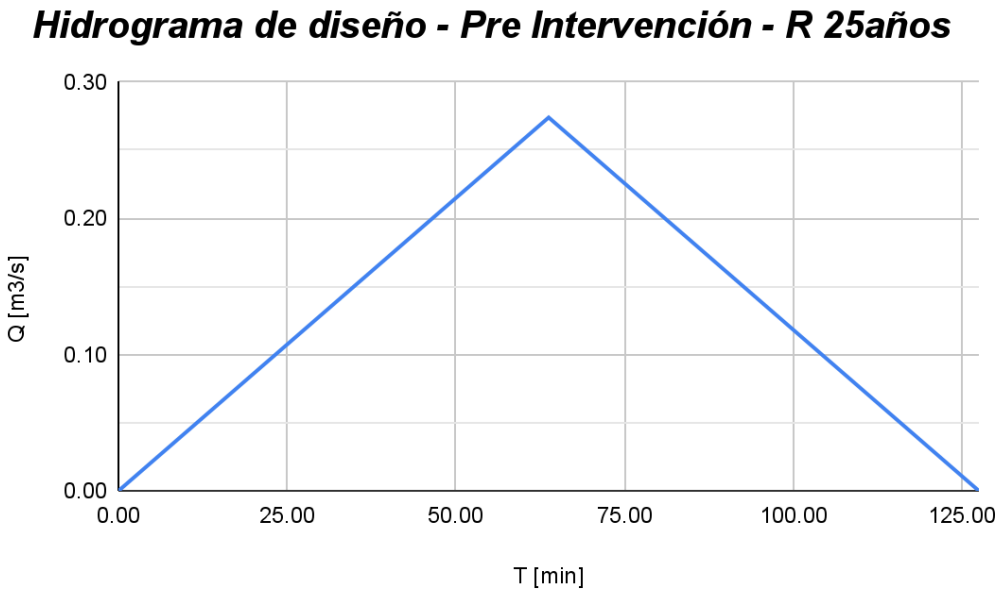


Figura H01.2: Hidrograma de diseño - R 25 años - Situación Pre-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

2. *Situación Actual.*

Previo al análisis de la situación post-intervención futura, se llevó a cabo una comprobación del caudal de descarga máximo permitido (caudal de corte) a la red de drenaje pluvial municipal que corresponde al predio.

Coeficiente de escorrentía

Para el caso de la situación actual se considera un coeficiente de escorrentía ponderado, C, según las características variables del terreno debido a la ejecución de la propuesta. Al igual que en el caso de la situación pre-intervención, los coeficientes de escorrentía para cada tipo de superficie se obtienen del Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe.

En la Tabla H01.5, se observan los coeficientes para cada subcuenta y la cuenta total considerada.

Ver subcuencas analizadas en Plano H01 - Plano de Cuencas Actual.

Tabla H01.5: Coeficientes de escorrentía ponderados - R 5 años y R 25 años - Situación Actual.
Fuente: Elaboración propia.

Cuenca	Área cuenca [m2]	Área cuenca [has]	Área permeable [m2]	%Ap	Área Impermeable [m2]	%Ai	Cpond R5 años	Cpond R25 años
1	1103.9	0.11	0.00	0.0%	1103.9	100.0%	0.80	0.88
2	11647.0	1.16	9985.88	85.7%	1661.1	14.3%	0.41	0.47
3	3956.1	0.40	0.00	0.0%	3956.1	100.0%	1.00	1.00
4	3955.9	0.40	0.00	0.0%	3955.9	100.0%	1.00	1.00
5	4735.8	0.47	1664.97	35.2%	3070.8	64.8%	0.64	0.71
6	2359.7	0.24	685.92	29.1%	1673.8	70.9%	0.67	0.74
TOTAL	27758.3	2.78	14313.0	51.6%	13445.3	48.4%	**0.61**	**0.68**

Tiempo de concentración

Para determinar el tiempo de concentración se emplea el método cinemático, analizando la distancia que recorre la gota hidrológicamente más alejada y la velocidad de escurrimiento según sea el tipo de flujo.

La longitud del recorrido se obtiene considerando la trayectoria recorrida por la gota más alejada a la sección de control. Se consideran las siguientes distancias de escurrimiento:

- Distancia de escurrimiento en chapa ondulada

- Distancia de escurrimiento en pavimento no encauzado
- Distancia de escurrimiento mantiforme sobre terreno natural

Se consideró la velocidad del agua de escurrimiento sobre techos metálicos de 0,25 m/s. Además, se consideran las siguientes velocidades de referencia, las cuales están incluidas en el Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe.

Tipo de flujo	Vel [m/seg]
Flujo no concentrado en campos, zonas verdes, parques y jardines	0.10
Flujo no concentrado en pavimentos	0.35
Flujo en cordón-cuneta	0.60
Flujo en zanjas y canales excavados	1.10
Flujo en conductos de hormigón	1.30
Flujo en canales revestidos en hormigón	1.40

Figura H01.3: Valores de referencia de la Velocidad Máxima, para estimar el Tc.
Fuente: Decreto 4841/2012 dictado por el Poder Ejecutivo Provincial y correspondiente a Recursos Hídricos - Sistema del Arroyo Ludueña.

Tabla H01.6: Tiempo de concentración - Situación Actual.
Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de Concentración	
Dist. esc. Chapa [m]	0.00
V. Chapa ondulada [m/s]	0.25
Tc Chapa [min]	**0**
Dist. esc. Pavimento [m]	0.00
V. No concentrado en pav. [m/s]	0.35
Tc Pavimento [min]	**0**
Dist. de lote [m]	294.19
V. mantiforme [m/s]	0.1
Tc Mantiforme [min]	**49.03**
Tc total [min]	**49.03**

Verificación de la ordenanza

La revisión efectuada reveló que el volumen de escurrimiento que actualmente se vierte a la infraestructura pública supera el límite de caudal admisible establecido por la ordenanza local.

- El caudal de descarga directo actual, calculado mediante el método racional modificado, asciende a 0,30 m³/s
- El caudal de corte máximo permitido por la normativa es de solo de 0,18 m³/s.

Esta disparidad constituye una infracción a la ordenanza municipal en lo relativo al manejo y control de los caudales pluviales, generando un peligro de sobrecarga y daño a la infraestructura de la red pública durante episodios de lluvias intensas. En las Tablas H01.7 y H01.8 se observa el cálculo de los caudales de cada una de las subcuencas. Mientras que en la Tabla H01.9, se observa una tabla resumen de los valores obtenidos sobre la situación actual del predio.

Tabla H01.7: Caudales máximos de las subcuencas - R 5años - Situación Actual.
Fuente: Elaboración propia.

Caudales máximos de las Subcuencas - R 5años						
Cuenca	**Área cuenca [m2]**	**Cpond R5 años**	**Tc cuenca [min]**	**Duración tormenta [min]**	**i R5años [mm/hs]**	**Qdis R5años [m3/s]**
1	1103.9	0.80	36.62	36.62	76.73	0.02
2	11647.0	0.41	49.03	49.03	65.64	0.09
3	3956.1	1.00	1.64	10.00	128.00	0.14
4	3955.9	1.00	1.64	10.00	128.00	0.14
5	4735.8	0.64	2.80	10.00	128.00	0.11
6	2359.7	0.67	3.58	10.00	128.00	0.06
TOTAL	27758.3	0.61	49.03	49.03	65.64	0.31

Tabla H01.8: Caudales máximos de las subcuencas - R 25años - Situación Actual.
Fuente: Elaboración propia.

Caudales máximos de las Subcuencas - R 25años						
Cuenca	**Área cuenca [m2]**	**Cpond R25 años**	**Tc cuenca [min]**	**Duración tormenta[min]**	**i R25años [mm/hs]**	**Qdis R25años [m3/s]**
1	1103.9	0.88	36.62	36.62	98.80	0.03
2	11647.0	0.47	49.03	49.03	84.53	0.13
3	3956.1	1.00	1.64	10.00	164.83	0.18
4	3955.9	1.00	1.64	10.00	164.83	0.18
5	4735.8	0.71	2.80	10.00	164.83	0.15
6	2359.7	0.74	3.58	10.00	164.83	0.08
TOTAL	27758.3	0.68	49.03	49.03	84.53	0.44

Tabla H01.9: Verificación de ordenanza - Situación Actual.
Fuente: Elaboración propia.

Situación actual de escurrimientos	
Qmáx	0.31 m3/s
Qcorte adm.	0.18 m3/s
Q C4	0.14 m3/s
Q C5	0.11 m3/s
Q C6	0.06 m3/s
Qdescarga directa	0.30 m3/s
No verifica ordenanza, Qdesc>Qcorte	

Dada la irregularidad normativa detectada, y considerando los mayores requerimientos hidráulicos que impondrá la ampliación prevista de las instalaciones industriales, se concluye que es imprescindible llevar a cabo una modificación y optimización completa del sistema de manejo de aguas de lluvia dentro del terreno. El propósito fundamental de esta reingeniería es asegurar el estricto y eficaz cumplimiento de la reglamentación vigente, reduciendo al mínimo la presión ejercida por el desarrollo sobre los sistemas de drenaje urbanos.

3. Situación Post-Intervención Futura.

Coeficiente de escorrentía

De manera análoga a la situación actual, en el análisis se adoptará un coeficiente de escorrentía ponderado C, el cual se determinará con base en las características variables del terreno.

Los coeficientes de escorrentía aplicados a cada subcuenca y a la cuenta total considerada se detallan en la Tabla H01.10. Las subcuencas analizadas se encuentran delimitadas en el Plano H02 - Plano de Cuencas. Este mismo plano detalla el rediseño del sistema de captación y conducción, así como la ampliación del reservorio.

En consecuencia, la situación post-intervención será analizada considerando la totalidad de los edificios proyectados y las superficies impermeables que formarán parte del predio.

En esta etapa del proyecto, se prevé actuar sobre una superficie total de 3,39 hectáreas (ha). La distribución de estas superficies es la siguiente:

- Superficies Impermeables: 1,98 ha, correspondientes a pavimentos rígidos y áreas destinadas a actividades industriales.
- Superficies Permeables: 1,41 ha restantes.

Tabla H01.10: Coeficientes de escorrentía ponderados - Situación Post-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

Cuenca	Área cuenca [m2]	Área cuenca [has]	Área permeable [m2]	%Ap	Área Impermeable [m2]	%Ai	Cpond R5 años	Cpond R25 años
1	1224.6	0.12	0.00	0.0%	1224.6	100.0%	0.95	0.95
2	1224.6	0.12	0.00	0.0%	1224.6	100.0%	0.95	0.95
3	548.1	0.05	548.11	100.0%	0.0	0.0%	0.34	0.40
4	798.1	0.08	0.00	0.0%	798.1	100.0%	0.80	0.88
5	519.2	0.05	9.42	1.8%	509.8	98.2%	0.79	0.87
6	1347.1	0.13	0.00	0.0%	1347.1	100.0%	0.80	0.88
7	1980.0	0.20	0.00	0.0%	1980.0	100.0%	0.95	0.95
8	3956.1	0.40	0.00	0.0%	3956.1	100.0%	0.95	0.95
9	12595.7	1.26	10414.17	82.7%	2181.5	17.3%	0.42	0.48
10	1352.2	0.14	0.00	0.0%	1352.2	100.0%	0.80	0.88
11	1334.4	0.13	413.34	31.0%	921.1	69.0%	0.66	0.73
12	920.6	0.09	505.15	54.9%	415.5	45.1%	0.55	0.62
13	1977.9	0.20	0.00	0.0%	1977.9	100.0%	0.95	0.95
14	4106.7	0.41	1219.43	29.7%	2887.3	70.3%	0.66	0.74
TOTAL	33885.3	3.39	19800	58.4%	14085	41.6%	0.61	0.68

Tiempo de concentración

De manera análoga a la situación anterior, se aplica el método cinemático. En esta situación, se espera que los tiempos de concentración se acorten en comparación con la situación actual debido a la mayor eficiencia hidráulica proporcionada por el rediseño del sistema de captación y conducción.

La longitud del recorrido se obtiene sumando las diferentes instancias de trayectorias del agua:

- Dch: Distancia de escurrimiento sobre chapa ondulada.
- Dc: Distancia de escurrimiento sobre canaleta metálica.
- Db: Distancia de bajante.
- Da: Distancia sobre acequia rectangular de hormigón.
- De: Distancia sobre caño de PEAD.

- Dm: Distancia de escurrimiento mantiforme sobre el terreno de la propiedad .

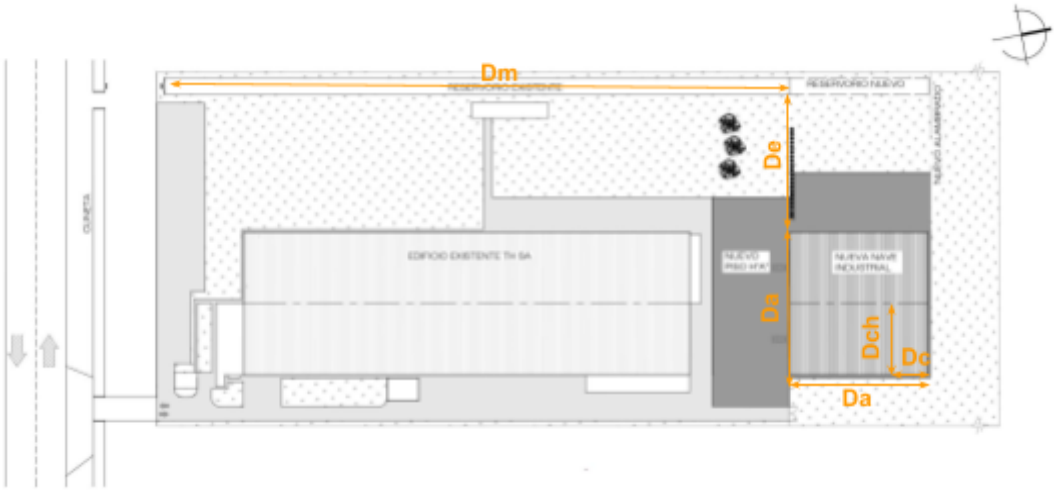


Figura H01.4: Distancias utilizadas para el cálculo del Tiempo de Concentración.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla H01.11: Tiempo de concentración - Situación Post-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

Tiempo de Concentración	
Dist. esc. Chapa [m]	25.15
V. Chapa ondulada [m/s]	0.25
Tc Chapa [min]	**1.64**
Dist. esc. canaleta metálica [m]	12.15
V. canaleta metálica [m/s]	0.13
Tc Canaleta metálica [min]	**1.61**
Dist. esc. bajante [m]	9.00
V. Bajante [m/s]	1.16
Tc Bajante [min]	**0.13**
Dist. esc. acequia [m]	48.69
V. Acequia Este [m/s]	0.55
Tc Acequia Este [min]	**1.48**
Dist. esc. acequia [m]	50.28
V. Acequia Norte [m/s]	0.70
Tc Acequia Norte [min]	**1.20**
Dist. Entubado [m]	35.92
V. Entubado [m/s]	0.29
Tc Entubado [min]	**2.05**
Dist. esc. mantiforme [m]	239.85
V. mantiforme [m/s]	0.10
Tc Mantiforme [min]	**39.98**
Tc total [min]	**48.08**

Hidrogramas de diseño

Por último, a partir del Método Racional Modificado se asume una distribución triangular del caudal en el tiempo, con un tiempo al pico igual $\left(t_p\right)$ al tiempo de concentración de la cuenca $\left(T_c\right)$, y un tiempo de base igual a dos veces el tiempo al pico.

En las Tablas H01.12 y H01.13 se especifican los datos necesarios para los hidrogramas de diseño de las Figuras H01.5 y H01.5, para las recurrencias de 5 años y de 25 años respectivamente.

Tabla H01.12: Caudales máximos de las subcuencas - R 5años - Situación Post-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

Caudales máximos de las Subcuencas - R 5años						
Cuenca	**Área cuenca [m2]**	**Cpond R5 años**	**Tc cuenca [min]**	**Duracion tormenta [min]**	**i R5años [mm/hs]**	**Qdis R5años [m3/s]**
1	1224.6	0.95	1.64	10.00	128.00	0.04
2	1224.6	0.95	1.64	10.00	128.00	0.04
3	548.1	0.34	1.84	10.00	128.00	0.01
4	798.1	0.80	3.09	10.00	128.00	0.02
5	519.2	0.79	0.67	10.00	128.00	0.01
6	1347.1	0.80	3.67	10.00	128.00	0.04
7	1980.0	0.95	1.64	10.00	128.00	0.07
8	3956.1	0.95	1.64	10.00	128.00	0.13
9	12595.7	0.42	46.48	46.48	67.61	0.10
10	1352.2	0.80	45.40	45.40	68.49	0.02
11	1334.4	0.66	1.77	10.00	128.00	0.03
12	920.6	0.55	2.38	10.00	128.00	0.02
13	1977.9	0.95	1.64	10.00	128.00	0.07
14	4106.7	0.66	2.26	10.00	128.00	0.10
TOTAL	**33885.3**	**0.61**	**48.08**	**48.08**	**66.36**	**0.38**

Figura H01.5: Hidrograma de diseño - R 5 años - Situación Post-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla H01.13: Caudales máximos de las subcuencas - R 25años - Situación Post-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

Caudales máximos de las Subcuencas - R 25años						
Cuenca	**Área cuenca [m2]**	**Cpond R25 años**	**Tc cuenca [min]**	**Duracion tormenta[min]**	**i R25años [mm/hs]**	**Qdis R25años [m3/s]**
1	1224.6	0.95	1.64	10.00	164.83	0.05
2	1224.6	0.95	1.64	10.00	164.83	0.05
3	548.1	0.40	1.84	10.00	164.83	0.01
4	798.1	0.88	3.09	10.00	164.83	0.03
5	519.2	0.87	0.67	10.00	164.83	0.02
6	1347.1	0.88	3.67	10.00	164.83	0.05
7	1980.0	0.95	1.64	10.00	164.83	0.09
8	3956.1	0.95	1.64	10.00	164.83	0.17
9	12595.7	0.48	46.48	46.48	87.07	0.15
10	1352.2	0.88	45.40	45.40	88.20	0.03
11	1334.4	0.73	1.77	10.00	164.83	0.04
12	920.6	0.62	2.38	10.00	164.83	0.03
13	1977.9	0.95	1.64	10.00	164.83	0.09
14	4106.7	0.74	2.26	10.00	164.83	0.14
TOTAL	33885.3	0.68	48.08	48.08	85.46	0.55

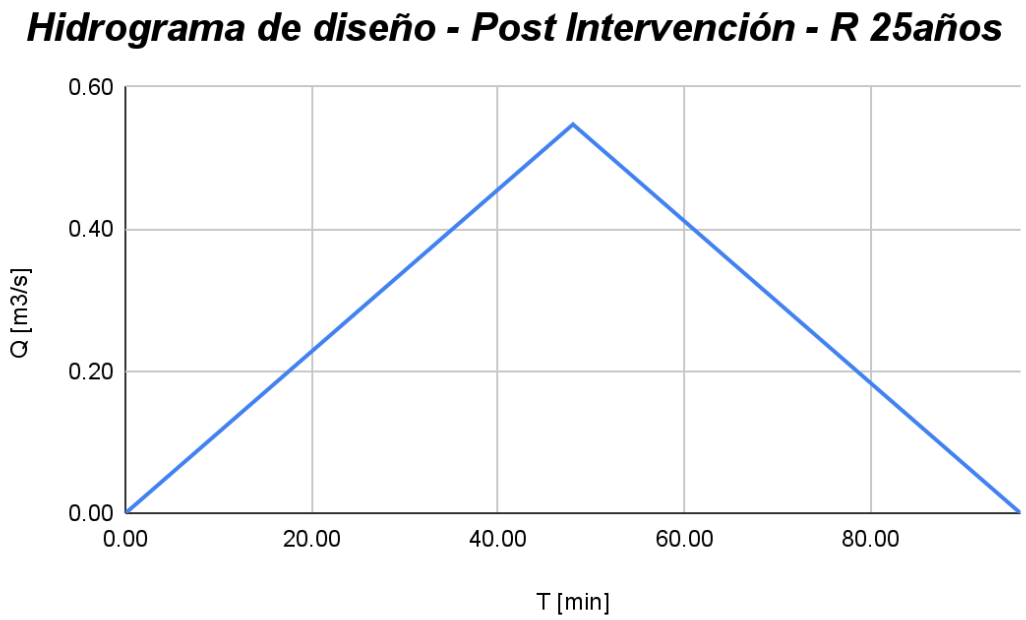


Figura H01.6: Hidrograma de diseño - R 25 años - Situación Post-Intervención.
Fuente: Elaboración propia.

4. Diseño de obras hidráulicas.

El diseño de las obras hidráulicas proyectadas se basó en que las secciones adoptadas no sólo cumplan con los requerimientos mínimos de seguridad, sino que también optimicen el manejo de los caudales pluviales tanto en la situación actual como futura.

El procedimiento de dimensionamiento se ejecutó en dos etapas clave de verificación hidrológica:

- *Criterio de Dimensionamiento (Período de Retorno de 5 años)*

  Las secciones iniciales de todas las obras de conducción (canales, conductos, etc.) se dimensionaron para una Recurrencia de 5 años. Este es el umbral mínimo reglamentario para el diseño de infraestructura urbana menor, asegurando la funcionalidad del sistema ante eventos pluviométricos frecuentes.

- *Criterio de Verificación (Período de Retorno de 25 años)*

  Posteriormente, las secciones dimensionadas para R 5 años se verificaron para una Recurrencia de 25 años. Este paso es crucial para evaluar el comportamiento del sistema ante ciertos eventos, conforme lo exigido en la Ordenanza N° 52858/22.

  En aquellos tramos donde la verificación arrojó un nivel de sobrecarga o insuficiencia hidráulica, se procedió al redimensionamiento de la sección.

En las tablas que se adjuntan a continuación, se presentan únicamente las secciones transversales y características finales adoptadas, resultantes de este proceso de dimensionamiento y verificación.

Canaleta metálica

En la Figura H01.7 se puede observar la ubicación de cada una de las canaletas dimensionadas. En el sur se encuentra la nave existente de la empresa Thermofin S.A., en la cual se rediseñó la descarga.

El diseño de las canaletas de la nueva nave industrial se ha adaptado a las condiciones específicas de descarga requeridas en cada tramo.

- *Canaleta C1, correspondiente a la canaleta 1 de la nueva nave industrial.*

  Se dimensionó para manejar un esquema de escurrimiento simple y terminal. A lo largo de toda su extensión, la canaleta presenta una pendiente única y constante, la cual está orientada para dirigir la totalidad del caudal recolectado hacia la descarga ubicada en uno de sus extremos.

- *Canaleta C2, correspondiente a la canaleta 2 de la nueva nave industrial.*

  Fue diseñada para una descarga centralizada. Para lograrlo, la canaleta está compuesta por dos tramos longitudinales que poseen pendientes concurrentes y están dispuestas para converger hacia un único punto de descarga, el cual se sitúa estratégicamente en la mitad del tramo.

- *Canaleta C1*, correspondiente a la canaleta 1 de la nave existente.*

  Estas canaletas están diseñadas con un esquema de doble pendiente convergente, similar a algunas de las nuevas canaletas. Esto significa que la longitud de la canaleta se divide en dos tramos, donde las pendientes de ambos tramos están orientadas para dirigir la totalidad del caudal hacia un único punto de descarga ubicado en el centro del tramo.

- *Canaleta C2*, correspondiente a la canaleta 2 de la nave existente.*

  Esta canaleta presenta un esquema de doble descarga terminal, lo cual es una solución adoptada debido a su ubicación sobre la línea del portón principal de la nave. En este caso, la canaleta está diseñada con una pendiente central que se divide en dos tramos con inclinaciones divergentes, asegurando que el caudal recolectado sea evacuado eficientemente a través de bajadas ubicadas en cada uno de sus extremos.

Esta disposición evita concentrar la descarga en el área de acceso principal, cumpliendo con las restricciones operacionales del portón.

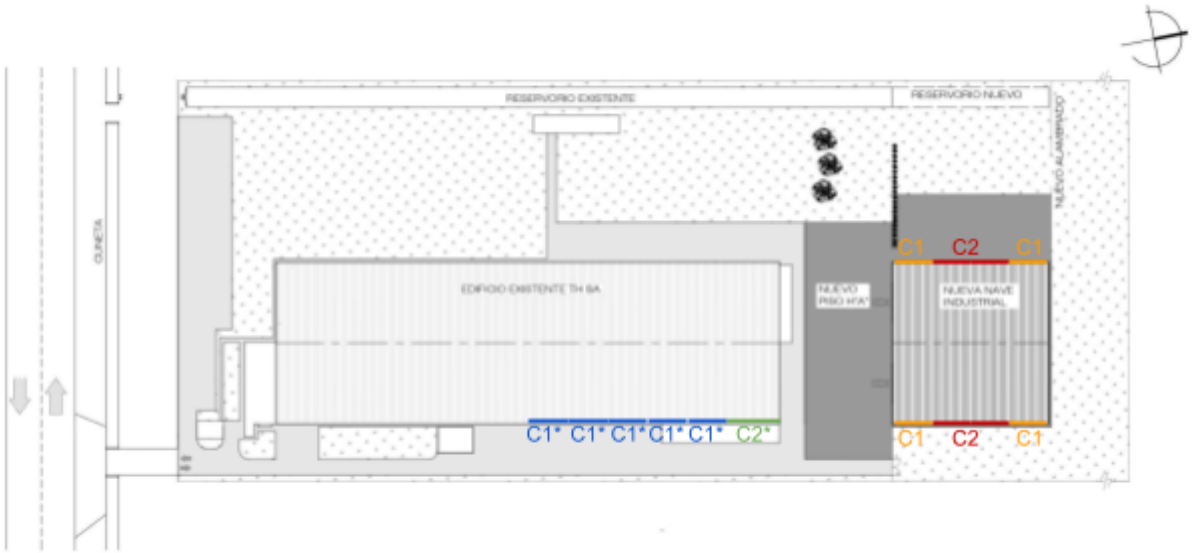


Figura H01.7: Ubicación de las canaletas dimensionadas.
Fuente: Elaboración propia.

Desde la Tabla H01.14 hasta la Tabla H01.17 se encuentra detallado el cálculo hidráulico para cada bajada, teniendo en cuenta el Método Racional.

Tabla H01.14: Caudal de diseño Canaleta C1.
Fuente: Elaboración propia.

Canaleta 1 - Nave nueva (C1)		
Recurrencia	5 años	25 años
Área cubierta	0.03 ha	0.03 ha
Intensidad	128.00 mm/h	164.83 mm/h
Coef. Escorrentía	1.00	
Qlluvia	**0.011 m3/s**	**0.014 m3/s**

Tabla H01.15: Caudal de diseño Canaleta C2.
Fuente: Elaboración propia.

Canaleta 2 - Nave nueva (C2)		
Recurrencia	5 años	25 años
Área cubierta	0.06 ha	0.06 ha
Intensidad	128.00 mm/h	164.83 mm/h
Coef. Escorrentía	1.00	
Qlluvia	**0.021 m3/s**	**0.027 m3/s**

Tabla H01.16: Caudal de diseño Canaleta C1*.
Fuente: Elaboración propia.

Canaleta 1 - Nave existente (C1*)		
Recurrencia	5 años	25 años
Área cubierta	0.03 ha	0.03 ha
Intensidad	128.00 mm/h	164.83 mm/h
Coef. Escorrentía	1.00	
Qlluvia	**0.011 m3/s**	**0.014 m3/s**

Tabla H01.17: Caudal de diseño Canaleta C2*.
Fuente: Elaboración propia.

Canaleta 2 - Nave existente (C2*)		
Recurrencia	5 años	25 años
Área cubierta	0.05 ha	0.05 ha
Intensidad	128.00 mm/h	164.83 mm/h
Coef. Escorrentía	1.00	
Qlluvia	**0.016 m3/s**	**0.021 m3/s**

Es importante destacar que, buscando optimizar la simplicidad y uniformidad constructiva del proyecto, se adoptó un criterio de reutilización de dimensiones para el diseño de las nuevas canaletas.

Específicamente, las secciones transversales de las nuevas canaletas se basaron en las dimensiones actualmente empleadas en las canaletas del lado oeste de la nave existente dentro del predio, la misma se puede observar en la Figura H01.8. Esta decisión permite estandarizar los elementos prefabricados o los moldes de obra, minimizando la complejidad de ejecución y reduciendo los potenciales errores en la etapa constructiva.

Figura H01.8: Dimensiones de la canaleta adoptada.
Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos de capacidad hidráulica se realizaron utilizando la Ecuación de Chézy-Manning, metodología estándar para el flujo uniforme en canales abiertos.

En la Tabla H01.18 se muestra el cálculo detallado de la capacidad máxima de las canaletas para las dimensiones finalmente adoptadas.

La Tabla H01.19 presenta un resumen de los factores de seguridad obtenidos para cada una de las canaletas, así como las velocidades de flujo resultantes.

Tabla H01.18: Capacidad máxima de las canaletas adoptadas.
Fuente: Elaboración propia.

Capacidad máxima	
Fondo	0.38 m
Boca	0.56 m
Altura	0.19 m
Lado	0.21 m
n	0.011
Área	0.087 m2
Perímetro	0.79 m
Radio Hidráulico	0.110 m
S	0.25%
Q	**0.09 m3/s**

Tabla H01.19: Verificación y velocidades de escurrimiento.
Fuente: Elaboración propia.

Verificación y velocidades de escurrimiento				
	C1	**C2**	**C1***	**C2***
FS	6.43	3.32	5.67	8.51
V. canaleta metálica [m/s]	***0.13***	***0.24***	***0.18***	***0.12***

Bajantes de PVC

Las bajantes pluviales se han dimensionado utilizando tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC), material seleccionado por su ligereza, resistencia a la corrosión y facilidad de instalación. El diseño hidráulico de cada bajante se verificó mediante la Ecuación de Chézy-Manning para flujo a sección llena, asegurando que el diámetro adoptado sea capaz de conducir el caudal máximo de diseño sin riesgo de presión ni rebalse.

En la Figura H01.9 se muestra la disposición y ubicación de cada una de las bajantes pluviales a lo largo de las canaletas de la nave. A continuación de esta figura, se detalla el cálculo hidráulico que sustenta el dimensionamiento final de estas tuberías de PVC.

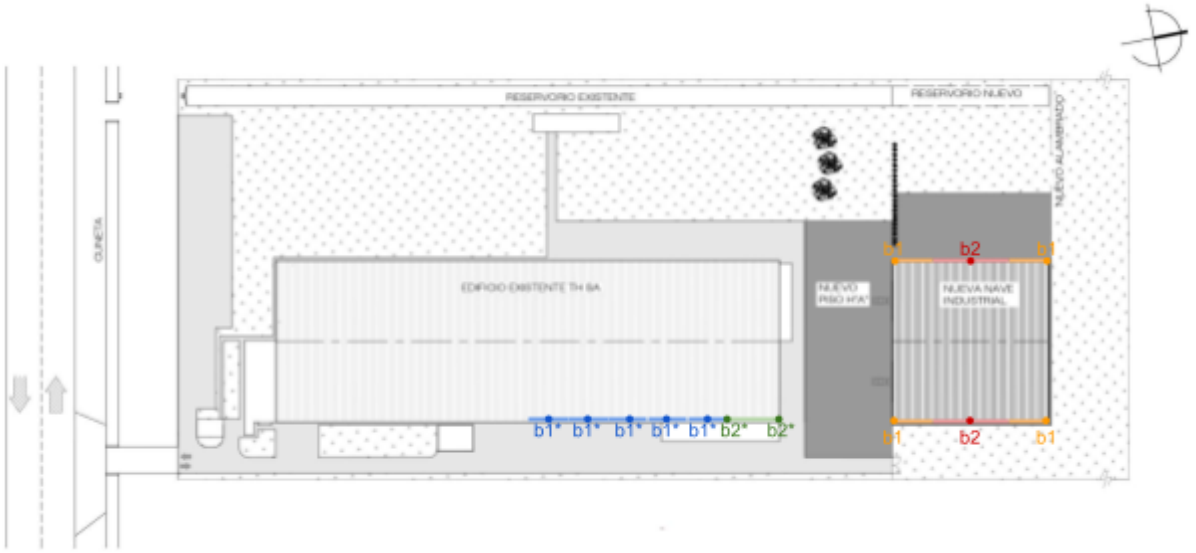


Figura H01.9: Ubicación de las bajantes.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla H01.20: Dimensionamiento bajante b1.
Fuente: Elaboración propia.

Bajante 1 - Nave nueva (b1)	
Q	0.014 m3/s
Veloc	1.16 m/s
Dadop	110.0 mm
Verifica	**Ampliar Sección**
Diámetro nec.	124.8 mm
Dadop	**125.0 mm**
V. Bajante	1.16 m/s

Tabla H01.21: Dimensionamiento bajante b2.
Fuente: Elaboración propia.

Bajante 2 - Nave nueva (b2)	
Q	0.027 m3/s
Veloc	0.69 m/s
Dadop	200.0 mm
Verifica	**Ampliar Sección**
Diámetro nec.	225.2 mm
Dadop	**225.0 mm**
V. Bajante	0.69 m/s

Tabla H01.22: Dimensionamiento bajante b1*.
Fuente: Elaboración propia.

Bajante 1 - Nave existente (b1*)	
Q	0.014 m3/s
Veloc	0.69 m/s
Dadop	160.0 mm
Verifica	**Verifica**
Diámetro nec.	159.7 mm
Dadop	**160.0 mm**
V. Bajante	0.69 m/s

Tabla H01.23: Dimensionamiento bajante b2*.
Fuente: Elaboración propia.

Bajante 2 - Nave existente (b2*)	
Q	0.010 m3/s
Veloc	1.16 m/s
Dadop	110.0 mm
Verifica	**Verifica**
Diámetro nec.	106.7 mm
Dadop	**110.0 mm**
V. Bajante	1.09 m/s

Acequias de hormigón

Las acequias de hormigón son el componente intermedio del sistema de drenaje pluvial, encargándose de conducir el caudal concentrado que proviene directamente de las bajantes de las naves industriales hasta los puntos de conexión con los entubados de la red principal. Para maximizar la capacidad de captación y garantizar la seguridad peatonal, estas acequias incorporarán una rejilla de protección en su parte superior. Esta rejilla, además de permitir la entrada de agua desde la superficie adyacente, asegura que la zanja quede cubierta, protegiendo a los peatones y previniendo la acumulación de residuos grandes.

En la Figura H01.10 se puede observar la ubicación de las acequias rectangulares de hormigón.

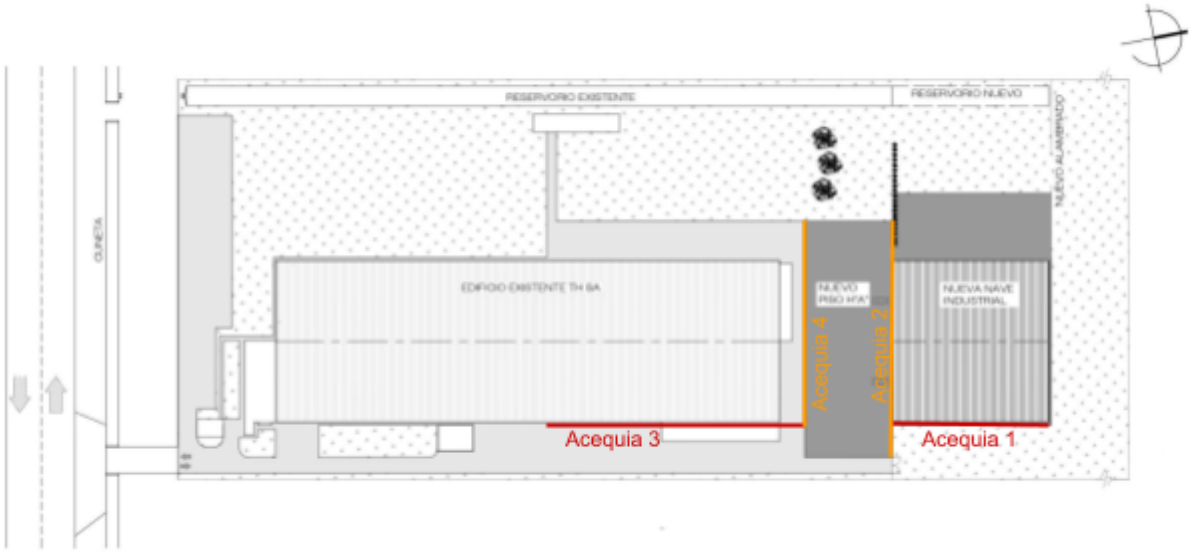


Figura H01.10: Ubicación de las acequias.
Fuente: Elaboración propia.

Estas acequias se dimensionaron para asegurar un flujo a superficie libre eficiente y fueron calculadas utilizando la Ecuación de Chezy-Manning. Los detalles de sus secciones y la verificación de su capacidad hidráulica se presentan en las siguientes tablas.

Tabla H01.24: Dimensionamiento acequia 1.
Fuente: Elaboración propia.

Acequia 1 - Este nave nueva	
Q	0.066 m3/s
S	0.10%
n	0.016
Fondo	0.35 m
Altura	0.40 m
Área	0.140 m2
Perímetro	1.15 m
Q	**0.068 m3/s**
V. Acequia Este	0.47 m/s

Tabla H01.25: Dimensionamiento acequia 2.
Fuente: Elaboración propia.

Acequia 2 - Norte	
Q	0.098 m3/s
S	0.10%
n	0.016
Fondo	0.50 m
Altura	0.40 m
Área	0.200 m2
Perímetro	1.30 m
Q	**0.113 m3/s**
V. Acequia Norte	0.49 m/s

Tabla H01.26: Dimensionamiento acequia 3.
Fuente: Elaboración propia.

Acequia 3 - Este nave existente	
Q	0.079 m3/s
S	0.25%
n	0.016
Fondo	0.30 m
Altura	0.45 m
Área	0.135 m2
Perímetro	1.20 m
Q	**0.098 m3/s**
V. Acequia Este	0.59 m/s

Tabla H01.27: Dimensionamiento acequia 4.
Fuente: Elaboración propia.

Acequia 4 - Sur	
Q	0.134 m3/s
S	0.50%
n	0.016
Fondo	0.35 m
Altura	0.45 m
Área	0.158 m2
Perímetro	1.25 m
Q	**0.17 m3/s**
V. Acequia Sur	0.85 m/s

Conductos de PEAD

Los conductos entubados constituyen el componente final del sistema de drenaje, siendo cruciales para la descarga controlada de los caudales pluviales hacia el reservorio. Se ha seleccionado el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) para estos conductos cerrados, material que ofrece alta resistencia a la abrasión, flexibilidad y durabilidad, además de excelentes características hidráulicas para el flujo a presión. El dimensionamiento de los entubados se realizó en cinco ubicaciones estratégicas dentro del predio, atendiendo a la procedencia específica del caudal:

- *Dos entubados directos de bajadas:* Conducen directamente la escorrentía de las bajadas ubicadas en el lado oeste de la nueva nave industrial.
- *Dos entubados asociados a las acequias*: Reciben el caudal de las acequias de hormigón que recolectan el agua superficial de la zona y de las bajantes del lado este de la nave nueva y de la existente.
- Un entubado correspondiente al rediseño del estacionamiento.

La Figura H01.11 muestra la disposición y ubicación de cada uno de estos cinco tramos de entubados de PEAD a lo largo del predio. A continuación, se detallan sus respectivos cálculos hidráulicos, verificando las longitudes, diámetros y la capacidad de conducción requerida para la descarga al reservorio.

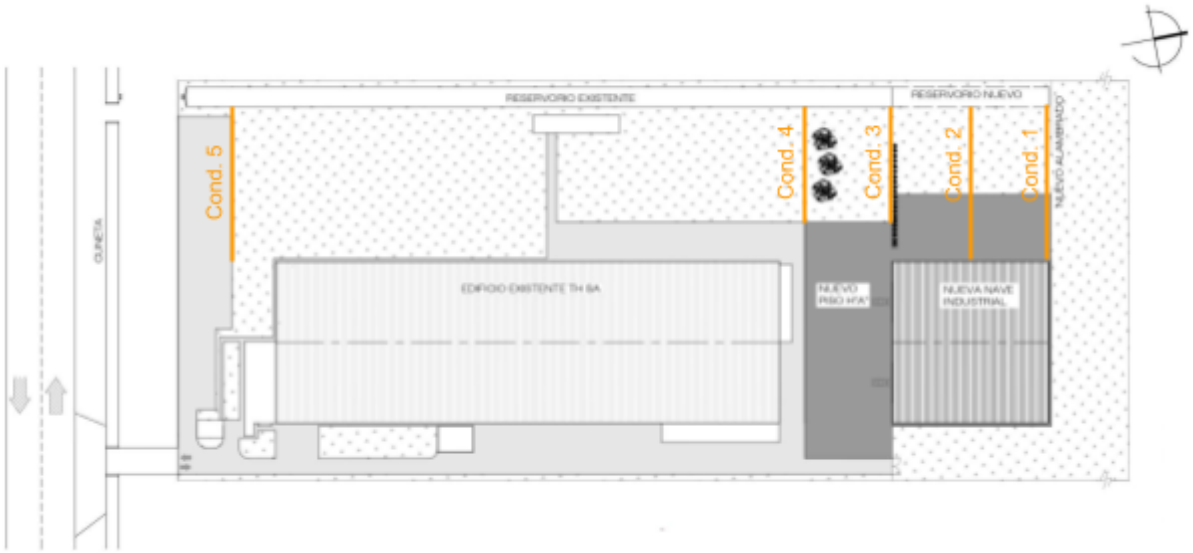


Figura H01.11: Ubicación de los conductos de PEAD.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla H01.28: Dimensionamiento conducto de PEAD 1.
Fuente: Elaboración propia.

Conducto 1 - Bajada 1 Oeste	
Q	0.02 m3/s
n	0.01
S	1.00%
Cantidad	1
D	**148.8 mm**
Dadop	**150.0 mm**
Descarga	**1ϕ150**
V. Entubado	0.27 m/s

Tabla H01.29: Dimensionamiento conducto de PEAD 2.
Fuente: Elaboración propia.

Conducto 2 - Bajada 2 Oeste	
Q	0.04 m3/s
n	0.01
S	1.00%
Cantidad	2
D	**147.5 mm**
Dadop	**150.0 mm**
Descarga	**2ϕ150**
V. Entubado	0.27 m/s

Tabla H01.30: Dimensionamiento conducto de PEAD 3.
Fuente: Elaboración propia.

Conducto 3 - Canal Norte	
Q	0.117 m3/s
n	0.01
S	0.30%
Cantidad	5
D	**200.4 mm**
Dadop	**200.0 mm**
Descarga	**5ϕ200**
V. Entubado	0.19 m/s

Tabla H01.31: Dimensionamiento conducto de PEAD 4.
Fuente: Elaboración propia.

Conducto 4 - Canal Sur	
Q	0.134 m3/s
n	0.01
S	1.00%
Cantidad	5
D	**167.9 mm**
Dadop	**200.0 mm**
Descarga	**5ϕ200**
V. Entubado	0.21 m/s

Tabla H01.32: Dimensionamiento conducto de PEAD 5.
Fuente: Elaboración propia.

Conducto 5 - Estacionamiento	
Q	0.03 m3/s
n	0.01
S	1.00%
Cantidad	2
D	**137.2 mm**
Dadop	**140.0 mm**
Descarga	**2ϕ140**
V. Entubado	0.25 m/s

5. Diseño de obra de regulación.

El dimensionamiento de la obra de retención, o reservorio, se constituye como el pilar fundamental del diseño hidráulico del proyecto, garantizando el estricto cumplimiento de la Ordenanza N° 52858/22. Esta normativa exige una reducción mínima del 40% del caudal máximo de escurrimiento erogado a la red pluvial municipal, y establece que el dimensionamiento debe realizarse considerando un evento con período de recurrencia de 5 años.

Para dar cumplimiento a la restricción normativa, se comenzó con el cálculo del Caudal de Corte Admisible, el cual se determina al considerar el 60% del caudal máximo que se genera en la Situación Post-Intervención. Este caudal representa el límite máximo de flujo que se puede descargar desde el predio.

Tabla H01.33: Caudal de corte máximo permitido por la Ordenanza.
Fuente: Elaboración propia.

	Qmáx [m3/s]	Qcorte [m3/s]
R 5 años	0.38	0.23 m3/s
R 25 años	0.55	0.33 m3/s

Sin embargo, en la determinación del caudal de salida del reservorio, se debieron considerar y restar los caudales de aquellas subcuencas que descargan directamente a la cuneta o a la red externa sin pasar por la atenuación del reservorio.

Tabla H01.34: Caudal total de descarga directa, sin atenuación.
Fuente: Elaboración propia.

Cuenca	Qdirecto [m3/s]
9	0.02
10	0.07
11	0.10
Total [m3/s]	**0.18**

La diferencia entre el caudal de corte y el caudal de descarga directa será el caudal de salida del reservorio. Por lo que se lo debe dimensionar con una capacidad tal de almacenar el volumen correspondiente para que puedan salir tan solo $0,05\ m^3/s$.

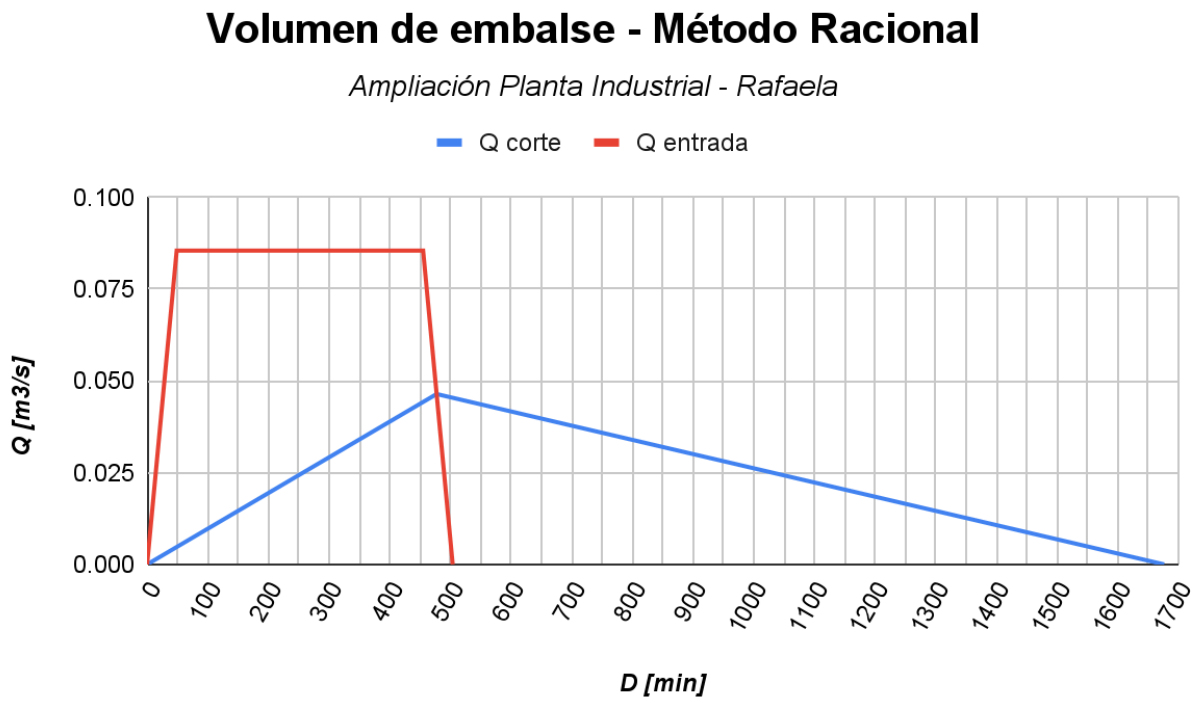
Una vez definido el caudal de salida del reservorio, se procede a su dimensionamiento hidráulico utilizando el Método Racional para el análisis de la laminación de hidrogramas. Se calcularon los valores del caudal de entrada y el caudal de salida en intervalos de 5 minutos. La diferencia acumulada entre estos caudales a lo largo del tiempo define el volumen máximo a almacenar, que es crítico para el diseño.

Por simplicidad y cuestiones de formato en el informe, en la Tabla H01.35 solo se muestra un segmento de este cálculo, omitiendo la serie temporal entre el Tc y los 405 min. Sin embargo, se deja constancia de que el cálculo completo tuvo en cuenta todos los intervalos de tiempo para obtener el volumen máximo de embalse.

Tabla H01.35: Cálculo de volumen a almacenar.
Fuente: Elaboración propia.

D [min]	i [mm/hs]	Qmax [m3/s]	Qcorte [m3/s]	Vol. tot.	Vol. desc.	Vol. embalse
5.00	148.98	0.85	0.05	255.93	97.47	158.47
10.00	128.00	0.73	0.05	439.80	104.43	335.38
15.00	112.81	0.65	0.05	581.43	111.39	470.04
20.00	101.25	0.58	0.05	695.75	118.35	577.40
25.00	92.11	0.53	0.05	791.18	125.31	665.86
30.00	84.68	0.48	0.05	872.86	132.27	740.58
35.00	78.51	0.45	0.05	944.14	139.24	804.91
40.00	73.29	0.42	0.05	1007.32	158.34	848.98
45.00	68.82	0.39	0.05	1064.03	146.20	917.83
48.72	65.87	0.38	0.05	1102.77	153.16	949.61
405.00	16.24	0.09	0.05	2259.81	654.41	1605.40
410.00	16.10	0.09	0.05	2267.46	661.37	1606.09
415.00	15.96	0.09	0.05	2275.04	668.33	1606.71
420.00	15.82	0.09	0.05	2282.54	675.30	1607.25
425.00	15.68	0.09	0.05	2289.97	682.26	1607.71
430.00	15.55	0.09	0.05	2297.32	689.22	1608.10
435.00	15.42	0.09	0.05	2304.61	696.18	1608.43
440.00	15.29	0.09	0.05	2311.82	703.14	1608.68
445.00	15.17	0.09	0.05	2318.97	710.10	1608.87
450.00	15.04	0.09	0.05	2326.05	717.07	1608.99
455.00	14.92	0.09	0.05	2333.07	724.03	9.04
460.00	14.81	0.08	0.05	2340.02	730.99	1609.03
465.00	14.69	0.08	0.05	2346.92	737.95	1608.96

Una vez determinado el volumen máximo requerido, se procede a representar gráficamente el fenómeno de atenuación. La Figura H01.12 muestra la laminación del hidrograma, donde la curva de caudal de entrada y la curva de caudal de corte delimitan el volumen que debe ser embalsado en la estructura. El área máxima entre ambas curvas representa el volumen máximo de almacenamiento que debe tener el reservorio para cumplir con el caudal de descarga restringido.



Como se puede observar en el análisis, el volumen del reservorio, igual a 1609,09 m^3, se corresponde con una duración del evento de 455 minutos. Para este sistema, considerando el tiempo de concentración del área de aporte, el volumen máximo se genera para una duración D que es igual a Tc + 406,92 minutos.

Luego de determinar el volumen requerido, el reservorio se diseñó con las dimensiones físicas detalladas a continuación, buscando un equilibrio entre la capacidad de almacenamiento y la eficiencia geométrica en planta.

Tabla H01.36: Dimensiones del reservorio.
Fuente: Elaboración propia.

Embalse	
Volumen	1609.04 m3
Altura	0.60 m
Base menor	9.40 m
Base mayor	10.60 m
Largo	270.00 m
Taludes	1:1
Volumen Adm	1620.00 m3

Por lo que, el volumen final teórico del reservorio resulta de 1620,00 m^3, siendo superior al volumen necesario 1609,09 m^3. Sus dimensiones se definieron con el objetivo de lograr un equilibrio entre el volumen de almacenamiento requerido y una geometría eficiente, evitando profundidades y una ocupación en planta excesivas, al tiempo que se asegura un margen de seguridad ante variaciones en los caudales.

Anexo V01 - Verificación de Espesores del Pavimento

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Datos de Proyecto

Obra: Pavimento nave Thermofin

Categoría: Otro

Comitente: Docentes

Ubicación: Rafaela, Santa Fe

Longitud:

Periodo de diseño: 50 años

Descripción:

Datos de Diseño

Tránsito

Tránsito pesado medio diario anual:	10 VP/día	
Tasa de crecimiento:	2%	
Coef. Distr. por sentido de circulación:	100%	
Coef. Distr. por carril:	100%	
Total vehiculos pesados en carril de diseño:	308.715 VP	
Total ejes equivalentes 8,2tn (AASHTO):	1.948.504	(Con espesor de 18 cm)

Estructura

k combinado subrasante-base:	103 MPa/m
Resist. a flexión del hormigón:	4,7 MPa
Factor de seguridad de cargas:	1,1
Juntas transversales con pasadores:	SI
Banquina de hormigón vinculada:	NO

Verificación

Modelo de fatiga: PCA '84

Espesor de diseño: **18,0 cm**

Consumo por Fatiga:	91%
Consumo por Erosión:	49%

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Espectro de cargas utilizado en los cálculos

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE
Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados
(excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)

Ejes simples		Ejes Dobles		Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
6	1000,0	18	1000,0	0	0,0
11	1000,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total simples:	**2000**	**Total dobles:**	**1000,0**	**Total triples:**	**0**

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Detalle consumos de Fatiga y Erosión por eje

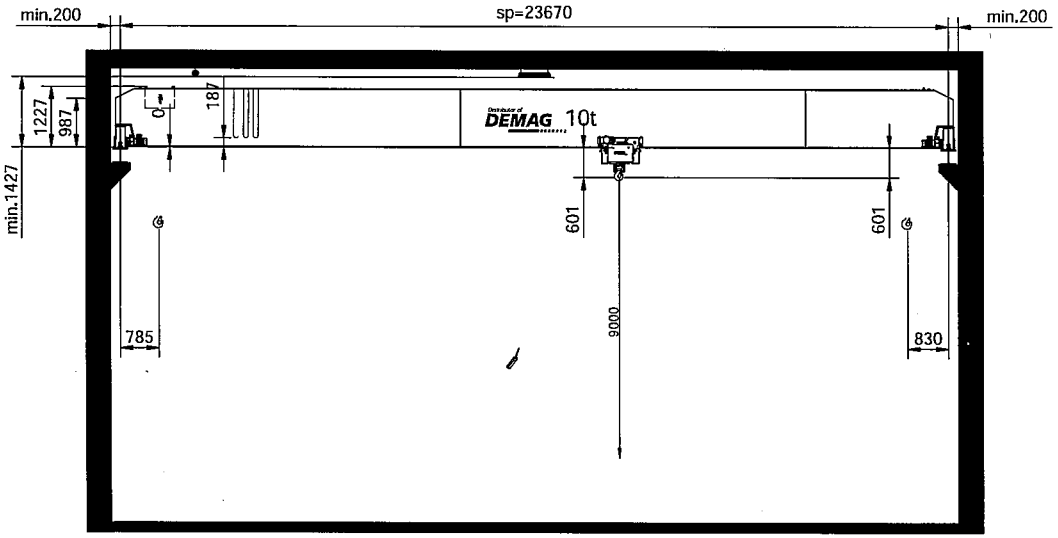
	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes simples	6,0	6,6	308715	Ilimitado	0,0%	60855581	0,51%
	10,5	11,6	308715	340270	90,7%	1059093	29,15%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
				Total ES	90,7%	Total ES	29,66%

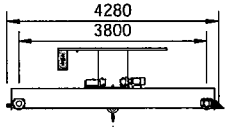
	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes dobles	18,0	19,8	308715	Ilimitado	0,0%	1590658	19,41%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
				Total ED	0,0%	Total ED	19,41%

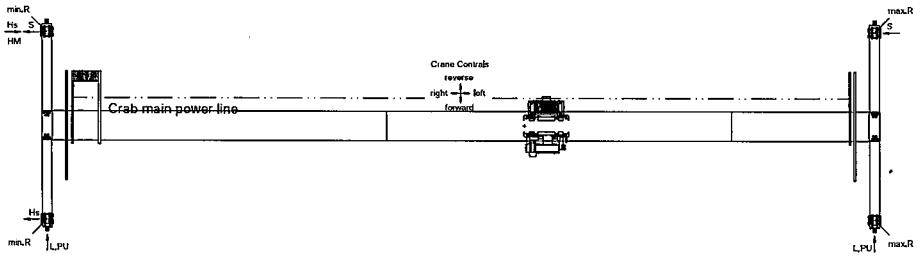
	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes triples	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
				Total ET	0,0%	Total ET	0,00%

TOTALES	FATIGA:	90,7%	EROSIÓN:	49,1%

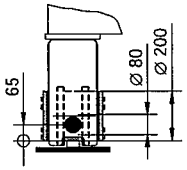
Anexo E01 - Plano del Puente Grúa







Detail 1:20



Distributor of DEMAG Cranes & Components

Quotation no. WXSG

Single Girder Overhead Travelling Crane
EKKE 10t x 23670mm

Crane classification	ISO A5
Steel structure class.	DIN 15018 H2/B3
Crab	
Crab type	DVR10-100EK054 4/1-2V2Z65
Load capacity	10 t
Mechanism group	M5
Operating conditions	
Environment	Indoor Operation
Ambient temperatures	-10°~45°
Speeds	
Main/creep lifting	5/0.8 m/min
Cross travel	5/20 m/min
Long travel	0-20 m/min
Power supply	
Operating voltage	380V
Control voltage	48V
Frequency	50 Hz
Protection class	IP 54
Nominal power	12.1 KW
Crane power supply	
Crane control	Radio
Coloring	
Steel structure	Golden yellow RAL 1004
Crab	Azure blue RAL 5009
	Silver gray RAL 7001
Drives	Azure blue RAL 5009

Demag Cranes & Components

Notes

Static data

Wheel loads
max. R 7103 Kg / 7126 Kg
min. R 2070 Kg / 2115 Kg

Driving and braking forces
L 2.08 KN

Inertial forces crane travelling
min. HM 2.51 KN
max. HM 5.40 KN

Skewing forces (factor 1.1 included)
S 30.92KN
min. Hs 7.03 KN
max. Hs 23.89 KN
(for smallest trolley approach dimension)

Max. buffer forces
max. Pu 25.97 KN

Weights

Weights
Crane 8922 kg
Crab 630 Kg
Crane girder 6722 kg
Crane trolley 1351 Kg
Electrics 219.36 Kg

General data

Modification index
Scale 1:100
Format/size A3
Date 2024/3/11
Name LSL
Department
Modification date
Name
Note

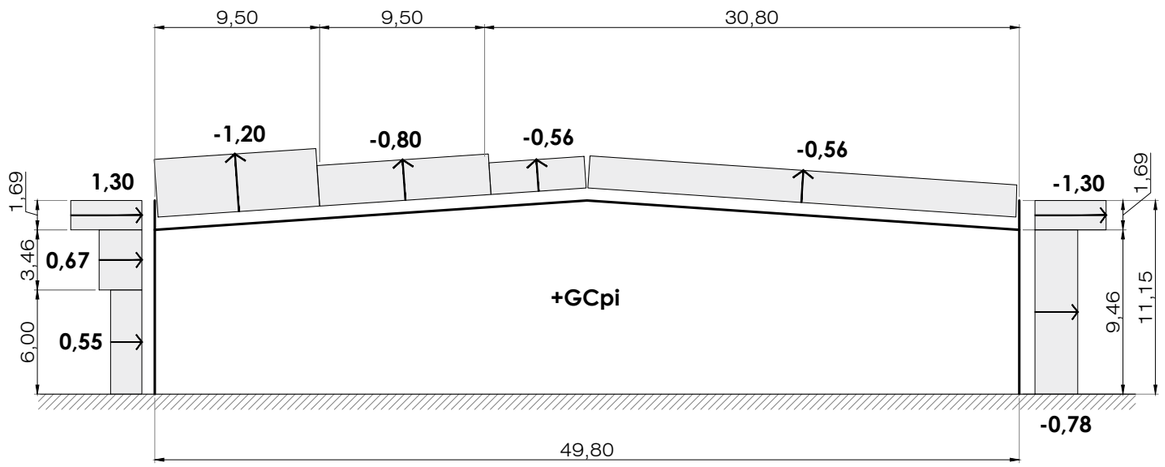
© Demag Cranes & Components GmbH

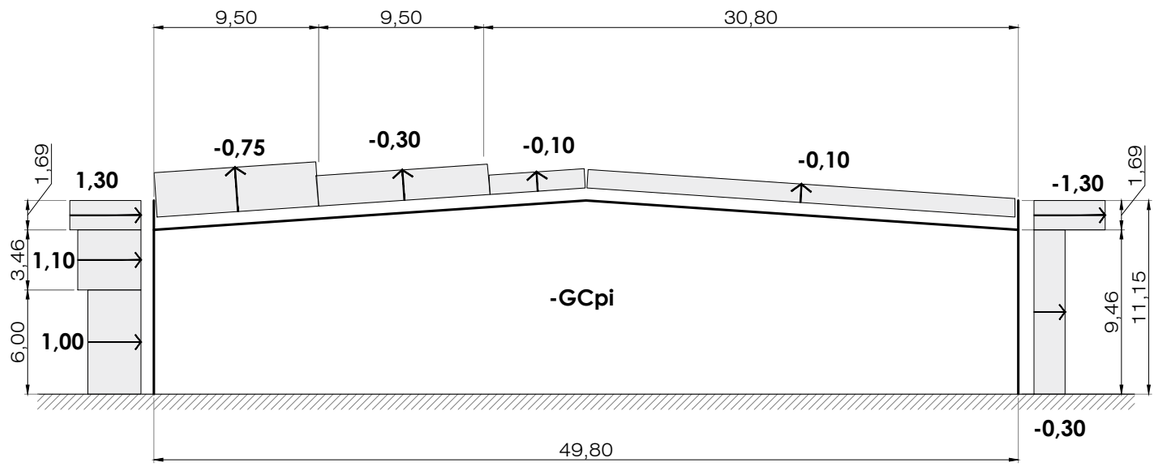
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

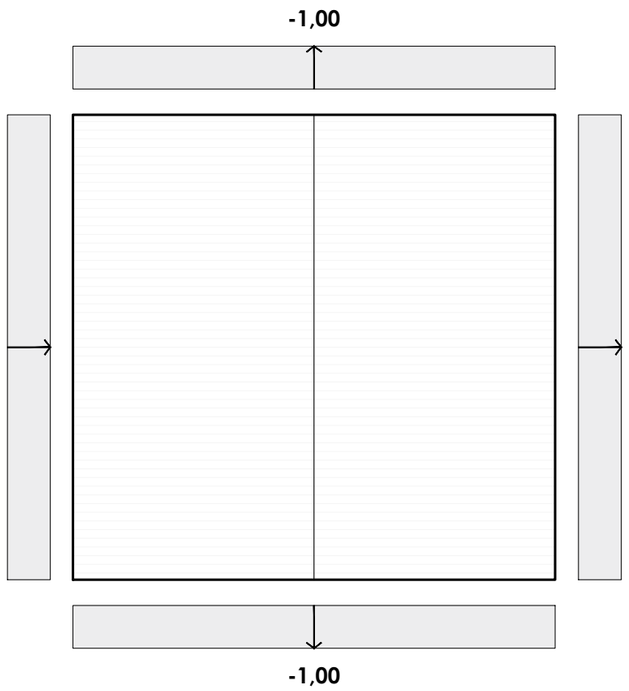
Anexo E02 - Análisis de Cargas de Viento

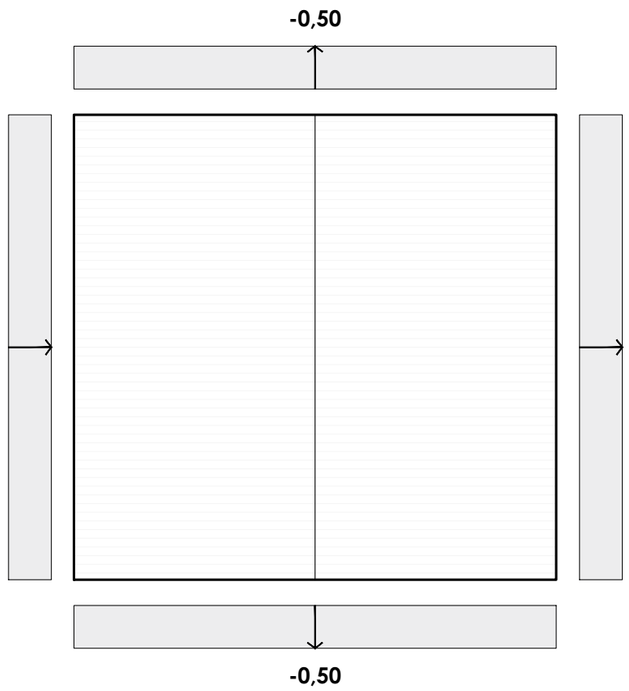
PRESIONES DE VIENTO SPRFV [kN/m^2]

VIENTO PERPENDICULAR A LA CUMBRERA







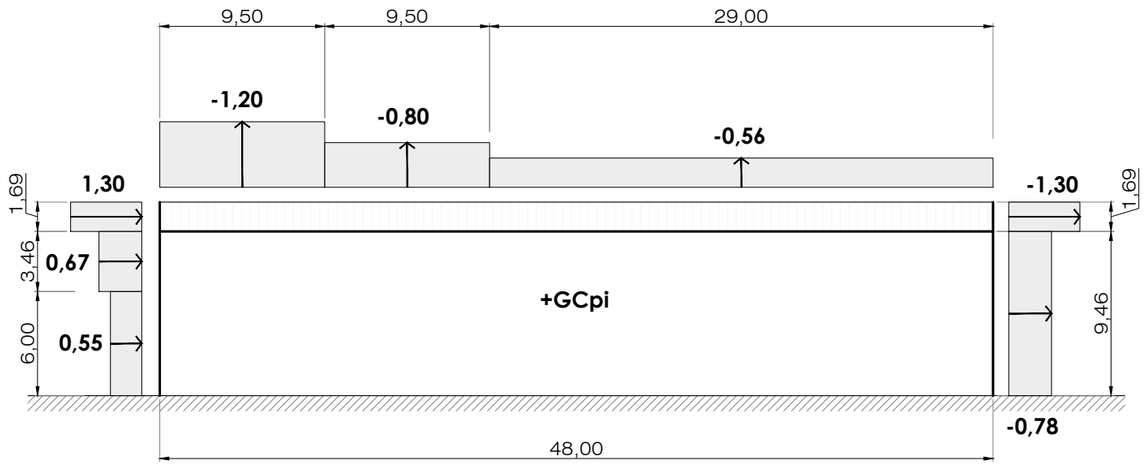


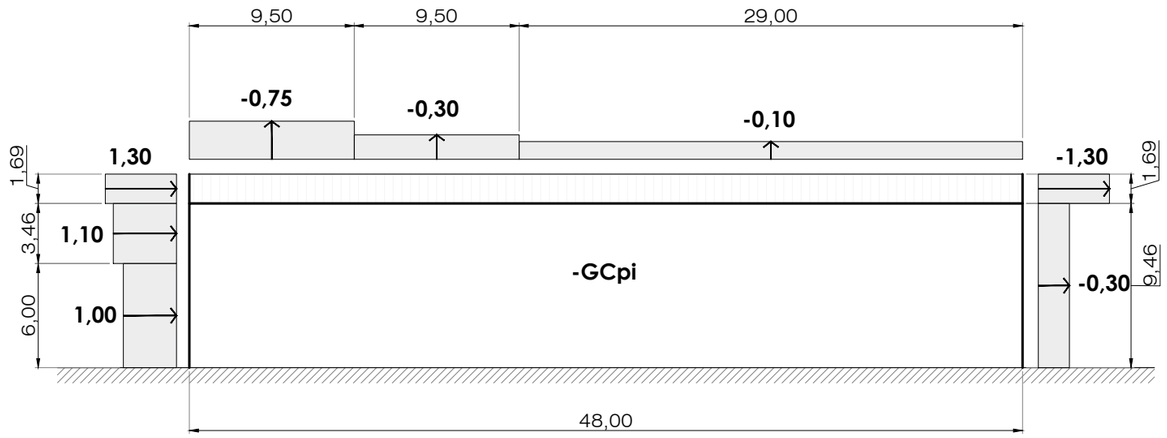
NOTA:
La presión de viento ***mínima*** *a considerar en los cálculos es de* ***0,50 kN/m^2***

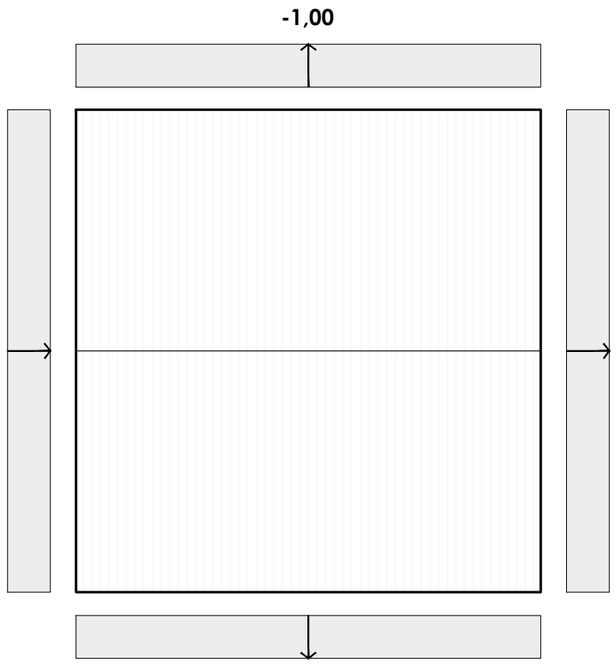
A3 (420mmx297mm)

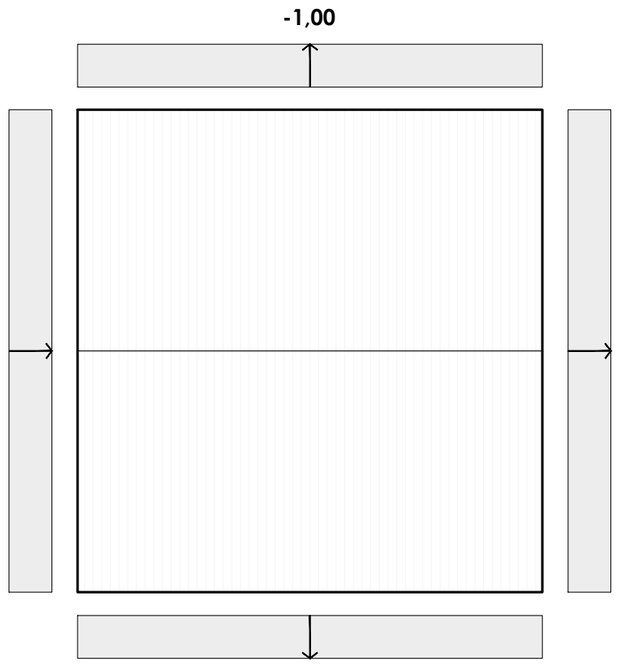
PRESIONES DE VIENTO SPRFV [kN/m^2]

VIENTO PARALELO A LA CUMBRERA









NOTA:
La presión de viento ***mínima*** *a considerar en los cálculos es de* ***0,50 kN/m^2***

A3 (420mmx297mm)

CÁLCULO DE PRESIONES DE VIENTO SOBRE EDIFICIO - CIRSOC 102 2005			
Proyecto:	Nave Industrial	Documento Nº:	
Ubicación:	Rafaela	Rev.:	1
Proyectista:	Grupo 1	Fecha:	16/09/2025
Revisor:	Francisco	Fecha Rev.:	

DATOS DE ENTRADA

REGLAMENTO

Método de cálculo: Método 2 (Analítico) - Procedimiento Direccional

EDIFICIO

Elevación sobre terreno: 0.00 m
Ancho: 49.80 m
Longitud: 48.00 m
Altura de alero: 9.46 m
Altura de cumbrera: 11.15 m
Parapeto: 1.69 m
Tipo de cubierta: Cubierta a Dos Aguas
Categoría: II
Clasificación de cerramiento: Cerrado

VIENTO

Velocidad básica: 50.00 m/s
Categoría de exposición: C

FACTOR DE RÁFAGA

Se adopta el factor de ráfaga igual a 0.85 de acuerdo al artículo 5.8.1.

TOPOGRAFÍA

Topografía no considerada.

RESULTADOS

PARÁMETROS DE CÁLCULO

Ángulo de cubierta: 3.88°
Altura media de cubierta: 9.46 m
Coeficiente de presión interna, GC_{pi}: ±0.18
Factor de direccionalidad, K_d: 0.85

CONSTANTES DE EXPOSICIÓN DEL TERRENO

α	Z_g (m)	â	b̂	ᾱ	b̄	c	ℓ (m)	ε̄	Z_{min} (m)
9.50	274.00	0.11	1.00	0.15	0.65	0.20	152.00	0.20	4.60

FACTOR DE RÁFAGA

Factor de ráfaga: 0.85

FACTOR TOPOGRÁFICO

Factor topográfico, K_{zt}: 1.00

PRESIONES - SPRFV

VIENTO PARALELO A LA CUMBRERA

PARED BARLOVENTO

Alturas (m)	K_z	K_{zt}	C_p	q_z (N/m^2)	$p_n[+GC_{pi}]$ (N/m^2)	$p_n[-GC_{pi}]$ (N/m^2)
0.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
1.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
2.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
3.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
4.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
5.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
6.00	0.90	1.00	0.80	1171.19	564.39	1028.43
7.00	0.93	1.00	0.80	1209.82	590.66	1054.70
8.00	0.96	1.00	0.80	1244.31	614.11	1078.15
9.00	0.98	1.00	0.80	1275.55	635.35	1099.40
9.46	0.99	1.00	0.80	1289.01	644.50	1108.55
10.00	1.00	1.00	0.80	1304.16	654.81	1118.85
11.00	1.02	1.00	0.80	1330.59	672.78	1136.82
11.15	1.02	1.00	0.80	1334.39	675.37	1139.41
12.00	1.04	1.00	0.80	1355.19	689.51	1153.55

Referencia: Figura 3 (cont.)

PARED LATERAL

Alturas (m)	K_h	K_{zth}	C_p	q_h (N/m^2)	$p_n[+GC_{pi}]$ (N/m^2)	$p_n[-GC_{pi}]$ (N/m^2)
Total	0.99	1.00	-0.70	1289.01	-998.98	-534.94

Referencia: Figura 3 (cont.)

PARED SOTAVENTO

Alturas (m)	K_h	K_{zth}	C_p	q_h (N/m^2)	$p_n[+GC_{pi}]$ (N/m^2)	$p_n[-GC_{pi}]$ (N/m^2)
Total	0.99	1.00	-0.50	1289.01	-779.85	-315.81

Referencia: Figura 3 (cont.)

CUBIERTA

Distancias (m)	K_h	K_{zth}	C_p	q_h (N/m^2)	$p_n[+GC_{pi}]$ (N/m^2)	$p_n[-GC_{pi}]$ (N/m^2)
0 a 4.73	0.99	1.00	-0.90	1289.01	-1218.11	-754.07
4.73 a 9.46	0.99	1.00	-0.90	1289.01	-1218.11	-754.07

CUBIERTA						
Distancias (m)	K	K	C	q (N/m)	p [+GC] (N/m)	p [-GC] (N/m)
9.46 a 18.92	0.99	1.00	-0.50	1289.01	-779.85	-315.81
18.92 a 48.0	0.99	1.00	-0.30	1289.01	-560.72	-96.68

Referencia: Figura 3 (cont.)

VIENTO NORMAL A LA CUMBRERA

PARED BARLOVENTO						
Alturas (m)	K_z	K_{zt}	C_p	q_z (N/m^2)	$p_n[+GC_{pi}]$ (N/m^2)	$p_n[-GC_{pi}]$ (N/m^2)
0.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
1.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
2.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
3.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
4.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
5.00	0.87	1.00	0.80	1127.08	534.40	998.44
6.00	0.90	1.00	0.80	1171.19	564.39	1028.43
7.00	0.93	1.00	0.80	1209.82	590.66	1054.70
8.00	0.96	1.00	0.80	1244.31	614.11	1078.15
9.00	0.98	1.00	0.80	1275.55	635.35	1099.40
9.46	0.99	1.00	0.80	1289.01	644.50	1108.55

Referencia: Figura 3 (cont.)

PARED LATERAL						
Alturas (m)	K_h	K_{zth}	C_p	q_h (N/m^2)	$p_n[+GC_{pi}]$ (N/m^2)	$p_n[-GC_{pi}]$ (N/m^2)
Total	0.99	1.00	-0.70	1289.01	-998.98	-534.94

Referencia: Figura 3 (cont.)

PARED SOTAVENTO						
Alturas (m)	K_h	K_{zth}	C_p	q_h (N/m^2)	$p_n[+GC_{pi}]$ (N/m^2)	$p_n[-GC_{pi}]$ (N/m^2)
Total	0.99	1.00	-0.49	1289.01	-771.63	-307.59

Referencia: Figura 3 (cont.)

CUBIERTA						
Distancias (m)	K_h	K_{zth}	C_p	q_h (N/m^2)	$p_n[+GC_{pi}]$ (N/m^2)	$p_n[-GC_{pi}]$ (N/m^2)
0 a 4.73	0.99	1.00	-0.90	1289.01	-1218.11	-754.07
4.73 a 9.46	0.99	1.00	-0.90	1289.01	-1218.11	-754.07
9.46 a 18.92	0.99	1.00	-0.50	1289.01	-779.85	-315.81
18.92 a 49.8	0.99	1.00	-0.30	1289.01	-560.72	-96.68

Referencia: Figura 3 (cont.)

CÁLCULO DE PRESIONES DE VIENTO SOBRE CARTEL - CIRSOC 102 2005			
Proyecto:	Ampliación Nave Industrial	Documento Nº:	1
Ubicación:	Rafaela	Rev.:	1
Proyectista:	Grupo 1	Fecha:	23/09/25
Revisor:	FB	Fecha Rev.:	23/09/25

DATOS DE ENTRADA

REGLAMENTO

Referencia: Capítulo 5.13

CARTEL

Altura Inferior: 9.46 m

Altura Superior: 11.13 m

Ancho: 48.00 m

Profundidad: 1.00 m

Categoría: II

VIENTO

Velocidad básica: 50.00 m/s

Categoría de exposición: C

FACTOR DE RÁFAGA

Se adopta el factor de ráfaga igual a 0.85 de acuerdo al artículo 5.8.1.

TOPOGRAFÍA

Topografía no considerada.

RESULTADOS

PARÁMETROS DE CÁLCULO

Altura neta: 1.67 m

Altura media: 10.30 m

Área: 80.16 m^2

Factor de direccionalidad, K_d: 0.85

Disposición sobre el terreno: A nivel de terreno

CONSTANTES DE EXPOSICIÓN DEL TERRENO

α	Z_g (m)	â	b̂	ᾱ	b̄	c	ℓ (m)	ε̄	Z_{min} (m)
9.50	274.00	0.11	1.00	0.15	0.65	0.20	152.00	0.20	4.60

FACTOR DE RÁFAGA

Factor de ráfaga: 0.85

FACTOR TOPOGRÁFICO

Factor topográfico, K_{zt}: 1.00

PRESIONES - SPRFV

CARTEL - PRESIONES							
Alturas (m)	**K_z**	**K_{zt}**	**C_f**	**q_z (N/m^2)**	**p_n (N/m^2)**	**Área Parcial (m^2)**	**F_z (N)**
9.46	0.99	1.00	1.20	1289.01	1314.79	-	-
10.00	1.00	1.00	1.20	1304.16	1330.24	25.92	34479.92
11.00	1.02	1.00	1.20	1330.59	1357.21	48.00	65145.86
11.13	1.02	1.00	1.20	1333.89	1360.57	6.24	8489.93
12.00	1.04	1.00	1.20	1355.19	1382.30	41.76	57724.68
Referencia: Tabla 11							

Fuerza total: 165840.40 N

CÁLCULO DE PRESIONES DE VIENTO SOBRE CARTEL - CIRSOC 102 2005			
Proyecto:		Documento Nº:	
Ubicación:		Rev.:	
Proyectista:		Fecha:	
Revisor:		Fecha Rev.:	

DATOS DE ENTRADA

REGLAMENTO

Referencia: Capítulo 5.13

CARTEL

Altura Inferior: 9.46 m

Altura Superior: 11.13 m

Ancho: 50.00 m

Profundidad: 1.00 m

Categoría: II

VIENTO

Velocidad básica: 50.00 m/s

Categoría de exposición: C

FACTOR DE RÁFAGA

Se adopta el factor de ráfaga igual a 0.85 de acuerdo al artículo 5.8.1.

TOPOGRAFÍA

Topografía no considerada.

RESULTADOS

PARÁMETROS DE CÁLCULO

Altura neta: 1.67 m

Altura media: 10.30 m

Área: 83.50 m^2

Factor de direccionalidad, K_d: 0.85

Disposición sobre el terreno: A nivel de terreno

CONSTANTES DE EXPOSICIÓN DEL TERRENO

α	Z_g (m)	â	b̂	ᾱ	b̄	c	ℓ (m)	ε̄	Z_{min} (m)
9.50	274.00	0.11	1.00	0.15	0.65	0.20	152.00	0.20	4.60

FACTOR DE RÁFAGA

Factor de ráfaga: 0.85

FACTOR TOPOGRÁFICO

Factor topográfico, K_{zt}: 1.00

PRESIONES - SPRFV

CARTEL - PRESIONES							
Alturas (m)	**K_z**	**K_{zt}**	**C_f**	**q_z (N/m^2)**	**p_n (N/m^2)**	**Área Parcial (m^2)**	**F_z (N)**
9.46	0.99	1.00	1.20	1289.01	1314.79	-	-
10.00	1.00	1.00	1.20	1304.16	1330.24	27.00	35916.59
11.00	1.02	1.00	1.20	1330.59	1357.21	50.00	67860.27
11.13	1.02	1.00	1.20	1333.89	1360.57	6.50	8843.68
12.00	1.04	1.00	1.20	1355.19	1382.30	43.50	60129.88
Referencia: Tabla 11							

Fuerza total: 172750.41 N

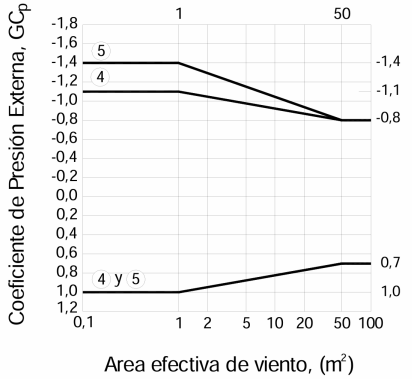
CÁLCULO DE PRESIONES DE VIENTO EN COMPONENTES Y REVESTIMIENTOS

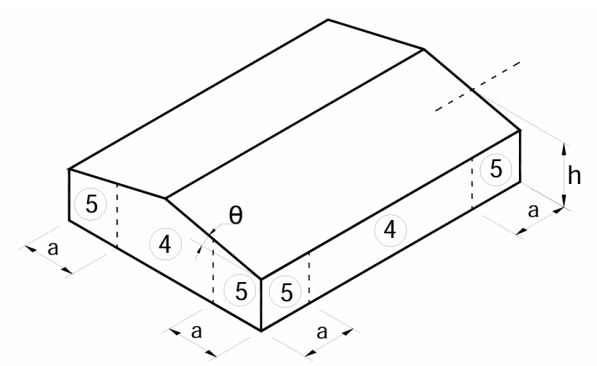
Presiones de viento - Componentes y Revestimientos

CORREAS						
Posición	***Zona***	***Luz***	***Separación***	***A1***	***A2***	***A (m2)***
Pared Frente	4	5,91	1,00	5,91	11,64	11,64
	5	6,39	1,00	6,39	13,61	13,61
Pared Lateral	4	6,00	1,50	9,00	12,00	12,00
	5	6,00	1,50	9,00	12,00	12,00
Cubierta	1	6,00	1,54	9,24	12,00	12,00
	2	6,00	1,48	8,88	12,00	12,00
	3	6,00	1,48	8,88	12,00	12,00

Paredes laterales y de frente

Coeficientes para paredes (GCp) de la Figura 5A						
Componente	*A (m2) Zona 4*	*A (m2) Zona 5*	*(GCp) externos*			
			Zona 4 (+)	*Zona 4 (-)*	*Zona 5 (+)*	*Zona 5 (-)*
Correra pared lateral	12,00	12,00	0,72	-0,81	0,72	-0,90
Correa frente	11,64	13,61	0,72	-0,81	0,72	-0,90





Presiones netas en componente de paredes (N/m2)				
Componente	*Presión de diseño (N/m2)*			
	Zona 4		*Zona 5*	
	Positiva	*Negativa*	*Positiva*	*Negativa*
Correra pared lateral	1160,10	-1276,11	1160,10	-1392,12
Correa frente	1160,10	-1276,11	1160,10	-1392,12

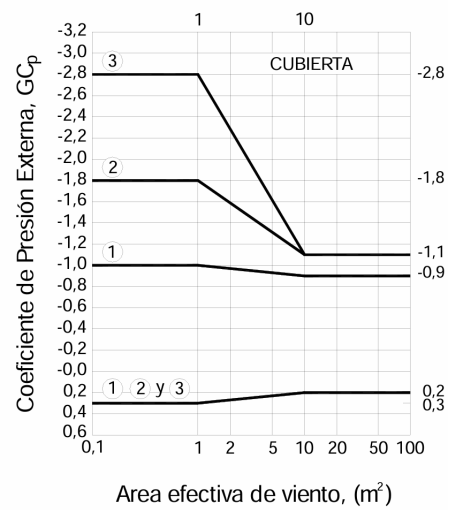
qh	**1289**	N/m2
GCpi	**0,18**	
a	**4,5**	**m**

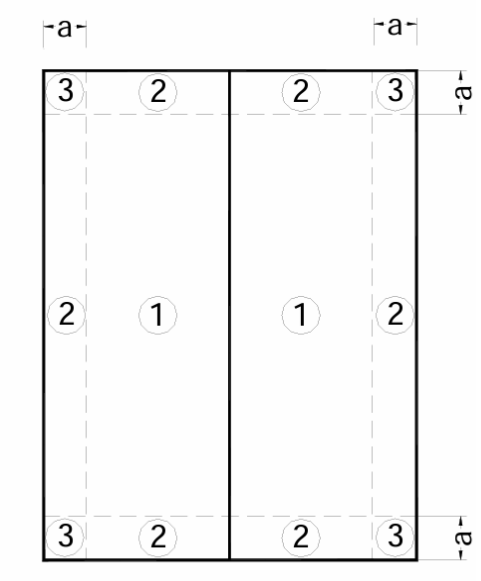
$$p = q_h[(GC_{pf}) - (GC_{pi})]$$

Cubierta

Coeficientes para cubierta (GCp) de la Figura 5B. θ<10°

C&R	A (m2)	(GCp) externos			
		Zonas 1, 2 y 3 (+)	Zona 1 (-)	Zona 3 (-)	Zona 2 (-)
Correa	12,00	0,20	-0,90	-1,10	-1,10





Presiones netas en componente de cubierta (N/m2)

Componente	Presión de diseño que controla (N/m2)			
	Positiva	Negativa		
	Zonas 1, 2 y 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Correa	489,82	-1392,12	-1649,92	-1649,92

qh	**1289**	N/m2
GCpi	**0,18**	
a	**4,5**	**m**

$$p = q_h[(GC_{pf}) - (GC_{pi})]$$

Anexo E03 - Dimensionamiento nave industrial

Dimensionamiento de la nave industrial

El presente anexo documenta el proceso de dimensionamiento estructural de la nueva nave industrial metálica, realizado bajo los lineamientos de la reglamentación nacional argentina y complementado con normativa internacional.

Se adoptaron los siguientes reglamentos:

- CIRSOC 301 (Reglamento de cálculo de estructuras de acero para edificios).
- CIRSOC 303 (Reglamento de diseño y construcción de estructuras de acero conformadas en frío).
- CIRSOC 102 (Acciones en las estructuras - Cargas permanentes y sobrecargas de uso).
- CIRSOC 103 (Acciones en las estructuras - Viento).
- CIRSOC 101 y CIRSOC 201 (Bases y criterios generales para el proyecto de estructuras de edificios y cálculo de hormigón armado para fundaciones).
- MBMA 1996 (Metal Building Manufacturers Association Low Rise Building Systems Manual), Sección 6 - Crane Loads, para el análisis de cargas de los puentes grúa.

El dimensionamiento incluyó el cálculo de los pórticos principales y secundarios, la viga de apeo central, el sistema de arriostramientos y las vigas carrileras para los dos puentes grúa de 10 tn. Se verificaron rigurosamente las condiciones de Estado Límite Último (ELU) y Estado Límite de Servicio (ELS), incluyendo deformaciones verticales y horizontales.

A continuación, se presentan los resúmenes de las secciones y perfiles finalmente adoptados en toda la estructura.

Tabla E03.1: Resumen secciones de los elementos dimensionados.
Fuente: Elaboración propia.

RESUMEN DE SECCIONES		
Descripción	***Elemento***	***Sección***
Viga de pórtico principal	V1	W 460 x 74,0
Viga de pórtico secundario	V2	W 460 x 74,0
Viga de apeo central	V3	W 610 x 140,0
Ménsula de apoyo de V.C.	V4	W 200 x 31,3
Parapeto	V5	W 200 x 15,0
Parante de frontis	V6	W 360 x 32,9
Parante de frontis	V7	W 360 x 64,0
Parante de frontis	V8	W 410 x 46,1
Parante de contrafrontis	V9	W 410 x 46,1
Arriostramiento para frenado longitudinal	V10	W 200 x 59 H
Columna lateral de pórtico principal	C1	W 460 x 74,0
Columna de pórtico secundario	C2	W 460 x 74,0
Columna central de pórtico principal - inferior	C3	W 460 x 106,0
Columna central de pórtico principal - superior	C4	W 410 x 46,1
Tensores de cubierta	T1	L 102 x 102 x 6,4 *
Tensores de paredes laterales	T2	L 102 x 102 x 6,4 *
Tensores de frontis y contrafrontis	T3	L 102 x 102 x 6,4 *
Tensores de arriostramiento de frenado longitudinal	T4	L 152 x 152 x 9,5
Puntales de cubierta	P1	2x C 220-80-30-3,2
Puntales de paredes laterales - viga de contraviento	P2	2x C 200-80-30-3,2
Puntales de paredes laterales - fuera de viga de contraviento	P3	2x C 200-70-25-2,5
Puntales de frontis y conrafrontis	P4	2x C 200-70-25-2,5

Tabla E03.2: Resumen secciones de las correas adoptadas.
Fuente: Elaboración propia.

Elemento		**Separación**	**RESUMEN DE CORREAS ADOPTADAS**				
			Zona	**C**	**t [mm]**	**Tillas**	**qPP [KN/m]**
Correas de techo	Cubierta	1,35	1	220 x 80 x 30 x 2,5	2,5	1	0,069
		1,35	2	220 x 80 x 30 x 3,2	3,2	1	0,069
		1,35	3	220 x 80 x 30 x 3,2	3,2	1	0,069
Correas de paredes	Paredes laterales	1,35	4	200 x 70 x 25 x 2,5	2,5	2	0,060
		1,35	5	200 x 70 x 25 x 2,5	2,5	2	0,060
	Frontis	1,35	4	200 x 70 x 25 x 2,5	3,2	2	0,069
		1,35	5	200 x 70 x 25 x 2,5	3,2	2	0,069

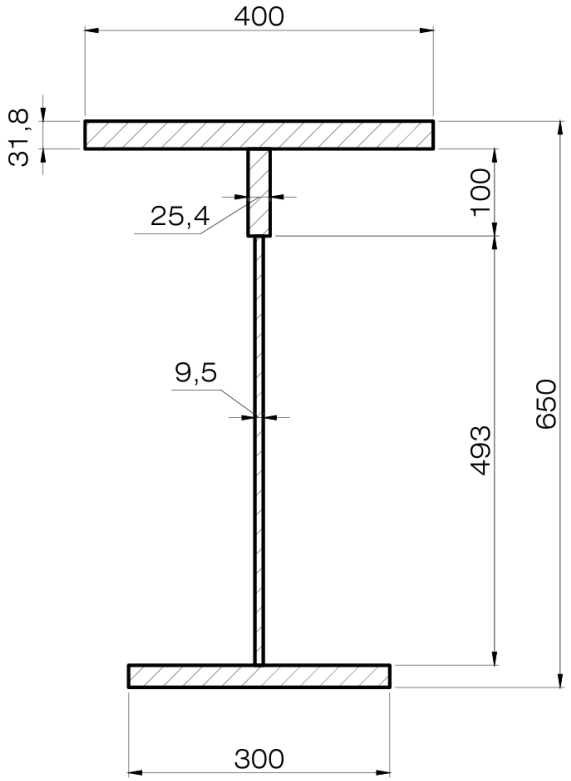


Figura E03.1: Sección adoptada - Viga Carrilera.
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se desarrolla el cálculo estructural de cada uno de estos elementos.

VIGA CARRILERA

1. DATOS GENERALES

1.1. Materiales

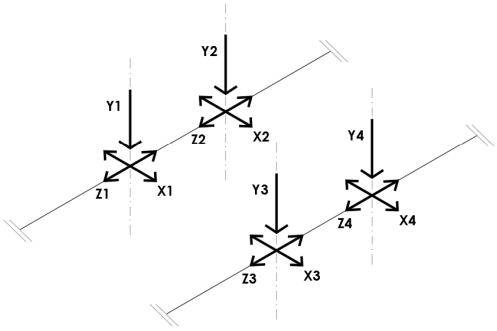
Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*

1.2. Viga Carrilera y Puente Grúa

Luz libre: L =	1200	*cm*
Luz libre sin arriostramiento lateral: Lb =	1200	*cm*

2. CARGAS PUENTE GRÚA

Carga Útil	98,10	*kN*
Peso del carro y aparejo	22,42	*kN*
Peso del puente y testeras	68,52	*kN*
Batalla (Sep. entre Ruedas)	380	*cm*
N° Vigas Testeras	2	
N° Ruedas por viga testera	2	



2.1. Cargas sin impacto

Y1 = Y2	77,39	*kN*
Y3 = Y4	17,13	*kN*
X1 = X2 = X3 = X4	6,03	*kN*
Z1 = Z2	7,74	*kN*
Z3 = Z4	1,71	*kN*

2.2. Cargas con impacto (Aplicables a E.L.U.)

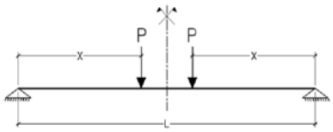
Coeficente de impacto	**1,25**	
Y1 = Y2	96,74	*kN*
Y3 = Y4	21,41	*kN*
X1 = X2 = X3 = X4	7,53	*kN*
Z1 = Z2	9,67	*kN*
Z3 = Z4	2,14	*kN*

3. PREDIMENSIONAMIENTO POR FLECHA ADMISIBLE

3.1. Flecha vertical

Luz libre: L	1200	*cm*
Distancia entre cargas	380	*cm*
Distancia apoyo - carga puntual: x	410,00	*cm*
Carga puntual en servicio Y1 = Y2 =	77,39	*kN*
f adm = L/	600	
flecha admisible: f adm =	2,00	*cm*
Inercia necesaria: Ix	**120560**	**cm4**

3.2. Flecha horizontal



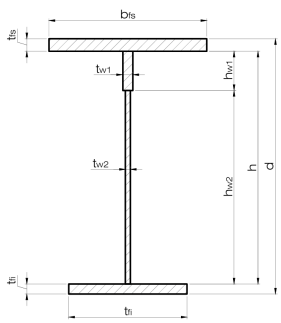
$$f = \frac{P\,x\,(3L^2 - 4x^2)}{24\,EI}$$

Luz libre: L	1200	*cm*
Distancia entre cargas	380	*cm*
Distancia apoyo - carga puntual: x	410,00	*cm*
Carga puntual en servicio X1 = X2 =	6,03	*kN*
f adm = L/	600	
flecha admisible: f adm =	2,00	*cm*
Inercia necesaria: Iyala	**9387**	**cm4**

4. SECCIÓN VIGA CARRILERA

4.1. Parámetros geométricos del perfil

altura de la sección: d =	650,0	*mm*
ancho del ala superior: bfs =	400,0	*mm*
espesor del ala superior: tfs =	31,8	*mm*
ancho del ala inferior: bfi =	300,0	*mm*
espesor del ala inferior: tfi =	25,4	*mm*
altura recta del alma TOTAL: hw =	593	*mm*
altura recta del alma SUPERIOR: hw1 =	100	*mm*
altura recta del alma INFERIOR: hw2 =	493	*mm*
espesor del alma SUPERIOR: tw1 =	25,4	*mm*
espesor del alma INFERIOR: tw2 =	9,5	*mm*
área: Ag =	259,52	*cm2*
Peso por unidad de longitud kg/m =	203,72	*kg/m*
centro de gravedad: y1	383,89	*mm*



centro de gravedad: y2	266,11	*mm*
momento de inercia según eje x: Ix =	198841	*cm4*
momento de inercia del ala sup. según eje y: Iyc =	16933	*cm4*
módulo resistente elástico sup. según eje x: Sxs =	7472	*cm3*
módulo resistente elástico inf. según eje x: Sxi =	5180	*cm3*
Módulo resistente plástico según eje x: Zx =	6896	*cm3*
Módulo resistente plástico según eje y: Zy =	1270	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	22648	*cm4*
radio de giro según eje y: ry =	9,34	*cm*
radio de giro según eje x: ry =	27,68	*cm*
radio de giro efectivo: rt=	8,48	*cm*
x	239,00	*mm*
hw-x	354	*mm*
Qabajo	3508237	*mm3*
Qarriba	3387858	*mm3*
Qarriba/Qabajo	1,04	
Zx	6896	*cm3*
Prof. Eje Neutro Plast.	270,75	*mm*
Módulo de Torsión J	607,56	*cm4*
hc	234,36	*mm*
hp	239,00	*mm*
My	121721,77	*kNcm*
Mp	162058,23	*kNcm*
Mxc	175594,06	*kNcm*
h0	621	*mm*
aw	0,175	
h	593	*mm*
peso ala sup	99,7	*kg/m*
peso alma	44,2	*kg/m*
peso ala inf	59,8	*kg/m*

5. DISTRIBUCIÓN DEL MOMENTO TORSOR EN LA SECCIÓN

5.1. Dimensiones del Riel

h =	40	*mm*
b =	40	*mm*
excentricidad (b/4): e =	10	*mm*
d1 =	55,875	*mm*
d' =	621,4	*mm*

5.2. E.L.S. (Sin Impacto)

Reacción Máxima			***Reacción Mínima***		
P =	77,39	*kN*	P =	17,13	*kN*
Ht =	6,03	*kN*	Ht =	6,03	*kN*
Mt =	111,06	*kNcm*	Mt =	50,80	*kNcm*
Hts =	7,81	*kN*	Hts =	6,84	*kN*
Hti =	1,79	*kN*	Hti =	0,82	*kN*

5.3. Con Impacto

Reacción Máxima			***Reacción Mínima***		
P =	96,74	*kN*	P =	21,41	*kN*
Ht =	7,53	*kN*	Ht =	7,53	*kN*
Mt =	138,83	*kNcm*	Mt =	63,50	*kNcm*
Hts =	9,77	*kN*	Hts =	8,55	*kN*
Hti =	2,23	*kN*	Hti =	1,02	*kN*

6. ESFUERZOS Y REACCIONES

6.1. Esfuerzos internos SIN mayorar

Cargas VERTICALES

CARGAS D - Peso propio		
Mmax	19,10	*kNm*
Vmax	6,35	*kN*
CARGAS L - Sin Impacto		
Mmax	328	*kNm*
Vmax	130	*kN*
CARGAS L - Con Impacto		
Mmax	410	*kNm*
Vmax	160	*kN*

Cargas HORIZONTALES (Ala Superior)

CARGAS L - Sin Impacto

Mmax	25,54	*kNm*
Vmax	10,12	*kN*

CARGAS L - Con Impacto

Mmax	31,92	*kNm*
Vmax	12,46	*kN*

6.2. Reacciones

Caso	Pórtico intermedio			
	Reacción máxima		Reacción mínima	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
Peso Propio	12,7	0	12,7	0
L Sin Impacto	130,27	10,14	28,83	10,14
L Con Impacto	162,84	12,68	36,0375	12,68

Caso	Pórtico extremo			
	Reacción máxima		Reacción mínima	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
Peso Propio	6,35	0	6,35	0
L Sin Impacto	130,27	10,14	28,83	10,14
L Con Impacto	162,84	12,68	36,04	12,68

6.3. Esfuerzos Requeridos E.L.U.

Cargas VERTICALES

Combinación	Mu [kNm]	Vu [kN]
1.2D + 1.6 L (impacto)	678,92	263,62

Cargas HORIZONTALES (Ala Superior)

Combinación	Mu [kNm]	Vu [kN]
1.6 L (impacto)	51,08	19,93

7. VERIFICACIÓN EN ELU

7.1. Cálculo de esbelteces locales (Tabla B.4.1b CIRSOC 301 - 2018) — **Clasificación**

7.1.1 - Ala superior

esbeltez del ala: λf =	6,30	
esbeltez del ala límite para ala compacta: λpf =	11,09	***Compacta***
esbeltez del ala límite para ala no compacta: λrf =	27,48	

7.1.1 - Ala inferior

esbeltez del ala: λf =	5,91	
esbeltez del ala límite para ala compacta: λpf =	11,09	***Compacta***
esbeltez del ala límite para ala no compacta: λrf =	27,48	

7.1.2. - Alma

esbeltez del alma: λw=	62,41	
esbeltez del alma límite para alma compacta: λpw =	45,48	***No Compacta***
esbeltez del alma límite para alma no compacta: λrw =	166,29	

kc	0,506	0,35<kc<0,763
Fl	12,1	Fy-Fr (Fr=114MPa)

7.2. Resistencia a flexión - Según x-x

Corresponde aplicar la seccion F.4 CIRSOC 301 - 2018, al no ser doblemente simétrico y no ser de secciones compactas.

7.2.1 Estado limite de fluencia del ala comprimida F.4.1

Rpc	0,92	
Iyc/Iy	0,75	*>0,23*
hc/tw	24,67	
Mn	**162058**	*kNcm*

7.2.2 Estado limite de pandeo lateral-torsional F.4.2

Lb	1200	*cm*
Lp	272,04	*cm*
Lr	1129,63	*cm*

Si Lb < Lp

Mn	***No crítico***	

Si Lp < Lb < Lr

Cb	1,14	
Rpc	0,92	
Mxc	175594	*kNcm*
Sxc	7472	*cm3*
Fl	12,1	*kN/cm2*
Mn	96368	*kNcm*

Si Lb > Lr

Mxc	175594	*kNcm*
Sxc	7472	*cm3*

Cb	1,14	
Fcr	12,32	*kN/cm2*
Mn	92092	*kNcm*
CASO	**Lb > Lr**	
Mn	**92092**	***kNcm***

7.2.3 Estado limite de pandeo local de ala comprimida F.4.3

λf	6,30	
λpf	11,09	
λrf	27,48	
Rpc	0,92	
Mxc	175594	*kNcm*
Sxc	7472	*cm3*
Fl	12,1	
Mn	**NO APLICA**	***kNcm***

7.2.4 Estado limite de Fluencia del ala traccionada F.4.4

Sxc	7472	*cm3*
Sxt	5180	*cm3*
Rpt	1,28	
Mxt	121721,77	*kNcm*
Mp	162058,23	
hc	234,36	*mm*
tw	9,5	*mm*
λpw	45,48	
λrw	166,29	
λw	62,41	
Mn	**156408,04**	***kNcm***

7.2.5 Resistencia de diseño a Flexión Vertical

Mn = min (Mn1, Mn2, Mn3, Mn4)	92092	*kNcm*
Φ	0,9	
Md = ΦMn	82883	*kNcm*
Mu	67892	*kNcm*
Mu/Md	**0,82**	***B.C.***

7.3. Resistencia a flexión - Según y-y

7.3.1 Momento nominal

Zy	1270	*cm3*
Fy	23,5	*kN/cm2*
Mpy	29845	*kNcm*
Mn=Mpy	29845	*kNcm*

7.3.2 Momento de diseño

Mn	29845	*kNcm*
Φ	0,9	
Md = ΦMn	26861	*kNcm*
Mu	5108	*kNcm*
Mu/Md	**0,19**	***B.C.***

7.4. Resistencia a flexión disimétrica

Mux	67892	*kNcm*
Mdx	82883	*kNcm*
Muy	5108	*kNcm*
Mdy	26861	*kNcm*
Mux/Mdx + Muy/Mdy	**1,01**	***B.C.***

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1$$

7.5. Verficacion al corte

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5
hw / tw =	62,4
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	71,8
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	89,4
Coef. Corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00
área del alma: Aw =	56,32 *cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	794,122575 *kN*
factor de minoración de resistencia por flexión: Φ =	0,9
resistencia de diseño al corte: Vd =	714,7 *kN*
resistencia requerida al corte: Vu =	263,6
Vu/Vd	**0,37** ***B.C.***

7.6.1 Evaluación de necesidad de rigidizadores transversales

h/tw	62,41
(h/tw) lím	71,47
Vu	263,6

Vu lím	714,71	
NECESARIO?	NO	

7.6. Verficacion a cargas concentradas

7.6.1 Fluencia local del alma

Impronta (apoyo rueda): N	5,00	*cm*
Altura riel: h riel	4,00	*cm*
Distancia cara externa al inicio del alma tf + h riel: k	7,18	*cm*
Espesor del alma: tw	0,95	*cm*
Carga concentrada última Yu1=Yu2: Ru	154,78	*kN*

Rueda de puente grúa a dist mayor que d

Resistencia nominal: Rn	912,53	*kN*
factor de minoración de resistencia: f =	1,00	
Resistencia de diseño: Rd	912,53	*kN*
Resistencia requerida: Ru	154,78	*kN*
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,17**	***B.C.***

Rueda de puente grúa a dist menor que d

Resistencia nominal: Rn	512,08	*kN*
factor de minoración de resistencia: f =	1,00	
Resistencia de diseño: Rd	512,08	*kN*
Resistencia requerida: Ru	154,78	*kN*
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,30**	***B.C.***

Reacción en el apoyo

Resistencia nominal: Rn	512,08	*kN*
factor de minoración de resistencia: f =	1,00	
Resistencia de diseño: Rd	512,08	*kN*
Resistencia requerida: Ru	275,78	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,54**	***B.C.***

7.6.4. Pandeo localizado del alma

Rueda de puente grúa a dist mayor que d/2

tw1	25,40	*mm*
Resistencia nominal: Rn	395,60	*kN*
factor de minoración de resistencia: f =	0,75	
Resistencia de diseño: Rd	296,70	*kN*
Resistencia requerida: Ru	154,78	*kN*
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,52**	***B.C.***

Rueda de puente grúa a dist menor que d/2

tw1	25,40	*mm*
Relación N/d	0,08	
Resistencia nominal: Rn1	207,69	*kN*
Resistencia nominal: Rn2	169,50	*kN*
Resistencia nominal para este caso: Rn	207,69	
factor de minoración de resistencia: f =	0,75	
Resistencia de diseño: Rd	155,77	
Resistencia requerida: Ru	154,78	*kN*
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,99**	***B.C.***

Reacción en el apoyo

tw2	9,50	*mm*
Relación N/d	0,08	
Resistencia nominal: Rn1	45,24	*kN*
Resistencia nominal: Rn2	43,76	*kN*
Resistencia nominal para este caso: Rn	45,24	
factor de minoración de resistencia: f =	0,75	
Resistencia de diseño: Rd	33,93	
Resistencia requerida: Ru (Reacción última)	275,780	*kN*
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**8,13**	***M.C.***

SE COLOCA RIGIDIZADOR TRANSVERSAL PARA SOLUCIONARLO, EN LA SECCIÓN DE APOYO DE LA V.C.

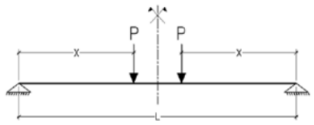
7.6.5. Pandeo lateral del alma (sin restricción al giro)

(h/tw)/(L/bf)	2,08	
Cr	6620000	*Mpa*
Resistencia nominal para (h/tw)/(L/bf)<1,7: Rn	1846,05	*kN*
factor de minoración de resistencia: f =	0,85	
Resistencia de diseño: Rd	1569,14	*kN*
Resistencia requerida: Ru	154,78	*kN*
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,10**	***B.C.***

8. VERIFICACIÓN EN E.L.S.

8.1. Verficacion de flecha vertical

Luz libre: L	1200	*cm*
Distancia entre cargas	380	*cm*
Distancia apoyo - carga puntual: x	410,00	*cm*
Carga puntual en servicio Y1 = Y2 =	77,39	*kN*
Inercia según x: Ix=	198841	cm4
flecha	11,24	mm
f adm = L/	600	
flecha admisible: f adm =	20,00	*mm*
f/fadm	**0,56**	***B.C.***



$$f = \frac{P\,x\,(3L^2}{24}$$

8.2. Verficacion de flecha horizontal

Luz libre: L	1200	*cm*
Distancia entre cargas	380	*cm*
Distancia apoyo - carga puntual: x	410,00	*cm*
Carga puntual en servicio X1 = X2 = X3 = X4	6,03	*kN*
Inercia según y del ala superior: Iyc=	16933	cm4
flecha	11,09	mm
f adm = L/	600	
flecha admisible: f adm =	20,00	*mm*
f/fadm	**0,55**	***B.C.***

V1

1. DATOS GENERALES

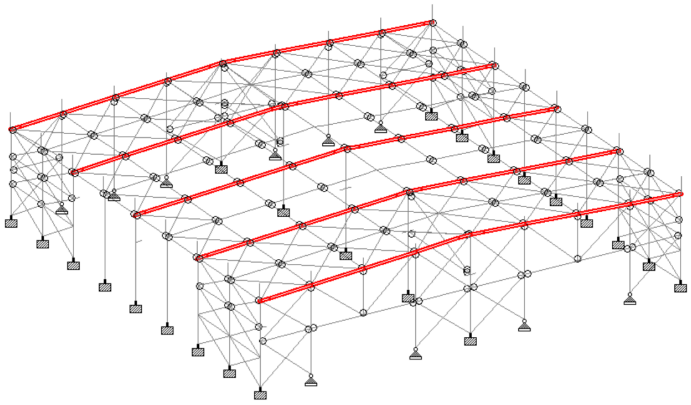
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**2460**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**650**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**160**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.2D + 1.6Lr + 1.0L

Esfuerzo Normal	-25	*kN*	***Compresión NEGATIVA***
Momento Flector	450	*kNm*	***Tracción POSITIVA***
Corte	102	*kN*	

2.2. Estado de carga 1.2D + 1.5W + 0.5L

Esfuerzo Normal	186	*kN*
Momento Flector	15	*kNm*
Corte	3	*kN*

2.3. Estado de carga 0.9D + 1.5W

Esfuerzo Normal	-120	*kN*
Momento Flector	15	*kNm*
Corte	3	*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	25	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	45000	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	102	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 460 x 74,0**	
Masa lineal	74,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	457,00	*mm*
ancho del ala: bf =	190,00	*mm*
espesor del alma: tw =	9,00	*mm*
espesor del ala: tf =	14,50	*mm*
h con curva	428,00	*cm*
hw	404,00	*cm*
área: Ag =	94,90	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	33415,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	1462,40	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	1657,40	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	1661,00	*cm4*

momento resistente elástico según eje y: Sy =	174,80	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	271,30	*cm3*
CALIBRE	W 18 x 50	
rt	4,93	*cm*
J	52,97	*cm4*
Esbeltez ala	6,55	
Esbeltez alma	44,89	
Cw	811417,00	*cm6*
U	1,64	
Lp (alma / ala traccionada)	177,13	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	474,29	*cm*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresión Q	0,94	
X1	13382,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lp

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	160	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	65444,46	*kNcm*

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*
Φb	0,90	

momento de diseño: Md =	**51462,27**	*kNcm*	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,87**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	2460	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	2460	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	131,06	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,66**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	45000,00	*kN/cm2*
Md	51462,27	*kN/cm2*
Pu	25,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,04	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,90**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	45000,00	*kNcm*

Md	51462,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,87**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	102,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,03**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	160	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	65444,46	*kNcm*

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**51462,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,87**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	2460	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	2460	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	131,06	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,66**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	45000,00	*kN/cm2*
Md	51462,27	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,87**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*

Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	45000,00	*kNcm*
Md	51462,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,87**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	102,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,03**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	160	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	65444,46	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**51462,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,03**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	2460	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	2460	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	131,06	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,66**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	1500,00	*kN/cm2*
Md	51462,27	*kN/cm2*
Pu	120,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,21	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,23**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	1500,00	*kNcm*
Md	51462,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,03**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	3,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

V2

1. DATOS GENERALES

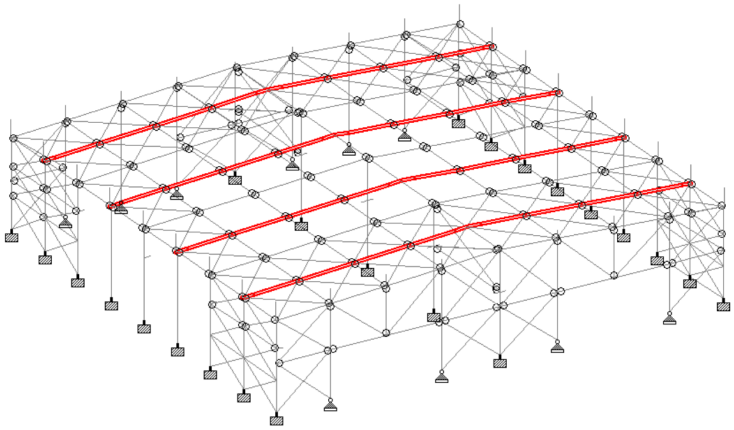
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**2460**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**650**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**160**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 0.9D+1.5W

Esfuerzo Normal	147	*kN*
Momento Flector	495	*kNm*
Corte	118	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga 1.2D + 1.6Lr + 1.0L

Esfuerzo Normal	-102	*kN*
Momento Flector	431	*kNm*
Corte	101	*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	0	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	147	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	49500	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	118	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 460 x 74,0**	
Masa lineal	74,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	457,00	*mm*
ancho del ala: bf =	190,00	*mm*
espesor del alma: tw =	9,00	*mm*
espesor del ala: tf =	14,50	*mm*
h con curva	428,00	*cm*
hw	404,00	*cm*
área: Ag =	94,90	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	33415,00	*cm4*

momento resistente elástico según eje x: Sx =	1462,40	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	1657,40	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	1661,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	174,80	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	271,30	*cm3*
CALIBRE	W 18 x 50	
rt	4,93	*cm*
J	52,97	*cm4*
Esbeltez ala	6,55	
Esbeltez alma	44,89	
Cw	811417,00	*cm6*
U	1,64	
Lp (alma / ala traccionada)	177,13	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	474,29	*cm*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresión Q	0,94	
X1	13382,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	160	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	65444,46	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**51462,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,96**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	2460	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	2460	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	131,06	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,66**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	49500,00	*kN/cm2*
Md	51462,27	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,96**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	49500,00	*kNcm*
Md	51462,27	*kNcm*
Pu	147,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,05	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,99**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	118,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,04**	***B.C.***

V2

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento flector nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	160	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	65444,46	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**51462,27**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,84**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	2460	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	2460	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	131,06	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,66**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	43100,00	*kN/cm2*
Md	51462,27	*kN/cm2*
Pu	102,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,18	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,93**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*

Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	43100,00	*kNcm*
Md	51462,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,84**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	101,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,03**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	160	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	65444,46	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**51462,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	2460	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	2460	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	131,06	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,66**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	51462,27	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*

Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	51462,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

V3

1. DATOS GENERALES

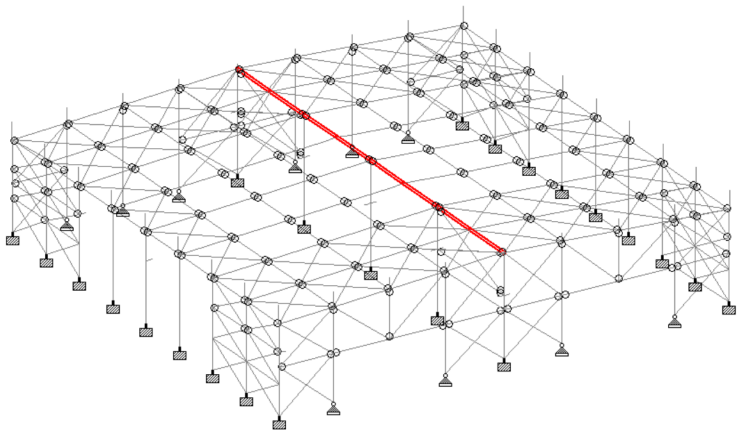
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**600**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**600**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**600**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 0,9D + 1.5W

Esfuerzo Normal	-15	*kN*
Momento Flector	621	*kNm*
Corte	110	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga 0,9D + 1.5W

Esfuerzo Normal	100	*kN*
Momento Flector	330	*kNm*
Corte	60	*kN*

2.3. Estado de carga 1,2D+1,6Lr+0,5L

Esfuerzo Normal	-18	*kN*
Momento Flector	605	*kNm*
Corte	110	*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	15	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	62100	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	110	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 610 x 140,0**	
Masa lineal	140,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	617,00	*mm*
ancho del ala: bf =	230,00	*mm*
espesor del alma: tw =	13,10	*mm*
espesor del ala: tf =	22,20	*mm*
h con curva	573,00	*cm*
hw	541,00	*cm*
área: Ag =	179,30	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	112619,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	3650,50	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	25,06	*cm*

momento resistente plástico según eje x: Zx =	4173,10	*cm3*	
momento de inercia según eje y: Iy =	4515,00	*cm4*	
momento resistente elástico según eje y: Sy =	392,60	*cm3*	
radio de giro según eje y: ry =	5,02	*cm*	
momento resistente plástico según eje y: Zy =	614,00	*cm3*	
CALIBRE	W 24 x 94		
rt	5,94	*cm*	
J	225,01	*cm4*	
Esbeltez ala	5,18		
Esbeltez alma	41,27		
Cw	3981687,00	*cm6*	
U	2,10		
Lp (alma / ala traccionada)	212,73	*cm*	
Lr (alma/ ala tarccionada)	591,65	*cm*	
Lp (ala comprimida)	192,18	*cm*	
Lr (ala comprimida)	353,59	*cm*	
Mp	1439,72	*kNm*	
Mr	1007,54	*kNm*	
Compresión Q	0,96		
X1	15187,88	*kN/cm2*	
Fy	34,50	*kN/cm2*	
E	20000,00	*kN/cm2*	
G	7720,00	*kN/cm2*	

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	5,18		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	41,30		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	125942,25	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	143971,95	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	143971,95	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	143971,95	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,300		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	600	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	192,18	*cm*	
X1 =	15187,88	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	353,59	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	100753,8	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	45209,54	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	77188,99	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

	Caso	Lb > Lr	
momento nominal: Mn =		77188,99	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	77188,99	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**69470,09**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,89**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	5,18	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	41,30	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	600	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	600	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	25,06	
esbeltez λx =	23,94	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,12**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	600	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	600	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	5,02	*cm*
esbeltez λy =	119,52	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,60**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	119,52	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,58	
√Q . λc =	1,58	
tensión crítica: Fcr =	12,12	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	2172,77	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**1846,86**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	62100,00	*kN/cm2*
Md	69470,09	*kN/cm2*
Pu	15,00	*kN*
Pd	1846,86	*kN*
Pu/Pd =	0,01	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,90**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	6185,85	*kN*
Fi	0,90	
Pd	5567,27	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	8068,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	6051,38	*kN*
Pd	**5567,27**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	62100,00	*kNcm*
Md	69470,09	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	5567,27	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,89**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	41,30	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,43	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,57	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	7482,3683	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	15488,50	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**13939,65**	***kN***
Vu	110,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,01**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	5,18		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	41,30		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	125942,25	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	143971,95	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	143971,95	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	143971,95	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,300		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	600	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	192,18	*cm*	
X1 =	15187,88	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	353,59	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	100753,8	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	45209,54	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	77188,99	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	77188,99	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	77188,99	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**69470,09**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,48**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	5,18	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	

relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	41,30	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	600	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	600	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	25,06	
esbeltez λx =	23,94	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,12**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	600	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	600	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	5,02	*cm*
esbeltez λy =	119,52	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,60**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	119,52	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,58	
√Q . λc =	1,58	
tensión crítica: Fcr =	12,12	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	2172,77	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**1846,86**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	33000,00	*kN/cm2*
Md	69470,09	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	1846,86	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,48**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	6185,85	*kN*
Fi	0,90	
Pd	5567,27	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	8068,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	6051,38	*kN*
Pd	**5567,27**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	33000,00	*kNcm*
Md	69470,09	*kNcm*
Pu	100,00	*kN*
Pd	5567,27	*kN*
Pu/Pd =	0,02	

(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,48**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	41,30	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,43	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,57	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	7482,3683	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	15488,50	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**13939,65**	***kN***
Vu	60,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	5,18		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	41,30		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	125942,25	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	143971,95	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	143971,95	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	143971,95	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,300		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	600	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	192,18	*cm*	
X1 =	15187,88	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	353,59	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	100753,8	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	45209,54	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	77188,99	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	77188,99	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	77188,99	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**69470,09**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,87**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	5,18	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	41,30	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	600	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	600	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	25,06	
esbeltez λx =	23,94	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,12**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	600	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	600	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	5,02	*cm*
esbeltez λy =	119,52	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,60**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	119,52	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,58	
√Q . λc =	1,58	
tensión crítica: Fcr =	12,12	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	2172,77	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**1846,86**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	60500,00	*kN/cm2*
Md	69470,09	*kN/cm2*
Pu	18,00	*kN*
Pd	1846,86	*kN*
Pu/Pd =	0,01	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,88**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	6185,85	*kN*
Fi	0,90	
Pd	5567,27	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	8068,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	6051,38	*kN*
Pd	**5567,27**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	60500,00	*kNcm*

Md	69470,09	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	5567,27	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,87**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	41,30	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,43	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,57	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	7482,3683	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	15488,50	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**13939,65**	***kN***
Vu	110,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,01**	***B.C.***

V4

1. DATOS GENERALES

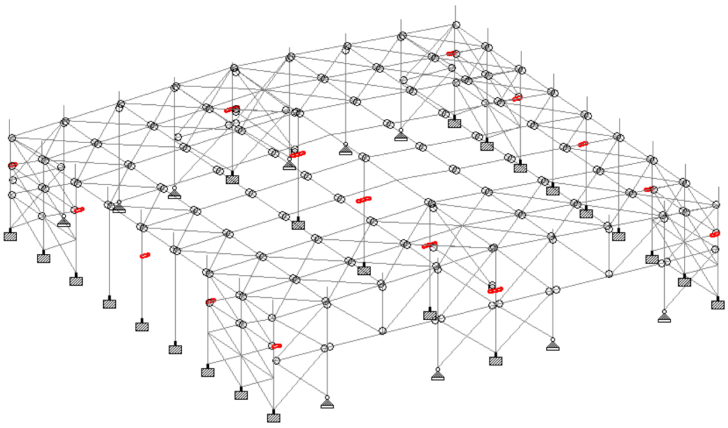
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**50**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**50**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**50**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.2D + 1.6L

Esfuerzo Normal	0	*kN*
Momento Flector	103	*kNm*
Corte	224	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	0	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	10300	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	224	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 200 x 31,3**	
Masa lineal	31,30	*kg/m*
altura de la sección: d =	210,00	*mm*
ancho del ala: bf =	134,00	*mm*
espesor del alma: tw =	6,40	*mm*
espesor del ala: tf =	10,20	*mm*
h con curva	190,00	*cm*
hw	170,00	*cm*
área: Ag =	40,30	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	3168,00	*cm4*

momento resistente elástico según eje x: Sx =	301,70	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	8,86	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	338,60	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	410,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	61,20	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	3,19	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	94,00	*cm3*
CALIBRE	W 8 x 21	
rt	3,60	*cm*
J	12,59	*cm4*
Esbeltez ala	6,57	
Esbeltez alma	26,50	
Cw	40822,00	*cm6*
U	0,93	
Lp (alma / ala traccionada)	135,18	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	411,23	*cm*
Lp (ala comprimida)	122,12	*cm*
Lr (ala comprimida)	304,89	*cm*
Mp	116,82	*kNm*
Mr	83,27	*kNm*
Compresión Q	1,00	
X1	20608,61	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,57	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	26,56	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	10408,65	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	11681,7	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	11681,70	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	11681,70	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	50	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	122,12	*cm*	
X1 =	20608,61	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	

longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	304,89	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	8326,92	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	11681,70	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	50775,54	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	11681,70	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	11681,70	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**10513,53**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,98**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,57	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	26,56	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	50	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	50	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	8,86		
esbeltez λx =	5,64		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,03**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	50	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	50	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	3,19	*cm*	
esbeltez λy =	15,67		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,08**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	15,67	
factor de esbeltez adimensional: λc =	0,21	
√Q . λc =	0,21	
tensión crítica: Fcr =	33,89	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	1365,59	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**1160,75**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	10300,00	*kN/cm2*
Md	10513,53	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	1160,75	*kN*

Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,98**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	1390,35	*kN*
Fi	0,90	
Pd	1251,32	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	1813,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	1360,13	*kN*
Pd	**1251,32**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	10300,00	*kNcm*
Md	10513,53	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	1251,32	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,98**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	26,56	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	2,23	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	6,20	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	136,4558	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	282,46	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**254,22**	***kN***
Vu	224,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,88**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	50	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	209422,27	*kNcm*

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**51462,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	50	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	50	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	2,66	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,01**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	50	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	50	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	11,96	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,06**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	11,96	
factor de esbeltez adimensional: λc =	0,16	
√Q . λc =	0,16	
tensión crítica: Fcr =	34,14	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	3239,96	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**2753,97**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	51462,27	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2753,97	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*

Md	51462,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	50	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	209422,27	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb ≤ Lp**	
momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**51462,27**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	50	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	50	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	2,66	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,01**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	50	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	50	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	11,96	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,06**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	11,96	
factor de esbeltez adimensional: λc =	0,16	
√Q . λc =	0,16	
tensión crítica: Fcr =	34,14	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	3239,96	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**2753,97**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	51462,27	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2753,97	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	

Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	51462,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

V5

1. DATOS GENERALES

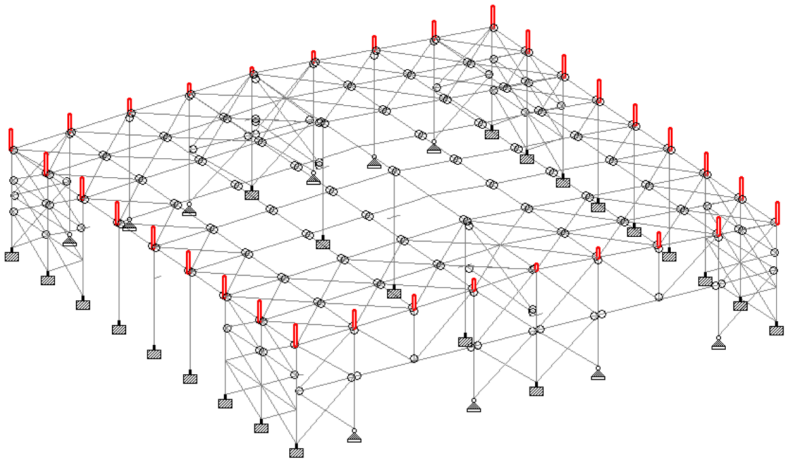
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**190**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**190**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**190**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.5W

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector	21,3	*kNm*
Corte	22,3	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	0	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	2130	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	22,3	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 200 x 15,0**	
Masa lineal	15,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	200,00	*mm*
ancho del ala: bf =	100,00	*mm*
espesor del alma: tw =	4,30	*mm*
espesor del ala: tf =	5,20	*mm*
h con curva	190,00	*cm*
hw	170,00	*cm*
área: Ag =	19,40	*cm2*

momento de inercia según eje x: Ix =	1305,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	130,50	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	8,20	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	147,90	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	87,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	17,40	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	2,12	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	27,30	*cm3*
CALIBRE	W 8 x 10	
rt	2,55	*cm*
J	2,05	*cm4*
Esbeltez ala	9,62	
Esbeltez alma	39,44	
Cw	8222,00	*cm6*
U	0,77	
Lp (alma / ala traccionada)	89,84	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	241,09	*cm*
Lp (ala comprimida)	81,16	*cm*
Lr (ala comprimida)	131,15	*cm*
Mp	51,03	*kNm*
Mr	36,02	*kNm*
Compresión Q	0,97	
X1	13339,08	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	9,62	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***No Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	39,53	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	4502,25	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	5102,55	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	5102,55	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	5102,55	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
ıto flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
ıto flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
ıto flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	190	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas

ongitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	81,16	*cm*	
X1 =	13339,08	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
ud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	131,15	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	3601,8	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	1835,06	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	2486,16	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	2486,16	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	2486,16	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**2237,54**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,95**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	9,62
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	39,53
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	190	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	190	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	8,20		
esbeltez λx =	23,17		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,12**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	190	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	190	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	2,12	*cm*	
esbeltez λy =	89,62		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,45**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	89,62

factor de esbeltez adimensional: λc =	1,18	
√Q . λc =	1,18	
tensión crítica: Fcr =	19,17	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	371,91	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**316,12**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	2130,00	*kN/cm2*
Md	2237,54	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	316,12	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,95**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	669,30	*kN*
Fi	0,90	
Pd	602,37	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	873,00	*kN*
Fi	0,75	
Pd	654,75	*kN*
Pd	**602,37**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	2130,00	*kNcm*
Md	2237,54	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	602,37	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,95**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	39,53	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
›rte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,50	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,80	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	28,6926	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	59,39	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**53,45**	***kN***
Vu	22,30	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,42**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	190	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	52108,32	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	55111,12	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**	
momento nominal: Mn =	52108,32	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	52108,32	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**46897,49**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	190	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	190	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	10,12	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,05**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	190	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	190	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	45,45	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,23**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	45,45	
factor de esbeltez adimensional: λc =	0,60	
√Q . λc =	0,60	
tensión crítica: Fcr =	29,66	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	2814,78	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**2392,56**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	46897,49	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2392,56	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*

Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	46897,49	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	190	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	52108,32	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	55111,12	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**		
momento nominal: Mn =	52108,32	*kNcm*	

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	52108,32	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**46897,49**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	190	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	190	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	10,12	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,05**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	190	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	190	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	45,45	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,23**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	45,45	
factor de esbeltez adimensional: λc =	0,60	
√Q . λc =	0,60	
tensión crítica: Fcr =	29,66	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	2814,78	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**2392,56**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	46897,49	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2392,56	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*

Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	46897,49	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

V6

1. DATOS GENERALES

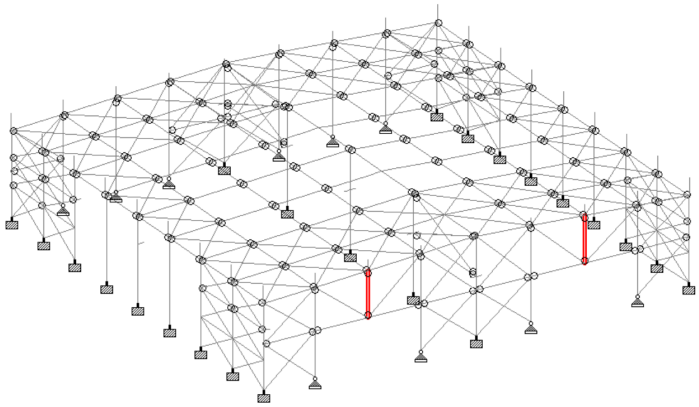
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**519**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**519**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**519**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.2D + 1.5W

Esfuerzo Normal	-12	*kN*
Momento Flector	30	*kNm*
Corte	27	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	12	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	3000	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	27	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 360 x 32,9**	
Masa lineal	32,90	*kg/m*
altura de la sección: d =	349,00	*mm*
ancho del ala: bf =	127,00	*mm*
espesor del alma: tw =	5,80	*mm*
espesor del ala: tf =	8,50	*mm*
h con curva	332,00	*cm*
hw	308,00	*cm*
área: Ag =	42,10	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	8358,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	479,00	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	14,09	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	547,60	*cm3*

momento de inercia según eje y: Iy =	291,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	45,90	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	2,63	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	72,00	*cm3*
CALIBRE	W 14 x 22	
rt	3,20	*cm*
J	9,15	*cm4*
Esbeltez ala	7,47	
Esbeltez alma	53,10	
Cw	84111,00	*cm6*
U	1,17	
Lp (alma / ala traccionada)	111,45	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	294,01	*cm*
Lp (ala comprimida)	100,68	*cm*
Lr (ala comprimida)	137,95	*cm*
Mp	188,92	*kNm*
Mr	132,20	*kNm*
Compresión Q	0,89	
X1	11310,31	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	7,47	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	53,10	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	16525,50	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	18892,2	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	18892,20	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	18892,20	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	519	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	100,68	*cm*	
X1 =	11310,31	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	137,95	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	13220,4	*kNcm*	

momento nominal: Mn =	-51035,88	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	4006,02	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	4006,02	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	4006,02	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**3605,42**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,83**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	7,47	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	53,10	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	519	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	519	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	14,09	
esbeltez λx =	36,83	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,18**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	519	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	519	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	2,63	*cm*
esbeltez λy =	197,34	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,99**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	197,34	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,61	
√Q . λc =	2,61	
tensión crítica: Fcr =	4,45	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	187,15	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**159,08**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	3000,00	*kN/cm2*
Md	3605,42	*kN/cm2*
Pu	12,00	*kN*
Pd	159,08	*kN*
Pu/Pd =	0,08	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,87**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	1452,45	*kN*
Fi	0,90	
Pd	1307,21	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	1894,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	1420,88	*kN*
Pd	**1307,21**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	3000,00	*kNcm*
Md	3605,42	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	1307,21	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,83**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	53,10	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,12	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	1,55	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	230,5396	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	477,22	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**429,50**	***kN***
Vu	27,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,06**	***B.C.***

V6

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	519	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	-3551,49	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	20175,56	*kNcm*

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	20175,56	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	20175,56	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**18158,00**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	519	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	519	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	27,65	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,14**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	519	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	519	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	124,16	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,62**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	124,16	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,64	
√Q . λc =	1,64	
tensión crítica: Fcr =	11,23	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	1065,65	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**905,80**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	18158,00	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	905,80	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*

Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	18158,00	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	519	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	-3551,49	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	20175,56	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	20175,56	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	20175,56	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**18158,00**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	

factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	519	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	519	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	27,65	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,14**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	519	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	519	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	124,16	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,62**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	124,16	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,64	
√Q . λc =	1,64	
tensión crítica: Fcr =	11,23	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	1065,65	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**905,80**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	18158,00	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	905,80	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	

Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	18158,00	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

V7

1. DATOS GENERALES

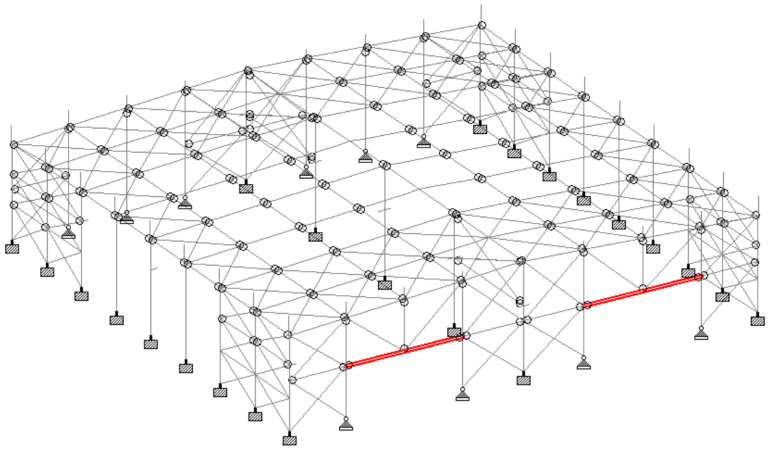
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**1230**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**615**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**615**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.2D + 1.5W

Esfuerzo Normal	-22	*kN*
Momento Flector	146	*kNm*
Corte	35	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga 1.2D + 1.5W + 0.5L

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.3. Estado de carga 0.9D + 1.5W

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	22	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	78	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	14600	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	35	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 360 x 64,0**	
Masa lineal	64,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	347,00	*mm*
ancho del ala: bf =	203,00	*mm*
espesor del alma: tw =	7,70	*mm*
espesor del ala: tf =	13,50	*mm*
h con curva	320,00	*cm*
hw	288,00	*cm*
área: Ag =	81,70	*cm2*

momento de inercia según eje x: Ix =	17890,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	1031,10	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	14,80	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	1145,50	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	1885,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	185,70	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,80	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	284,50	*cm3*
CALIBRE	W 14 x 43	
rt	5,44	*cm*
J	44,57	*cm4*
Esbeltez ala	7,52	
Esbeltez alma	37,40	
Cw	523362,00	*cm6*
U	1,46	
Lp (alma / ala traccionada)	203,40	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	557,10	*cm*
Lp (ala comprimida)	183,76	*cm*
Lr (ala comprimida)	359,61	*cm*
Mp	395,20	*kNm*
Mr	284,58	*kNm*
Compresión Q	0,99	
X1	16154,37	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	7,52	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	37,40	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	35572,95	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	39519,75	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	39519,75	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	39519,75	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,300		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	615	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas

Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	183,76	*cm*	
X1 =	16154,37	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	359,61	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	28458,36	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	16111,83	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	21632,68	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	21632,68	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	21632,68	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**19469,41**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,75**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	7,52	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	37,40	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	1230	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	1230	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	14,80		
esbeltez λx =	83,11		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,42**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	615	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	615	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	4,80	*cm*	
esbeltez λy =	128,13		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,64**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	128,13	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,69	

√Q . λc =	1,69	
tensión crítica: Fcr =	10,55	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	861,56	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**732,32**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	14600,00	*kN/cm2*
Md	19469,41	*kN/cm2*
Pu	22,00	*kN*
Pd	732,32	*kN*
Pu/Pd =	0,03	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,76**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	2818,65	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2536,79	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	3676,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	2757,38	*kN*
Pd	**2536,79**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	14600,00	*kNcm*
Md	19469,41	*kNcm*
Pu	78,00	*kN*
Pd	2536,79	*kN*
Pu/Pd =	0,03	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,77**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	37,40	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,58	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	3,13	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	935,8735	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1937,26	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**1743,53**	***kN***
Vu	35,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,02**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	615	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	-19792,65	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	17026,20	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	17026,20	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	17026,20	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**15323,58**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	1230	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	1230	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	65,53	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,33**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	615	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	615	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	147,13	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,74**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	147,13	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,95	
√Q . λc =	1,95	
tensión crítica: Fcr =	8,00	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	758,92	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**645,08**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	15323,58	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	645,08	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	15323,58	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	615	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	-19792,65	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	17026,20	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	17026,20	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	17026,20	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**15323,58**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	

factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	1230	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	1230	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	65,53	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,33**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	615	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	615	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	147,13	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,74**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	147,13	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,95	
√Q . λc =	1,95	
tensión crítica: Fcr =	8,00	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	758,92	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**645,08**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	15323,58	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	645,08	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*

Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	15323,58	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

V8

1. DATOS GENERALES

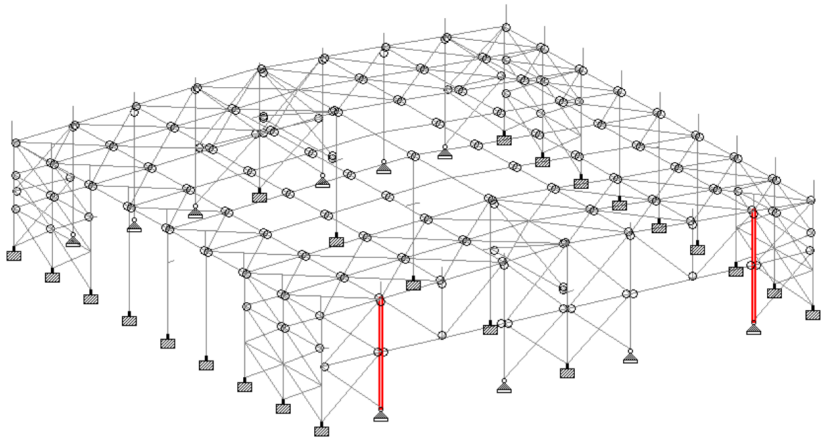
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**950**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**550**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**183,33**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.2D + 1.5W

Esfuerzo Normal	-70,1	*kN*
Momento Flector	190	*kNm*
Corte	48	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	70,1	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	19000	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	48	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 410 x 46,1**	
Masa lineal	46,10	*kg/m*
altura de la sección: d =	403,00	*mm*
ancho del ala: bf =	140,00	*mm*
espesor del alma: tw =	7,00	*mm*
espesor del ala: tf =	11,20	*mm*
h con curva	381,00	*cm*
hw	357,00	*cm*
área: Ag =	59,20	*cm2*

momento de inercia según eje x: Ix =	15690,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	778,70	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	16,27	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	891,10	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	514,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	73,40	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	2,95	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	115,20	*cm3*
CALIBRE	W 16 x 31	
rt	3,55	*cm*
J	20,06	*cm4*
Esbeltez ala	6,25	
Esbeltez alma	50,94	
Cw	196571,00	*cm6*
U	1,33	
Lp (alma / ala traccionada)	125,01	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	333,37	*cm*
Lp (ala comprimida)	112,93	*cm*
Lr (ala comprimida)	167,12	*cm*
Mp	307,43	*kNm*
Mr	214,92	*kNm*
Compresión Q	0,90	
X1	12215,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,25	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	51,00	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	26865,15	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	30742,95	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,300		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	183,33	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	112,93	*cm*	
X1 =	12215,60	*MPa*	

tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	167,12	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	21492,12	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	24341,62	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	25469,40	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	25469,40	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	25469,40	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**22922,46**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,83**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,25	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	51,00	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	950	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	16,27		
esbeltez λx =	58,39		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,29**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	550	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	550	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	2,95	*cm*	
esbeltez λy =	186,44		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,93**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	186,44	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,46	
√Q . λc =	2,46	
tensión crítica: Fcr =	4,98	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	294,83	*kN*

factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**250,60**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	19000,00	*kN/cm2*
Md	22922,46	*kN/cm2*
Pu	70,10	*kN*
Pd	250,60	*kN*
Pu/Pd =	0,28	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**1,02**	***M.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	2042,40	*kN*
Fi	0,90	
Pd	1838,16	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	2664,00	*kN*
Fi	0,75	
Pd	1998,00	*kN*
Pd	**1838,16**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	19000,00	*kNcm*
Md	22922,46	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	1838,16	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,83**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	51,00	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,16	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	1,68	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	527,5312	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1091,99	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**982,79**	***kN***
Vu	48,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,05**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	183,33	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	53236,18	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	57115,16	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso Lp < Lb ≤ Lr

momento nominal: Mn =	53236,18	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	53236,18	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**47912,56**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	950	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	50,61	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,25**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	550	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	550	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	131,58	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,66**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	131,58	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,74	
√Q . λc =	1,74	
tensión crítica: Fcr =	10,00	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	948,90	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**806,57**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	47912,56	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	806,57	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*

Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	47912,56	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	183,33	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	53236,18	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	57115,16	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**	
momento nominal: Mn =	53236,18	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	53236,18	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**47912,56**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55		
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48		
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80		
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**		

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89		
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87		
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**		
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**		

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	950	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	18,77		
esbeltez λx =	50,61		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,25**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	550	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	550	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*	
esbeltez λy =	131,58		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,66**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	131,58		
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,74		
√Q . λc =	1,74		
tensión crítica: Fcr =	10,00	*kN/cm2*	
resistencia nominal a compresión: Pn =	948,90	*kN*	
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85		
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**806,57**	***kN***	

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*	
Md	47912,56	*kN/cm2*	
Pu	0,00	*kN*	
Pd	806,57	*kN*	
Pu/Pd =	0,00		
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***	

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*

Md	47912,56	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5
hw / tw =	44,89
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00
área del alma: Aw =	1572,8726 *cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85 *kN*
factor de minoración Φv =	0,90
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26** ***kN***
Vu	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00** ***B.C.***

V9

1. DATOS GENERALES

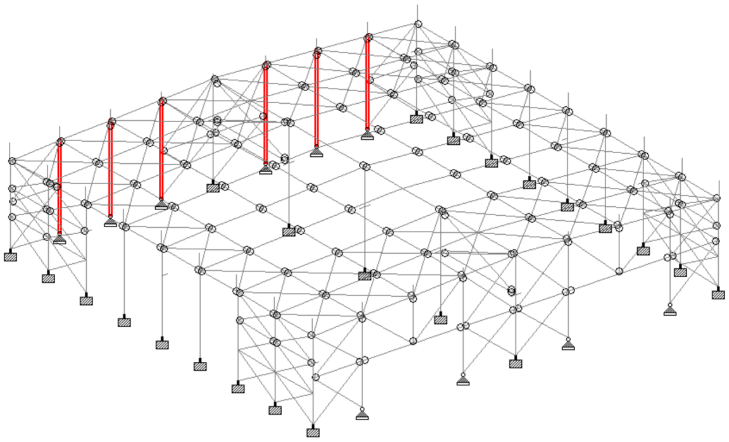
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**1022**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**511**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**255,5**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.2D + 1.5W

Esfuerzo Normal	-56	*kN*
Momento Flector	126	*kNm*
Corte	49	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	56	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	12600	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	49	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 410 x 46,1**	
Masa lineal	46,10	*kg/m*
altura de la sección: d =	403,00	*mm*
ancho del ala: bf =	140,00	*mm*
espesor del alma: tw =	7,00	*mm*
espesor del ala: tf =	11,20	*mm*
h con curva	381,00	*cm*
hw	357,00	*cm*
área: Ag =	59,20	*cm2*

momento de inercia según eje x: Ix =	15690,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	778,70	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	16,27	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	891,10	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	514,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	73,40	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	2,95	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	115,20	*cm3*
CALIBRE	W 16 x 31	
rt	3,55	*cm*
J	20,06	*cm4*
Esbeltez ala	6,25	
Esbeltez alma	50,94	
Cw	196571,00	*cm6*
U	1,33	
Lp (alma / ala traccionada)	125,01	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	333,37	*cm*
Lp (ala comprimida)	112,93	*cm*
Lr (ala comprimida)	167,12	*cm*
Mp	307,43	*kNm*
Mr	214,92	*kNm*
Compresión Q	0,90	
X1	12215,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,25	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	51,00	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	26865,15	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	30742,95	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	255,5	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas

Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	112,93	*cm*	
X1 =	12215,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	167,12	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	21492,12	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	7301,34	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	16026,21	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	16026,21	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	16026,21	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**14423,59**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,87**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,25	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	51,00	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	1022	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	1022	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	16,27		
esbeltez λx =	62,81		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,31**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	511	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	511	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	2,95	*cm*	
esbeltez λy =	173,22		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,87**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	173,22	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,29	

√Q . λc =	2,29	
tensión crítica: Fcr =	5,77	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	341,55	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**290,32**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	12600,00	*kN/cm2*
Md	14423,59	*kN/cm2*
Pu	56,00	*kN*
Pd	290,32	*kN*
Pu/Pd =	0,19	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,97**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	2042,40	*kN*
Fi	0,90	
Pd	1838,16	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	2664,00	*kN*
Fi	0,75	
Pd	1998,00	*kN*
Pd	**1838,16**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	12600,00	*kNcm*
Md	14423,59	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	1838,16	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,87**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	51,00	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,16	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	1,68	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	527,5312	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1091,99	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**982,79**	***kN***
Vu	49,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,05**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,25		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	51,00		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	26865,15	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	30742,95	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	255,5	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	112,93	*cm*	
X1 =	12215,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	167,12	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	21492,12	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	6404,68	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	14058,08	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	14058,08	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	14058,08	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**12652,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,25	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	51,00	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	1022	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	1022	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	16,27	
esbeltez λx =	62,81	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,31**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	511	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	511	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	2,95	*cm*
esbeltez λy =	173,22	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,87**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	173,22	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,29	
√Q . λc =	2,29	
tensión crítica: Fcr =	5,77	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	341,55	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**290,32**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	12652,27	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	290,32	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	2042,40	*kN*
Fi	0,90	
Pd	1838,16	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	2664,00	*kN*
Fi	0,75	
Pd	1998,00	*kN*
Pd	**1838,16**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*

Md	12652,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	1838,16	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	51,00	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,16	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	1,68	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	527,5312	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1091,99	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**982,79**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,25		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	51,00		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	26865,15	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	30742,95	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	255,5	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	112,93	*cm*	
X1 =	12215,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	167,12	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	21492,12	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	7301,34	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	16026,21	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	16026,21	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	16026,21	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**14423,59**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,25	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	51,00	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	1022	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	1022	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	16,27	
esbeltez λx =	62,81	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,31**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	511	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	511	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	2,95	*cm*
esbeltez λy =	173,22	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,87**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	173,22	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,29	
√Q . λc =	2,29	
tensión crítica: Fcr =	5,77	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	341,55	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**290,32**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	14423,59	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	290,32	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	2042,40	*kN*
Fi	0,90	
Pd	1838,16	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	2664,00	*kN*
Fi	0,75	
Pd	1998,00	*kN*
Pd	**1838,16**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*

Md	14423,59	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	1838,16	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	51,00	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,16	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	1,68	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	527,5312	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1091,99	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**982,79**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

V10

1. DATOS GENERALES

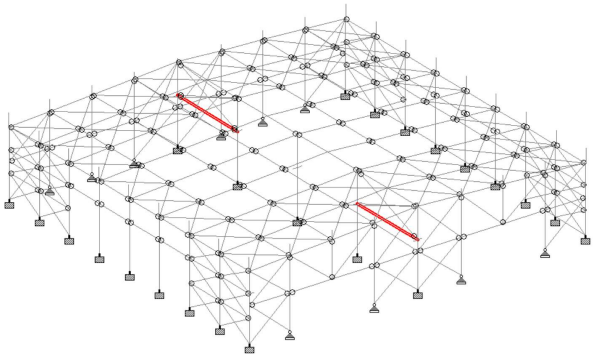
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**1200**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**1200**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**1200**	***cm***

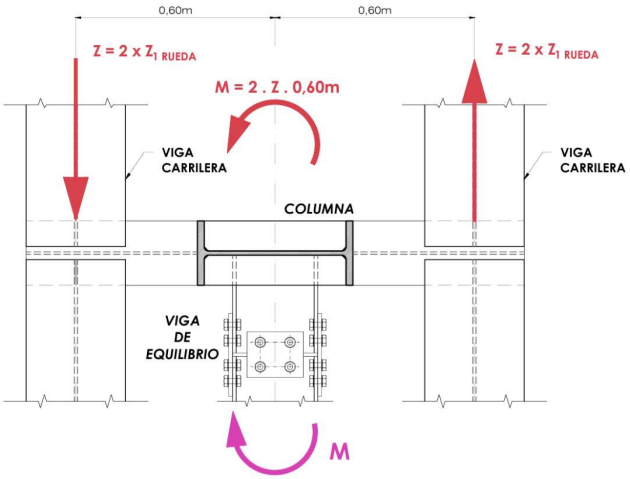
1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Momento en sentido horizontal

Fuerza longitudinal frenado 1 rueda Z=	9,67	*kN*
Zu=1,6 x Z =	15,48	*kN*
Brazo de palanca d =	60	*cm*
Mt u = 4 x Zu x d =	3714,72	*kNcm*



2.2. Momento en sentido vertical

Peso lineal w =	0,62	*kN/m*	
L =	1200	*cm*	
Mu max =	1339,2	*kNcm*	

2.3. Flecha

f	2,79	*cm*	
L/180	6,67	*cm*	O.K.

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	19,35	*kN*

Momento según eje fuerte Mx =	3714,72	*kNcm*
Momento según eje débil My =	1339,20	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	3,10	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**HP 250 x 62,0 (H)**	
Masa lineal	62,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	246,00	*mm*
ancho del ala: bf =	256,00	*mm*
espesor del alma: tw =	10,50	*mm*
espesor del ala: tf =	10,70	*mm*
h con curva	225,00	*mm*
hw	201,00	*mm*
área: Ag =	79,60	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	8728,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	709,60	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	10,47	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	790,50	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	2995,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	234,00	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	6,13	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	357,80	*cm3*
CALIBRE	HP 10 x 42	
rt	6,89	*cm*
J	33,46	*cm4*
Esbeltez ala	11,96	
Esbeltez alma	19,10	
Cw	417130,00	*cm6*
U	1,47	
Lp (alma / ala traccionada)	259,76	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	778,69	*cm*
Lp (ala comprimida)	234,67	*cm*
Lr (ala comprimida)	570,72	*cm*
Mp	272,72	*kNm*
Mr	195,85	*kNm*
Compresión Q	1,00	
X1	20075,41	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión según X (Eje fuerte)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	11,96	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***No Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	19,14	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	24481,20	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	27272,25	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	27272,25	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	27272,25	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*

Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	1200	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	234,67	*cm*	
X1 =	20075,41	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	570,72	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	19584,96	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	5916,49	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	10618,72	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	10618,72	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	10618,72	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**9556,85**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,39**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	11,96	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	19,14	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	1200	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	1200	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	10,47	
esbeltez λx =	114,61	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,57**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	1200	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	1200	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	6,13	*cm*
esbeltez λy =	195,76	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,98**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	195,76	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,59	
√Q . λc =	2,59	
tensión crítica: Fcr =	4,52	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	359,58	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**305,65**	***kN***

4.3. Resistencia a flexión según y (Eje débil)

4.3.1. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	8073,00	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	12344,1	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	12109,50	*kNcm*

4.3.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	12109,50	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**10898,55**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,12**	***B.C.***

4.3. Resistencia a flexocompresión oblicua

Mu x	3714,72	*kNcm*
Md x	9556,85	*kNcm*
Mu y	1339,20	*kNcm*
Md y	10898,55	*kNcm*
Pu	19,35	*kN*
Pd	305,65	*kN*
Pu/Pd =	0,06	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,54**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	19,14	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	3,09	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	11,94	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	629,238	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1302,52	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**1172,27**	***kN***
Vu	3,10	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

C1

1. DATOS GENERALES

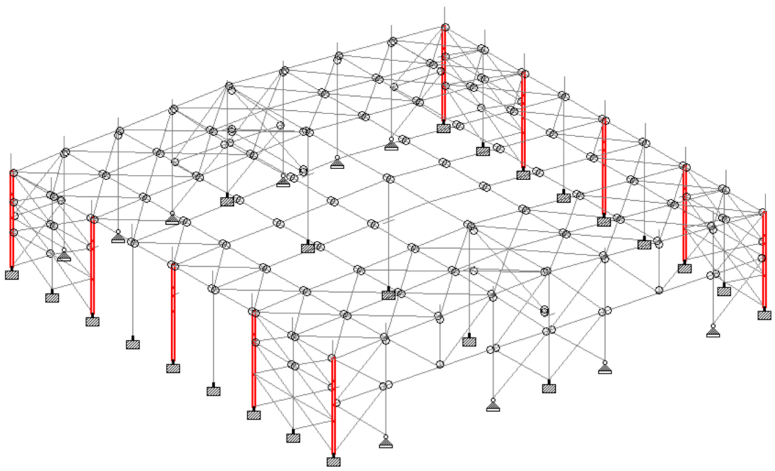
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**950**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**650**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**240**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.2D + 1.6L+ 0,5R + 0,8W

Esfuerzo Normal	-363	*kN*
Momento Flector	100	*kNm*
Corte	35	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga 0,9D + 1.5W

Esfuerzo Normal	97	*kN*
Momento Flector	316	*kNm*
Corte	83	*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	363	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	10000	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	35	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 460 x 74,0**	
Masa lineal	74,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	457,00	*mm*
ancho del ala: bf =	190,00	*mm*
espesor del alma: tw =	9,00	*mm*
espesor del ala: tf =	14,50	*mm*
h con curva	428,00	*cm*
hw	404,00	*cm*
área: Ag =	94,90	*cm2*

momento de inercia según eje x: Ix =	33415,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	1462,40	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	1657,40	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	1661,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	174,80	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	271,30	*cm3*
CALIBRE	W 18 x 50	
rt	4,93	*cm*
J	52,97	*cm4*
Esbeltez ala	6,55	
Esbeltez alma	44,89	
Cw	811417,00	*cm6*
U	1,64	
Lp (alma / ala traccionada)	177,13	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	474,29	*cm*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresión Q	0,94	
X1	13382,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	240	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	

tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	49737,79	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**	
momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**44784,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,22**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	950	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	18,77		
esbeltez λx =	50,61		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,25**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	650	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*	
esbeltez λy =	155,50		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*

factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	10000,00	*kN/cm2*
Md	44784,27	*kN/cm2*
Pu	363,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,63	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,83**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	10000,00	*kNcm*
Md	44784,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,22**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	35,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,01**	***B.C.***

C1

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	240	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	43649,38	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	43629,64	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**	
momento nominal: Mn =	43649,38	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	43649,38	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**39284,44**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,80**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	950	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	50,61	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,25**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	31600,00	*kN/cm2*
Md	39284,44	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,80**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	31600,00	*kNcm*
Md	39284,44	*kNcm*
Pu	97,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,03	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,82**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{(kv.E/Fy)}$	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	83,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,03**	***B.C.***

C1

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	240	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	49737,79	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**	
momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**44784,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55		
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48		
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80		
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**		

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89		
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87		
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**		
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**		

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	950	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	18,77		
esbeltez λx =	50,61		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,25**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	650	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*	
esbeltez λy =	155,50		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50		
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06		
√Q . λc =	2,06		
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*	
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*	
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85		
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***	

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*	
Md	44784,27	*kN/cm2*	
Pu	0,00	*kN*	
Pd	577,48	*kN*	
Pu/Pd =	0,00		
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***	

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	44784,27	*kNcm*

Pu	0,00	*kN*	
Pd	2946,65	*kN*	
Pu/Pd =	0,00		
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***	

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

C2

1. DATOS GENERALES

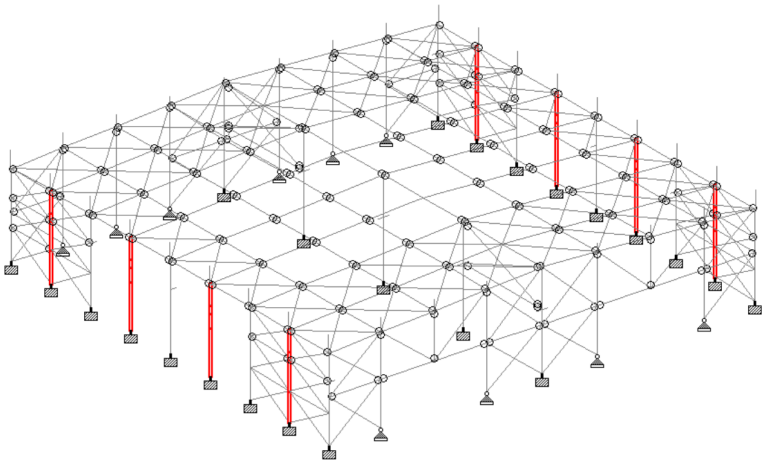
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**950**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**650**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**240**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 0,9D + 1.5W

Esfuerzo Normal	75	*kN*
Momento Flector	378	*kNm*
Corte	91,6	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga 1,2D + 1.6Lr + 0,5L

Esfuerzo Normal	-120	*kN*
Momento Flector	150	*kNm*
Corte	50	*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	0	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	75	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	37800	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	91,6	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 460 x 74,0**	
Masa lineal	74,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	457,00	*mm*
ancho del ala: bf =	190,00	*mm*
espesor del alma: tw =	9,00	*mm*
espesor del ala: tf =	14,50	*mm*
h con curva	428,00	*cm*
hw	404,00	*cm*
área: Ag =	94,90	*cm2*

momento de inercia según eje x: Ix =	33415,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	1462,40	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	1657,40	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	1661,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	174,80	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	271,30	*cm3*
CALIBRE	W 18 x 50	
rt	4,93	*cm*
J	52,97	*cm4*
Esbeltez ala	6,55	
Esbeltez alma	44,89	
Cw	811417,00	*cm6*
U	1,64	
Lp (alma / ala traccionada)	177,13	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	474,29	*cm*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresión Q	0,94	
X1	13382,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	240	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas

Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	49737,79	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**	
momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**44784,27**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,84**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	950	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	18,77		
esbeltez λx =	50,61		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,25**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	650	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*	
esbeltez λy =	155,50		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50

factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	37800,00	*kN/cm2*
Md	44784,27	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,84**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	37800,00	*kNcm*
Md	44784,27	*kNcm*
Pu	75,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,03	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,86**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	91,60	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,03**	***B.C.***

C2

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	240	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	43649,38	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	43629,64	*kNcm*

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**	
momento nominal: Mn =	43649,38	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	43649,38	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**39284,44**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,38**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	950	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	50,61	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,25**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	15000,00	*kN/cm2*
Md	39284,44	*kN/cm2*
Pu	120,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,21	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,55**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	

Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	15000,00	*kNcm*
Md	39284,44	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,38**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu	50,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,02**	***B.C.***

C2

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,55		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	44,89		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	50452,80	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	57180,3	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	57180,30	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	240	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	160,02	*cm*	
X1 =	13382,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	259,43	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	40362,24	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	49737,79	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lp < Lb ≤ Lr**	
momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	49760,30	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**44784,27**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,55	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	44,89	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	950	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	950	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	
esbeltez λx =	50,61	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,25**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
esbeltez λy =	155,50	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,78**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	155,50	
factor de esbeltez adimensional: λc =	2,06	
√Q . λc =	2,06	
tensión crítica: Fcr =	7,16	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	679,39	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**577,48**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	44784,27	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	577,48	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	3274,05	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2946,65	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	4270,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	3202,88	*kN*
Pd	**2946,65**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	44784,27	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2946,65	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	44,89	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,32	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	2,17	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	1572,8726	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	3255,85	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**2930,26**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

C3

1. DATOS GENERALES

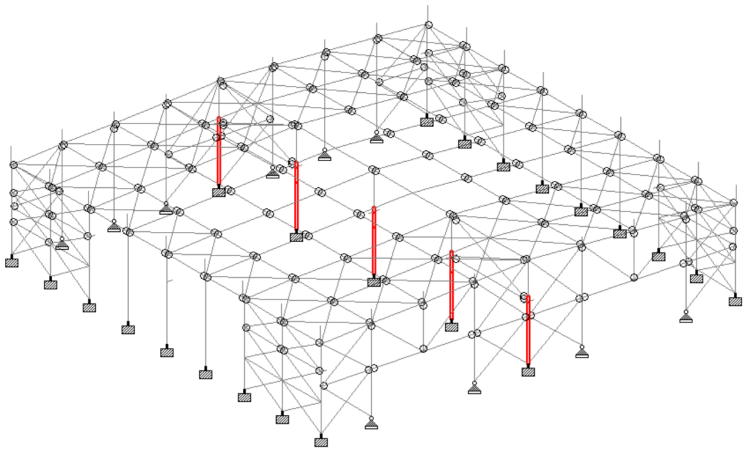
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**1092**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**650**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**650**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 1.2D + 1.6L + 0,5Lr

Esfuerzo Normal	-690	*kN*
Momento Flector	46,1	*kNm*
Corte	9,76	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga 1,2D +1,5W + 0,5L

Esfuerzo Normal	-103	*kN*
Momento Flector	173	*kNm*
Corte	24	*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal		*kN*
Momento Flector		*kNm*
Corte		*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	690	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	0	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	4610	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	9,76	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 460 x 106,0**	
Masa lineal	106,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	469,00	*mm*
ancho del ala: bf =	194,00	*mm*
espesor del alma: tw =	12,60	*mm*
espesor del ala: tf =	20,60	*mm*
h con curva	428,00	*cm*
hw	404,00	*cm*
área: Ag =	135,10	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	48978,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	2088,60	*cm3*

radio de giro según eje x: rx =	19,04	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	2394,60	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	2515,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	259,30	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,32	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	405,70	*cm3*
CALIBRE	W 18 x 71	
rt	5,05	*cm*
J	148,19	*cm4*
Esbeltez ala	4,71	
Esbeltez alma	32,05	
Cw	1260063,00	*cm6*
U	1,67	
Lp (alma / ala traccionada)	183,06	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	545,03	*cm*
Lp (ala comprimida)	165,38	*cm*
Lr (ala comprimida)	374,65	*cm*
Mp	826,14	*kNm*
Mr	576,45	*kNm*
Compresión Q	1,00	
X1	18699,95	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	4,71	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	32,06	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	72056,70	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	82613,7	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	82613,70	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	82613,70	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	650	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	165,38	*cm*	
X1 =	18699,95	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	374,65	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	57645,36	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	28263,92	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	37877,46	*kNcm*

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	37877,46	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	37877,46	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**34089,71**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,14**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	4,71	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	32,06	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1,00**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	1092	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	1092	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	19,04	
esbeltez λx =	57,35	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,29**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,32	*cm*
esbeltez λy =	150,46	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,75**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	150,46	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,99	
√Q . λc =	1,99	
tensión crítica: Fcr =	7,65	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	1033,06	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**878,10**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	4610,00	*kN/cm2*
Md	34089,71	*kN/cm2*
Pu	690,00	*kN*
Pd	878,10	*kN*
Pu/Pd =	0,79	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,91**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	4660,95	*kN*
Fi	0,90	
Pd	4194,86	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	6079,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	4559,63	*kN*
Pd	**4194,86**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	4610,00	*kNcm*
Md	34089,71	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	4194,86	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,14**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	32,06	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,85	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	4,26	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	3235,1046	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	6696,67	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**6027,00**	***kN***
Vu	9,76	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	4,71		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	32,06		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	72056,70	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	82613,7	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	82613,70	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	82613,70	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	650	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	165,38	*cm*	
X1 =	18699,95	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	374,65	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	57645,36	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	24792,91	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	33225,84	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	33225,84	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	33225,84	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**29903,26**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,58**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	4,71	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	32,06	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	1092	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	1092	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	19,04	
esbeltez λx =	57,35	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,29**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,32	*cm*
esbeltez λy =	150,46	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,75**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	150,46	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,99	
√Q . λc =	1,99	
tensión crítica: Fcr =	7,65	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	1033,06	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**878,10**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	17300,00	*kN/cm2*
Md	29903,26	*kN/cm2*
Pu	103,00	*kN*
Pd	878,10	*kN*
Pu/Pd =	0,12	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,64**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	4660,95	*kN*
Fi	0,90	
Pd	4194,86	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	6079,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	4559,63	*kN*
Pd	**4194,86**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	17300,00	*kNcm*

Md	29903,26	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	4194,86	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,58**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	32,06	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,85	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	4,26	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	3235,1046	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	6696,67	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**6027,00**	***kN***
Vu	24,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	4,71		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	32,06		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	72056,70	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	82613,7	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	82613,70	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	82613,70	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	650	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	165,38	*cm*	
X1 =	18699,95	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	374,65	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	57645,36	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	28263,92	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	37877,46	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	37877,46	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	37877,46	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**34089,71**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,00**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	4,71	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	32,06	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	1092	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	1092	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	19,04	
esbeltez λx =	57,35	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,29**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	650	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	650	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	4,32	*cm*
esbeltez λy =	150,46	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,75**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	150,46	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,99	
√Q . λc =	1,99	
tensión crítica: Fcr =	7,65	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	1033,06	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**878,10**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	0,00	*kN/cm2*
Md	34089,71	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	878,10	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	4660,95	*kN*
Fi	0,90	
Pd	4194,86	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	6079,50	*kN*
Fi	0,75	
Pd	4559,63	*kN*
Pd	**4194,86**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	0,00	*kNcm*
Md	34089,71	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	4194,86	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,00**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	32,06	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,85	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	4,26	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	3235,1046	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	6696,67	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**6027,00**	***kN***
Vu		*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

C4

1. DATOS GENERALES

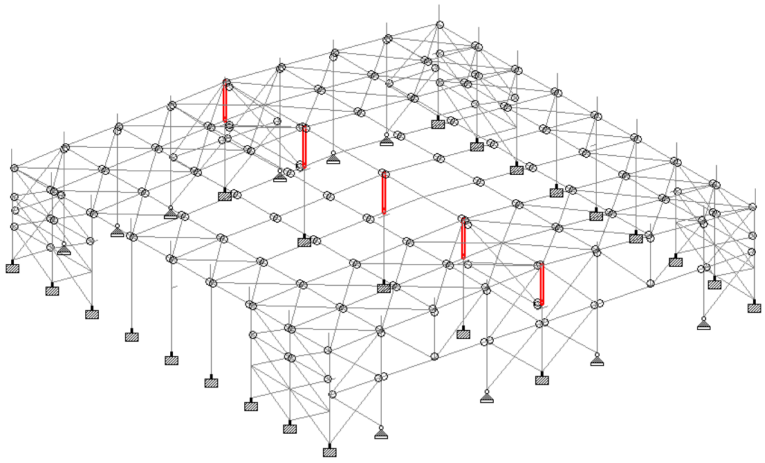
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Luz de pandeo Lx=	**394**	***cm***
Luz de pandeo Ly=	**394**	***cm***
Luz libre para pandeo lateral torsional Lb=	**394,0**	***cm***

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga 0,9D + 1.5W

Esfuerzo Normal	210	*kN*
Momento Flector	75	*kNm*
Corte	4	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga 1,2D + 1,6Lr +0,5L

Esfuerzo Normal	-420	*kN*
Momento Flector	18	*kNm*
Corte	28	*kN*

2.3. Estado de carga 1,2D +1,6L

Esfuerzo Normal	-225	*kN*
Momento Flector	50	*kNm*
Corte	10	*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	0	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	210	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	7500	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	4	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 410 x 46,1**	
Masa lineal	46,10	*kg/m*
altura de la sección: d =	403,00	*mm*
ancho del ala: bf =	140,00	*mm*
espesor del alma: tw =	7,00	*mm*
espesor del ala: tf =	11,20	*mm*
h con curva	381,00	*cm*
hw	357,00	*cm*
área: Ag =	59,20	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	15690,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	778,70	*cm3*

radio de giro según eje x: rx =	16,27	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	891,10	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	514,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	73,40	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	2,95	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	115,20	*cm3*
CALIBRE	W 16 x 31	
rt	3,55	*cm*
J	20,06	*cm4*
Esbeltez ala	6,25	
Esbeltez alma	50,94	
Cw	196571,00	*cm6*
U	1,33	
Lp (alma / ala traccionada)	125,01	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	333,37	*cm*
Lp (ala comprimida)	112,93	*cm*
Lr (ala comprimida)	167,12	*cm*
Mp	307,43	*kNm*
Mr	214,92	*kNm*
Compresión Q	0,90	
X1	12215,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 1

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	6,25	
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34	

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	51,00	
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24	

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	26865,15	*kNcm*
Momento flector plástico: Mp =	30742,95	*kNcm*
Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	30742,95	*kNcm*

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	394,0	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	112,93	*cm*	
X1 =	12215,60	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	

longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	167,12	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	21492,12	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	-19652,23	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso
Caso Lb > Lr			
momento nominal: Mn = Mcr =	10392,63	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	10392,63	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	10392,63	*kNcm*
Φb	0,90	
momento de diseño: Md =	**9353,37**	***kNcm***
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,80**	***B.C.***

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	6,25	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	51,00	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	394	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	394	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	16,27	
esbeltez λx =	24,22	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,12**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	394	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	394	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	2,95	*cm*
esbeltez λy =	133,56	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,67**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	133,56	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,77	
√Q . λc =	1,77	
tensión crítica: Fcr =	9,70	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	574,52	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**488,34**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	7500,00	*kN/cm2*
Md	9353,37	*kN/cm2*
Pu	0,00	*kN*
Pd	488,34	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,80**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	2042,40	*kN*
Fi	0,90	
Pd	1838,16	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	2664,00	*kN*
Fi	0,75	
Pd	1998,00	*kN*
Pd	**1838,16**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	7500,00	*kNcm*
Md	9353,37	*kNcm*
Pu	210,00	*kN*
Pd	1838,16	*kN*
Pu/Pd =	0,11	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,86**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	51,00	
hw / tw límite inferior = 1.1 √(kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √(kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,16	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	1,68	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	527,5312	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1091,99	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**982,79**	***kN***
Vu	4,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,00**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 2

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	8,12		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	47,60		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	32074,65	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	36300,9	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	36300,90	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	36300,90	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,000		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	394,0	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	147,01	*cm*	
X1 =	11873,15	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	211,45	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	25659,72	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	-4485,34	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	13770,63	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	13770,63	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	13770,63	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**12393,57**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,15**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	8,12	
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48	
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80	
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**	

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	47,60	
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87	
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**	
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**	

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1	
longitud real: Lx =	394	*cm*
longitud de pandeo: kx . Lx =	394	*cm*
radio de giro según eje x: rx =	16,55	
esbeltez λx =	23,81	
esbeltez límite: λx =	200,00	
λ/λlim	**0,12**	***B.C.***

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1	
longitud real: Ly =	394	*cm*
longitud de pandeo: ky . Ly =	394	*cm*
radio de giro según eje y: ry =	3,84	*cm*
esbeltez λy =	102,60	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,51**	***B.C.***

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	102,60	
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,36	
√Q . λc =	1,36	
tensión crítica: Fcr =	15,97	*kN/cm2*
resistencia nominal a compresión: Pn =	1092,47	*kN*
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85	
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**928,60**	***kN***

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	1800,00	*kN/cm2*
Md	12393,57	*kN/cm2*
Pu	420,00	*kN*
Pd	928,60	*kN*
Pu/Pd =	0,45	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,58**	***B.C.***

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	2359,80	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2123,82	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	3078,00	*kN*
Fi	0,75	
Pd	2308,50	*kN*
Pd	**2123,82**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	1800,00	*kNcm*

Md	12393,57	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2123,82	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,15**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	47,60	
hw / tw límite inferior = 1.1 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 $\sqrt{}$ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,24	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	1,93	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	719,7048	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1489,79	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**1340,81**	***kN***
Vu	28,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,02**	***B.C.***

4. VERIFICACIÓN EN ELU - ESTADO 3

4.1. Resistencia a flexión de miembros de sección compacta (lw ≤ lpw y lf ≤ lpf)

4.1.1. Estado límite de pandeo local del ala comprimida

Esbeltez del ala: lf =	8,12		
Esbeltez del ala límite para ala compacta: lpf =	9,15	***Compacta***	
Esbeltez del ala límite para ala no compacta: lrf =	22,34		

4.1.2. Estado límite de pandeo local del alma comprimida

Esbeltez del alma: lw=	47,60		
Esbeltez del alma límite para alma compacta: lpw =	90,53	***Compacta***	
Esbeltez del alma límite para alma no compacta: lrw =	137,24		

4.1.3. Estado límite de plastificación

Momento flector elástico: My =	32074,65	*kNcm*	
Momento flector plástico: Mp =	36300,9	*kNcm*	
Momento nominal: Mn =	36300,90	*kNcm*	

4.1.4. Estado límite de pandeo lateral torsional

Caso Lb ≤ Lp

Momento nominal: Mn =	36300,90	*kNcm*	

Caso Lp < Lb ≤ Lr

Máximo momento flector en el segmento no arriostrado: Mmáx =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/4 de la luz del segmento no arriostrado: MA =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 1/2 de la luz del segmento no arriostrado: MB =		*kNcm*	
Momento flector en sección a 3/4 de la luz del segmento no arriostrado: MC =		*kNcm*	
Factor de modificación del diagrama de momentos flectores: Cb =	1,140		*Se puede adoptar Cb=1
Longitud lateralmente no arriostrada: Lb =	394,0	*cm*	*Separación puntales, se pueden poner tornapuntas
Longitud lat. no arriostrada límite para alcanzar momento plástico: Lp =	147,01	*cm*	
X1 =	11873,15	*MPa*	
tensión residual de compresión en el ala: Fr =	6,9	*kN/cm2*	
FL =	27,6	*kN/cm2*	
longitud lat. no arriostrada límite para pandeo lateral torsional inelástico: Lr =	211,45	*cm*	
momento límite de pandeo lateral torsional: Mr = FL * Sx =	25659,72	*kNcm*	
momento nominal: Mn =	-5113,28	*kNcm*	*Si da negativo no es este caso

Caso Lb > Lr

momento nominal: Mn = Mcr =	15698,52	*kNcm*	

4.1.4.1. Momento nominal

Caso	**Lb > Lr**	
momento nominal: Mn =	15698,52	*kNcm*

4.1.4.2. Momento de diseño

momento nominal: Mn =	15698,52	*kNcm*	
Φb	0,90		
momento de diseño: Md =	**14128,67**	***kNcm***	
esfuerzo requerido / esfuerzo de diseño =	**0,35**	***B.C.***	

4.2. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (compresión)

4.2.1. Cálculo del factor de reducción por pandeo local (abollamiento)

4.2.1.1. Ala

relación de esbeltez del ala: bf/(2 tf) =	8,12		
relación de esbeltez límite 1 del ala: lr1 =	13,48		
relación de esbeltez límite 2 del ala: lr2 =	24,80		
Factor de reducción para elemento no rigidizado: Qs =	**1**		

4.2.1.2. Alma

relación de esbeltez del alma: hw / tw =	47,60		
relación de esbeltez límite del alma: lr =	35,87		
Factor de reducción para elemento rigidizado: Qa =	**1**		
factor de reducción global del perfil: Q = Qs . Qa =	**1**		

4.2.2. Esbeltez según eje x (plano y-z)

factor de longitud efectiva: kx =	1		
longitud real: Lx =	394	*cm*	
longitud de pandeo: kx . Lx =	394	*cm*	
radio de giro según eje x: rx =	16,55		
esbeltez λx =	23,81		
esbeltez límite: λx =	200,00		
λ/λlim	**0,12**	***B.C.***	

4.2.3. Pandeo según eje y (plano x-z)

factor de longitud efectiva: ky =	1		
longitud real: Ly =	394	*cm*	
longitud de pandeo: ky . Ly =	394	*cm*	
radio de giro según eje y: ry =	3,84	*cm*	
esbeltez λy =	102,60		
esbeltez límite: λy =	200,00		
λ/λlim	**0,51**	***B.C.***	

4.2.4. Cálculo de la resistencia de diseño a compresión

esbeltez determinante: λdet =	102,60		
factor de esbeltez adimensional: λc =	1,36		
√Q . λc =	1,36		
tensión crítica: Fcr =	15,97	*kN/cm2*	
resistencia nominal a compresión: Pn =	1092,47	*kN*	
factor de minoración de resistencia: Φc =	0,85		
resistencia de diseño a compresión: Pd =	**928,60**	***kN***	

4.2.5. Verificación a flexocompresión

Mu	5000,00	*kN/cm2*	
Md	14128,67	*kN/cm2*	
Pu	225,00	*kN*	
Pd	928,60	*kN*	
Pu/Pd =	0,24		
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,56**	***B.C.***	

4.3. Cálculo de la resistencia de diseño a esfuerzo normal (tracción)

4.3.1. Fluencia

Pn	2359,80	*kN*
Fi	0,90	
Pd	2123,82	*kN*

4.3.2. Rotura

Pn	3078,00	*kN*
Fi	0,75	
Pd	2308,50	*kN*
Pd	**2123,82**	***kN***

4.3.3. Verificación flexotracción

Mu	5000,00	*kNcm*

Md	14128,67	*kNcm*
Pu	0,00	*kN*
Pd	2123,82	*kN*
Pu/Pd =	0,00	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,35**	***B.C.***

4.4. Verificación a esfuerzos de corte (debe verificarse Vu ≤ Vd)

coeficiente de abolladura del alma: kv =	5	
hw / tw =	47,60	
hw / tw límite inferior = 1.1 √ (kv.E/Fy)	59,22	
hw / tw límite superior = 1.37 √ (kv.E/Fy)	73,76	
coeficiente de corte para hw / tw ≤ hw / tw límite inferior: Cv1 =	1,00	
coeficiente de corte para hw / tw límite inferior < hw / tw ≤ hw / tw límite superior: Cv2 =	1,24	
coeficiente de corte para hw / tw > hw / tw límite superior: Cv3 =	1,93	
coeficiente de corte para este caso: Cv =	1,00	
área del alma: Aw =	719,7048	*cm2*
resistencia nominal al corte: Vn =	1489,79	*kN*
factor de minoración Φv =	0,90	
resistencia de diseño al corte: Vd =	**1340,81**	***kN***
Vu	10,00	*kN*
esfuerzo requerido / diseño =	**0,01**	***B.C.***

T1

1. DATOS GENERALES

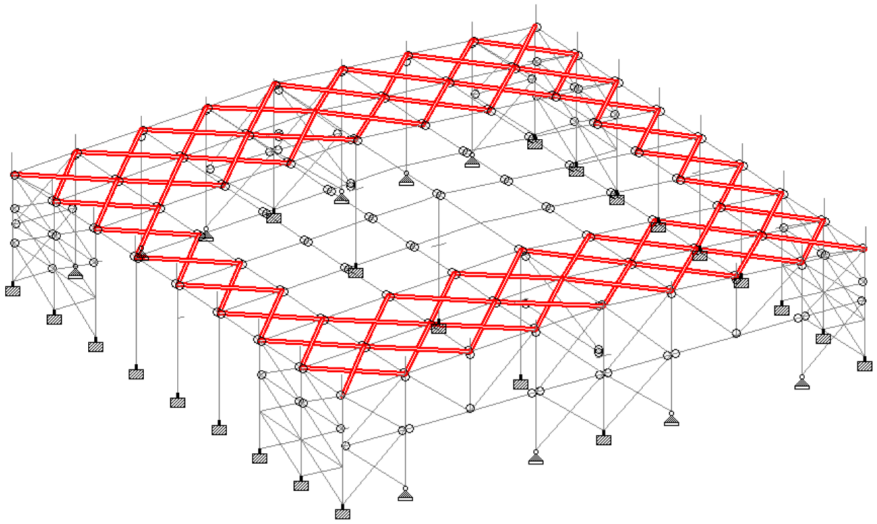
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	37	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Longitud: L =	8,43	*m*

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

Tu	110	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**L 102 x 102 x 6,4 ***	
b	101,6	*mm*
t	6,4	*mm*
r	12	*mm*
r1	6	*mm*
b/t	15,9	
Ag	12,80	*cm2*
Peso	10,05	*Kg/m*
ex=ey	2,71	*cm*
w	7,21	*cm*
v1	3,82	*cm*
Ix=Iy	125,53	*cm4*
Sx=Sy	16,76	*cm3*
rx=ry	3,13	*cm*
Iv	47,85	*cm4*
Sv	12,52	*cm3*
iv	1,93	*cm*

Iz	203,21	*cm4*
iz	3,98	*cm*
J	1,720	*cm4*
Cw	13,88	*cm6*

4. VERIFICACIÓN EN ELU

4.1. Pandeo global - Eje v

Lv	4,22	*m*
k	1,00	
rv	1,93	*cm*
λv	218,39	*≤300*

4.2. Pandeo global - Eje x

Lx	8,43	*m*
k	1,00	
rx	3,13	*cm*
λx	269,33	*≤300*

4.3. Fluencia área bruta

Area bruta: Ag	12,80	*cm2*
Pn	300,80	*kN*
Ø	0,9	
Pd	**270,72**	***kN***

4.4. Rotura área neta

U	1,00	
Area neta: Ae	12,80	*cm2*
Tensión de rotura: Fu	37,00	*kN/cm2*
Pn	473,60	*kN*
Ø	0,75	
Pd	**355,20**	***kN***

4.5. Verificación a Tracción

Pd	270,72	*kN*
Tu	110	*kN*
Pu/Pd	**0,41**	***B.C.***

T2

1. DATOS GENERALES

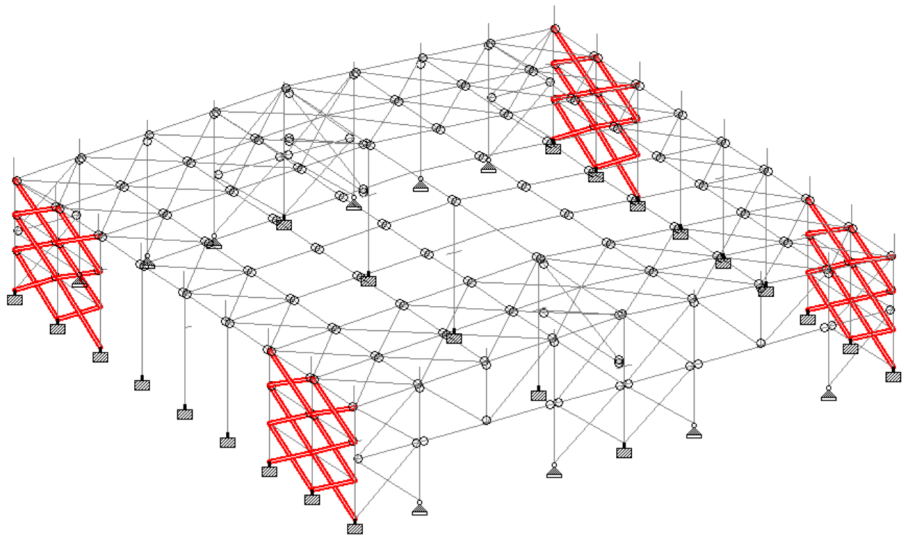
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	37	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Longitud: L =	6,95	*m*

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

Tu	143	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**L 102 x 102 x 6,4 ***	
b	101,6	*mm*
t	6,4	*mm*
r	12	*mm*
r1	6	*mm*
b/t	15,9	
Ag	12,80	*cm2*
Peso	10,05	*Kg/m*
ex=ey	2,71	*cm*
w	7,21	*cm*
v1	3,82	*cm*
Ix=Iy	125,53	*cm4*
Sx=Sy	16,76	*cm3*
rx=ry	3,13	*cm*
Iv	47,85	*cm4*
Sv	12,52	*cm3*
iv	1,93	*cm*

Iz	203,21	*cm4*
iz	3,98	*cm*
J	1,720	*cm4*
Cw	13,88	*cm6*

4. VERIFICACIÓN EN ELU

4.1. Pandeo global - Eje v

Lv	3,48	*m*
k	1,00	
rv	1,93	*cm*
λv	180,05	*≤300*

4.2. Pandeo global - Eje x

Lx	6,95	*m*
k	1,00	
rx	3,13	*cm*
λx	222,04	*≤300*

4.3. Fluencia área bruta

Area bruta: Ag	12,80	*cm2*
Pn	300,80	*kN*
Ø	0,9	
Pd	**270,72**	***kN***

4.4. Rotura área neta

U	1,00	
Area neta: Ae	12,80	*cm2*
Tensión de rotura: Fu	37,00	*kN/cm2*
Pn	473,60	*kN*
Ø	0,75	
Pd	**355,20**	***kN***

4.5. Verificación a Tracción

Pd	270,72	*kN*
Tu	143	*kN*
Pu/Pd	**0,53**	***B.C.***

T3

1. DATOS GENERALES

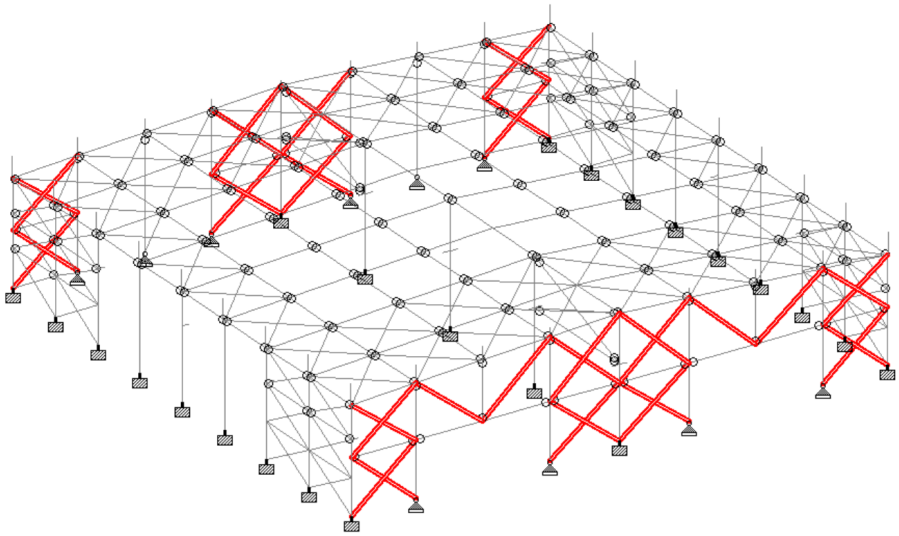
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	37	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Longitud: L =	8,70	*m*

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

Tu	111	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**L 102 x 102 x 6,4 ***	
b	101,6	*mm*
t	6,4	*mm*
r	12	*mm*
r1	6	*mm*
b/t	15,9	
Ag	12,80	*cm2*
Peso	10,05	*Kg/m*
ex=ey	2,71	*cm*
w	7,21	*cm*
v1	3,82	*cm*
Ix=Iy	125,53	*cm4*
Sx=Sy	16,76	*cm3*
rx=ry	3,13	*cm*
Iv	47,85	*cm4*
Sv	12,52	*cm3*
iv	1,93	*cm*

Iz	203,21	*cm4*
iz	3,98	*cm*
J	1,720	*cm4*
Cw	13,88	*cm6*

4. VERIFICACIÓN EN ELU

4.1. Pandeo global - Eje v

Lv	4,35	*m*
k	1,00	
rv	1,93	*cm*
λv	225,39	*≤300*

4.2. Pandeo global - Eje x

Lx	8,70	*m*
k	1,00	
rx	3,13	*cm*
λx	277,96	*≤300*

4.3. Fluencia área bruta

Area bruta: Ag	12,80	*cm2*
Pn	300,80	*kN*
Ø	0,9	
Pd	**270,72**	***kN***

4.4. Rotura área neta

U	1,00	
Area neta: Ae	12,80	*cm2*
Tensión de rotura: Fu	37,00	*kN/cm2*
Pn	473,60	*kN*
Ø	0,75	
Pd	**355,20**	***kN***

4.5. Verificación a Tracción

Pd	270,72	*kN*
Tu	111	*kN*
Pu/Pd	**0,41**	***B.C.***

T4

1. DATOS GENERALES

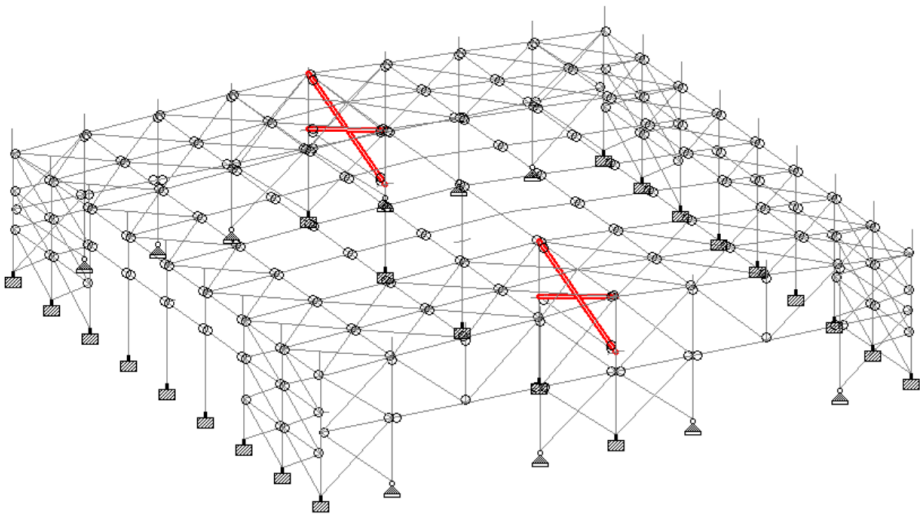
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	37	*kN/cm2*

1.2. Geometría

Longitud: L =	12,40	*m*

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

Fuerza longitudinal frenado 1 rueda Z=	9,67	*kN*
Zu=1,6 x 4 x Z =	61,91	*kN*
Inclinación tensor	20	°
Tu	65,89	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**L 152 x 152 x 9,5**	
b	152,4	*mm*
t	9,5	*mm*
r	16	*mm*
r1	8	*mm*
b/t	16,0	
Ag	28,25	*cm2*
Peso	22,18	*Kg/m*
ex=ey	4,06	*cm*
w	10,75	*cm*
v1	5,72	*cm*
Ix=Iy	620,29	*cm4*
Sx=Sy	55,68	*cm3*
rx=ry	4,69	*cm*

	Iv	238,52	*cm4*
	Sv	41,67	*cm3*
	iv	2,91	*cm*
	Iz	1002,06	*cm4*
	iz	5,96	*cm*
	J	8,439	*cm4*
	Cw	153,3	*cm6*

4. VERIFICACIÓN EN ELU

4.1. Pandeo global - Eje v

	Lv	6,20	*m*
	k	1,00	
	rv	2,91	*cm*
	λv	213,06	*≤300*

4.2. Pandeo global - Eje x

	Lx	12,40	*m*
	k	1,00	
	rx	4,69	*cm*
	λx	264,39	*≤300*

4.3. Fluencia área bruta

Area bruta:	Ag	28,25	*cm2*
	Pn	663,88	*kN*
	Ø	0,9	
	Pd	**597,49**	***kN***

4.4. Rotura área neta

	U	1,00	
Area neta:	Ae	28,25	*cm2*
Tensión de rotura:	Fu	37,00	*kN/cm2*
	Pn	1045,25	*kN*
	Ø	0,75	
	Pd	**783,94**	***kN***

4.5. Verificación a Tracción

	Pd	597,49	*kN*
	Tu	65,89	*kN*
	Pu/Pd	**0,11**	***B.C.***

P1

1. DATOS GENERALES

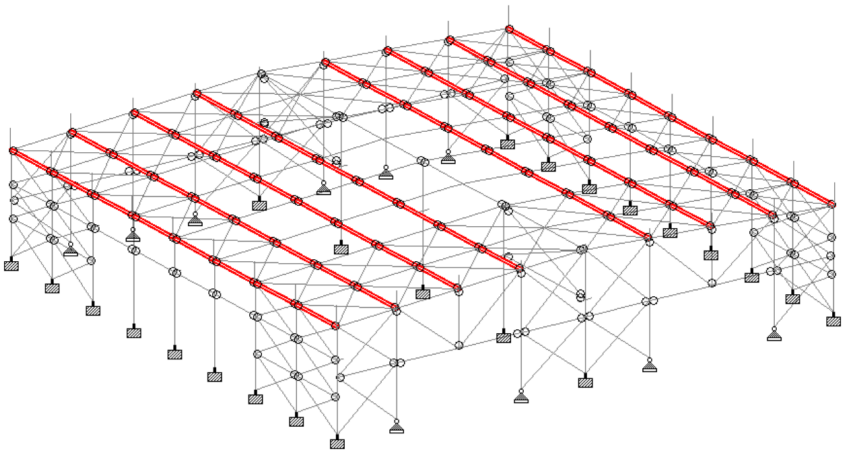
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero G=	7720	*kN/cm2*
Coeficiente de Poisson μ =	0,3	

1.3. Geometría

Lx =	6,00	*m*
Ly =	6,00	*m*

1.2. Ubicación



2. ESFUERZOS

Cargas axiales en puntales (compresión)

Pu	134	*kN*

Cargas qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	Mu1=	13,01	*kNm*
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	Mu2=	8,91	*kNm*
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	Mu3=	-15,65	*kNm*

3. SECCIÓN PUNTAL

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil 2x	**C 220-80-30-3,2**	
ht	220	*mm*
bt (1 perfil)	80	*mm*
bt (total)	160	*mm*
dt	30	*mm*
t=ri	3,2	*mm*
Ag (1 perfil)	13,41	*cm2*
Ag (total)	26,82	*cm2*
Jx (total)	1961,14	*cm4*
Sx (total)	178,28	*cm3*
rx	8,55	*cm*
Jy (1 perfil)	120,38	*cm4*
Sy1 (1 perfil)	47,51	*cm3*
Sy2 (1 perfil)	22,02	*cm3*
ry (1 perfil)	3	*cm*
xg (1 perfil)	2,53	*cm*
xc (1 perfil)	6,15	*cm*
Jt (1 perfil)	0,46	*cm4*
Cw (1 perfil)	13115	*cm6*

4. VERIFICACIÓN EN ELU

4.1. Resistencia a compresión

4.1.1. Pandeo flexional - Eje Y

ky	1,00	

Ly	600,00	*cm*
ry	6,00	*cm*
esbeltez λy =	100,00	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,50**	***B.C.***
Fey	**19,74**	***kN/cm2***

4.1.2. Pandeo fllexional - Eje X

kx	1,00	
Lx	600,00	*cm*
rx	8,55	*cm*
esbeltez λy =	70,18	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,35**	***B.C.***
Fex	**40,08**	***kN/cm2***
Fe = mín(Fex, Fey)	**19,74**	***kN/cm2***

4.1.3. Tensión nominal

λc	1,09	*<1,5*
Fn	**14,28**	***kN/cm2***

4.1.4. Ancho efectivo de alma

k	4,00	
h	20,72	*cm*
Fcr	7462,39	*kN/cm2*
λ	0,04	*Alma totalmente efectiva*
ρ	-	
be	-	*cm*
Ae	**26,82**	***cm2***

4.1.5. Verificación a compresión

Ø	0,85	
Pd	325,49	*kN*
Pu	134	*kN*
Pu/Pd	**0,41**	***B.C.***

4.2. Resistencia a flexión

4.2.1. Viga arriostrada en el chapeado con cargas de presión

Md = 0.9 Fy S	37,71	*kNm*
Mu1	13,01	*kNm*
Mu2	8,91	*kNm*
Mu1/Md	**0,35**	***B.C.***
Mu2/Md	**0,24**	***B.C.***

4.2.2. Viga arriostrada en forma discontinua con tillas

N° tillas	1	
L	6,000	*m*
Lb	3,000	*m*
Cb	1,32	
Iy	240,76	
Iyc	120,38	*cm4*
Fe	43,01	*kN/cm2*
Fc	22,15	*kN/cm2*
Md	35,54	*kNm*
Mu3	15,65	*kNm*
Mu3/Md	**0,44**	***B.C.***

4.2. Verificación Flexocompresión

4.2.1. Con cargas de presión

Mu	13,01	*kNm*
Md	37,71	*kNm*
Pu	134,00	*kN*
Pd	325,49	*kN*
Pu/Pd =	0,41	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,72**	***B.C.***

4.2.1. Con cargas de succión

Mu	15,65	*kNm*
Md	35,54	*kNm*
Pu	134,00	*kN*
Pd	325,49	*kN*
Pu/Pd =	0,41	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,80**	***B.C.***

P2

1. DATOS GENERALES

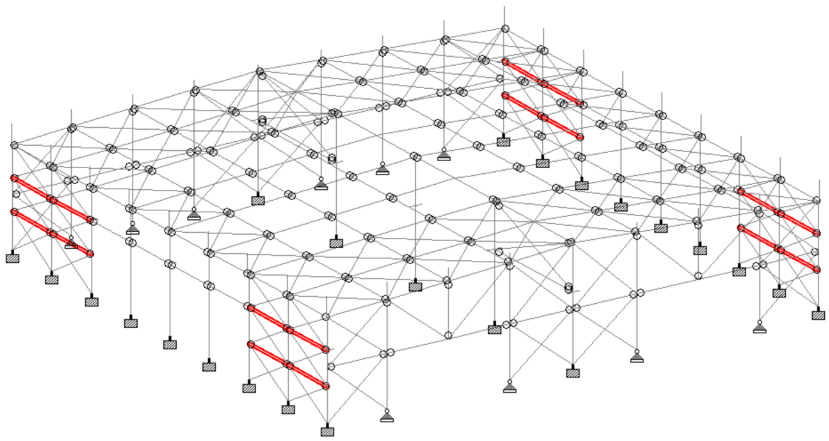
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero G=	7720	*kN/cm2*
Coeficiente de Poisson μ =	0,3	

1.3. Geometría

Lx =	6,00	*m*
Ly =	6,00	*m*

1.2. Ubicación



2. ESFUERZOS

Cargas axiales en puntales (compresión)

Pu	122	*kN*

Cargas qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	Mu1=	5,22	*kNm*
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	Mu2=	9,79	*kNm*
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	Mu3=	-11,75	*kNm*

3. SECCIÓN PUNTAL

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil 2x	**C 200-80-30-3,2**	
ht	200	*mm*
bt (1 perfil)	80	*mm*
bt (total)	160	*mm*
dt	30	*mm*
t=ri	3,2	*mm*
Ag (1 perfil)	12,77	*cm2*
Ag (total)	25,54	*cm2*
Jx (total)	1566,92	*cm4*
Sx (total)	156,7	*cm3*
rx	7,83	*cm*
Jy (1 perfil)	116,59	*cm4*
Sy1 (1 perfil)	43,96	*cm3*
Sy2 (1 perfil)	21,8	*cm3*
ry (1 perfil)	3,02	*cm*
xg (1 perfil)	2,65	*cm*
xc (1 perfil)	6,37	*cm*
Jt (1 perfil)	0,44	*cm4*
Cw (1 perfil)	10825	*cm6*

4. VERIFICACIÓN EN ELU

4.1. Resistencia a compresión

4.1.1. Pandeo flexional - Eje Y

ky	1,00	

Ly	600,00	*cm*
ry	6,04	*cm*
esbeltez λy =	99,34	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,50**	***B.C.***
Fey	**20,00**	***kN/cm2***

4.1.2. Pandeo fllexional - Eje X

kx	1,00	
Lx	600,00	*cm*
rx	7,83	*cm*
esbeltez λy =	76,63	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,38**	***B.C.***
Fex	**33,62**	***kN/cm2***
Fe = mín(Fex, Fey)	**20,00**	***kN/cm2***

4.1.3. Tensión nominal

λc	1,08	*<1,5*
Fn	**14,37**	***kN/cm2***

4.1.4. Ancho efectivo de alma

k	4,00	
h	18,72	*cm*
Fcr	6091,30	*kN/cm2*
λ	0,05	*Alma totalmente efectiva*
ρ	-	
be	-	*cm*
Ae	**25,54**	***cm2***

4.1.5. Verificación a compresión

Ø	0,85	
Pd	312,00	*kN*
Pu	122	*kN*
Pu/Pd	**0,39**	***B.C.***

4.2. Resistencia a flexión

4.2.1. Viga arriostrada en el chapeado con cargas de presión

Md = 0.9 Fy S	33,14	*kNm*
Mu1	5,22	*kNm*
Mu2	9,79	*kNm*
Mu1/Md	**0,16**	***B.C.***
Mu2/Md	**0,30**	***B.C.***

4.2.2. Viga arriostrada en forma discontinua con tillas

N° tillas	2	
L	6,000	*m*
Lb	2,000	*m*
Cb	1,32	
Iy	233,18	
Iyc	116,59	*cm4*
Fe	96,94	*kN/cm2*
Fc	24,35	*kN/cm2*
Md	34,34	*kNm*
Mu3	11,75	*kNm*
Mu3/Md	**0,34**	***B.C.***

4.2. Verificación Flexocompresión

4.2.1. Con cargas de presión

Mu	9,79	*kNm*
Md	33,14	*kNm*
Pu	122,00	*kN*
Pd	312,00	*kN*
Pu/Pd =	0,39	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,65**	***B.C.***

4.2.1. Con cargas de succión

Mu	11,75	*kNm*
Md	34,34	*kNm*
Pu	122,00	*kN*
Pd	312,00	*kN*
Pu/Pd =	0,39	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,70**	***B.C.***

P3

1. DATOS GENERALES

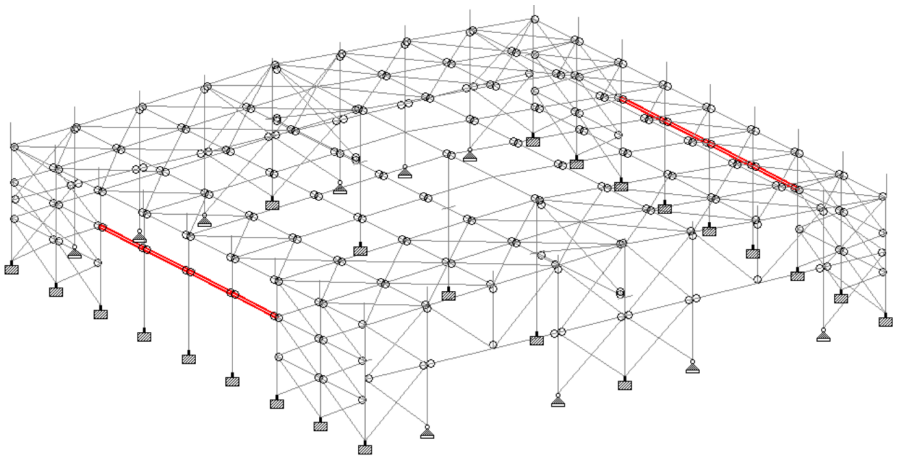
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero G=	7720	*kN/cm2*
Coeficiente de Poisson μ =	0,3	

1.2. Geometría

Lx =	6,00	*m*
Ly =	6,00	*m*

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

Cargas axiales en puntales (compresión)

Pu	60	*kN*

Cargas qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	Mu1=	5,22	*kNm*
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	Mu2=	9,79	*kNm*
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	Mu3=	-11,75	*kNm*

3. SECCIÓN PUNTAL

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil 2x	**C 200-70-25-2,5**	
ht	200	*mm*
bt (1 perfil)	70	*mm*
bt (total)	140	*mm*
dt	25	*mm*
t=ri	2,5	*mm*
Ag (1 perfil)	9,34	*cm2*
Ag (total)	18,68	*cm2*
Jx (total)	1128,04	*cm4*
Sx (total)	112,8	*cm3*
rx	7,77	*cm*
Jy (1 perfil)	63,53	*cm4*
Sy1 (1 perfil)	29,62	*cm3*
Sy2 (1 perfil)	13,08	*cm3*
ry (1 perfil)	2,61	*cm*
xg (1 perfil)	2,14	*cm*
xc (1 perfil)	5,26	*cm*
Jt (1 perfil)	0,19	*cm4*
Cw (1 perfil)	5566	*cm6*

4. VERIFICACIÓN EN ELU

4.1. Resistencia a compresión

4.1.1. Pandeo flexional - Eje Y

ky	1,00	

Ly	600,00	*cm*
ry	5,22	*cm*
esbeltez λy =	114,94	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,57**	***B.C.***
Fey	**14,94**	***kN/cm2***

4.1.2. Pandeo fllexional - Eje X

kx	1,00	
Lx	600,00	*cm*
rx	7,77	*cm*
esbeltez λy =	77,22	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,39**	***B.C.***
Fex	**33,10**	***kN/cm2***
Fe = mín(Fex, Fey)	**14,94**	***kN/cm2***

4.1.3. Tensión nominal

λc	1,25	*<1,5*
Fn	**12,17**	***kN/cm2***

4.1.4. Ancho efectivo de alma

k	4,00	
h	19,00	*cm*
Fcr	10280,76	*kN/cm2*
λ	0,03	*Alma totalmente efectiva*
ρ	-	
be	-	*cm*
Ae	**18,68**	***cm2***

4.1.5. Verificación a compresión

Ø	0,85	
Pd	193,18	*kN*
Pu	60	*kN*
Pu/Pd	**0,31**	***B.C.***

4.2. Resistencia a flexión

4.2.1. Viga arriostrada en el chapeado con cargas de presión

Md = 0.9 Fy S	23,86	*kNm*
Mu1	5,22	*kNm*
Mu2	9,79	*kNm*
Mu1/Md	**0,22**	***B.C.***
Mu2/Md	**0,41**	***B.C.***

4.2.2. Viga arriostrada en forma discontinua con tillas

N° tillas	2	
L	6,000	*m*
Lb	2,000	*m*
Cb	1,32	
Iy	127,06	
Iyc	63,53	*cm4*
Fe	73,37	*kN/cm2*
Fc	23,79	*kN/cm2*
Md	24,15	*kNm*
Mu3	11,75	*kNm*
Mu3/Md	**0,49**	***B.C.***

4.2. Verificación Flexocompresión

4.2.1. Con cargas de presión

Mu	9,79	*kNm*
Md	23,86	*kNm*
Pu	60,00	*kN*
Pd	193,18	*kN*
Pu/Pd =	0,31	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,68**	***B.C.***

4.2.1. Con cargas de succión

Mu	11,75	*kNm*
Md	24,15	*kNm*
Pu	60,00	*kN*
Pd	193,18	*kN*
Pu/Pd =	0,31	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,74**	***B.C.***

P4

1. DATOS GENERALES

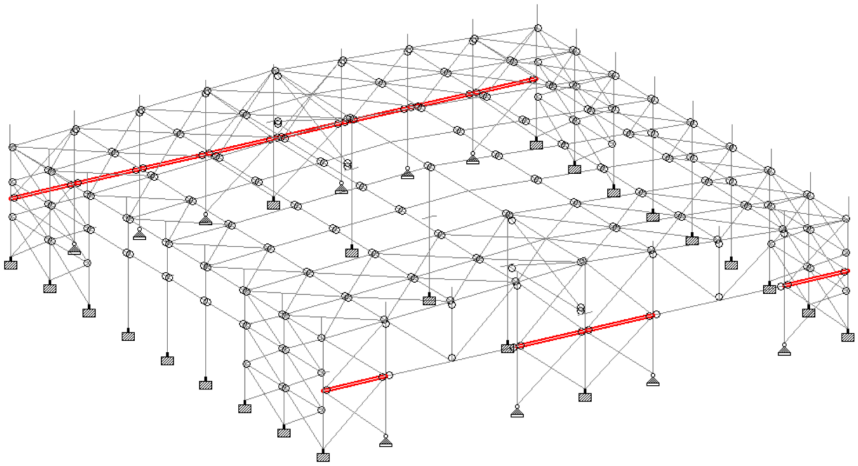
1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 24**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	23,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero G=	7720	*kN/cm2*
Coeficiente de Poisson μ =	0,3	

1.2. Geometría

Lx =	6,00	*m*
Ly =	6,00	*m*

1.3. Ubicación



2. ESFUERZOS

Cargas axiales en puntales (compresión)

Pu	60	*kN*

Cargas qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	Mu1=	5,22	*kNm*
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	Mu2=	9,79	*kNm*
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	Mu3=	-11,75	*kNm*

3. SECCIÓN PUNTAL

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil 2x	**C 200-70-25-2,5**	
ht	200	*mm*
bt (1 perfil)	70	*mm*
bt (total)	140	*mm*
dt	25	*mm*
t=ri	2,5	*mm*
Ag (1 perfil)	9,34	*cm2*
Ag (total)	18,68	*cm2*
Jx (total)	1128,04	*cm4*
Sx (total)	112,8	*cm3*
rx	7,77	*cm*
Jy (1 perfil)	63,53	*cm4*
Sy1 (1 perfil)	29,62	*cm3*
Sy2 (1 perfil)	13,08	*cm3*
ry (1 perfil)	2,61	*cm*
xg (1 perfil)	2,14	*cm*
xc (1 perfil)	5,26	*cm*
Jt (1 perfil)	0,19	*cm4*
Cw (1 perfil)	5566	*cm6*

4. VERIFICACIÓN EN ELU

4.1. Resistencia a compresión

4.1.1. Pandeo flexional - Eje Y

ky	1,00	

Ly	600,00	*cm*
ry	5,22	*cm*
esbeltez λy =	114,94	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,57**	***B.C.***
Fey	**14,94**	***kN/cm2***

4.1.2. Pandeo fllexional - Eje X

kx	1,00	
Lx	600,00	*cm*
rx	7,77	*cm*
esbeltez λy =	77,22	
esbeltez límite: λy =	200,00	
λ/λlim	**0,39**	***B.C.***
Fex	**33,10**	***kN/cm2***
Fe = mín(Fex, Fey)	**14,94**	***kN/cm2***

4.1.3. Tensión nominal

λc	1,25	*<1,5*
Fn	**12,17**	***kN/cm2***

4.1.4. Ancho efectivo de alma

k	4,00	
h	19,00	*cm*
Fcr	10280,76	*kN/cm2*
λ	0,03	*Alma totalmente efectiva*
ρ	-	
be	-	*cm*
Ae	**18,68**	***cm2***

4.1.5. Verificación a compresión

Ø	0,85	
Pd	193,18	*kN*
Pu	60	*kN*
Pu/Pd	**0,31**	***B.C.***

4.2. Resistencia a flexión

4.2.1. Viga arriostrada en el chapeado con cargas de presión

Md = 0.9 Fy S	23,86	*kNm*
Mu1	5,22	*kNm*
Mu2	9,79	*kNm*
Mu1/Md	**0,22**	***B.C.***
Mu2/Md	**0,41**	***B.C.***

4.2.2. Viga arriostrada en forma discontinua con tillas

N° tillas	2	
L	6,000	*m*
Lb	2,000	*m*
Cb	1,32	
Iy	127,06	
Iyc	63,53	*cm4*
Fe	73,37	*kN/cm2*
Fc	23,79	*kN/cm2*
Md	24,15	*kNm*
Mu3	11,75	*kNm*
Mu3/Md	**0,49**	***B.C.***

4.2. Verificación Flexocompresión

4.2.1. Con cargas de presión

Mu	9,79	*kNm*
Md	23,86	*kNm*
Pu	60,00	*kN*
Pd	193,18	*kN*
Pu/Pd =	0,31	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,68**	***B.C.***

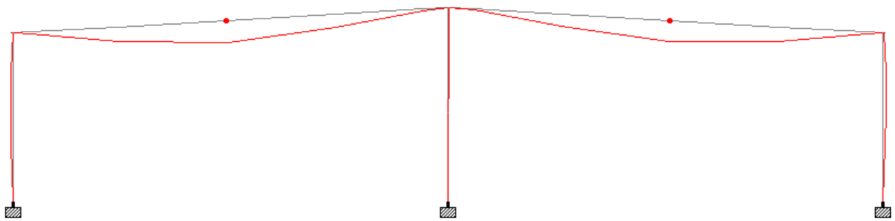
4.2.1. Con cargas de succión

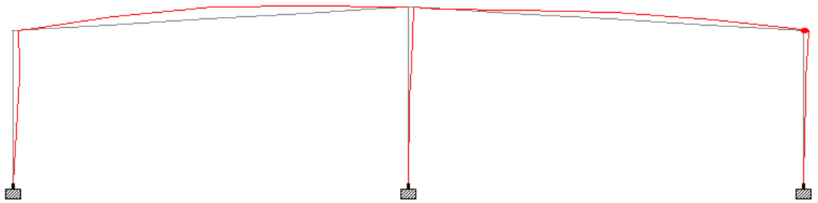
Mu	11,75	*kNm*
Md	24,15	*kNm*
Pu	60,00	*kN*
Pd	193,18	*kN*
Pu/Pd =	0,31	
(Pu/(2 Pd) + Mu/Md) o (Pu/Pd + 8/9 Mu/Md)	**0,74**	***B.C.***

VERIFICACIÓN DE DEFORMACIONES

VERIFICACIÓN DE DEFORMACIONES VERTICALES											
Sentido	***Sector***	***Flecha [mm]***		***L [m]***	***Estado de carga***	***CARGA TOTAL***		***Verificación***	***CARGA VARIABLE***		***Verificación***
		Carga Total	***Carga Variable***			***L/***	***fadm [mm]***		***L/***	***fadm [mm]***	
Vertical	Nodo mitad de la luz viga de techo	102,00	90,0	24,600	E) D+W3: f tot. (⇧) E) D+L+Lr: f var. (⇩)	150	164	**Verifica**	180	137	**Verifica**

VERIFICACIÓN DE DEFORMACIONES HORIZONTALES											
Sentido	***Sector***	***Flecha en servicio [mm]***		***H [m]***	***Estado de carga***	***CARGA TOTAL***		***Verificación***	***CARGA VARIABLE***		***Verificación***
		Carga Total	***Carga Variable***			***L/***	***fadm [mm]***		***L/***	***fadm [mm]***	
Horizontal	Desplazamiento de columna con respecto a la base por acción de viento	17,00	17,0	9,500	E) D+W3: f tot. (⇨) E) D+Lr+L4: f var. (⇨)	150	63	**Verifica**	160	59	**Verifica**
	Desplazamiento de columna con respecto a la base por acción de puente grúa	7,0	7,0	9,500	E) D+L1: f PG. (⇨)	-	-	**-**	400	24	**Verifica**





1. CORREA DE TECHO (ZONA 1)

Perfil C	ht	bt	dt	t=ri	Jx [cm4]
220 x 80 x 30 x 2,5	220	80	30	2,50	782,56

Fy	23,5	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
Sep. entre correas	1,54	m
Luz	6,00	m
Angulo	0,068	rad
cos(A)	0,998	
D chapa	0,07	kN/m2
D correa	0,07	kN/m2
Lr	0,96	kN/m2

Cargas Repartidas

D	0,22	kN/m
Lr	1,29	kN/m
W presión	0,75	kN/m
W succión	-2,14	kN/m

Flecha $f = (5/384)\ (q \times Luz^4) / (E \times J)$

ELS

Lr	1,29	kN/m	f	1,39	cm	*OK*
W	-2,14	kN/m	f	2,31	cm	*OK*
D+Lr	1,51	kN/m	f	1,62	cm	*OK*
D+W presión	0,97	kN/m	f	1,05	cm	*OK*
D+W succión	-1,93	kN/m	f	2,08	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wpresion)	1,65	kN/m	f	1,77	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wsucción)	-0,383	kN/m	f	0,41	cm	*OK*
f adm (Carga Variable)	L/	180	fadm	3,33	cm	
f adm (Total)	L/	150	fadm	4,00	cm	

ELU

qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	2,926	kN/m	Mu	13,17		kNm
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	2,035	kN/m	Mu	9,16		kNm
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	-3,022	kN/m	Mu	-13,60		kNm

PRESIÓN

				Mu/Md	
Arriostrado en el chapeado			**C1**	**0,87**	*OK*
Md = 0.9 Fy S	15,05	kNm	**C2**	**0,61**	*OK*

SUCCIÓN

Con Tillas

n° tillas	1	
L	6,000	m
Lb	3,000	m
Cb	1,32	
Iy	97,44	
Iyc	48,72	cm4
Fe	43,62	kN/cm2
Fc	22,20	kN/cm2

Md	-14,22	kNm	**C3**	**0,96**	*OK*

Sin Tillas

Md = 0.9 R S Fy	-6,02	kNm	**C3**	**2,26**	*MC*

	R
ht<165mm	0,7
165mm < ht < 216 mm	0,65
216 mm< ht < 292 mm	0,4
ht>292 mm	0

2. CORREA DE TECHO (ZONA 2a)

Perfil C	ht	bt	dt	t=ri	Jx [cm4]
220 x 80 x 30 x 3,2	220	80	30	3,20	980,57

Fy	23,5	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
Sep. entre correas	1,48	m
Luz	6,00	m
Angulo	0,068	rad
cos(A)	0,998	
D chapa	0,07	kN/m2
D correa	0,07	kN/m2
Lr	0,96	kN/m2

Cargas Repartidas

D	0,21	kN/m
Lr	1,29	kN/m
W presión	0,72	kN/m
W succión	-2,44	kN/m

ELS

Lr	1,29	kN/m	f	1,39	cm	*OK*
W	-2,44	kN/m	f	2,63	cm	*OK*
D+Lr	1,50	kN/m	f	1,61	cm	*OK*
D+W presión	0,93	kN/m	f	1,00	cm	*OK*
D+W succión	-2,23	kN/m	f	2,41	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wpresion)	1,62	kN/m	f	1,74	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wsucción)	-0,598	kN/m	f	0,64	cm	*OK*

f adm (Carga Variable)	L/	180	fadm	3,33	cm
f adm (Total)	L/	150	fadm	4,00	cm

ELU

qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	2,891	kN/m	Mu	13,01	kNm
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	1,979	kN/m	Mu	8,90	kNm
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	-3,472	kN/m	Mu	-15,62	kNm

PRESIÓN

				Mu/Md	
Arriostrado en el chapeado			**C1**	**0,69**	*OK*
Md = 0.9 Fy S	18,85	kNm	**C2**	**0,47**	*OK*

SUCCIÓN

Con Tillas

n° tillas	1				
L	6,000	m			
Lb	3,000	m			
Cb	1,32				
Iy	120,38				
Iyc	60,19	cm4			
Fe	43,01	kN/cm2			
Fc	22,15	kN/cm2			
Md	-17,77	kNm	**C3**	**0,88**	*OK*

Sin Tillas

Md = 0.9 R S Fy	-7,54	kNm	**C3**	**2,07**	*MC*

	R
ht<165mm	0,7
165mm < ht < 216 mm	0,65
216 mm< ht < 292 mm	0,4
ht>292 mm	0

3. CORREA DE TECHO (ZONA 2b)

Perfil C	ht	bt	dt	t=ri	Jx [cm4]
220 x 80 x 30 x 3,2	220	80	30	3,20	980,57

Fy	23,5	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
Sep. entre correas	1,598	m
Luz	6,00	m
Angulo	0,068	rad
cos(A)	0,998	
D chapa	0,07	kN/m2
D correa	0,07	kN/m2
Lr	0,96	kN/m2

Cargas Repartidas

D	0,22	kN/m
Lr	1,29	kN/m
W presión	0,78	kN/m
W succión	-2,64	kN/m

ELS

Lr	1,29	kN/m	f	1,39	cm	*OK*
W	-2,64	kN/m	f	2,84	cm	*OK*
D+Lr	1,51	kN/m	f	1,63	cm	*OK*
D+W presión	1,01	kN/m	f	1,08	cm	*OK*
D+W succión	-2,41	kN/m	f	2,60	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wpresion)	1,67	kN/m	f	1,81	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wsucción)	-0,719	kN/m	f	0,78	cm	*OK*
f adm (Carga Variable)	L/	180	fadm	3,33	cm	
f adm (Total)	L/	150	fadm	4,00	cm	

ELU

qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	2,958	kN/m	Mu	13,31	kNm
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	2,087	kN/m	Mu	9,39	kNm
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	-3,754	kN/m	Mu	-16,89	kNm

PRESIÓN

				Mu/Md	
Arriostrado en el chapeado		**C1**	**0,71**	*OK*	
Md = 0.9 Fy S	18,85 kNm	**C2**	**0,50**	*OK*	

SUCCIÓN

Con Tillas

n° tillas	1				
L	6,000	m			
Lb	3,000	m			
Cb	1,32				
Iy	120,38				
Iyc	60,19	cm4			
Fe	43,01	kN/cm2			
Fc	22,15	kN/cm2			
Md	-17,77	kNm	**C3**	**0,95**	*OK*

Sin Tillas

Md = 0.9 R S Fy	-7,54	kNm	**C3**	**2,24**	*MC*

	R
ht<165mm	0,7
165mm < ht < 216 mm	0,65
216 mm< ht < 292 mm	0,4
ht>292 mm	0

4. CORREA DE TECHO (ZONA 3)

Perfil C	ht	bt	dt	t=ri	Jx [cm4]
220 x 80 x 30 x 3,2	220	80	30	3,20	980,57

Fy	23,5	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
Sep. entre correas	1,48	m
Luz	6,00	m
Angulo	0,068	rad
cos(A)	0,998	
D chapa	0,07	kN/m2
D correa	0,07	kN/m2
Lr	0,96	kN/m2

Cargas Repartidas

D	0,21	kN/m
Lr	1,29	kN/m
W presión	0,72	kN/m
W succión	-2,44	kN/m

ELS

Lr	1,29	kN/m	f	1,39	cm	*OK*
W	-2,44	kN/m	f	2,63	cm	*OK*
D+Lr	1,50	kN/m	f	1,61	cm	*OK*
D+W presión	0,93	kN/m	f	1,00	cm	*OK*
D+W succión	-2,24	kN/m	f	2,41	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wpresion)	1,62	kN/m	f	1,74	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wsucción)	-0,600	kN/m	f	0,65	cm	*OK*

f adm (Carga Variable)	L/	180	fadm	3,33	cm
f adm (Total)	L/	150	fadm	4,00	cm

ELU

qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	2,892	kN/m	Mu	13,01	kNm
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	1,981	kN/m	Mu	8,91	kNm
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	-3,477	kN/m	Mu	-15,65	kNm

PRESIÓN

				Mu/Md	
Arriostrado en el chapeado			**C1**	**0,69**	*OK*
Md = 0.9 Fy S	18,85	kNm	**C2**	**0,47**	*OK*

SUCCIÓN

Con Tillas

n° tillas	1				
L	6,000	m			
Lb	3,000	m			
Cb	1,32				
Iy	120,38				
Iyc	60,19	cm4			
Fe	43,01	kN/cm2			
Fc	22,15	kN/cm2			
Md	-17,77	kNm	**C3**	**0,88**	*OK*

Sin Tillas

Md = 0.9 R S Fy	-7,54	kNm	**C3**	**2,07**	*MC*

	R
ht<165mm	0,7
165mm < ht < 216 mm	0,65
216 mm< ht < 292 mm	0,4
ht>292 mm	0

5. CORREA DE PARED LATERAL (ZONA 4)

Perfil C	ht	bt	dt	t=ri	Jx [cm4]
200 x 70 x 25 x 2,5	200	70	25	2,50	564

Fy	23,5	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
Sep. entre correas	1,25	m
Luz	6,00	m
Angulo	0,068	rad
cos(A)	0,998	
D chapa	0,07	kN/m2
D correa	0,07	kN/m2
Lr	0,96	kN/m2

Cargas Repartidas

D	0,00	kN/m
Lr	0,00	kN/m
W presión	1,45	kN/m
W succión	-1,60	kN/m

ELS

Lr	0,00	kN/m	f	0,00	cm	*OK*
W	-1,60	kN/m	f	1,72	cm	*OK*
D+Lr	0,00	kN/m	f	0,00	cm	*OK*
D+W presión	1,45	kN/m	f	1,56	cm	*OK*
D+W succión	-1,60	kN/m	f	1,72	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wpresion)	1,02	kN/m	f	1,09	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wsucción)	-1,117	kN/m	f	1,20	cm	*OK*
f adm (Carga Variable)	L/	180	fadm	3,33	cm	
f adm (Total)	L/	150	fadm	4,00	cm	

ELU

qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	1,160	kN/m	Mu	5,22		kNm
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	2,175	kN/m	Mu	9,79		kNm
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	-2,393	kN/m	Mu	-10,77		kNm

PRESIÓN

				Mu/Md	
Arriostrado en el chapeado			**C1**	**0,44**	*OK*
Md = 0.9 Fy S	11,93	kNm	**C2**	**0,82**	*OK*

SUCCIÓN

Con Tillas

n° tillas	2				
L	6,000	m			
Lb	2,000	m			
Cb	1,32				
Iy	63,5				
Iyc	31,75	cm4			
Fe	73,34	kN/cm2			
Fc	23,50	kN/cm2			
Md	-11,93	kNm	**C3**	**0,90**	*OK*

Sin Tillas

Md = 0.9 R S Fy	-4,77	kNm	**C3**	**2,26**	*MC*

	R
ht<165mm	0,7
165mm < ht < 216 mm	0,65
216 mm< ht < 292 mm	0,4
ht>292 mm	0

6. CORREA DE PARED LATERAL (ZONA 5)

Perfil C	ht	bt	dt	t=ri	Jx [cm4]
200 x 70 x 25 x 2,5	200	70	25	2,50	564

Fy	23,5	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
Sep. entre correas	1,25	m
Luz	6,00	m
Angulo	0,068	rad
cos(A)	0,998	
D chapa	0,07	kN/m2
D correa	0,07	kN/m2
Lr	0,96	kN/m2

Cargas Repartidas

D	0,00	kN/m
Lr	0,00	kN/m
W presión	1,45	kN/m
W succión	-1,74	kN/m

ELS

Lr	0,00	kN/m	f	0,00	cm	*OK*
W	-1,74	kN/m	f	1,88	cm	*OK*
D+Lr	0,00	kN/m	f	0,00	cm	*OK*
D+W presión	1,45	kN/m	f	1,56	cm	*OK*
D+W succión	-1,74	kN/m	f	1,88	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wpresion)	1,02	kN/m	f	1,09	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wsucción)	-1,218	kN/m	f	1,31	cm	*OK*

f adm (Carga Variable)	L/	180	fadm	3,33	cm
f adm (Total)	L/	150	fadm	4,00	cm

ELU

qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	1,160	kN/m	Mu	5,22	kNm
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	2,175	kN/m	Mu	9,79	kNm
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	-2,610	kN/m	Mu	-11,75	kNm

PRESIÓN

				Mu/Md	
Arriostrado en el chapeado			**C1**	**0,44**	*OK*
Md = 0.9 Fy S	11,93	kNm	**C2**	**0,82**	*OK*

SUCCIÓN

Con Tillas

n° tillas	2				
L	6,000	m			
Lb	2,000	m			
Cb	1,32				
Iy	63,5				
Iyc	31,75	cm4			
Fe	73,34	kN/cm2			
Fc	23,50	kN/cm2			
Md	-11,93	kNm	**C3**	**0,98**	*OK*

Sin Tillas

Md = 0.9 R S Fy	-4,77	kNm	**C3**	**2,46**	*MC*

	R
ht<165mm	0,7
165mm < ht < 216 mm	0,65
216 mm< ht < 292 mm	0,4
ht>292 mm	0

7. CORREA DE PARED DE FRENTE (ZONA 4)

Perfil C	ht	bt	dt	t=ri	Jx [cm4]
200 x 70 x 25 x 2,5	200	70	25	2,50	564

Fy	23,5	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
Sep. entre correas	1,25	m
Luz	6,39	m
Angulo	0,068	rad
cos(A)	0,998	
D chapa	0,07	kN/m2
D correa	0,07	kN/m2
Lr	0,96	kN/m2

Cargas Repartidas

D	0,00	kN/m
Lr	0,00	kN/m
W presión	1,45	kN/m
W succión	-1,60	kN/m

ELS

Lr	0,00	kN/m	f	0,00	cm	*OK*
W	-1,60	kN/m	f	1,72	cm	*OK*
D+Lr	0,00	kN/m	f	0,00	cm	*OK*
D+W presión	1,45	kN/m	f	1,56	cm	*OK*
D+W succión	-1,60	kN/m	f	1,72	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wpresion)	1,02	kN/m	f	1,09	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wsucción)	-1,117	kN/m	f	1,20	cm	*OK*
f adm (Carga Variable)	L/	180	fadm	3,55	cm	
f adm (Total)	L/	150	fadm	4,26	cm	

ELU

qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	1,160	kN/m	Mu	5,22	kNm	
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	2,175	kN/m	Mu	9,79	kNm	
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	-2,393	kN/m	Mu	-10,77	kNm	

PRESIÓN

				Mu/Md	
Arriostrado en el chapeado			**C1**	**0,44**	*OK*
Md = 0.9 Fy S	11,93	kNm	**C2**	**0,82**	*OK*

SUCCIÓN

Con Tillas

n° tillas	2	
L	6,390	m
Lb	2,130	m
Cb	1,32	
Iy	63,5	
Iyc	31,75	cm4
Fe	64,66	kN/cm2
Fc	23,48	kN/cm2

Md	-11,92	kNm	**C3**	**0,90**	*OK*

Sin Tillas

Md = 0.9 R S Fy	-4,77	kNm	**C3**	**2,26**	*MC*

	R
ht<165mm	0,7
165mm < ht < 216 mm	0,65
216 mm< ht < 292 mm	0,4
ht>292 mm	0

8. CORREA DE PARED DE FRENTE (ZONA 5)

Perfil C	ht	bt	dt	t=ri	Jx [cm4]
200 x 70 x 25 x 2,5	200	70	25	2,50	564

Fy	23,5	kN/cm2
E	20000	kN/cm2
Sep. entre correas	1,25	m
Luz	5,91	m
Angulo	0,068	rad
cos(A)	0,998	
D chapa	0,07	kN/m2
D correa	0,07	kN/m2
Lr	0,96	kN/m2

Cargas Repartidas

D	0,00	kN/m
Lr	0,00	kN/m
W presión	1,45	kN/m
W succión	-1,74	kN/m

ELS

Lr	0,00	kN/m	f	0,00	cm	*OK*
W	-1,74	kN/m	f	1,88	cm	*OK*
D+Lr	0,00	kN/m	f	0,00	cm	*OK*
D+W presión	1,45	kN/m	f	1,56	cm	*OK*
D+W succión	-1,74	kN/m	f	1,88	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wpresion)	1,02	kN/m	f	1,09	cm	*OK*
D+0.7(Lr+Wsucción)	-1,218	kN/m	f	1,31	cm	*OK*

f adm (Carga Variable)	L/	180	fadm	3,28	cm
f adm (Total)	L/	150	fadm	3,94	cm

ELU

qu

C1	1.2D + 1.6Lr + 0.8*Wp	1,160	kN/m	Mu	5,22	kNm
C2	1.2D + 0.5Lr + 1.5*Wp	2,175	kN/m	Mu	9,79	kNm
C3	0.9D + 1.5*Wsucción	-2,610	kN/m	Mu	-11,75	kNm

PRESIÓN

			Mu/Md	
Arriostrado en el chapeado		**C1**	**0,44**	*OK*
Md = 0.9 Fy S	11,93 kNm	**C2**	**0,82**	*OK*

SUCCIÓN

Con Tillas

n° tillas	2	
L	5,910	m
Lb	1,970	m
Cb	1,32	
Iy	63,5	
Iyc	31,75	cm4
Fe	75,59	kN/cm2
Fc	23,50	kN/cm2

Md	-11,93 kNm	**C3**	**0,98**	*OK*

Sin Tillas

Md = 0.9 R S Fy	-4,77 kNm	**C3**	**2,46**	*MC*

	R
ht<165mm	0,7
165mm < ht < 216 mm	0,65
216 mm< ht < 292 mm	0,4
ht>292 mm	0

CHAPAS

DATOS

Chapa T101 N°22

Espesor [mm]	0,71	
Luz máxima [m]	**1,60**	
Ancho útil [m]	1,01	
Paso de la chapa [m]	0,253	
α cubierta [°]	3,400	
Modulo E [kN/cm2]	21000	
Inercia [cm4]	9,74	
útil recubierto (cincalum) [Kg/m2]	6,92	0,0692 kN/m2

SIDERAR

PRODUCTOS CONFORMADOS

TRAPEZOIDAL T101

TABLA 1: CARACTERISTICAS GEOMETRICAS Y MECANICAS

ESPESOR (mm)	ANCHO TOTAL (mm)	ANCHO ÚTIL (mm)	PASO (mm)	ALTURA CRESTA (mm)	SECCION A (cm²)	PESO PROPIO g (Kg/m)	PESO TEÓRICO APROX. UTIL RECUBIERTO (1) Galva. (Kg/m2)	Cincalum (Kg/m2)	Prepintado Color (Kg/m2)	FLEXION DIRECTA I_x (cm⁴)	W (cm³)	M_{adm} (kg cm)	FLEXION INVERSA I_x (cm⁴)	W (cm³)	M_{adm} (kg cm)
0.41	1100	1010	253	28.5	4.92	3.86	4.11	4.08	4.30	4.72	1.89	3168.86	5.89	2.57	4308.98
0.50					6.00	4.68	4.97	4.93	5.15	5.07	2.61	3599.43	6.23	3.45	4746.81
0.71					8.51	6.68	7.07	6.92	7.14	9.74	4.05	6790.42	10.67	4.54	7611.98
0.89					10.67	8.37	8.78	8.63	8.85	12.92	5.42	9087.43	13.39	5.67	9506.59

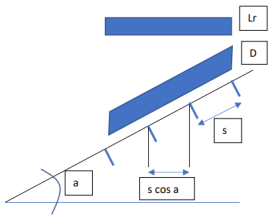
Nota: los valores indicados corresponden al ancho de una chapa.

CARGAS ACTUANTES

PRESIONES / SUCCIONES qw				
Elemento		Zona	Presión Máxima[N/m2]	Succión Máxima [N/m2]
CHAPAS	Cubierta	1	489,82	-1392,12
		2	489,82	-1649,92
		3	489,82	-1649,92
	Paredes laterales	4	1160,10	-1276,11
		5	1160,10	-1392,12
	Frontis	4	1160,10	-1276,11
		5	1160,10	-1392,12

SOBRECARGA Lr
Lr [N/m2]
960

Componente Perpendicular a la Chapa	
qD´ [N/m2]	69,08
qLr´ [N/m2]	956,62



Q(D) = D s cos a

Q(Lr) = Lr cos a s cos a = Lr s cos² a

CARGAS ADMISIBLES

ESPESOR ADOPTADO:

0,71 mm

Cargas admisibles de presión o sobrecarga gravitatoria:	
Luz [m]	1,60
Flexión [kN/m²]	**2,09**
Flecha [kN/m²]	4,12

Cargas admisibles de succión:	
Luz [m]	1,60
Flexión [kN/m²]	**1,99**
Flecha [kN/m²]	4,65

TABLA 3: CARGAS DISTRIBUIDAS MAXIMAS EN FUNCION DE LA FLEXION Y FLECHA MAXIMAS ADMISIBLES

SEGÚN AISI-ASD 96, EN FUNCION DE LA FLEXION Y FLECHA MAXIMA ADMISIBLI

SOBRECARGA GRAVITATORIA O VIENTO PRESION

CARGA MAXIMA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EXPRESADA EN KN/m² (1) PARA DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m - FLECHA MAXIMA: L / 200

Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00		1.20		1.40		1.60		1.80		2.00		2.20		2.40		2.60		2.80		3.00		3.20		3.40		3.60		3.80		4.00	
		FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA
0.41		2.26	3.42	1.56	1.96	1.14	1.22	0.86	0.81	0.67	0.55	0.54	0.39	0.44	0.29	0.36	0.21	0.30	0.16	0.26	0.12	0.22	0.09	0.19	0.07	0.16	0.05	0.14	0.04	0.12	0.02
		3.09	8.27	2.14	4.77	1.56	2.99	1.18	1.99	0.93	1.39	0.74	1.00	0.61	0.74	0.51	0.56	0.43	0.43	0.36	0.34	0.31	0.27	0.27	0.22	0.23	0.17	0.20	0.14	0.18	0.11	0.16	0.09
		3.80	6.50	2.63	3.74	1.92	2.34	1.46	1.56	1.15	1.08	0.92	0.78	0.75	0.58	0.63	0.43	0.53	0.33	0.45	0.26	0.39	0.20	0.34	0.16	0.29	0.13	0.26	0.10	0.23	0.08	0.20	0.06
0.50		2.75	3.93	1.90	2.25	1.38	1.40	1.05	0.92	0.82	0.64	0.65	0.45	0.53	0.33	0.44	0.24	0.37	0.18	0.31	0.14	0.26	0.10	0.23	0.08	0.20	0.06	0.17	0.04	0.15	0.03	0.13	0.02
		3.64	9.50	2.51	5.48	1.84	3.43	1.39	2.28	1.09	1.59	0.88	1.15	0.72	0.85	0.59	0.64	0.50	0.50	0.42	0.39	0.36	0.31	0.31	0.25	0.27	0.20	0.24	0.16	0.21	0.13	0.18	0.10
		4.56	7.46	3.15	4.30	2.31	2.69	1.75	1.79	1.38	1.24	1.11	0.89	0.91	0.66	0.75	0.50	0.64	0.38	0.54	0.30	0.47	0.23	0.40	0.18	0.35	0.15	0.31	0.12	0.27	0.09	0.24	0.07
0.71		4.87	7.07	3.36	4.06	2.45	2.53	1.86	1.68	1.46	1.16	1.17	0.83	0.95	0.60	0.79	0.45	0.66	0.34	0.56	0.26	0.48	0.20	0.42	0.15	0.36	0.12	0.32	0.09	0.28	0.06	0.24	0.05
		5.46	17.07	3.77	9.85	2.76	6.18	2.09	4.12	1.64	2.87	1.32	2.08	1.08	1.54	0.89	1.17	0.75	0.91	0.64	0.71	0.55	0.57	0.47	0.46	0.41	0.37	0.36	0.30	0.32	0.25	0.28	0.20
		6.85	13.42	4.73	7.74	3.46	4.85	2.63	3.23	2.07	2.25	1.66	1.62	1.36	1.20	1.13	0.91	0.96	0.70	0.82	0.55	0.70	0.43	0.61	0.35	0.43	0.28	0.47	0.22	0.41	0.18	0.37	0.15
0.89		6.52	9.38	4.50	5.39	3.29	3.37	2.50	2.23	1.96	1.54	1.57	1.10	1.28	0.81	1.06	0.60	0.89	0.46	0.76	0.35	0.65	0.27	0.56	0.21	0.49	0.16	0.43	0.12	0.38	0.09	0.33	0.07
		6.82	22.65	4.71	13.07	3.44	8.20	2.62	5.47	2.05	3.81	1.64	2.76	1.34	2.05	1.12	1.56	0.94	1.21	0.80	0.95	0.69	0.76	0.59	0.61	0.52	0.50	0.45	0.41	0.40	0.33	0.35	0.27
		8.55	17.80	5.91	10.27	4.32	6.44	3.29	4.28	2.58	2.98	2.08	2.15	1.70	1.60	1.42	1.21	1.19	0.94	1.02	0.73	0.88	0.58	0.76	0.46	0.66	0.37	0.58	0.30	0.52	0.24	0.46	0.20

(1) Se considera un ancho de influencia de 1.00 m

VIENTO SUCCION

CARGA MAXIMA UNIFORMEMENTE REPARTIDA EXPRESADA EN KN/m² [1] PARA DISTINTAS DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m - FLECHA MAXIMA: L / 200

Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00		1.20		1.40		1.60		1.80		2.00		2.20		2.40		2.60		2.80		3.00		3.20		3.40		3.60		3.80		4.00	
		FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA	FLEXION	FLECHA
0.41		3.17	4.35	2.21	2.53	1.63	1.61	1.26	1.09	1.00	0.78	0.82	0.58	0.68	0.44	0.58	0.35	0.50	0.28	0.44	0.23	0.39	0.20	0.34	0.17	0.31	0.15	0.28	0.13	0.25	0.12	0.23	0.11
		2.34	10.40	1.64	6.03	1.21	3.81	0.94	2.57	0.75	1.81	0.61	1.33	0.51	1.01	0.44	0.79	0.38	0.63	0.33	0.51	0.29	0.42	0.26	0.35	0.24	0.30	0.22	0.26	0.20	0.23	0.18	0.20
		2.92	8.19	2.04	4.76	1.51	3.01	1.16	2.03	0.93	1.44	0.76	1.06	0.63	0.80	0.54	0.63	0.46	0.50	0.40	0.41	0.36	0.34	0.32	0.29	0.29	0.25	0.26	0.21	0.24	0.19	0.22	0.17
0.50		3.73	4.92	2.61	2.87	1.93	1.82	1.49	1.24	1.18	0.88	0.97	0.66	0.81	0.50	0.69	0.40	0.59	0.32	0.52	0.27	0.46	0.23	0.41	0.19	0.36	0.17	0.33	0.15	0.30	0.13	0.28	0.12
		2.84	11.76	1.99	6.83	1.47	4.31	1.14	2.91	0.91	2.05	0.74	1.51	0.62	1.15	0.53	0.89	0.46	0.71	0.40	0.58	0.36	0.48	0.32	0.40	0.29	0.34	0.26	0.30	0.24	0.26	0.22	0.23
		3.54	9.26	2.47	5.38	1.83	3.41	1.41	2.30	1.12	1.63	0.92	1.20	0.77	0.91	0.65	0.71	0.56	0.57	0.49	0.47	0.43	0.39	0.39	0.33	0.35	0.28	0.32	0.24	0.29	0.21	0.26	0.19
0.71		5.59	7.88	3.91	4.59	2.89	2.91	2.23	1.97	1.77	1.41	1.45	1.04	1.21	0.80	1.03	0.63	0.88	0.51	0.77	0.42	0.68	0.35	0.61	0.30	0.54	0.26	0.49	0.23	0.45	0.21	0.41	0.19
		5.00	18.83	3.49	10.93	2.58	6.91	1.99	4.65	1.59	3.28	1.30	2.41	1.08	1.83	0.92	1.42	0.80	1.13	0.69	0.92	0.61	0.76	0.55	0.64	0.49	0.54	0.45	0.47	0.41	0.41	0.37	0.36
		6.23	14.83	4.35	8.61	3.21	5.45	2.47	3.67	1.97	2.60	1.61	1.91	1.34	1.45	1.14	1.13	0.98	0.91	0.85	0.74	0.75	0.61	0.67	0.52	0.60	0.44	0.54	0.38	0.49	0.33	0.45	0.30
0.89		6.99	9.89	4.88	5.76	3.61	3.66	2.78	2.48	2.21	1.76	1.81	1.31	1.51	1.00	1.28	0.79	1.10	0.64	0.96	0.53	0.85	0.45	0.76	0.38	0.68	0.33	0.61	0.29	0.56	0.26	0.51	0.24
		6.68	23.64	4.67	13.71	3.45	8.67	2.66	5.83	2.12	4.12	1.73	3.03	1.45	2.29	1.23	1.79	1.06	1.42	0.92	1.16	0.82	0.95	0.73	0.80	0.65	0.68	0.59	0.59	0.54	0.51	0.49	0.45
		8.33	18.62	5.81	10.81	4.29	6.84	3.31	4.61	2.63	3.26	2.14	2.40	1.79	1.82	1.51	1.42	1.30	1.14	1.13	0.93	1.00	0.77	0.89	0.65	0.80	0.55	0.72	0.48	0.65	0.42	0.60	0.37

[1] Se considera un ancho de influencia de 1.00 m

vERIFICACIÓN

SECTOR	ZONA	COMB. SERV. PRESIÓN			ESTADO DET.		VERIFICACIÓN	COMB. SERV. SUCCIÓN			VERIFICACIÓN
Cubierta	1	q1	qD' + qW	558,90	**q3**	1081,59	VERIFICA	**q1**	q1 = qD' + qW	-1323,04	VERIFICA
		q2	qD' + qLr'	1025,70							
		q3	**qD' + 0,7*(qLr' + qw)**	1081,59							
	2	q1	qD' + qW	558,90	**q3**	1081,59	VERIFICA	**q1**	q1 = qD' + qW	-1580,84	VERIFICA
		q2	qD' + qLr'	1025,70							
		q3	**qD' + 0,7*(qLr' + qw)**	1081,59							
	3	q1	qD' + qW	558,90	**q3**	1081,59	VERIFICA	**q1**	q1 = qD' + qW	-1580,84	VERIFICA
		q2	qD' + qLr'	1025,70							
		q3	qD' + 0,7*(qLr' + qw)	1081,59							
Paredes laterales	4	q1	qW	1160,10	**q1**	1160,10	VERIFICA	**q1**	q1 = qW	-1276,11	VERIFICA
	5	q1	qW	1160,10	**q1**	1160,10	VERIFICA	**q1**	q1 = qW	-1392,12	VERIFICA
Frontis	4	q1	qW	1160,10	**q1**	1160,10	VERIFICA	**q1**	q1 = qW	-1276,11	VERIFICA
	5	q1	qW	1160,10	**q1**	1160,10	VERIFICA	**q1**	q1 = qW	-1392,12	VERIFICA

vERIFICACIÓN A CARGA PUNTUAL DE 100kg.

Luz **1,60m**

Esp. **0,71mm**

VERIFICA

TABLA 2: LUCES ADMISIBLES PARA CARGA CONCENTRADA DE 100 Kgf APLICADA EN EL TRAMO MAS DESFAVORABLE

VERIFICACION PARA UNA CARGA CONCENTRADA DE 100 Kg EN EL TRAMO MAS DESFAVORABLE - DISTANCIAS ENTRE APOYOS EXPRESADAS EN m

Espesor (mm)	ESQUEMA DE APOYO	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00
		SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
0.50		SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
0.71		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO
		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO
0.89		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO
		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

[1] Se considera un ancho de influencia de 1.00 m

FUNDACIONES - BASES

1- Solicitaciones en E.L.S.

1.1 Estado de carga

Fy=N	-21,00	*kN*
M		*kNm*
Fx	49,00	*kN*
Fz	32,00	*kN*

1.2. Estado de carga

N	76,00	*kN*
M		*kNm*
Fx	51,00	*kN*
Fz	15,00	*kN*

1.3. Estado de carga

N		*kN*
M		*kNm*
Fx		*kN*
Fz		*kN*

2- Solicitaciones en E.L.U.

2.1 Estado de carga

N		*kN*
M		*kNm*
Fx		*kN*
Fz		*kN*

2.2. Estado de carga

N		*kN*
M		*kNm*
Fx		*kN*
Fz		*kN*

2.3. Estado de carga

N		*kN*
M		*kNm*
Fx		*kN*
Fz		*kN*

3- Dimensionamiento a compresion

3.1. Perfil geotécnico

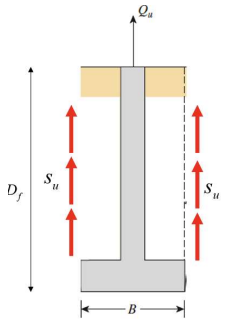
Perfil Geotécnico			
ESTRATO	Cota Inicial [m]	Cota Final [m]	Tens.Adm. [kN/m2]
A	0,00	-4,00	50,00

3.2. Verificación a compresión

Profundidad	-0,60	*m*
Compresión máxima	21	*kN*
Amin necesaria	0,42	*m2*
ax adopt	1,60	*m*
az adopt	1,60	*m*
Aadop	2,56	*m2*
hsolera min	0,35	*m*
hsolera adoptada	0,40	*m*
Anec.<Aadopt.	***VERIFICA***	

3.3 Verificacion a tracción

B	1,60	*m*
L	1,60	*m*
γsuelo	18,50	*kN/m3*
γhormigon	24	*kN/m3*
Dfsuelo	0,20	*m*
Dfhormigon	0,40	*m*
Df	0,60	*m*
su	32,00	*kN/m2*
Qu	156,93	*kN*
F.S.	2	
Qadm	78,46	*kN*
Qservicio máxima	76,00	*kN*
Qserv<Qadm	***VERIFICA***	



$$Q_u = (B \times L) \times \gamma \times D_f + s_u \times D_f \times 2(B + L)$$

- **No hay cambio de volumen**
- **La envolvente de rotura es un prisma vertical**

3.3 Verificacion a deslizamiento horizontal

B	1,60	*m*
L	1,60	*m*
A	2,56	*m2*
su	32,00	*kN/m2*
Qu	81,92	*kN*
F.S.	1,5	
Qadm	54,61	*kN*
Qservicio máxima	51,00	
Qserv<Qadm	***VERIFICA***	

FUNDACIONES - PILOTES

1- Solicitaciones en E.L.S.

1.1 Estado de carga D+W

N	25	*kN*	Compresión
M	138	*kNm*	
Fx	49	*kN*	
Fz	0	*kN*	

1.2. Estado de carga D+L+Lr

N	592	*kN*	Compresión
M	20	*kNm*	
Fx	49	*kN*	
Fz	0	*kN*	

1.3. Estado de carga D+W

N	-136	*kN*	Tracción
M	0	*kNm*	
Fx	0	*kN*	
Fz	121	*kN*	

2- Solicitaciones en E.L.U.

2.1 Estado de carga 0,9D+1,5W

N	70	*kN*
M	228	*kNm*
Fx	80	*kN*
Fz	0	*kN*

2.2. Estado de carga D+L+Lr

N	691	*kN*
M	33	*kNm*
Fx	7	*kN*
Fz	0	*kN*

2.3. Estado de carga D+W

N	-263	*kN*
M	0	*kNm*
Fx	0	*kN*
Fz	180	*kN*

3- Dimensionamiento geotécnico a carga vertical

3.1. Distribución de fuerzas en pilotes

Cantidad de pilotes	2	
Diámetro Pilotes	0,5	*m*
Separación	1,25	*m*
Longitud	12	*m*
Cota de punta	13	*m*

Estado de carga	P *Pilote 1* [kN]	P *Pilote 2* [kN]
1.1	289	-263,5

1.2	312	280
1.3	-68	-68

3.2. Perfil geotécnico

Perfil Geotécnico			
ESTRATO	Cota Inicial [m]	Cota Final [m]	Tens. Fricción Adm. [kN/m2]
A	-1,00	-4,00	10,00
B	-4	-10,00	27,00
Tensión admisible por punta a cota inferior a -10,00m [kN/m2]			175,00

3.3. Verificación a compresión

ESTRATO	Li [m]	A [m2]	q adm [kN/m2]	Qi [kN]
A	3,00	4,71	10,00	47,12
B	8,00	12,57	27,00	339,29
			Qfricción [kN]	386,42
		A [m2]	**q adm [kN/m2]**	**Qpunta [kN]**
	Punta	0,196	175,00	34,36
Capacidad de carga admisible (considera F.S. = 2 para fricción y F.S. = 4 para la punta)			**Qadm [kN]**	420,78
Carga máxima en servicio un pilote comprimido			**Qserv [kN]**	312,00
			Qserv<Qadm	***VERIFICA***

3.4. Verificación a tracción

ESTRATO	Li [m]	A [m2]	q adm tracción[kN/m2]	Qi [kN]
A	3,00	4,71	7,00	32,99
B	8,00	12,57	18,90	237,50
			Qfricción [kN]	270,49
	Peso propio del pilote		**W [kN]**	33,43
	Capacidad de carga admisible		**Qadm [kN]**	303,93
	Carga máxima en servicio un pilote traccionado		**Qserv [kN]**	263,50
			Qserv<Qadm	***VERIFICA***

4- Dimensionamiento geotécnico a carga horizontal

4.1. Estimación de coeficientes de balasto horizontal

Al ser suelos finos se consideran módulos de balasto constantes en cada estrato, calculados mediante la fórmula de Selvadurai (1984). Coeficiente de Poisson=0,5 al ser condición no drenada, no hay cambio de volumen en el suelo.

Diámetro pilote 0,50 m

Discretización resortes dL 0,50 m

ESTRATO	Nspt prom	E [MPa]	kh [kN/m3]	Kh [kN/m]
A	4	5	8667	2167
B	10	20	13867	3467

$$k_h = \frac{0.65 E_s}{B\left(1-\mu^2\right)}$$

kh Coeficiente de balasto horizontal

B Diámetro del pilote

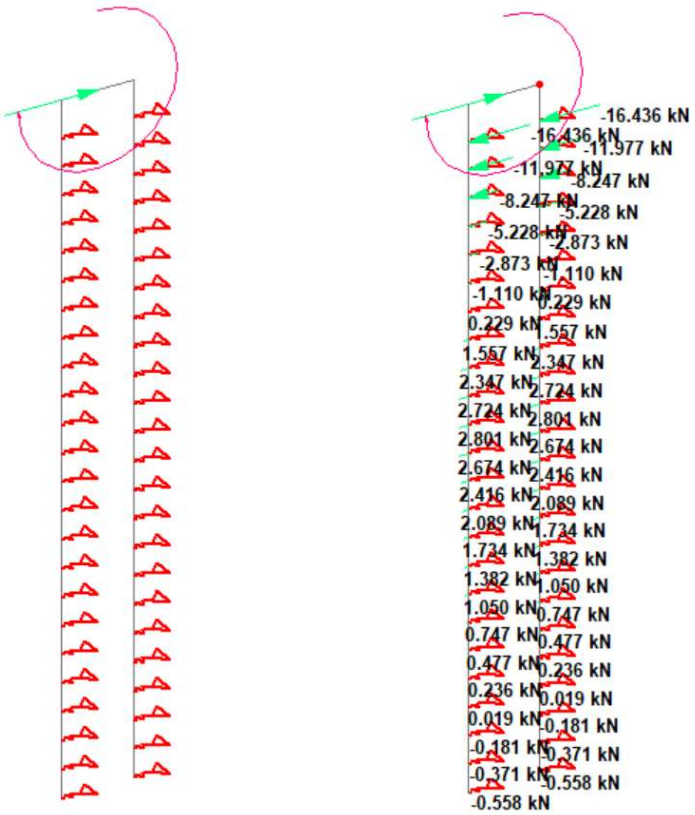
Kh Constante del resorte lineal

4.2. Modelo numérico de resortes

Presión de plastificación de los resortes: **pu = 9su** 9 veces la resistencia al corte no drenada, según Broms (su: Resistencia al corte no drenada.)

su [kPa] = 8 Nspt Correlación estimada con ensayo SPT.

ESTRATO	z [m]	su [kPa]	pu [kPa]	Pu [kN]
A	1,30	32	288	72
	1,80	32	288	72
	2,30	32	288	72
	2,80	32	288	72
	3,30	32	288	72
	3,80	32	288	72
B	4,30	80	720	180
	4,80	80	720	180
	5,30	80	720	180
	5,80	80	720	180
	6,30	80	720	180
	6,80	80	720	180
	7,30	80	720	180
	7,80	80	720	180
	8,30	80	720	180
	8,80	80	720	180
	9,30	80	720	180
	9,80	80	720	180
	10,30	80	720	180
	10,80	80	720	180
	11,30	80	720	180
	11,80	80	720	180
	12,30	80	720	180
	12,80	80	720	180

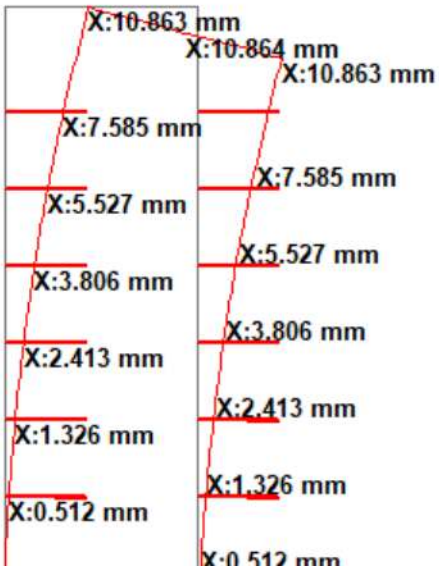


Se observa que no es superada la presión de plastificación en ningún resorte.

Verificación de deformaciones

Desplazamiento máximo admisible a nivel de cabezal:	20	mm
Desplazamiento en servicio:	10,8	mm

VERIFICA



EMPALME VIGA DE PÓRTICO - DETALLE A

1. DATOS GENERALES

1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga

Esfuerzo Normal	80,157	*kN*
Momento Flector	76,43	*kNm*
Corte	27,4	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga

Esfuerzo Normal	51	*kN*
Momento Flector	-201,21	*kNm*
Corte	-81,4	*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal	-48,759	*kN*
Momento Flector	154,49	*kNm*
Corte	58,98	*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =		*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =	80,157	*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	7643	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	27,4	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 460 x 74,0**	
Masa lineal	74,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	457,00	*mm*
ancho del ala: bf =	190,00	*mm*
espesor del alma: tw =	9,00	*mm*
espesor del ala: tf =	14,50	*mm*
h con curva	428,00	*mm*
hw	404,00	*mm*
área: Ag =	94,90	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	33.415,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	1462,40	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	1657,40	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	1661,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	174,80	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	271,30	*cm3*
CALIBRE	W 18 x 50	
rt	4,93	*cm*
J	52,97	*cm4*
Esbeltez ala	6,55	
Esbeltez alma	44,89	
Cw	811417,00	*cm6*
U	1,64	
Lp (alma / ala traccionada)	177,13	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	474,29	*cm*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresión Q	0,94	
X1	13382,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresion Q	0,94	

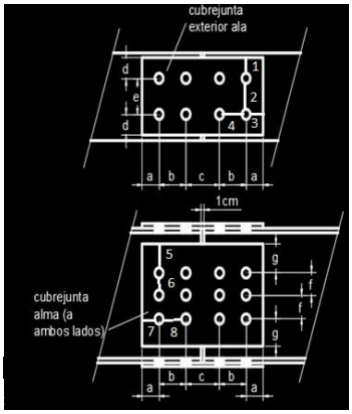
CHAPA LAMINADA EN CALIENTE
Esp x Ancho x Largo
2.00 x 1025 x 2000
2.50 x 1025 x 2000
2.00 x 1245 x 2440
2.50 x 1245 x 2440
4.75 x 1245 x 2440
3.20 x 1500 x 2440
4.00 x 1500 x 3000
4.75 x 1500 x 3000
6.35 x 1500 x 3000
8.00 x 1500 x 3000
9.50 x 1500 x 3000
12,50 x 1500 x 3000
4.00 x 1500 x 6000
4.75 x 1500 x 6000
8.00 x 1500 x 6000

X1	13382,60	*kN/cm2*	9.50 x 1500 x 6000 / 12.50 x 1500 x 6000
Fy	34,50	*kN/cm2*	
E	20000,00	*kN/cm2*	
G	7720,00	*kN/cm2*	

3.2. Parametros geométricos del perfil (calculados)

área perfil completo: Ag =	94,90	*cm2*
altura del perfil: d =	45,7	*cm*
ancho ala: bf =	19	*cm*
espesor ala: tf =	1,45	*cm*
área de un ala: Af =	27,55	*cm2*
área alma: Aw =	39,80	*cm2*
momento de inercia perfil completo s/x-x: Ix =	33.415,00	*cm4*
distancia entre baricentros de ambas alas =	44,25	*cm*
momento de inercia ambas alas s/x-x: **If x =**	26972,311	*cm4*
momento de inercia alma s/x-x: **Iw x =**	6.442,69	

3.3. Parámetros geométricos del cubrejuntas



Tensión de fluencia chapas: Fy =	23,50	*kN/cm2*			
Tensión de Rotura chapas: Fu=	37,00	*kN/cm2*			
espesor cubrejuntas alma =	0,635	*cm*	1/4"		
espesor cubrejuntas ala =	0,953	*cm*	3/8"		
diametro bulones ALA d=	2,220	*cm*	7/8"	ALA	
diámetro bulones ALMA d =	2,540	*cm*	1"	ALMA	Tabla J.3.3
calidad bulones:	A325				
rosca respecto de los planos de corte	incluida				
agujeros	normales				
a = *(ALA)*	4,44	*cm*	*separación min agujero - borde		
b = *(ALA)*	6,66	*cm*	*separación min entre agujeros		
c = *(ALA)*	9,88	*cm*			
d = *(ALA)*	4,44	*cm*	*separación min agujero - borde		
e = *(ALA)*	10,12	*cm*			
f = *(ALMA)*	7,62	*cm*	*separación min entre agujeros		
g = *(ALMA)*	5,08	*cm*	*separación min agujero - borde		
a = *(ALMA)*	5,08	*cm*	*separación min agujero - borde		
b = *(ALMA)*	7,62	*cm*	*separación min entre agujeros		
c = *(ALMA)*	11,16	*cm*			

Cantidad bulones en ALA	**4**
Cantidad de bulones en ALMA	**6**

4- DISTRIBUCION DE ESFUERZOS

4. 1 - Distribución del corte Vy

esfuerzo de corte que recibe el alma debido a Vy: Vw (Vy) =	27,40	*kN*
esfuerzo de corte que recibe cada ala debido a Vy: Vf (Vy) =	0,00	*kN*

4.2 - Distribución del momento flector Mx

momento flector que reciben las alas debido a Mx: Mf (Mx) =	6169,366	*kNcm*
esfuerzo normal que recibe cada ala debido a Mx: Nf (Mx) =	139,421	*kN*
momento flector que recibe el alma debido a Mx: Mw (Mx) =	1473,634	*kNcm*

4.3 - Distribución del esfuerzo normal

esfuerzo normal que recibe cada ala debido a N: Nf =	23,27	*kN*
esfuerzo normal que recibe el alma debido a N: Nw =	33,62	*kN*

4.4 - Esfuerzos máximos a nivel del baricentro del grupo de bulones que están a la derecha de la junta

4.4.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de cubrejuntas de ala: Hf =	162,69	*kN*

4.4.2 - Cubrejunta de alma (2 chapas)

fuerza vertical en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: V =	13,70	*kN*
fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejuntas de ala: Hw =	16,81	*kN*
momento en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: M =	850,12	*cm*

5- VERIFICACIONES

5.1 - Cubrejunta de ala

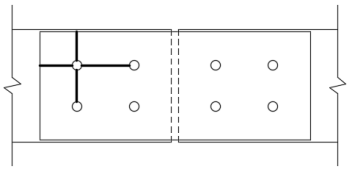
fuerza horizontal en cada bulón: H bul =	40,67	*kN*

5.1.1 - Verificación al corte del bulón (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*	tabla J.3.2
área sección transversal de un bulón: Ab =	3,87	*cm2*	
Rn =	127,73	*kN*	
φ =	0,75		
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	95,80	*kN*	

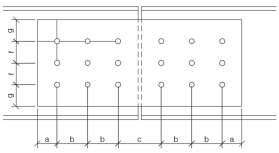
Resistencia requerida / Relación Resistencia de diseño =	0,42	

5.1.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta



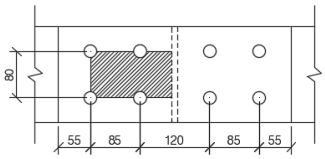
diámetro nominal del agujero =	2,42	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,62	*cm*
1,2 Lc =	3,76	*cm*
2,4 d =	5,33	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	99,28	*kN*
Resistencia requerida / Resistencia de diseño =	0,41	

5.1.3 - Aplastamiento del perfil



diámetro nominal del agujero =	2,42	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,62	*cm*
1.2. Lc =	3,76	*cm*
2,4 . d =	5,33	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	183,81	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,22	

5.1.4 - Verificación bloque de corte



área neta solicitada a corte: Anv =	11,53	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	7,14	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	15,28	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	9,64	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	479,74	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	359,80	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,22	

5.2 - Cubrejunta de alma

*Esfuerzo de corte en bulón (introducido al bulón por **AMBOS** cubrejuntas)*

momento de inercia polar de grupo de bulones: Ip´ =	319,35	*cm2*
fuerza vertical en un bulón debido a V: V bul (V) =	4,57	*kN*
fuerza vertical en bulón más solicitado debido a M: V bul (M)=	20,28	*kN*
fuerza vertical total en bulón más solicitado: V bul tot =	24,85	*kN*
fuerza horizontal en un bulón debido a Hw: H bul (Hw) =	5,60	
fuerza horizontal total en bulón más solicitado debido a M: H bul (M)=	40,57	*kN*
fuerza horizontal total en bulón más solicitado: H bul tot =	46,17	
fuerza total en el bulón más solicitado: C =	52,43	*kN*

5.2.1 - Verificación al corte del bulón más solicitado (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*
área sección transversal de un bulón: Ab =	5,07	*cm2*
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	250,82	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,21	

5.2.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	4,63	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	163,03	*kN*
relación Resistencia de diseño / Resistencia requerida =	0,32	

5.2.3 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	7,45	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	6,35	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	11,61	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	9,68	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	398,62	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	298,96	*kN*
Resistencia requeridarelación / Resistencia de diseño =	0,27	

5.2.4 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	3,56	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	108,26	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,43	

5.3 - Verificación tracción perfil W

área bruta de la sección completa: Ag =	94,90	*cm2*

área neta de la sección completa: An =	71,77	*cm2*
coeficiente de reducción para área neta efectiva: U =	1,00	
área neta efectiva de la sección completa: Ae =	71,77	*cm2*
resistencia nominal por fluencia de la sección bruta: Pn1 =	3274,05	*kN*
factor de minoración de resistencia para fluencia de la sección bruta: f =	0,90	
resistencia de diseño por fluencia de la sección bruta: Pd1 =	2946,65	*kN*
resistencia nominal por rotura de la sección neta efectiva: Pn2 =	3229,47	*kN*
factor de minoración de resistencia para rotura de la sección neta efectiva: f =	0,75	
resistencia de diseño por rotura de la sección neta efectiva: Pd2 =	2422,10	*kN*
resistencia de diseño por tracción: Pd tracc =	2422,10	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,03	

EMPALME VIGA DE PÓRTICO - DETALLE A

4- DISTRIBUCION DE ESFUERZOS - ESTADO 2

4. 1 - Distribución del corte Vy

esfuerzo de corte que recibe el alma debido a Vy: Vw (Vy) =	81,40	*kN*
esfuerzo de corte que recibe cada ala debido a Vy: Vf (Vy) =	0,00	*kN*

4.2 - Distribución del momento flector Mx

momento flector que reciben las alas debido a Mx: Mf (Mx) =	16241,504	*kNcm*
esfuerzo normal que recibe cada ala debido a Mx: Nf (Mx) =	367,040	*kN*
momento flector que recibe el alma debido a Mx: Mw (Mx) =	3879,496	*kNcm*

4.3 - Distribución del esfuerzo normal

esfuerzo normal que recibe cada ala debido a N: Nf =	14,81	*kN*
esfuerzo normal que recibe el alma debido a N: Nw =	21,39	*kN*

4.4 - Esfuerzos máximos a nivel del baricentro del grupo de bulones que están a la derecha de la junta

4.4.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de cubrejuntas de ala: Hf =	381,85	*kN*

4.4.2 - Cubrejunta de alma (2 chapas)

fuerza vertical en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: V =	40,70	*kN*
fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejuntas de ala: Hw =	10,69	*kN*
momento en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: M =	2276,34	*cm*

5- VERIFICACIONES

5.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en cada bulón: H bul =	95,46	*kN*

5.1.1 - Verificación al corte del bulón (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*	tabla J.3.2
área sección transversal de un bulón: Ab =	3,87	*cm2*	
Rn =	127,73	*kN*	
φ =	0,75		
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	95,80	*kN*	
Resistencia requerida / Relación Resistencia de diseño =	1,00		

5.1.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,42	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,62	*cm*	I
1,2 Lc =	3,76	*cm*	
2,4 d =	5,33	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	99,28	*kN*	
Resistencia requerida / Resistencia de diseño =	0,96		

5.1.3 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,42	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,62	*cm*
1.2. Lc =	3,76	*cm*
2,4 . d =	5,33	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	183,81	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,52	

5.1.4 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	11,53	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	7,14	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	15,28	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	9,64	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	479,74	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f` =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	359,80	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,14	

5.2 - Cubrejunta de alma

*Esfuerzo de corte en bulón (introducido al bulón por **AMBOS** cubrejuntas)*

momento de inercia polar de grupo de bulones: Ip´ =	319,35	*cm2*
fuerza vertical en un bulón debido a V: V bul (V) =	13,57	*kN*
fuerza vertical en bulón más solicitado debido a M: V bul (M)=	54,31	*kN*
fuerza vertical total en bulón más solicitado: V bul tot =	67,88	*kN*
fuerza horizontal en un bulón debido a Hw: H bul (Hw) =	3,56	
fuerza horizontal total en bulón más solicitado debido a M: H bul (M)=	108,63	*kN*
fuerza horizontal total en bulón más solicitado: H bul tot =	112,19	
fuerza total en el bulón más solicitado: C =	131,13	*kN*

5.2.1 - Verificación al corte del bulón más solicitado (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*
área sección transversal de un bulón: Ab =	5,07	*cm2*
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	250,82	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,52	

5.2.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	4,63	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	163,03	*kN*
relación Resistencia de diseño / Resistencia requerida =	0,80	

5.2.3 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	7,45	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	6,35	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	17,41	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	9,68	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	480,45	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f` =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	360,34	*kN*
Resistencia requeridarelación / Resistencia de diseño =	0,14	

5.2.4 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	3,56	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	108,26	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	1,04	

5.3 - Verificación tracción perfil W

área bruta de la sección completa: Ag =	94,90	*cm2*
área neta de la sección completa: An =	71,77	*cm2*
coeficiente de reducción para área neta efectiva: U =	1,00	
área neta efectiva de la sección completa: Ae =	71,77	*cm2*
resistencia nominal por fluencia de la sección bruta: Pn1 =	3274,05	*kN*
factor de minoración de resistencia para fluencia de la sección bruta: f` =	0,90	
resistencia de diseño por fluencia de la sección bruta: Pd1 =	2946,65	*kN*
resistencia nominal por rotura de la sección neta efectiva: Pn2 =	3229,47	*kN*
factor de minoración de resistencia para rotura de la sección neta efectiva: f` =	0,75	
resistencia de diseño por rotura de la sección neta efectiva: Pd2 =	2422,10	*kN*
resistencia de diseño por tracción: Pd tracc =	2422,10	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,02	

EMPALME VIGA DE PÓRTICO - DETALLE A

4- DISTRIBUCION DE ESFUERZOS - ESTADO 3

4. 1 - Distribución del corte Vy

esfuerzo de corte que recibe el alma debido a Vy: Vw (Vy) =	58,98	*kN*	
esfuerzo de corte que recibe cada ala debido a Vy: Vf (Vy) =	0,00	*kN*	

4.2 - Distribución del momento flector Mx

momento flector que reciben las alas debido a Mx: Mf (Mx) =	124,703	*kNcm*	
esfuerzo normal que recibe cada ala debido a Mx: Nf (Mx) =	2,818	*kN*	
momento flector que recibe el alma debido a Mx: Mw (Mx) =	29,787	*kNcm*	

4.3 - Distribución del esfuerzo normal

esfuerzo normal que recibe cada ala debido a N: Nf =	14,16	*kN*	
esfuerzo normal que recibe el alma debido a N: Nw =	20,45	*kN*	

4.4 - Esfuerzos máximos a nivel del baricentro del grupo de bulones que están a la derecha de la junta

4.4.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de cubrejuntas de ala: Hf =	16,97	*kN*	

4.4.2 - Cubrejunta de alma (2 chapas)

fuerza vertical en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: V =	29,49	*kN*	
uerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejuntas de ala: Hw =	10,22	*kN*	
momento en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: M =	258,78	*cm*	

5- VERIFICACIONES

5.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en cada bulón: H bul =	4,24	*kN*	

5.1.1 - Verificación al corte del bulón (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*	tabla J.3.2
área sección transversal de un bulón: Ab =	3,87	*cm2*	
Rn =	127,73	*kN*	
φ =	0,75		
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	95,80	*kN*	
Resistencia requerida / Relación Resistencia de diseño =	0,04		

5.1.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,42	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,62	*cm*	I
1,2 Lc =	3,76	*cm*	
2,4 d =	5,33	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	99,28	*kN*	
Resistencia requerida / Resistencia de diseño =	0,04		

5.1.3 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,42	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,62	*cm*	
1.2. Lc =	3,76	*cm*	
2,4 . d =	5,33	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	183,81	*kN*	
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,02		

5.1.4 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	11,53	*cm2*	
área neta solicitada a tracción: Ant =	7,14	*cm2*	
área bruta solicitada a corte: Agv =	15,28	*cm2*	
área bruta solicitada a tracción: Agt =	9,64	*cm2*	
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	479,74	*kN*	
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75		
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	359,80	*kN*	
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,14		

5.2 - Cubrejunta de alma

*Esfuerzo de corte en bulón (introducido al bulón por **AMBOS** cubrejuntas)*

momento de inercia polar de grupo de bulones: Ip´ =	319,35	*cm2*	
fuerza vertical en un bulón debido a V: V bul (V) =	9,83	*kN*	
fuerza vertical en bulón más solicitado debido a M: V bul (M)=	6,17	*kN*	
fuerza vertical total en bulón más solicitado: V bul tot =	16,00	*kN*	
fuerza horizontal en un bulón debido a Hw: H bul (Hw) =	3,41		
fuerza horizontal total en bulón más solicitado debido a M: H bul (M)=	12,35	*kN*	

fuerza horizontal total en bulón más solicitado: H bul tot =	15,76	
fuerza total en el bulón más solicitado: C =	22,46	*kN*

5.2.1 - Verificación al corte del bulón más solicitado (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*
área sección transversal de un bulón: Ab =	5,07	*cm2*
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	250,82	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,09	

5.2.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	4,63	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	163,03	*kN*
relación Resistencia de diseño / Resistencia requerida =	0,14	

5.2.3 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	7,45	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	6,35	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	17,41	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	9,68	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	480,45	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	360,34	*kN*
Resistencia requeridarelación / Resistencia de diseño =	0,14	

5.2.4 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	3,56	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	108,26	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,15	

5.3 - Verificación tracción perfil W

área bruta de la sección completa: Ag =	94,90	*cm2*
área neta de la sección completa: An =	71,77	*cm2*
coeficiente de reducción para área neta efectiva: U =	1,00	
área neta efectiva de la sección completa: Ae =	71,77	*cm2*
resistencia nominal por fluencia de la sección bruta: Pn1 =	3274,05	*kN*
factor de minoración de resistencia para fluencia de la sección bruta: f =	0,90	
resistencia de diseño por fluencia de la sección bruta: Pd1 =	2946,65	*kN*
resistencia nominal por rotura de la sección neta efectiva: Pn2 =	3229,47	*kN*
factor de minoración de resistencia para rotura de la sección neta efectiva: f =	0,75	
resistencia de diseño por rotura de la sección neta efectiva: Pd2 =	2422,10	*kN*
resistencia de diseño por tracción: Pd tracc =	2422,10	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,02	

U2: VIGA-VIGA - DETALLE B

1. DATOS GENERALES

1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga

Esfuerzo Normal	-29,031	*kN*
Momento Flector	228,74	*kNm*
Corte	4,074	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.2. Estado de carga

Esfuerzo Normal	23,222	*kN*
Momento Flector	111,665	*kNm*
Corte	-47,792	*kN*

2.3. Estado de carga

Esfuerzo Normal	-76,174	*kN*
Momento Flector	-49,749	*kNm*
Corte	-5,17	*kN*

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	-29,031	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =		*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	22874	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	4,074	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 460 x 74,0**	
Masa lineal	74,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	457,00	*mm*
ancho del ala: bf =	190,00	*mm*
espesor del alma: tw =	9,00	*mm*
espesor del ala: tf =	14,50	*mm*
h con curva	428,00	*cm*
hw	404,00	*cm*
área: Ag =	94,90	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	33.415,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	1462,40	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	1657,40	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	1661,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	174,80	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	271,30	*cm3*
CALIBRE	W 18 x 50	
rt	4,93	*cm*
J	52,97	*cm4*
Esbeltez ala	6,55	
Esbeltez alma	44,89	
Cw	811417,00	*cm6*
U	1,64	
Lp (alma / ala traccionada)	177,13	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	474,29	*cm*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresión Q	0,94	
X1	13382,60	*kN/cm2*

Fy	34,50	*kN/cm2*	
E	20000,00	*kN/cm2*	
G	7720,00	*kN/cm2*	
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*	
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*	
Mp	571,80	*kNm*	
Mr	403,62	*kNm*	
Compresion Q	0,94		
X1	13382,60	*kN/cm2*	
Fy	34,50	*kN/cm2*	
E	20000,00	*kN/cm2*	
G	7720,00	*kN/cm2*	

3.2. Parametros geométricos del perfil (calculados)

área perfil completo: Ag =	94,90	*cm2*	
altura del perfil: d =	45,7	*cm*	
ancho ala: bf =	19	*cm*	
espesor ala: tf =	1,45	*cm*	
área de un ala: Af =	27,55	*cm2*	
área alma: Aw =	39,80	*cm2*	
momento de inercia perfil completo s/x-x: Ix =	33.415,00	*cm4*	
distancia entre baricentros de ambas alas =	44,25	*cm*	
momento de inercia ambas alas s/x-x: **If x =**	26977,138	*cm4*	
momento de inercia alma s/x-x: **Iw x =**	6.437,86		

3.3. Parámetros geométricos del cubrejuntas

Tensión de fluencia chapas: Fy =	23,50	*kN/cm2*	
Tensión de Rotura chapas: Fu=	37,00	*kN/cm2*	
espesor cubrejuntas alma =	0,635	*cm*	1/4"
espesor cubrejuntas ala =	1,270	*cm*	1/2"
diametro bulones ALA d=	2,540	*cm*	1"
diámetro bulones ALMA d =	2,540	*cm*	1"
calidad bulones:	A325		
rosca respecto de los planos de corte	incluida		
agujeros	normales		
a = *(ALA)*	5,08	*cm*	*separación min agujero - borde
b = *(ALA)*	7,62	*cm*	*separación min entre agujeros
c = *(ALA)*	11,16	*cm*	
d = *(ALA)*	5,08	*cm*	*separación min agujero - borde
e = *(ALA)*	8,84	*cm*	
f = *(ALMA)*	7,62	*cm*	*separación min entre agujeros
g = *(ALMA)*	5,08	*cm*	*separación min agujero - borde
a = *(ALMA)*	5,08	*cm*	*separación min agujero - borde
b = *(ALMA)*	7,62	*cm*	*separación min entre agujeros
c = *(ALMA)*	11,16	*cm*	

Cantidad bulones en ALA	**4**
Cantidad de bulones en ALMA	**6**

4- DISTRIBUCION DE ESFUERZOS

4. 1 - Distribución del corte Vy

esfuerzo de corte que recibe el alma debido a Vy: Vw (Vy) =	4,07	*kN*
esfuerzo de corte que recibe cada ala debido a Vy: Vf (Vy) =	0,00	*kN*

4.2 - Distribución del momento flector Mx

momento flector que reciben las alas debido a Mz: Mf (Mz) =	18467,007	*kNcm*
esfuerzo normal que recibe cada ala debido a Mz: Nf (Mz) =	417,334	*kN*
momento flector que recibe el alma debido a Mz: Mw (Mz) =	4406,993	*kNcm*

4.3 - Distribución del esfuerzo normal

esfuerzo normal que recibe cada ala debido a N: Nf =	-8,43	*kN*	
esfuerzo normal que recibe el alma debido a N: Nw =	-12,18	*kN*	

4.4 - Esfuerzos máximos a nivel del baricentro del grupo de bulones que están a la derecha de la junta

4.4.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de cubrejuntas de ala: Hf =	408,91	*kN*	

4.4.2 - Cubrejunta de alma (2 chapas)

fuerza vertical en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: V =	2,04	*kN*	
fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejuntas de ala: Hw =	-6,09	*kN*	
momento en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: M =	2222,62	*cm*	

5- VERIFICACIONES

5.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en cada bulón: H bul =	102,23	*kN*	

5.1.1 - Verificación al corte del bulón (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*	tabla J.3.2
área sección transversal de un bulón: Ab =	5,07	*cm2*	
Rn =	167,21	*kN*	
φ =	0,75		
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	125,41	*kN*	
Resistencia requerida / Relación Resistencia de diseño =	0,82		

5.1.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*	
1,2 Lc =	4,33	*cm*	
2,4 d =	6,10	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	152,67	*kN*	
Resistencia requerida / Resistencia de diseño =	0,67		

5.1.3 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*	
1.2. Lc =	4,33	*cm*	
2,4 . d =	6,10	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	212,00	*kN*	
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,48		

5.1.4 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	17,61	*cm2*	
área neta solicitada a tracción: Ant =	7,49	*cm2*	
área bruta solicitada a corte: Agv =	23,22	*cm2*	
área bruta solicitada a tracción: Agt =	11,23	*cm2*	
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	567,14	*kN*	
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75		
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	425,35	*kN*	
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	-0,07		

5.2 - Cubrejunta de alma

*Esfuerzo de corte en bulón (introducido al bulón por **AMBOS** cubrejuntas)*

momento de inercia polar de grupo de bulones: Ip´ =	319,35	*cm2*	
fuerza vertical en un bulón debido a V: V bul (V) =	0,68	*kN*	

fuerza vertical en bulón más solicitado debido a M: V bul (M)=	53,03	*kN*
fuerza vertical total en bulón más solicitado: V bul tot =	53,71	*kN*
fuerza horizontal en un bulón debido a Hw: H bul (Hw) =	-2,03	
fuerza horizontal total en bulón más solicitado debido a M: H bul (M)=	106,07	*kN*
fuerza horizontal total en bulón más solicitado: H bul tot =	108,10	
fuerza total en el bulón más solicitado: C =	120,70	*kN*

5.2.1 - Verificación al corte del bulón más solicitado (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*
área sección transversal de un bulón: Ab =	5,07	*cm2*
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	250,82	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,48	

5.2.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	4,63	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	120,51	*kN*
relación Resistencia de diseño / Resistencia requerida =	1,00	

5.2.3 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	6,94	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	5,94	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	23,22	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	9,68	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	547,25	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	410,44	*kN*
Resistencia requeridarelación / Resistencia de diseño =	0,00	

5.2.4 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	4,33	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	131,58	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,82	

5.3 - Verificación tracción perfil W

área bruta de la sección completa: Ag =	94,90	*cm2*
área neta de la sección completa: An =	69,91	*cm2*
coeficiente de reducción para área neta efectiva: U =	1,00	
área neta efectiva de la sección completa: Ae =	69,91	*cm2*
resistencia nominal por fluencia de la sección bruta: Pn1 =	3274,05	*kN*
factor de minoración de resistencia para fluencia de la sección bruta: f =	0,90	
resistencia de diseño por fluencia de la sección bruta: Pd1 =	2946,65	*kN*
resistencia nominal por rotura de la sección neta efectiva: Pn2 =	3145,95	*kN*
factor de minoración de resistencia para rotura de la sección neta efectiva: f =	0,75	

resistencia de diseño por rotura de la sección neta efectiva:

Pd2 =	2359,46	*kN*
resistencia de diseño por tracción: Pd tracc =	2359,46	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,00	

U2: VIGA-VIGA - DETALLE B

4- DISTRIBUCION DE ESFUERZOS - ESTADO 2

4. 1 - Distribución del corte Vy

esfuerzo de corte que recibe el alma debido a Vy: Vw (Vy) =	-47,79	*kN*	
esfuerzo de corte que recibe cada ala debido a Vy: Vf (Vy) =	0,00	*kN*	

4.2 - Distribución del momento flector Mx

momento flector que reciben las alas debido a Mx: Mf (Mx) =	90,135	*kNcm*	
esfuerzo normal que recibe cada ala debido a Mx: Nf (Mx) =	2,037	*kN*	
momento flector que recibe el alma debido a Mx: Mw (Mx) =	21,530	*kNcm*	

4.3 - Distribución del esfuerzo normal

esfuerzo normal que recibe cada ala debido a N: Nf =	6,74	*kN*	
esfuerzo normal que recibe el alma debido a N: Nw =	9,74	*kN*	

4.4 - Esfuerzos máximos a nivel del baricentro del grupo de bulones que están a la derecha de la junta

4.4.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de cubrejuntas de ala: Hf =	8,78	*kN*	

4.4.2 - Cubrejunta de alma (2 chapas)

fuerza vertical en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: V =	-23,90	*kN*	
fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejuntas de ala: Hw =	4,87	*kN*	
momento en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: M =	-213,62	*cm*	

5- VERIFICACIONES

5.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en cada bulón: H bul =	2,19	*kN*	

5.1.1 - Verificación al corte del bulón (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*	tabla J.3.2
área sección transversal de un bulón: Ab =	5,07	*cm2*	
Rn =	167,21	*kN*	
φ =	0,75		
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	125,41	*kN*	
Resistencia requerida / Relación Resistencia de diseño =	0,02		

5.1.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*	
1,2 Lc =	4,33	*cm*	
2,4 d =	6,10	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	152,67	*kN*	
Resistencia requerida / Resistencia de diseño =	0,01		

5.1.3 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*	
1.2. Lc =	4,33	*cm*	
2,4 . d =	6,10	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	212,00	*kN*	
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,01		

5.1.4 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	17,61	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	7,49	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	23,22	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	11,23	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	567,14	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	425,35	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,05	

5.2 - Cubrejunta de alma

*Esfuerzo de corte en bulón (introducido al bulón por **AMBOS** cubrejuntas)*

momento de inercia polar de grupo de bulones: Ip´ =	319,35	*cm2*
fuerza vertical en un bulón debido a V: V bul (V) =	-7,97	*kN*
fuerza vertical en bulón más solicitado debido a M: V bul (M)=	-5,10	*kN*
fuerza vertical total en bulón más solicitado: V bul tot =	-13,06	*kN*
fuerza horizontal en un bulón debido a Hw: H bul (Hw) =	1,62	
fuerza horizontal total en bulón más solicitado debido a M: H bul (M)=	-10,19	*kN*
fuerza horizontal total en bulón más solicitado: H bul tot =	-8,57	
fuerza total en el bulón más solicitado: C =	15,62	*kN*

5.2.1 - Verificación al corte del bulón más solicitado (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*
área sección transversal de un bulón: Ab =	5,07	*cm2*
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	250,82	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,06	

5.2.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	4,63	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	180,77	*kN*
relación Resistencia de diseño / Resistencia requerida =	0,09	

5.2.3 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	10,41	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	8,92	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	23,22	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	14,52	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	657,21	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	492,91	*kN*
Resistencia requeridarelación / Resistencia de diseño =	0,05	

5.2.4 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*
1.2. Lc =	4,33	*cm*
2,4 . d =	6,10	*cm*

resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	131,58	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	-0,07	

5.3 - Verificación tracción perfil W

área bruta de la sección completa: Ag =	94,90	*cm2*
área neta de la sección completa: An =	69,91	*cm2*
coeficiente de reducción para área neta efectiva: U =	1,00	
área neta efectiva de la sección completa: Ae =	69,91	*cm2*
resistencia nominal por fluencia de la sección bruta: Pn1 =	3274,05	*kN*
factor de minoración de resistencia para fluencia de la sección bruta: f =	0,90	
resistencia de diseño por fluencia de la sección bruta: Pd1 =	2946,65	*kN*
resistencia nominal por rotura de la sección neta efectiva: Pn2 =	3145,95	*kN*
factor de minoración de resistencia para rotura de la sección neta efectiva: f =	0,75	
resistencia de diseño por rotura de la sección neta efectiva: Pd2 =	2359,46	*kN*
resistencia de diseño por tracción: Pd tracc =	2359,46	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,01	

U2: VIGA-VIGA - DETALLE B

4- DISTRIBUCION DE ESFUERZOS - ESTADO 3

4. 1 - Distribución del corte Vy

esfuerzo de corte que recibe el alma debido a Vy: Vw (Vy) =	-5,17	*kN*	
esfuerzo de corte que recibe cada ala debido a Vy: Vf (Vy) =	0,00	*kN*	

4.2 - Distribución del momento flector Mx

momento flector que reciben las alas debido a Mx: Mf (Mx) =	-40,157	*kNcm*	
esfuerzo normal que recibe cada ala debido a Mx: Nf (Mx) =	-0,908	*kN*	
momento flector que recibe el alma debido a Mx: Mw (Mx) =	-9,592	*kNcm*	

4.3 - Distribución del esfuerzo normal

esfuerzo normal que recibe cada ala debido a N: Nf =	-22,11	*kN*	
esfuerzo normal que recibe el alma debido a N: Nw =	-31,95	*kN*	

4.4 - Esfuerzos máximos a nivel del baricentro del grupo de bulones que están a la derecha de la junta

4.4.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de cubrejuntas de ala: Hf =	-23,02	*kN*	

4.4.2 - Cubrejunta de alma (2 chapas)

fuerza vertical en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: V =	-2,59	*kN*	
fuerza horizontal en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejuntas de ala: Hw =	-15,97	*kN*	
momento en baricentro del grupo de bulones de **UN** cubrejunta de alma: M =	-29,07	*cm*	

5- VERIFICACIONES

5.1 - Cubrejunta de ala

fuerza horizontal en cada bulón: H bul =	-5,76	*kN*	

5.1.1 - Verificación al corte del bulón (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*	tabla J.3.2
área sección transversal de un bulón: Ab =	5,07	*cm2*	
Rn =	167,21	*kN*	
φ =	0,75		
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	125,41	*kN*	
Resistencia requerida / Relación Resistencia de diseño =	-0,05		

5.1.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*	
1,2 Lc =	4,33	*cm*	
2,4 d =	6,10	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	152,67	*kN*	
Resistencia requerida / Resistencia de diseño =	-0,04		

5.1.3 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,74	*cm*	
diámetro de cálculo del agujero =	2,94	*cm*	
1.2. Lc =	4,33	*cm*	
2,4 . d =	6,10	*cm*	
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	212,00	*kN*	
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	-0,03		

5.1.4 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	17,61	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	7,49	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	23,22	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	11,23	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	567,14	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	425,35	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	-0,18	

5.2 - Cubrejunta de alma

*Esfuerzo de corte en bulón (introducido al bulón por **AMBOS** cubrejuntas)*

momento de inercia polar de grupo de bulones: Ip´ =	179,64	*cm2*
fuerza vertical en un bulón debido a V: V bul (V) =	-0,86	*kN*
fuerza vertical en bulón más solicitado debido a M: V bul (M)=	-0,92	*kN*
fuerza vertical total en bulón más solicitado: V bul tot =	-1,79	*kN*
fuerza horizontal en un bulón debido a Hw: H bul (Hw) =	-5,32	
fuerza horizontal total en bulón más solicitado debido a M: H bul (M)=	-1,85	*kN*
fuerza horizontal total en bulón más solicitado: H bul tot =	3,47	
fuerza total en el bulón más solicitado: C =	3,91	*kN*

5.2.1 - Verificación al corte del bulón más solicitado (grupo de bulones de la derecha)

resistencia nominal al corte del material del bulón: Fv =	33,00	*kN/cm2*
área sección transversal de un bulón: Ab =	2,85	*cm2*
resistencia de diseño al corte de un bulón: Rd corte =	141,09	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,03	

5.2.2 - Verificación al aplastamiento del cubrejunta

diámetro nominal del agujero =	2,11	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,31	*cm*
1.2. Lc =	3,42	*cm*
2,4 . d =	4,57	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	120,51	*kN*
relación Resistencia de diseño / Resistencia requerida =	0,03	

5.2.3 - Verificación bloque de corte

área neta solicitada a corte: Anv =	6,94	*cm2*
área neta solicitada a tracción: Ant =	3,52	*cm2*
área bruta solicitada a corte: Agv =	23,22	*cm2*
área bruta solicitada a tracción: Agt =	7,26	*cm2*
resistencia nominal a rotura del bloque de corte del perfil I: Rn bloque de corte =	324,64	*kN*
factor de minoración de resistencia para corte: f =	0,75	
resistencia de diseño a rotura del bloque de corte del perfil I: Rd bloque de corte =	243,48	*kN*
Resistencia requeridarelación / Resistencia de diseño =	-0,31	

5.2.4 - Aplastamiento del perfil

diámetro nominal del agujero =	2,11	*cm*
diámetro de cálculo del agujero =	2,31	*cm*
1.2. Lc =	4,71	*cm*
2,4 . d =	4,57	*cm*
resistencia de diseño al aplastamiento: Rd aplast =	138,87	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	0,03	

5.3 - Verificación tracción perfil W

área bruta de la sección completa: Ag =	94,90	*cm2*
área neta de la sección completa: An =	71,62	*cm2*
coeficiente de reducción para área neta efectiva: U =	1,00	
área neta efectiva de la sección completa: Ae =	71,62	*cm2*
resistencia nominal por fluencia de la sección bruta: Pn1 =	3274,05	*kN*
factor de minoración de resistencia para fluencia de la sección bruta: f =	0,90	
resistencia de diseño por fluencia de la sección bruta: Pd1 =	2946,65	*kN*
resistencia nominal por rotura de la sección neta efectiva: Pn2 =	3223,10	*kN*
factor de minoración de resistencia para rotura de la sección neta efectiva: f =	0,75	
resistencia de diseño por rotura de la sección neta efectiva: Pd2 =	2417,33	*kN*
resistencia de diseño por tracción: Pd tracc =	2417,33	*kN*
Resistencia requerida / relación Resistencia de diseño =	-0,03	

U3: RIGIDIZADOR-PANEL NODAL (NUDO DE PÓRTICO)

1. DATOS GENERALES

1.1. Materiales

Tipo de Acero	**F - 36**	
Tensión de fluencia del acero de perfiles: Fy =	34,5	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad del acero: E =	20000	*kN/cm2*
Módulo de elasticidad transversal del acero: G =	7720	*kN/cm2*
Tensión de Rotura Fu=	45	*kN/cm2*

2. ESFUERZOS

2.1. Estado de carga

Esfuerzo Normal	-49,60	*kN*
Momento Flector	199,60	*kNm*
Corte	80,00	*kN*

Compresión NEGATIVA
Tracción POSITIVA

2.4. Verificación: ESTADO 1

Esfuerzo de compresión Pu =	49,60	*kN*
Esfuerzo de tracción Tu =		*kN*
Esfuerzo de flexión Mu =	19960,00	*kNcm*
Esfuerzo de corte Vu =	80,00	*kN*
Brazo de palanca =	44,25	*ccm*
Esfuerzo de corte en alas =	451,07	*kN*

3. SECCIÓN VIGA DE PÓRTICO

3.1. Parámetros geométricos del perfil

Perfil	**W 460 x 74,0**	
Masa lineal	74,00	*kg/m*
altura de la sección: d =	457,00	*mm*
ancho del ala: bf =	190,00	*mm*
espesor del alma: tw =	9,00	*mm*
espesor del ala: tf =	14,50	*mm*
h con curva	428,00	*mm*
hw	404,00	*mm*
área: Ag =	94,90	*cm2*
momento de inercia según eje x: Ix =	33.415,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje x: Sx =	1462,40	*cm3*
radio de giro según eje x: rx =	18,77	*cm*
momento resistente plástico según eje x: Zx =	1657,40	*cm3*
momento de inercia según eje y: Iy =	1661,00	*cm4*
momento resistente elástico según eje y: Sy =	174,80	*cm3*
radio de giro según eje y: ry =	4,18	*cm*
momento resistente plástico según eje y: Zy =	271,30	*cm3*
CALIBRE	W 18 x 50	
rt	4,93	*cm*
J	52,97	*cm4*
Esbeltez ala	6,55	
Esbeltez alma	44,89	
Cw	811417,00	*cm6*
U	1,64	
Lp (alma / ala traccionada)	177,13	*cm*
Lr (alma/ ala tarccionada)	474,29	*cm*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresión Q	0,94	
X1	13382,60	*kN/cm2*
Fy	34,50	*kN/cm2*
E	20000,00	*kN/cm2*
G	7720,00	*kN/cm2*
Lp (ala comprimida)	160,02	*cm*
Lr (ala comprimida)	259,43	*cm*
Mp	571,80	*kNm*
Mr	403,62	*kNm*
Compresion Q	0,94	

4- VERIFICACIONES

4.1 - Verificación fluencia por corte en alma de panel nodal (Sección J.10.6. (b) - CIRSOC 301)

Ag bayoneta	59,20	
Resistencia nominal columna: Py = Fy*Ag =	2042,40	*kN*
Longitud de la columna: dc	966,00	*cm*
Resistencia nominal al corte del alma: Rn	17996,58	*kN*
Φ	0,90	
Resistencia de diseño: Rd = Φ Rn =	16196,92	*kN*
Resistencia requerida/relación Resistencia de diseño =	0,03	

4.2 - Especificaciones adicionales para rigidizadores (Sección J.10.8 - CIRSOC 301)

Rigidizador horizontal

ancho min	3,17	cm
ancho adoptado: A1=	7,00	cm
A1 + tw/2	7,45	cm

altura	404,00	cm
espesor min	0,73	cm
espesor adoptado	5/16	´´
esbeltez (ancho/espesor)	8,83	
esbeltez límite: 0.56√E/Fy =	16,34	
	verifica	