Aplicación de Secciones Conformadas en Frío como Alternativa Viable en las Componentes Principales de una Estructura

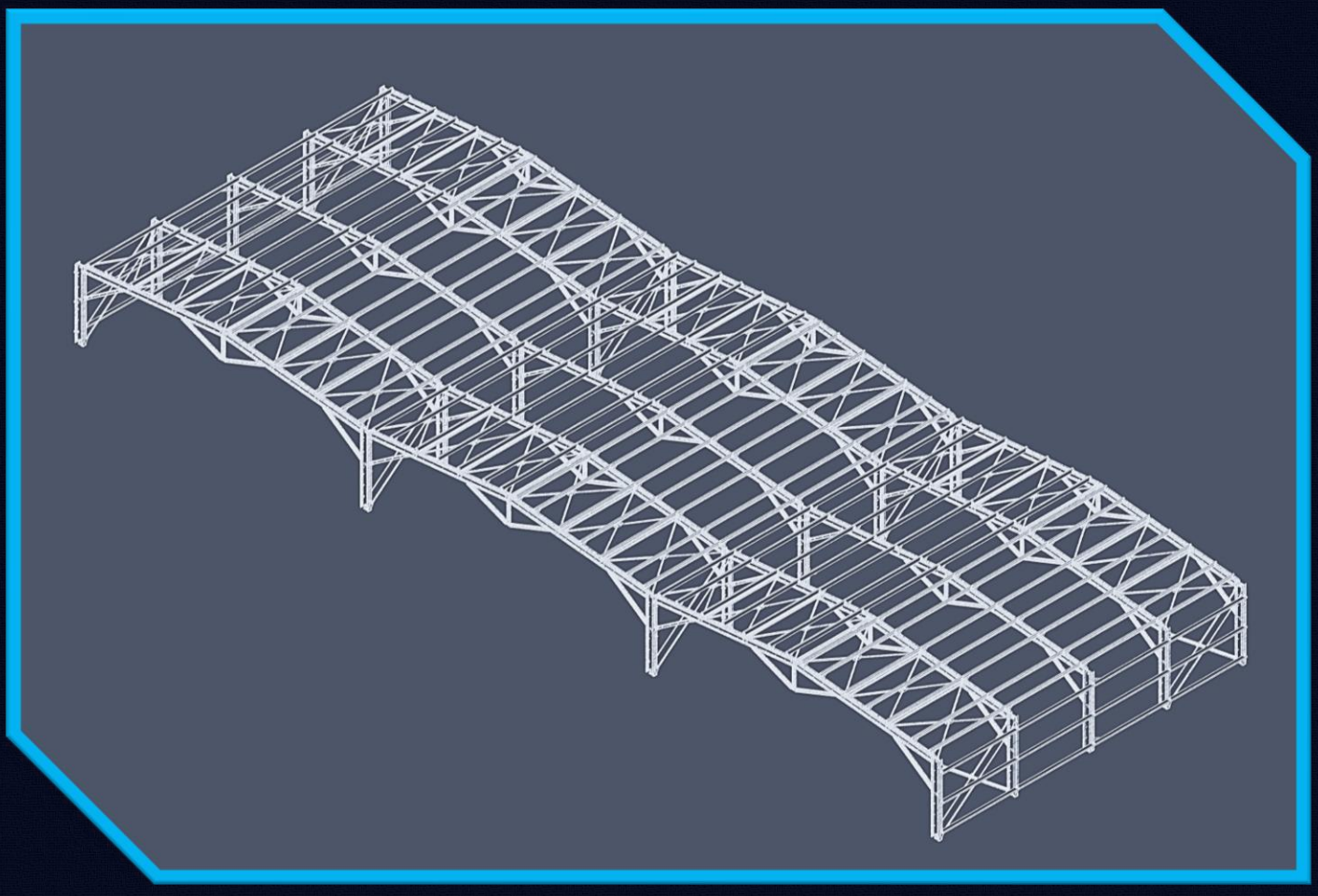
Caso de Estudio: Pórticos de Acero para Uso Agroindustrial

Director del Proyecto

Ing. Héctor Ruffo

Autor del Proyecto

Rodrigo N. Martos



Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Santa FE

2024

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 5

1.1 MOTIVACIÓN. 6

1.2 OBJETIVOS. 7

1.3 ALCANCE DEL TRABAJO. 7

2. MARCO TEÓRICO 8

2.1 ACERO DE USO ESTRUCTURAL. 9

2.2 PRODUCCIÓN NACIONAL. 13

2.3 PERFILES CONFORMADOS EN FRIO. 16

2.4 GALVANIZADO. 34

3. POSIBLES APLICACIONES DEL SISTEMA 38

3.1 INDUSTRIA DE TAMBOS LECHEROS. 39

3.2 INDUSTRIA DE GANADO PORCINO. 40

3.3 INDUSTRIA DE GANADO AVÍCOLA. 41

3.4 MERCADO POTENCIAL. 43

4. CASO DE ESTUDIO 44

4.1 DEFINICIÓN DE UN MODELO COMÚN. 45

4.2 MATRIZ DE COSTOS. 49

5. SOLUCIONES CLÁSICAS 52

5.1 PÓRTICO DE ALMA LLENA (ALTERNATIVA 1). 53

5.2 COMPUTO MÉTRICO DE LA ALTERNATIVA 1. 55

5.3 COSTOS DE LA ALTERNATIVA 1. 58

5.4 PÓRTICO DE ESTRUCTURA RETICULADA (ALTERNATIVA 2). 60

5.5 COMPUTO MÉTRICO DE LA ALTERNATIVA 2. 63

5.6 COSTOS DE LA ALTERNATIVA 2. 67

6. ESTUDIO Y DISEÑO DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA 69

6.1 PÓRTICO DE PERFILES CONFORMADOS (ALTERNATIVA 3). 70

6.2 PREMISAS DE DISEÑO. 71

6.3 DISEÑO ESTRUCTURAL. 71

6.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL. 74

6.5 COMPUTO MÉTRICO DE LA ALTERNATIVA 3. 78

6.6 COSTOS DE LA ALTERNATIVA 3. 85

6.7 RESUMEN DE CÓMPUTOS Y COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS. 87

7. CONSTRUCTIBILIDAD DEL SISTEMA 88

7.1 PROCESO DE ENSAMBLE DE LAS PIEZAS. 89

7.2 ACCESORIOS. 94

8. COMPARATIVA 96

8.1 METODOLOGÍA. 97

8.2 DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS. 100

8.3 COMPARACIÓN MULTICRITERIO. 111

8.4 CONCLUSIONES RESPECTO A LA COMPARATIVA. 115

9. CONCLUSIONES 116

9.1 RESPECTO AL TRABAJO REALIZADO. 117

9.2 RESPECTO A DISTINTAS APLICACIONES DE LOS PFC. 118

9.3 RESPECTO A SU LA RELEVANCIA DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO. 119

10. MATERIAL CONSULTADO 121

10.1 BIBLIOGRAFÍAS 122

10.2 REGLAMENTOS 122

10.3 ENLACES 123

11. ANEXOS 124

11.1 MEMORIA DE CÁLCULO. 125

11.2 PLANOS Y DETALLES CONSTRUCTIVOS. 140

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación.

Este trabajo fundamentalmente promueve el desarrollo de una alternativa estructural estandarizada con aplicaciones a nivel industrial y agropecuario. La propuesta de utilizar perfiles de acero conformado en frío para los elementos principales de la estructura busca optimizar la eficiencia de fabricación, eliminar la necesidad de mantenimiento por pintado, reducir la dependencia de mano de obra altamente especializada en las distintas etapas de fabricación, disminuir la cantidad de acero utilizado y, en última instancia, reducir el costo total del proyecto.

¿Por qué elegir ***perfiles conformados en frio****?*

Como se detallará más adelante, estos perfiles no solo superan en eficiencia estructural en determinadas aplicaciones a sus contrapartes laminadas en caliente, sino que también destacan por su idoneidad para la producción en masa sin intervención de tareas manuales, todo gracias a maquinas que funcionan a partir de archivos de control numérico, por su mayor ligereza y contar con protección pregalvanizada de fábrica. Además, en el contexto de la República Argentina, es importante mencionar que la totalidad del acero para la fabricación de este tipo de perfiles es de producción nacional.

Si bien la elección entre acero nacional e importado no es una decisión universal, depende de la situación económica local y global, así como de las necesidades específicas de cada proyecto. En general, el uso de acero nacional se presenta como una opción justificable y competitiva en términos de costos y calidad en el contexto argentino.

En resumen, tenemos un material que es eficiente, resistente, posee una protección superficial por ende no requiere ser pintado y finalmente tiene la capacidad de ser producido bajo demanda utilizando maquinas por control numérico, eliminando la necesidad de mantener grandes cantidades de acero almacenadas y por ende grandes cantidades de capital inmovilizados. Esto último implica una reducción de la inversión en inventario, mano de obra y riesgo financiero. Considerando todo lo anterior resulta de interés practico y económico evaluar si los PCF poseen aplicaciones distintas a ser usados solamente como estructuras secundarias.

1.2 Objetivos.

- *Desarrollar una propuesta estructural que utilice perfiles conformados en frío que sea optimizada, eficiente y de aplicación práctica.*
- *Definir posibles áreas de aplicación para dicha estructura.*
- *Profundizar en la teoría que hace a los perfiles conformados, sus ventajes y desventajas.*
- *Comparar la propuesta resultante contra las soluciones que presenta el mercado actualmente.*
- *Elaborar conclusiones en base a un análisis cualitativo y cuantitativo.*
- *Promover prácticas constructivas más sustentables y un uso más consciente y racional del material.*

1.3 Alcance del trabajo.

En el presente documento se realiza un análisis y cálculo estructural de un galpón con estructura de acero destinado para el sector agropecuario. Se evaluarán distintas alternativas y se definirá una propuesta superadora.

Aspectos que no serán analizados a detalle en este trabajo:

- *Sistemas de fundación.*
- *Análisis de las correas de cerramiento y cubierta.*
- *Sistemas de arriostramiento.*

Que los temas mencionados anteriormente no se desarrollen en este informe no significa que los mismos no hayan sido considerados en el diseño de la estructura del pórtico.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Acero de uso estructural.

El acero de uso estructural es un componente fundamental en la construcción moderna, desempeñando un papel crucial en la edificación de infraestructuras duraderas y seguras.

La producción de acero estructural implica varios métodos, siendo dos de los más comunes el proceso de horno eléctrico de arco (EAF) y el proceso de horno de oxígeno básico (BOF). Ambos métodos implican la fusión de chatarra de acero y la adición de aleaciones para lograr las propiedades deseadas.

El horno básico de oxígeno utiliza mineral de hierro, coque y aproximadamente un 30% de chatarra de acero. El horno eléctrico de arco está completamente basado en chatarra y utiliza electricidad para fundir la chatarra.

Reciclabilidad y Sustentabilidad del material.

Una vez que se produce el acero, se convierte en un recurso permanente porque es 100% reciclable sin pérdida de calidad y tiene un ciclo de vida potencialmente interminable. Después de la vida útil de la estructura, un edificio puede ser desmantelado y el acero enviado de vuelta a la recopilación de chatarra.

Mientras que otros productos solo pueden reciclarse en un producto de menor calidad (reciclaje descendente), el acero puede reciclarse una y otra vez y rehacerse en nuevos elementos sin pérdida de calidad (multiciclado).

Al utilizar chatarra en lugar de depender exclusivamente de minerales de hierro, se reduce la demanda de recursos naturales y se disminuye la cantidad de residuos. De esta manera, el EAF no solo puede ser más eficiente en términos de energía, sino que también se alinea con prácticas más sostenibles al fomentar la reutilización de materiales existentes.

El acero estructural tiene una tasa de recuperación del 98 por ciento y todos los productos de acero fabricados mediante el método de horno eléctrico de arco basado en chatarra tienen un contenido reciclado promedio de más del 92 por ciento.

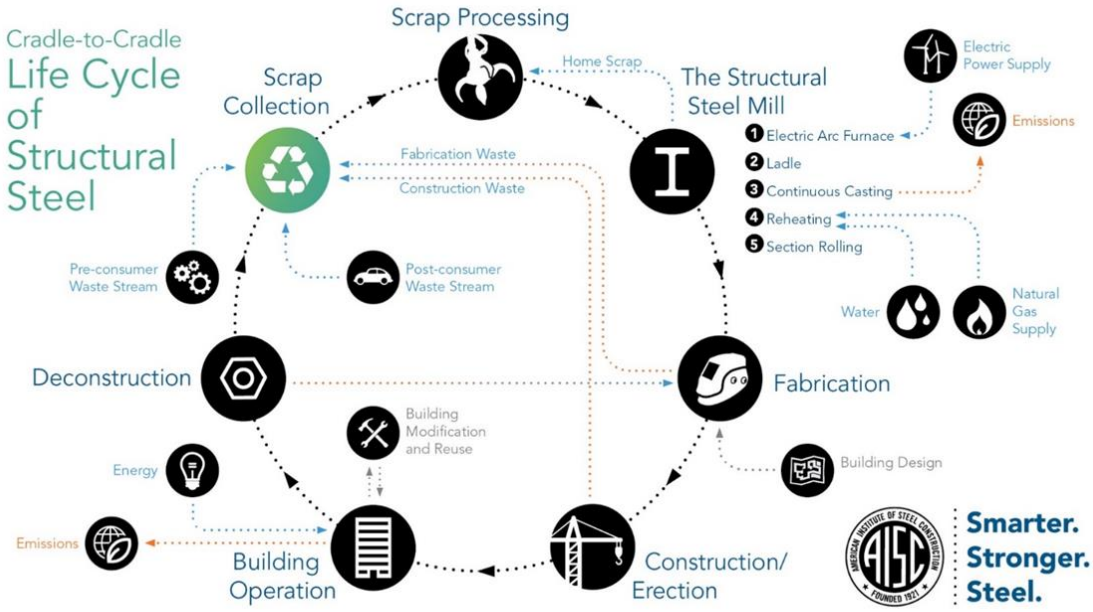


Imagen 1 – Ciclo de vida del acero estructural. Fuente American Institute of Steel Construction.

También es importante destacar que el 85 % de la energía utilizada por un molino EAF es electricidad, lo que representa la mayor parte de la huella de carbono del acero laminado en caliente. Como función de este consumo de energía, el acero estructural producido tiene aproximadamente 0,73 toneladas de carbono incorporado por tonelada producida. Y, a medida que la red eléctrica se vuelve menos basada en carbono y más renovable, la huella ambiental del acero estructural disminuirá proporcionalmente, lo que es altamente probable que suceda si consideramos como ha migrado la matriz energética mundial hacia los renovables en las últimas décadas.

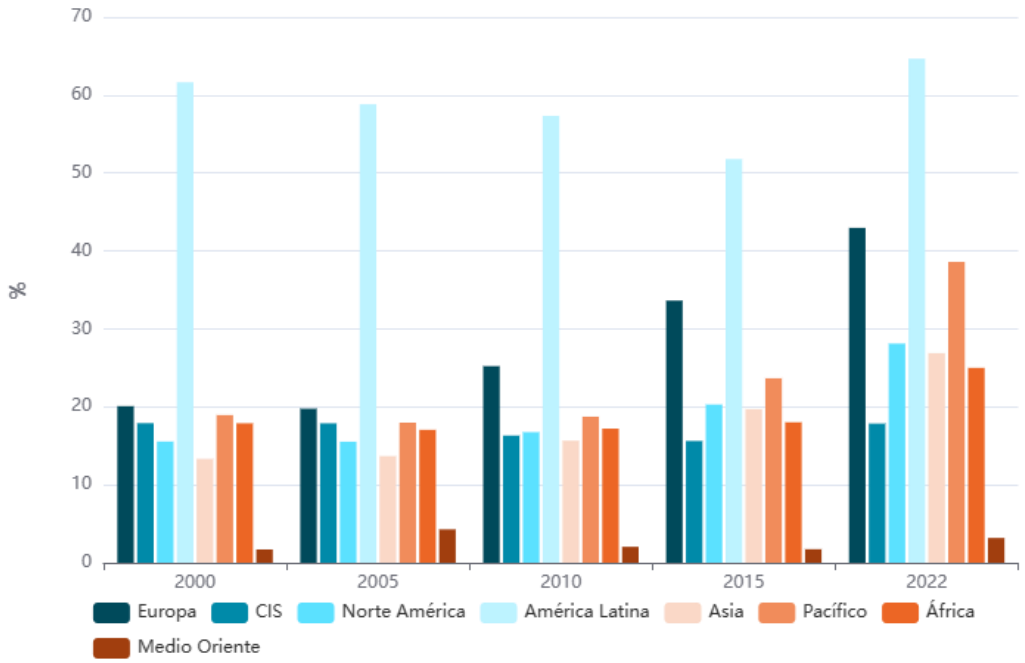


Imagen 2 – % de producción de electricidad a partir de renovables. Fuente Enerdata.

Huella de carbono.

La producción de acero es una parte significativa de las emisiones globales de CO2. Se estima que el producto de acero es responsable del 7% de todas las emisiones de CO2, según Our World in Data. Un hecho notable en estas estadísticas es que más de la mitad de todo el acero y, por lo tanto, las emisiones son producidas en China. En 2019, se produjeron 1.875 millones de toneladas de acero. Esto significa que se produjeron al menos 3.375 millones de toneladas de CO2.

Si bien la producción de acero es una de las principales contribuyentes a las emisiones de CO2 a nivel mundial, no es la única industria con un impacto significativo en el cambio climático. Otra área de preocupación es la producción de cemento, que también representa una parte sustancial de las emisiones globales de carbono. Al igual que el acero, la fabricación de cemento es un proceso intensivo en energía que libera grandes cantidades de CO2 a la atmósfera y es responsable del 8% de todas las emisiones de CO2.

A continuación, se muestra un análisis cuantitativo respecto a las emisiones de CO2 que el acero y el cemento liberan a la atmosfera durante su fabricación. La huella de carbono mide la razón entre Cantidad de CO2 liberado y la cantidad de material fabricado, lo que quiere decir, Toneladas de CO2 / Toneladas Producidas.

	Acero proveniente del método BOF	**Acero proveniente del método EAF**	**Cemento**
Huella de carbono	**1,987**	**0,357**	**0,913**

Tabla 1 – Huella de carbono para el cemento y los aceros BOF y EAF medido en Toneladas de CO2 emitidas / Toneladas producidas.

Esto implica que, si se generara una cantidad finita y uniforme de cada uno de los materiales mencionados anteriormente, observaríamos que el cemento produciría un 156% más de emisiones de CO2 que el acero EAF (0,913/0,357 = 2,557), mientras que el acero BOF generaría un 457% más de emisiones de CO2 que el acero EAF (1,987/0,357 = 5,568).

Si el acero se puede reciclar tan fácilmente y además genera mucho menos emisiones ¿por qué no todo el acero producido utiliza el método del Horno de Arco Eléctrico? Aunque técnicamente se ahorrarían muchas emisiones de CO2, la razón principal por la que no todo el acero se produce de esta manera es que la cantidad de acero reciclado no es lo suficientemente alta para satisfacer la demanda de acero. En algún momento, quizás cuando se alcance un estado estable y se haya producido todo lo necesario utilizando mineral de hierro virgen, la demanda de acero se podría cumplir completamente con acero reciclado. Además de que la demanda de acero sigue creciendo y se necesita más acero "virgen", las siderúrgicas suelen tener horizontes de inversión que abarcan décadas. Esto hace que sea costoso cerrarlas antes de su supuesta vida útil. Sin embargo, uno puede consolarse pensando que, en algún momento muy en el futuro, el stock de acero existente debería ser suficiente para proporcionar a toda la humanidad acero reciclado para todas nuestras necesidades.

Es claro que al producir la misma cantidad de material la diferencia en emisiones no es marginal, pero si este análisis también tomara en cuenta las resistencias características de los materiales, las diferencias serían aún más significativas. Esto se puede apreciar claramente si recurrimos a un indicador comúnmente utilizado en la aeronáutica: la resistencia específica, que se define como la razón entre la resistencia de un material y su densidad.

	Acero proveniente del método BOF	**Acero proveniente del método EAF**	**Hormigón**
Resistencia característica (MPa)	**250**	**250**	**25**
Densidad (Tn/m^3)	**7,850**	**7,850**	**2,500**
Resistencia especifica (MPa*m^3/Tn)	**31,85**	**31,85**	**10,00**

Tabla 2 – Espesores y dimensiones comerciales de chapas laminadas en caliente.

Esto significa que, para una resistencia requerida determinada, el peso de un componente de acero es la tercera parte de la de un componente de hormigón, resultando en un ahorro significativo en peso y en emisiones de CO2.

2.2 Producción nacional.

En Argentina, el uso del acero en estructuras civiles se encuentra sujeto a regulaciones y obstáculos particulares que influyen en la elección entre acero nacional e importado. Un requisito clave es la certificación de la planta de producción, conocida como laminadora, de acuerdo con la norma IRAM 404. Esta normativa establece estándares de calidad y seguridad para acero destinado al uso en construcciones civiles en el país.

Para las acerías extranjeras que deseen exportar acero a Argentina, cumplir con esta certificación puede suponer un desafío considerable. Deben adaptar sus procesos de producción y estándares a los requisitos locales, lo que puede llevar tiempo y recursos

significativos. Como resultado, la importación de acero para su uso en la construcción se complica debido a estos requisitos de certificación.

Además de los requisitos de certificación, otro factor que influye en la elección del tipo de acero es la estructura de aranceles de importación. En general, los aranceles de importación para el acero extranjero, es decir, aquel que proviene de fuera del Mercosur, son considerablemente elevados en Argentina. Esto se traduce en precios finales más altos para el acero importado en comparación con el acero de producción nacional.

En Argentina, la producción de acero de uso estructural se lleva a cabo mediante plantas siderúrgicas avanzadas. Hay un solo productor de acero y laminadora de chapa laminada en caliente de acero estructural que es Ternium de Grupo Techint, líder en la producción de acero.

Ternium fabrica chapas de acero en calidades F-24, F-26 y F-36, disponibles en diversos espesores. A continuación, se detallan las dimensiones comerciales de estas chapas planas. Además, los productos pueden entregarse en formato de bobinas.

Origen Ternium chapa plana- Medidas de las chapas			
Espesores		**Calidades**	
Pulgadas	**Milímetros**	**F-26**	**F-36**
3/16	**4,76**	**1.500x12.000**	**1.500x12.000**
1/4	**6,35**	**1.500x12.000**	**1.500x12.000**
5/16	**7,94**	**1.500x12.000**	**1.500x12.000**
3/8	**9,53**	**1.500x12.000**	**1.245x12.000**
1/2	**12,70**	**1.500x12.000**	**1.245x12.000**

Tabla 3 – Espesores y dimensiones comerciales de chapas laminadas en caliente.

En línea con un compromiso hacia practicas más sostenibles y amigables con el medio ambiente la empresa brasileña Gerdau ha consolidado su presencia en Argentina a través de su destacada planta recicladora de chatarra ubicada en la localidad de Pérez, Provincia de Santa Fe, esta instalación desempeña un papel crucial en la cadena de

suministro de Gerdau, aportando de manera significativa a la sostenibilidad y eficiencia en la producción de acero.

La planta recicladora opera con tecnología avanzada, llevando a cabo la clasificación, procesamiento y transformación de la chatarra en materia prima de alta calidad.

Gerdau, como uno de los principales recicladores de chatarra en el continente americano, realiza anualmente la transformación de millones de toneladas de chatarra en acero. La nueva acería recicla aproximadamente 260 mil toneladas de chatarra al año, marcando otro hito en los esfuerzos de Gerdau por impulsar prácticas industriales sostenibles y responsables.

2.3 Perfiles conformados en frio.

En la construcción con acero, existen dos principales familias de perfiles estructurales. Un grupo es el de los perfiles laminados en caliente y perfiles armados a partir de placas. El otro, menos familiar, pero de creciente importancia, está compuesto por los perfiles conformados en frío.

Los perfiles conformados en frío son elementos estructurales fabricados a partir de láminas o bobinas de acero mediante un proceso de conformado en frío, que implica la deformación plástica del material a temperatura ambiente.

Este proceso se lleva a cabo en una máquina de perfilado en frío, donde se pasa la chapa metálica a través de una serie de rodillos que le dan forma al perfil deseado. También se puede combinar con distintos procesos en línea tales como, corte, punzonado y troquelado de forma de tener un procesos muy eficiente y automatizado.

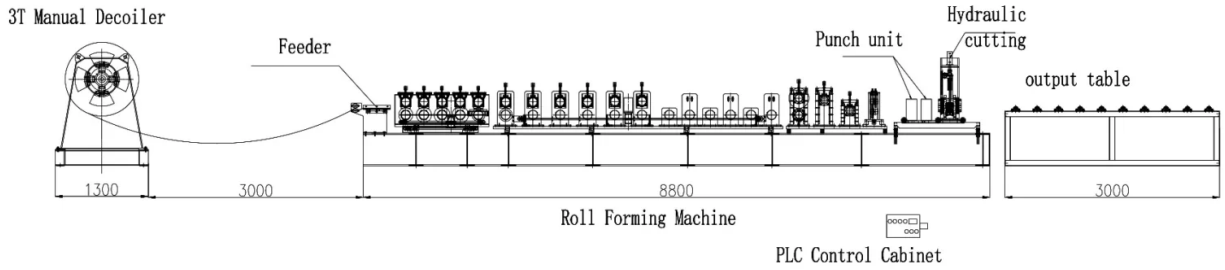


Imagen 3 – Ejemplo de una posible configuración para estaciones de conformado. Fuente Sunway China.

A medida que el material avanza a través de la máquina, los rodillos y las herramientas aplican fuerza para doblar, estirar y conformar el acero en la forma requerida. El proceso se realiza gradualmente para lograr una precisión y uniformidad óptimas en el perfil final.

Imagen 4 – Imágenes de una máquina de conformado en frio y sus partes. Fuente Sunway China.

En comparación con otros materiales como la madera y hormigón armado, se pueden lograr las siguientes cualidades para los perfiles estructurales de acero conformados en frío.

- *Ligereza*
- *Alta resistencia y rigidez*
- *Facilidad de prefabricación y producción en masa*
- *Montaje e instalación rápidos y fáciles*
- *Eliminación sustancial de retrasos debido al clima*
- *Tolerancias muy estrechas ± 0,05 mm*
- *Estabilidad volumétrica a temperaturas ambiente*
- *No se necesita encofrado*
- *A prueba de termitas y podredumbre*
- *Calidad uniforme*
- *Economía en transporte y manejo*
- *Incombustibilidad*
- *Material reciclable*

Este proceso de conformado en frío permite la creación de una amplia variedad de perfiles, como vigas, canales, ángulos, tubos y otros elementos estructurales, con secciones transversales precisas y dimensiones consistentes.

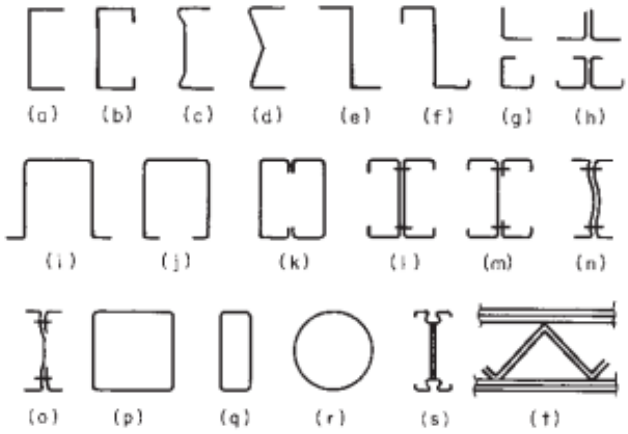


Imagen 5 – Distintas secciones conformadas en frio utilizadas en la industria de la construcción. Fuente Wei-Wen Yu, Roger A. LaBoube – Cold-Formed Steel Design.

Otra aplicación del conformado en frío es la generación de paneles. Estas secciones se utilizan generalmente para cubiertas de techo, paneles de pared, material de revestimiento, encofrado de puentes y en sistema de entrepisos.

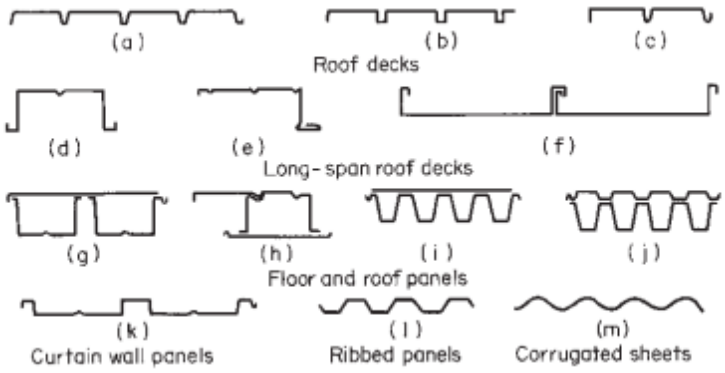


Imagen 6 – Distintas secciones conformadas en frio en forma de chapas. Fuente Wei-Wen Yu, Roger A. LaBoube – Cold-Formed Steel Design.

Influencia del conformado en frio sobre las propiedades mecánicas del acero.

Las propiedades mecánicas de las secciones de acero conformado en frio a menudo difieren sustancialmente de las del acero en hojas, placas o barras antes del conformado. Esto se debe a que la operación de conformado en frio aumenta la tensión de fluencia y la resistencia a la tracción y al mismo tiempo disminuye la ductilidad.

El aumento porcentual en la resistencia a la tracción es mucho menor que el aumento en la tensión de fluencia, lo que resulta en una marcada reducción en la diferencia entre estas dos propiedades.

Dado que el material en las esquinas de una sección se trabaja en frio a un grado considerablemente mayor que el material en los elementos planos de la sección, las propiedades mecánicas varían dentro de la sección transversal.

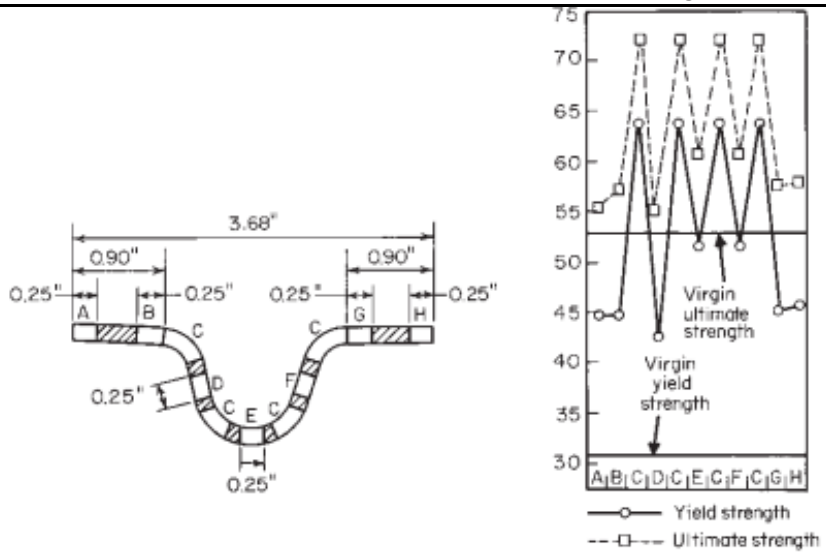


Imagen 7 – Variación de las propiedades mecánicas luego del conformado. Fuente Wei-Wen Yu, Roger A. LaBoube – Cold-Formed Steel Design.

Por esta razón, el pandeo o la fluencia siempre comienza en la porción plana debido a la menor tensión de fluencia del material. Cualquier carga adicional aplicada a la sección se distribuirá a las esquinas.

Los resultados de investigaciones realizadas por Winter, Karren, Chajes, Britvec y Uribe sobre la influencia del trabajo en frío indican que los cambios en las propiedades mecánicas debido al trabajo en frío son causados principalmente por el endurecimiento por deformación y el envejecimiento por deformación, como se ilustra a continuación.

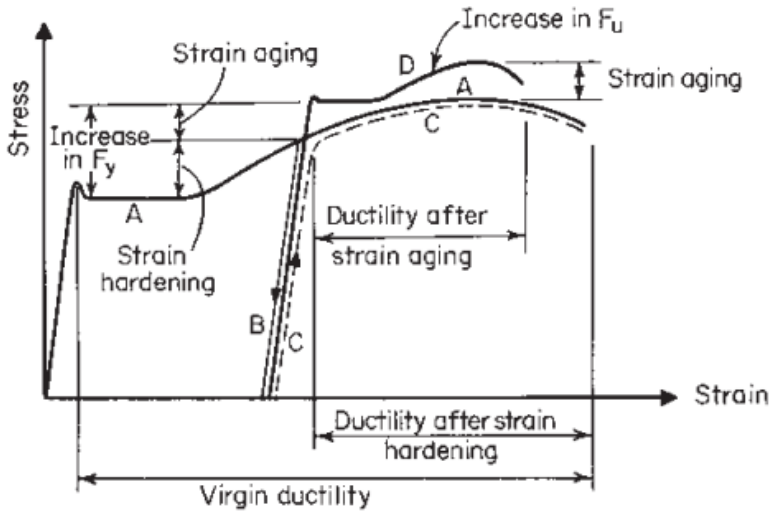


Imagen 8 – Efectos del endurecimiento por deformación y el envejecimiento por deformación sobre la curva tensión-deformación del acero. Fuente Wei-Wen Yu, Roger A. LaBoube – Cold-Formed Steel Design.

En ella, la curva A representa la curva de tensión-deformación del material virgen. La curva B es el resultado de la descarga en el rango de endurecimiento por deformación, la curva C representa la recarga inmediata y la curva D es la curva de tensión-deformación de la recarga después del envejecimiento por deformación. Es interesante notar que los límites de elasticidad de las curvas C y D son más altos que el límite de elasticidad del material virgen y que la ductilidad disminuye después del endurecimiento por deformación y el envejecimiento por deformación. Además del endurecimiento por deformación y el envejecimiento por deformación, los cambios en las propiedades mecánicas producidos por el trabajo en frío también son causados por el efecto Bauschinger directo e inverso. El efecto Bauschinger se refiere al hecho de que el límite de elasticidad a compresión longitudinal de los aceros estirados es menor que el límite de elasticidad a tracción longitudinal.

Los efectos del trabajo en frío en las propiedades mecánicas de las esquinas generalmente dependen de:

- *El tipo de acero*
- *El tipo de esfuerzo (compresión o tracción)*

- *La dirección del esfuerzo con respecto a la dirección del trabajo en frío (transversal o longitudinal)*
- *La relación Fu/Fy*
- *La relación radio interior-espesor (R/t)*
- *La cantidad de trabajo en frío.*

En general, el aumento del límite de elasticidad es más pronunciado para las láminas de acero laminadas en caliente que para las láminas de acero reducidas en frío.

Consideraciones generales para el diseño de PCF.

En el diseño de estructuras de acero conformadas en frío, los elementos individuales de la sección transversal suelen ser delgados y las relaciones entre el ancho y el espesor son grandes. Estos elementos delgados pueden pandear localmente a un nivel de tensión menor que la tensión de fluencia del acero cuando están sometidos a compresión en flexión, compresión axial, corte o aplastamiento.

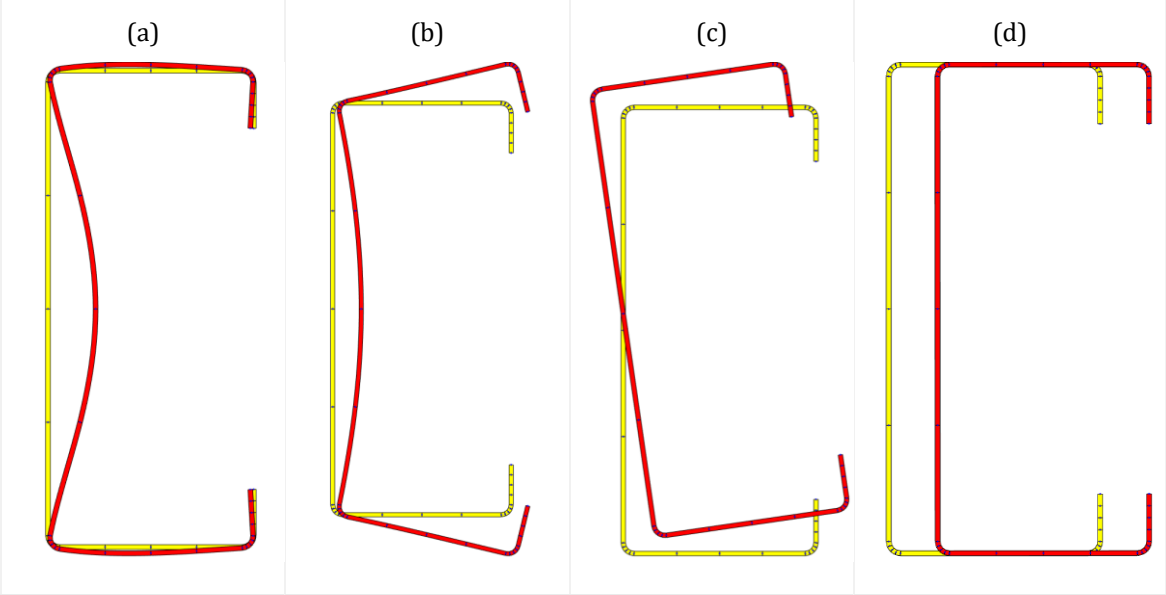


Imagen 9 – Ilustración de los distintos modos de pandeo que puede experimentar una sección. (a)Pandeo Local, (b) Pandeo Distorsional, (c) Pandeo Lateral-Torsional, (d) Pandeo Flexional.

Dado que el pandeo local de los elementos individuales de las secciones de acero conformadas en frío ha sido a menudo uno de los principales criterios de diseño, la carga

de diseño debe determinarse de manera que se proporcione una seguridad adecuada contra el fallo debido a la inestabilidad local, con la debida consideración dada a la resistencia post-critica de pandeo.

A diferencia de los elementos estructurales unidimensionales como las columnas, los elementos de compresión rigidizados no colapsarán cuando se alcance la tensión crítica de pandeo. Una carga adicional puede ser soportada por el elemento después del pandeo mediante una redistribución de tensiones. Este fenómeno se conoce como resistencia post-critica al pandeo y es más pronunciado en elementos con relaciones ancho/espesor (w/t) grandes.

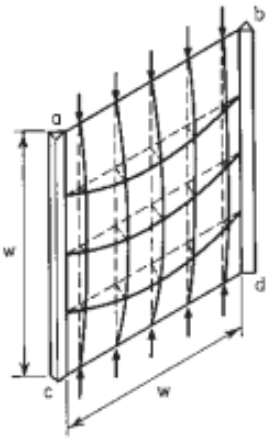


Imagen 10 – Modelo de placa cuadrada con apoyos articulados a los lados simulando efecto post-critico. Fuente Wei-Wen Yu, Roger A. LaBoube – Cold-Formed Steel Design.

La resistencia post-critica al pandeo puede ser varias veces mayor que la resistencia determinada por la tensión crítica de pandeo local.

Dado que la resistencia post-critica al pandeo de una placa plana está disponible para que los miembros estructurales lleven una carga adicional, sería adecuado diseñar estos elementos de secciones de acero conformadas en frío en función de la resistencia post-critica al pandeo de la placa en lugar de basarse en la tensión crítica de pandeo local. Esto es especialmente cierto para elementos que tienen relaciones relativamente grandes entre el ancho y el espesor. El uso de la resistencia post-critica al pandeo ha sido

incorporado durante mucho tiempo en el diseño de estructuras de barcos, estructuras de aeronaves y estructuras de acero conformadas en frío.

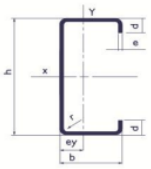
En la República Argentina los perfiles conformados que se comercializan habitualmente varían en un rango de 1,2 mm, 1,6 mm, 2,0 mm, 2,5 mm, 3,2 mm, 4,0 mm y 4,8mm. El acero puede ser sin revestir en calidad F-24/F-26 y F-36 bajo pedido, pero solamente espesores mayores a 2,5 mm, para las opciones pregalvanizadas también aplica la misma gama de espesores mencionados hasta espesores de 3,2 mm inclusive.

A continuación, se realiza una comparación cuantitativa entre las propiedades mecánicas de secciones conformadas en frio y secciones laminadas en caliente con el objetivo de evidenciar las ventajas o desventajas relativas que existen entre ambos.

PCF vs Laminados en caliente.

PERFIL C

MEDIDAS Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

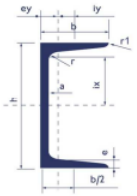


Designación del Perfil	Altura (alma)	Ala (rama)	Ala Rig. (rigidizador)	Espesor	Radio de Acuerdo	Area nominal de la sección	Masa Nominal	Distancias al Centro de Gravedad (1)	Momentos de Inercia (1)		Módulos Resistente (1)		Radios de Giro (1)	
	h	b	d	e	r	S	G	e_y	I_x	I_y	W_x	W_y	i_x	i_y
	mm	mm	mm	mm	mm	Cm^2	Kg/m	Cm	Cm^4	Cm^4	Cm^3	Cm^3	Cm	Cm
220x80x25 x 3.20	220	80	25	3.20	3.20	13.09	**10.27**	2.08	958.53	111.14	87.14	19.86	8.56	2.91
220x80x25 x 4,75	220	80	25	4.75	4.75	18.94	**14.87**	1.92	1355.24	151.93	123.20	27.11	8.46	2.83
220x90x25 x 2.00	220	90	25	2.00	2.00	8.74	**6.86**	2.59	669.39	98.10	60.85	15.79	8.75	3.35
220x90x25 x 2.50	220	90	25	2.50	2.50	10.84	**8.51**	2.53	824.66	119.74	74.97	19.26	8.72	3.32
220x90x25 x 3.20	220	90	25	3.20	3.20	13.73	**10.78**	2.46	1034.07	148.17	94.01	23.82	8.68	3.29

Imagen 11 – Distintas secciones conformadas en frio utilizadas en la industria de la construcción.

PERFILES UPN

MEDIDAS Y PROPIEDADES DE LA SECCIÓN



Designación del Perfil	Altura	Ala	Espesor Alma	Espesor Ala	Radios de Acuerdo		Centro de Gravedad	Sección Nominal	Masa Nominal	Momento de Inercia		Módulo Resistente		Radio de Giro	
	h	b	a	e	r	r_1	e_y	S	G	I_x	I_y	W_x	W_y	i_x	i_y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm	cm^2	Kg/m	cm^4	cm^4	cm^3	cm^3	cm	cm
UPN 140	140	60	7.0	10.0	10.0	5.0	1.75	20.4	**16.0**	605	62.7	86.4	14.8	5.45	1.75
UPN 160	160	65	7.5	10.5	10.5	5.5	1.84	24.0	**18.8**	925	85.3	116.0	18.3	6.21	1.89
UPN 180	180	70	8.0	11.0	11.0	5.5	1.92	28.0	**22.0**	1350	114.0	150.0	22.4	6.95	2.02
UPN 200	200	75	8.5	11.5	11.5	6.0	2.01	32.2	**25.3**	1910	148.0	191.0	27.0	7.70	2.14
UPN 220	220	80	9.0	12.5	12.5	6.5	2.14	37.4	**29.4**	2690	197.0	245.0	33.6	8.48	2.26

Imagen 12 – Distintas secciones laminadas en caliente utilizadas en la industria de la construcción.

	W_{x-x} (cm^3) / G(kg/m)	I_{x-x} (cm^4) / G(kg/m)
PCF (a)	**8,87**	**97,58**
Laminado en caliente (b)	**7,55**	**75,49**

Tabla 4 – Comparativa entre los valores de resistencia y rigidez flexional de PCF y perfiles laminados en caliente.

Al comparar dos secciones de altura similar, se evidencia que la sección conformada en frío exhibe una mayor resistencia y rigidez flexionales en relación con su peso. Estos resultados indican una mayor eficiencia estructural y economía de material.

PERFIL C

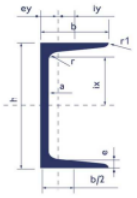
MEDIDAS Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Designación del Perfil	Altura (alma)	Ala (rama)	Ala Rig. (rigidizador)	Espesor	Radio de Acuerdo	Area nominal de la sección	Masa Nominal	Distancias al Centro de Gravedad (1)	Momentos de Inercia (1)		Módulos Resistente (1)		Radios de Giro (1)	
	h	b	d	e	r	S	G	e_y	I_x	I_y	W_x	W_y	i_x	i_y
	mm	mm	mm	mm	mm	Cm^2	Kg/m	Cm	Cm^4	Cm^4	Cm^3	Cm^3	Cm	Cm
220x80x25 x 3.20	220	80	25	3.20	3.20	13.09	**10.27**	2.08	958.53	111.14	87.14	19.86	8.56	2.91
220x80x25 x 4,75	220	80	25	4.75	4.75	18.94	**14.87**	1.92	1355.24	151.93	123.20	27.11	8.46	2.83
220x90x25 x 2.00	220	90	25	2.00	2.00	8.74	**6.86**	2.59	669.39	98.10	60.85	15.79	8.75	3.35
220x90x25 x 2.50	220	90	25	2.50	2.50	10.84	**8.51**	2.53	824.66	119.74	74.97	19.26	8.72	3.32
220x90x25 x 3.20	220	90	25	3.20	3.20	13.73	**10.78**	2.46	1034.07	148.17	94.01	23.82	8.68	3.29

Imagen 13 – Distintas secciones conformadas en frio utilizadas en la industria de la construcción.

PERFILES UPN

MEDIDAS Y PROPIEDADES DE LA SECCIÓN



Designación del Perfil	Altura	Ala	Espesor Alma	Espesor Ala	Radios de Acuerdo		Centro de Gravedad	Sección Nominal	Masa Nominal	Momento de Inercia		Módulo Resistente		Radio de Giro	
	h	b	a	e	r	r_1	e_y	S	G	I_x	I_y	W_x	W_y	i_x	i_y
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm	cm^2	Kg/m	cm^4	cm^4	cm^3	cm^3	cm	cm
UPN 80	80	45	6.0	8.0	8.0	4.0	1.45	11.0	**8.6**	106	19.4	26.5	6.36	3.10	1.33
UPN 100	100	50	6.0	8.5	8.5	4.5	1.55	13.5	**10.6**	206	29.3	41.2	8.49	3.91	1.47
UPN 120	120	55	7.0	9.0	9.0	4.5	1.60	17.0	**13.4**	364	43.2	60.7	11.1	4.62	1.55
UPN 140	140	60	7.0	10.0	10.0	5.0	1.75	20.4	**16.0**	605	62.7	86.4	14.8	5.45	1.75
UPN 160	160	65	7.5	10.5	10.5	5.5	1.84	24.0	**18.8**	925	85.3	116.0	18.3	6.21	1.89

Imagen 14 – Distintas secciones laminadas en caliente utilizadas en la industria de la construcción.

	W_{x-x} (cm^3)	I_{x-x} (cm^4)	G (kg/m)
PCF (a)	**60,85**	**669**	**6,86**
Laminado en caliente (b)	**60,70**	**364**	**13,40**
Ratios a/b	**1,002**	**1,837**	**0,512**

Tabla 5 – Comparativa entre los valores de resistencia, rigidez flexional y peso lineal de PCF y perfiles laminados en caliente.

Al comparar dos secciones de resistencia flexional similar, se evidencia que la sección conformada en frio ofrece casi el doble de rigidez flexional y un peso ligeramente superior a la mitad. Esto indica que los PCF son secciones mucho más optimizadas que las laminadas y para soportar flexión son la opción más competitiva.

Con el fin de presentar una explicación para esta mejora en la eficiencia estructural, primero se debe profundizar en temas como el estado tensional que induce la flexión en cada elemento que compone a la sección transversal, así también como las condiciones de borde de cada elemento y como el comportamiento resultante se diferencia en cada caso.

También es necesario conocer las definiciones de elemento rigidizado y elemento no rigidizado.

Un elemento rigidizado es aquel que está vinculado a lo largo de los dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión.

Un elemento no rigidizado es aquel que está vinculado a lo largo de solamente uno de sus bordes paralelo a la dirección de la fuerza de compresión.

La eficiencia estructural de un elemento rigidizado es siempre superior a la de un no rigidizado con la misma esbeltez, con un margen considerable. Los perfiles conformados en frio hacen uso de esta propiedad debido a que poseen un rigidizador de borde denominado labio.

El rigidizador de borde se utiliza para proporcionar un apoyo continuo a lo largo de un borde longitudinal del ala comprimida para mejorar la capacidad a pandeo local del ala. En la mayoría de los casos el rigidizador de borde es un labio simple, aunque es posible utilizar otros tipos de rigidizadores de borde para secciones de acero conformadas en frío.

Para proporcionar el apoyo necesario al elemento comprimido, el rigidizador de borde debe ser suficientemente rígido. Si no lo es puede pandear perpendicularmente al plano de la placa a rigidizar.

La ecuación que gobierna el problema matemático de pandeo de placas es la siguiente:

$$Fcr = k\frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)}(\frac{t}{b})^2 = k\frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)}(\frac{1}{\lambda})^2$$

Siendo:

Fcr= Tensión critica de pandeo local

k= Coeficiente de abolladura de placas (depende de las condiciones de borde de la placa y condiciones de carga)

E= Modulo de elasticidad del acero= 200.000 MPa

μ= Coeficiente de Poisson del acero= 0,3

t= Espesor de la placa

b= Ancho de la placa medido en dirección perpendicular a la fuerza de compresión

λ= Esbeltez de la placa

Con esta ecuación se puede determinar los rangos de esbelteces límites para tensiones criticas arbitrarias, resulta de particular interés hallar la esbeltez limite que posee una placa que está desarrollando tensión de fluencia. Dicha esbeltez es conocida como λr y

los reglamentos de cálculo nos ofrecen formas de calcularla para diferentes estados tensionales.

A continuación, se discute el comportamiento de los elementos (ala-alma) de una sección conformada en frio frente a la solicitación de flexión actuando en el eje principal de inercia.

Comportamiento del ala.

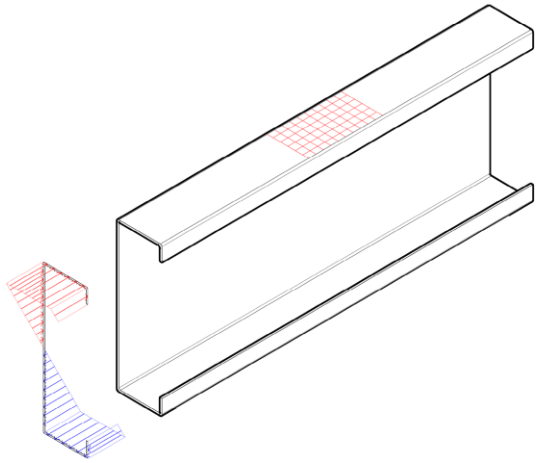


Imagen 15 – Estado tensional del ala comprimida sometida a flexión.

Si analizamos el estado tensional del ala comprimida es evidente que está siendo solicitada a tensiones normales constantes (compresión), a su vez también se puede observar que el ala está siendo rigidizada longitudinalmente por el alma y por el labio rigidizador.

A continuación, se muestran las esbelteces límites para una placa comprimida y rigidizada en ambos bordes para aceros de distintas resistencias.

	F-24	F-26	F-36
$\lambda r = 665/\sqrt{Fy}$	43	42	35

Tabla 6 – Esbeltez límite del ala para aceros de diferentes resistencias.

Esto quiere decir que si un ala de perfil conformado posee una relación ancho/espesor menor a λr, dicha placa podrá desarrollar tensión de fluencia en todo su ancho sin tener problemas de pandeo local.

Comportamiento del alma.

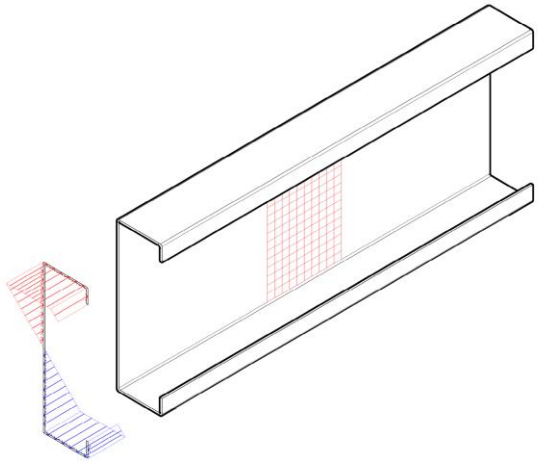


Imagen 16 – Estado tensional del alma sometida a flexión.

Si analizamos el estado tensional del alma es evidente que está siendo solicitada a tensiones normales que varían linealmente (flexión), a su vez también se puede observar que el alma está siendo rigidizada longitudinalmente por ambas alas.

A continuación, se muestran las esbelteces límites para una placa con flexión en su plano y rigidizada en ambos bordes para aceros de distintas resistencias.

	F-24	**F-26**	**F-36**
$\lambda r = 2.550/\sqrt{Fy}$	**165**	**158**	**135**

Tabla 7 – Esbeltez límite del alma para aceros de diferentes resistencias.

Esto quiere decir que si un alma de perfil conformado posee una relación ancho/espesor menor a λr, dicha placa podrá desarrollar tensión de fluencia en sus extremos sin tener problemas de pandeo local.

Conclusión.

Finalmente se puede concluir que siempre y cuando los PCF se diseñen respetando las esbelteces limites dicha sección podrá desarrollar tensión de fluencia por flexión sin estar limitado por la falla de pandeo local.

Este es el caso para todos los PCF comerciales y en cuanto a los laminados se puede decir lo siguiente, que sus elementos están diseñados para no superar esbelteces limites debido a un estado tensional de compresión pura en todos sus elementos lo que los vuelve en el 95% de los casos secciones compactas.

He aquí la razón de que dichas secciones no sean las más eficientes cuando se las utiliza para soportar solamente flexión.

2.4 Galvanizado.

El pregalvanizado es un proceso de recubrimiento en el que se aplica una capa de zinc a las láminas de acero antes de que se moldeen en perfiles o estructuras. Este proceso se utiliza comúnmente en la fabricación de componentes y estructuras de acero conformado en frío, como perfiles, tubos y láminas, con el propósito de proporcionar protección contra la corrosión y una mejora de la durabilidad. Estas estructuras son utilizadas ampliamente en aplicaciones al aire libre como barandas en puentes, postes de alumbrado público y techos metálicos.

El pregalvanizado se traduce en una reducción significativa de los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo, ya que no requieren repintado o recubrimientos adicionales para mantener su integridad estructural y estética.

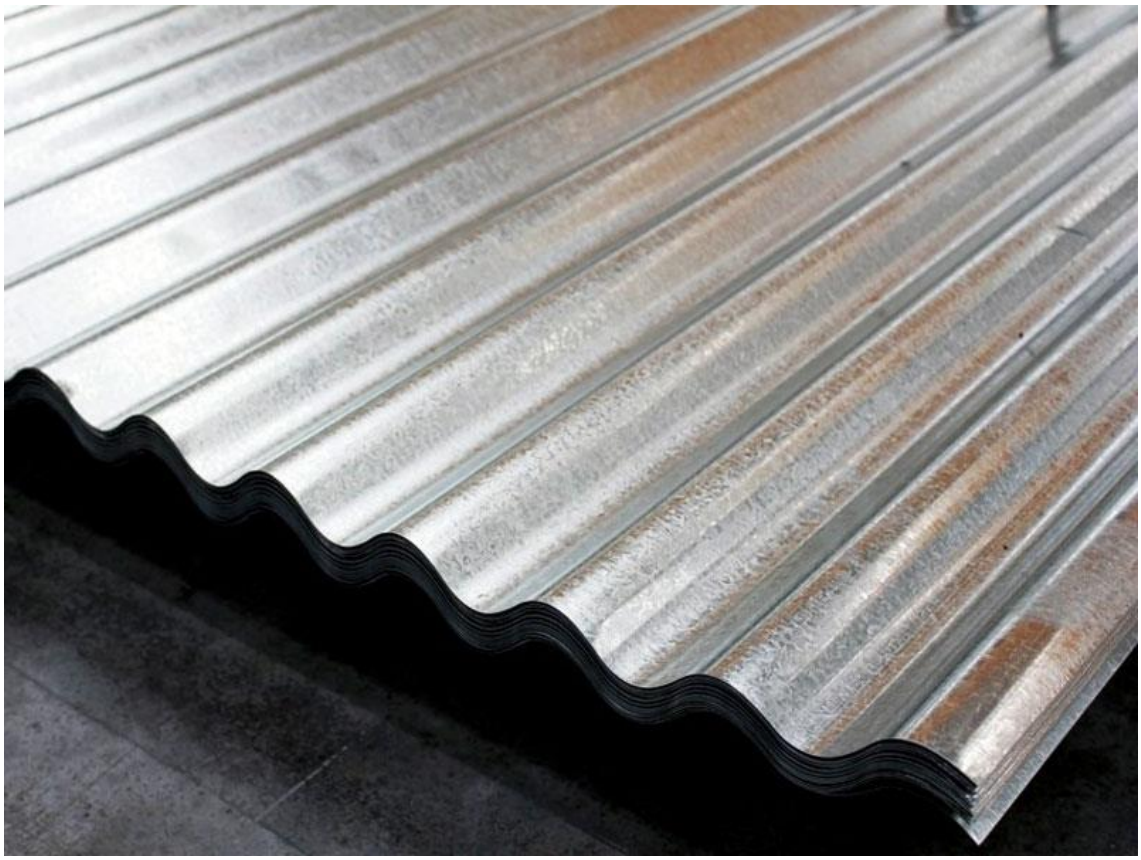


Imagen 17 – Chapas de acero pregalvanizadas.

Se comprobó por medio de varios estudios que la durabilidad de las secciones de acero conformadas en frío depende principalmente del tratamiento aplicado a la lámina y no necesariamente del grosor de la lámina en sí.

Los datos disponibles indican que la velocidad de corrosión de las láminas galvanizadas en la atmósfera es prácticamente lineal, esto significa que para el mismo grosor del metal base se espera que una lámina con el doble del peso de recubrimiento de otra lámina dure el doble antes de que comience la oxidación del metal base.

Galvanizado de industria nacional.

En la República Argentina, el acero galvanizado utilizado con fines estructurales recibe una nomenclatura específica.

ZAR	**340**	**Z275**
(a)	**(b)**	**(c)**

- *(a): Denominación para acero galvanizado*
- *(b): Tensión de fluencia del acero*
- *(c): Grado de protección (gr/m² de zinc aplicado a la lámina de acero)*

Los tipos de acero comercializados en el mercado y sus determinados rangos de fabricación son los siguientes:

Calidad	Fluencia (MPa)	Resistencia (MPa)	Espesor (mm)		Ancho (mm)	
			min	máx.	min	máx.
ZAR230	230	310	0,30	3,20	600	1.250
ZAR250	250	330	0,30	3,20	600	1.250
ZAR280	280	360	0,89	3,20	600	1.220
ZAR320	320	390	1,05	3,20	600	1.220
ZAR340	340	420	1,05	3,20	600	1.220
ZAR550	550	570	0,30	0,55	600	1.075

Tabla 8 – Características de los aceros pregalvanizados comercializados en Argentina.

La producción de este producto se lleva a cabo siguiendo la normativa IRAM-IAS U-500-214.

Las protecciones disponibles en el mercado son z100, z180, z275, z430 y z610, siendo los dos últimos un producto a pedido y habitualmente utilizados en productos viales.

En lo que respecta a la calidad del acero lo usual en Argentina es encontrar ZAR250 y que bajo pedido correspondiente a un volumen mínimo se produce ZAR340.

Esta mejora de calidad no es sin costo, debido a que el ancho de la bobina a laminar disminuye a 1.000 mm limitando así la posibilidad de conformar ciertas secciones.

Productos estándar de acero galvanizado:

Ancho 1000 mm		
Espesor (mm)	**Calidad**	**Recubrimiento**
0,30-0,36-0,41-0,50	**ZAR230**	**Z180**
0,71-0,89	**ZAR250**	**Z275**
1,24-1,59-2,00-2,50-3,20	**ZAR250-ZAR340**	**Z275**

Tabla 9 – Configuración de espesores, calidades y recubrimientos de los productos estándar de acero galvanizado comercializados en Argentina.

Ancho 1220 mm		
Espesor (mm)	**Calidad**	**Recubrimiento**
0,50-1,59-2,00-2,50	**ZAR250**	**Z100**
0,36-0,41-0,50	**ZAR230**	**Z180**
0,71-0,89-1,24-1,59-2,00-2,50-3,20	**ZAR250-ZAR280**	**Z275**

Tabla 10 – Configuración de espesores, calidades y recubrimientos de los productos estándar de acero galvanizado comercializados en Argentina.

3. POSIBLES APLICACIONES DEL SISTEMA

3.1 Industria de tambos lecheros.

La industria de tambos lecheros en Argentina juega un papel crucial en la economía del país, con un crecimiento constante en la producción de leche durante las últimas décadas. Como uno de los líderes en la producción de leche en América Latina, Argentina genera anualmente más de 10 mil millones de litros de leche cruda.

Además, Argentina se destaca como uno de los principales exportadores de productos lácteos a nivel global. En el escenario internacional, compite eficazmente con países latinoamericanos como Brasil y Chile, y exporta a destinos más distantes como Rusia y Argelia. En un año promedio, Argentina exporta más de 200 mil toneladas de productos lácteos, que incluyen quesos, leche en polvo y manteca.

Teniendo que enfrentar desafíos como la fluctuación de los precios internacionales de los productos lácteos y las cambiantes políticas gubernamentales que afectan los precios de la leche y las exportaciones, la industria ha experimentado una significativa modernización en las operaciones de los tambos. Esto se debe en gran parte a la adopción creciente de tecnología que ha mejorado la eficiencia y productividad.

La sostenibilidad ambiental se ha convertido en un tema relevante en la industria lechera argentina. Existe un creciente interés en prácticas agrícolas y de manejo del ganado que minimicen el impacto ambiental y promuevan la conservación de recursos naturales.

Actualmente, hay más de 10 mil tambos activos en Argentina y su distribución es la siguiente:

Provincia	Producción	Distribución territorial
Córdoba	**37%**	**27%**
Santa Fe	**32%**	**30%**
Buenos Aires	**25%**	**21%**
Otras provincias	**6%**	**22%**

Tabla 11 – Distribución de tambos en Argentina.

3.2 Industria de ganado porcino.

A nivel mundial, la carne porcina es la de mayor consumo, a diferencia de Argentina donde su consumo se encuentra muy por debajo de la carne bovina o aviar. En términos de consumo, el consumo per cápita de carne de cerdo en Argentina ha experimentado un crecimiento significativo, alcanzando los 16 kilos por habitante/año en 2020, divididos en 11 kg de carne fresca y 3 kg de fiambres y chacinados.

A nivel productivo, la actividad cuenta con numerosas ventajas intrínsecas, como son la disponibilidad de maíz y soja, que conforman la base de la alimentación y el principal costo de producción, el clima favorable, la falta de amenazas sanitarias y la escala productiva necesaria que favorece su desarrollo a nivel regional.

La distribución territorial de la producción porcina en Argentina se concentra principalmente en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, las cuales albergan el 70% de las existencias. En el resto del país se destaca la producción en Salta, Chaco, Entre Ríos, Formosa, La Pampa, Santiago del Estero y San Luis, las cuales albergan el 23% de las existencias de porcinos. El restante 7% se distribuye en las demás provincias argentinas.

Nuestro país cuenta con varios establecimientos habilitados para la faena de cerdos (mayores a 22 Kg), muchos de los cuales poseen también habilitación para la elaboración de fiambres y chacinados. Además, existen establecimientos habilitados para la faena de lechones (menores a 22 Kg). Es destacable que existe además una importante cantidad de establecimientos habilitados en el orden provincial y municipal que aportan un considerable volumen de producción.

El volumen de faena ha presentado un incremento notable en los últimos años donde aproximadamente la mitad de la producción total es elaborada por cuatro establecimientos principales. Este incremento en el volumen de producción está asociado al aumento de la eficiencia de producción y la competitividad frente a las carnes sustitutas. Este crecimiento ha sido favorecido además por la alta disponibilidad de

granos, bases fundamentales para las fórmulas nutricionales para la alimentación porcina.

3.3 Industria de ganado avícola.

En la última década, el pollo ha experimentado un aumento significativo en la demanda en el mercado mundial de carnes. La carne aviar representa el 45% de toda la carne comercializada a nivel global, con una producción estimada de 2,5 millones de toneladas.

Argentina se ha posicionado en el mercado internacional, ocupando el décimo lugar tanto en producción como en exportación. El consumo interno de carne aviar también muestra perspectivas favorables. En los últimos años, ha experimentado un crecimiento sostenido, pasando de un consumo per cápita de 20 kg en 2003 a 43 kg por persona al año en 2019.

En Argentina la producción por provincia se distribuye de la siguiente manera:

Provincia	**Producción**
Entre Ríos	**45%**
Buenos Aires	**42%**
Córdoba	**5%**
Santa Fe	**4%**
Rio Negro	**3%**
Otras provincias	**1%**

Tabla 12 – Producción aviar en Argentina.

Varias razones han motivado este aumento en el consumo. Por un lado, la reducción del precio al consumidor y su relación con el precio de la carne vacuna han otorgado a la carne aviar una mayor competitividad. Esta disminución significativa del precio fue el resultado de la reducción del costo industrial a través de la incorporación de tecnología, la fuerte integración de la cadena y la apertura del comercio exterior.

Además, las cualidades dietéticas y nutricionales de la carne aviar, junto con el desarrollo de nuevos productos semi-preparados o preparados, han respondido a los cambios en los hábitos de vida del consumidor, contribuyendo al aumento del consumo.

La industria avícola argentina ha experimentado una década continua de crecimiento en la producción de carne aviar y ha tenido éxitos con las exportaciones. Los principales destinos son China (26%), Sudáfrica (11%), Chile (7%), Hong Kong (3%), Alemania (0,2%), y otros países como Omán, Angola, Emiratos Árabes, Bélgica, Vietnam, Singapur y Cuba representan el 52% restante.

El sector enfrenta cambios constantes en el escenario global, donde muchos países importadores están transformándose en productores de pollo con un enfoque en la seguridad y soberanía alimentaria.

3.4 Mercado potencial.

Al cuantificar la superficie de naves industriales en existencia y establecer una tasa de crecimiento anual promedio, se puede estimar una demanda potencial para el sector.

	Superficie (m^2)	**Tasa de crecimiento anual**	**Demanda potencial (m^2)**
Industria de tambos lecheros	**16 millones**	**5,00 %**	**800.000**
Industria de ganado porcino	**5 millones**	**4,00 %**	**200.000**
Industria de ganado avícola	**11 millones**	**3,00 %**	**330.000**
		Σ	**1.330.000**

Tabla 13 –Demanda posible de m^2 a satisfacer anualmente.

Los porcentajes utilizados así también como las superficies consideradas son estimaciones realizadas con criterio en base a lo recabado de la información disponible. Sin embargo, este cálculo solo trata de reflejar efectivamente la existencia de un mercado latente que estaría dispuesto a tomar las conclusiones tanto positivas o negativas que se obtendrán en este trabajo.

4. CASO DE ESTUDIO

4.1 Definición de un modelo común.

Las tres industrias previamente mencionadas requieren de una infraestructura específica e instalaciones para llevar a cabo sus operaciones. Se utilizará la tipología estructural empleada en los edificios que albergan dichas industrias como caso de estudio. Existen varias tipologías que de entre ellas solamente difieren en el planteo de la cubierta pudiendo ser en arco en el caso de que sea curva y a 1 o 2 aguas en caso de ser plana.

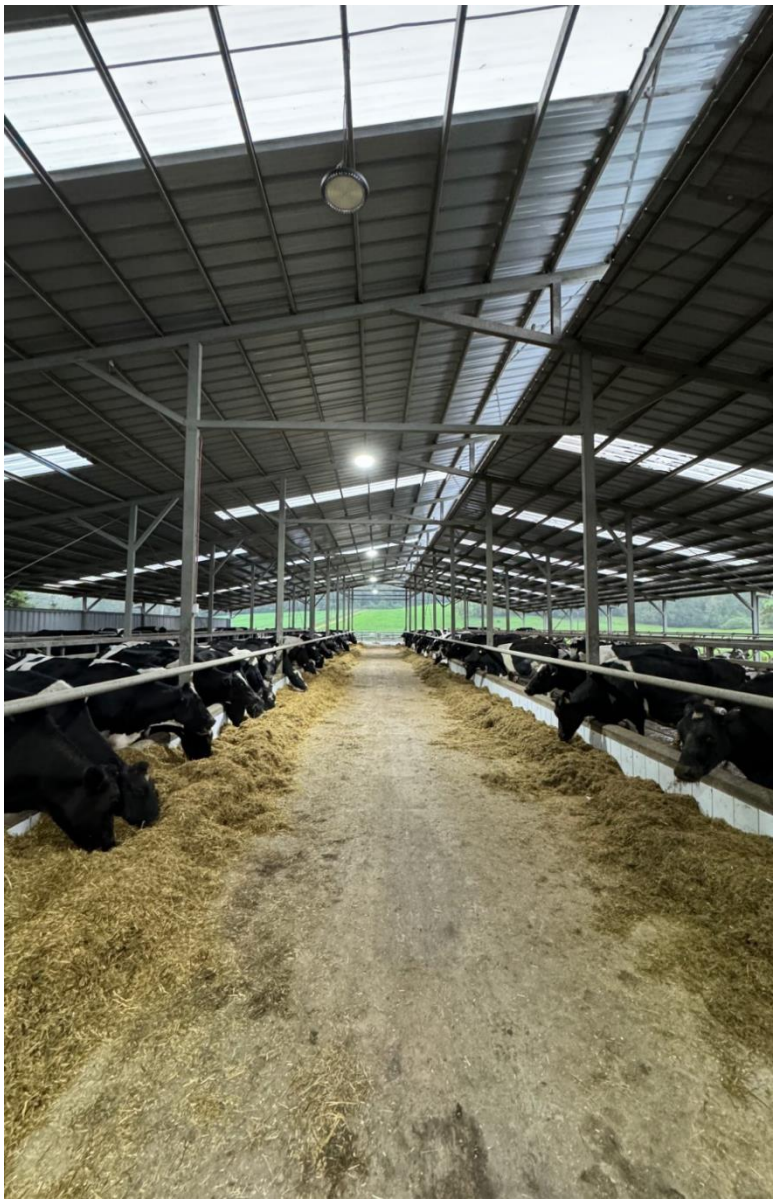


Imagen 18 – Ejemplo de estructura tipo.

A modo de generalización de todas las tipologías posibles y teniendo en cuenta la naturaleza de este trabajo, cuyo objetivo está más enfocado en comparar materiales y eficiencia estructural de las secciones utilizadas, se decidió para simplificar esta etapa, emplear un pórtico rígido articulado en las bases de sus columnas con una cubierta a 2 aguas.

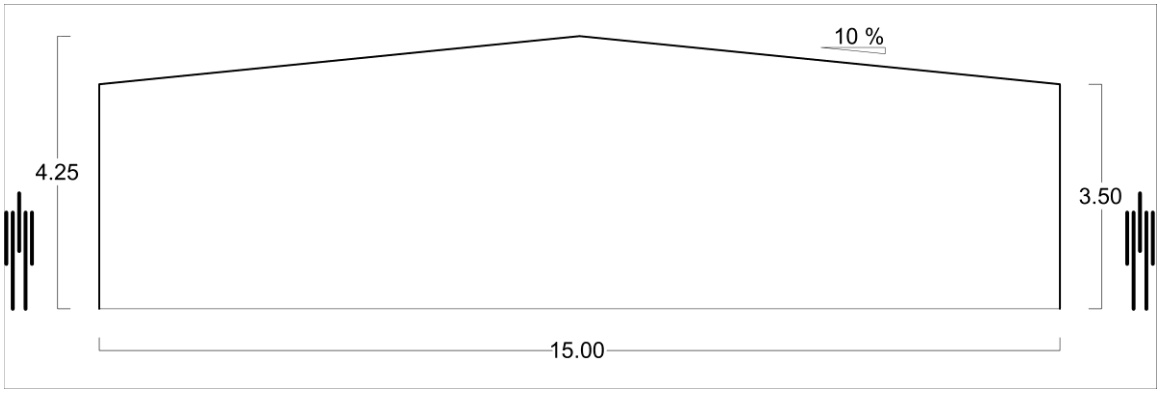


Imagen 19 – Tipología estructural propuesta.

La articulación en las bases se emplea como método para independizar la superestructura del tipo de suelo de fundación, de esta forma dotando a la estructura de una mayor flexibilidad y alcance.

Se propone analizar un galpón de impronta rectangular cuyas dimensiones en planta son 15m x 60m. Estructuralmente el galpón está compuesto por 15 pórticos espaciados respetando una modulación de 4 metros entre sí.

Gran porcentaje de estas industrias desarrollan sus actividades en la región Centro del país (Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos), debido a esta característica el edificio proyectado deberá ser calculado para cargas de viento acorde a la región geográfica mencionada.

Los pórticos se diseñarán para que soporten tanto cargas gravitatorias como las cargas de viento con la suficiente capacidad y rigidez en su plano para no fallar por resistencia y cumplir con las condiciones de serviciabilidad. Para la estabilidad fuera del plano se propone sistemas de arriostramientos con barras a tracción (sistema de cruces de San Andrés).

A continuación, se detallan las dimensiones más representativas de la estructura:

- *Longitud del galpón: 60 m.*
- *Luz de cálculo: 15 m.*
- *Altura de columna: 3,5 m.*
- *Altura de cumbrera: 4,25 m*
- *Pendiente de la cubierta: 10 %.*

A partir del sistema de arriostramiento se definen los parámetros de diseño que afectan a la capacidad de los distintos elementos que componen el pórtico estructural, las cuales se detallan a continuación.

Columnas:

- *Longitud real: 3,5 m.*
- *Puntos de arriostramiento para pandeo flexional x-x: 0.*
- *Longitud efectiva x-x: 3,5 m.*
- *Puntos de arriostramiento para pandeo flexional y-y: 0.*
- *Longitud efectiva y-y: 3,5 m.*
- *Puntos de arriostramiento a torsión: 0.*
- *Longitud efectiva a torsión: 3,5 m.*

Vigas:

- *Longitud real: 7,5 m.*
- *Puntos de arriostramiento para pandeo flexional x-x: 0.*
- *Longitud efectiva x-x: 7,5 m.*
- *Puntos de arriostramiento para pandeo flexional y-y: 2.*
- *Longitud efectiva y-y: 2,5 m.*
- *Puntos de arriostramiento a torsión: 2.*
- *Longitud efectiva a torsión: 2,5 m.*

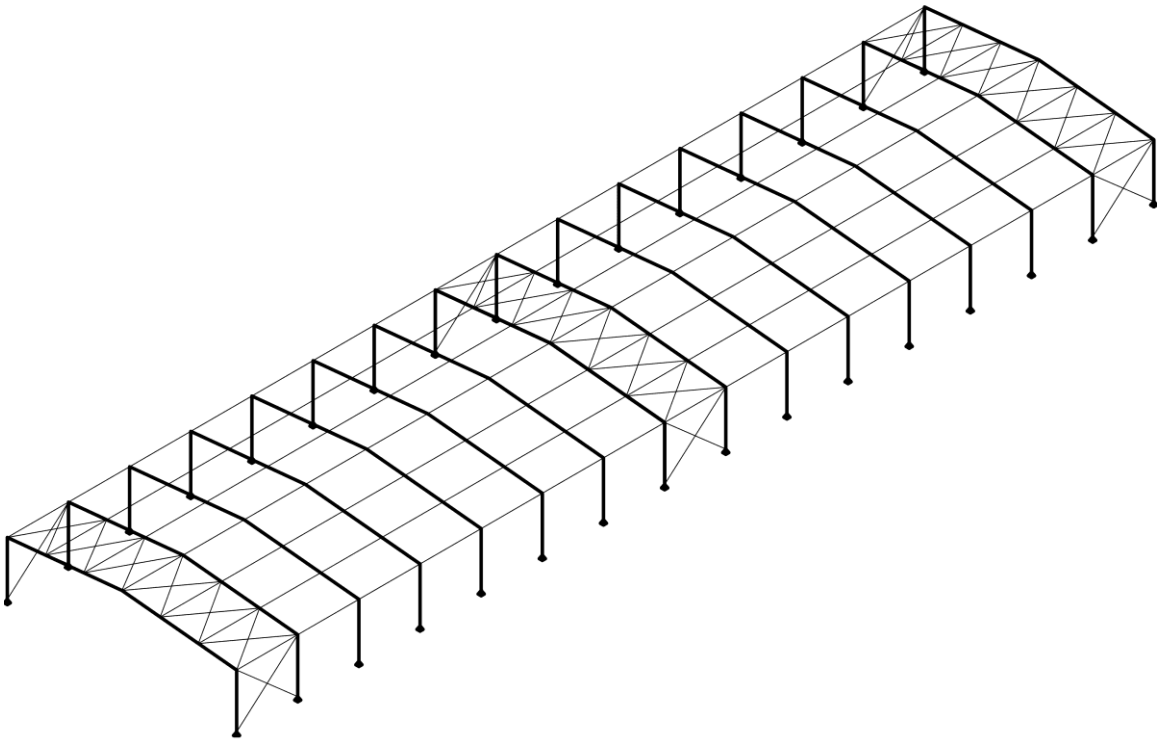


Imagen 20 – Tipología estructural 3d.

Respetando los lineamientos definidos en este apartado se llevarán a cabo análisis y cálculos estructurales para evaluar las distintas alternativas. Además, se realizará un cómputo métrico que incluirá un análisis de costos, con el fin de elaborar una comparativa exhaustiva y obtener conclusiones claras sobre las opciones disponibles.

4.2 Matriz de costos.

Una matriz se compone del desglose sistemático y detallado de todos los elementos que contribuyen a los costos totales asociados con un proyecto o producto.

La matriz de costos que forma parte del proceso de fabricación de piezas o elementos estructurales de acero implica diversos factores a considerar. Los costos directos están asociados al proceso de obtención de la pieza (materia prima, mano de obra, herramientas y equipos, etc.). Por otro lado, los costos indirectos son inherentes al proceso de fabricación de la pieza y están siempre presentes, independientemente del tipo de pieza que se esté produciendo.

A continuación, se presenta un esquema simplificado que busca explicar los costos asociados al proceso de fabricación de estructuras metálicas:

- Costos de acero
  - Costos Directos
    - Costo de Materiales
      - Acero
      - Bulonería
      - Pintura
    - Costo de Mano de obra
      - 1° Transformación
      - 2° Transformación
      - Pintura
  - Costo de Indirectos
    - Mantenimiento
    - Insumos y consumibles
    - Energía
    - Movimiento de mano de obra
  - Amortización de equipos

La determinación de los costos de cada alternativa desarrollada comienza con el cómputo métrico de cada uno de los subsistemas constructivos, junto con sus respectivos elementos estructurales. El objetivo es establecer el costo de cada una de las soluciones analizadas, previa determinación de la cantidad de materiales necesarios para ejecutarlas, y seleccionar la opción más conveniente. El cómputo de los elementos estructurales metálicos se realiza midiendo longitudes, superficies, volúmenes, etc., los cuales luego se convierten en peso.

En todos los casos, el costo total se determina sumando el costo de los materiales utilizados, junto con el costo de la mano de obra necesaria. Esto incluye el costo de las maquinarias y equipos empleados durante el proceso de fabricación, armado y colocación de los elementos estructurales.

A continuación, se presenta la matriz de costos que será utilizada en este trabajo para computar los costos de las alternativas propuestas. Los valores exhibidos a continuación son estimaciones del mes de Mayo del año 2024:

	Perfiles laminados W	**Estructuras reticuladas de barras redondas**	**Perfiles conformados en frio-galvanizado**	**Accesorios galvanizados en caliente**
Costos directos (USD/kg)				
Materiales				
Acero	**2,00**	**1,80**	**2,10**	**2,00**
Buloneria	**0,15**	**0,15**	**0,20**	**0,20**
Pintura/Galvanizado	**0,15**	**0,30**	**0,00**	**2,00**
Mano de obra				
Mano de obra	**0,50**	**0,90**	**0,13**	**0,60**
Montaje	**0,80**	**0,80**	**0,95**	**0,80**
Costos indirectos (USD/kg)				
Mantenimiento	**0,20**	**0,20**	**0,10**	**0,10**
Insumos y consumibles	**0,20**	**0,25**	**0,10**	**0,10**
Energia	**0,10**	**0,10**	**0,05**	**0,10**
Mano de obra en movimiento	**0,05**	**0,05**	**0,10**	**0,10**
Amortizacion de equipos	**0,20**	**0,05**	**0,15**	**0,10**
Total	**4,35**	**4,60**	**3,98**	**5,67**

Tabla 14 – Matriz de costos. En base a experiencia y comparacion con estructuras metalicas similares.

A continuación, se presenta la estructura de costos de una estructura de acero genérica, mostrando los ítems principales que suele incluir y el porcentaje que representan sobre el costo total:

ITEM	% DEL COSTO TOTAL
Proyecto estructural	**1 a 3 %**
Detalles	**2 a 5 %**
Materiales e insumos	**20 a 50 %**
Fabricación	**20 a 40 %**
Limpieza y pintura	**10 a 30 %**
Transporte	**1 a 3 %**
Montaje	**20 a 35 %**

Tabla 15 – Estructura de costos de una estructura de acero genérica. En base a experiencia y comparacion con estructuras metalicas similares.

La composición específica de la estructura de costos puede variar según el proyecto y las circunstancias particulares, pero estos son algunos de los elementos comunes que se deben considerar al estimar el costo de una estructura metálica.

Con la solución que se propone en este trabajo se busca reducir los 4 factores de mayor incidencia en el costo total de una estructura de acero, los cuales son:

- *Materiales.*
- *Fabricación.*
- *Pintura.*
- *Montaje.*

5. SOLUCIONES CLÁSICAS

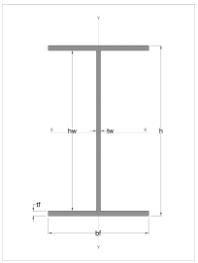
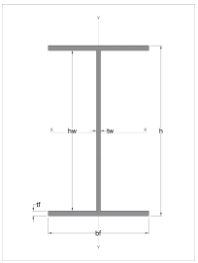
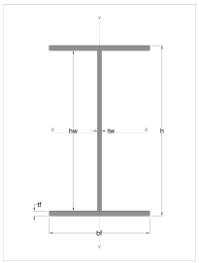
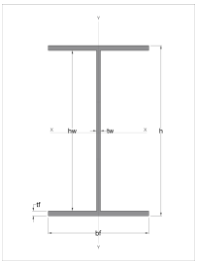
5.1 Pórtico de alma llena (Alternativa 1).

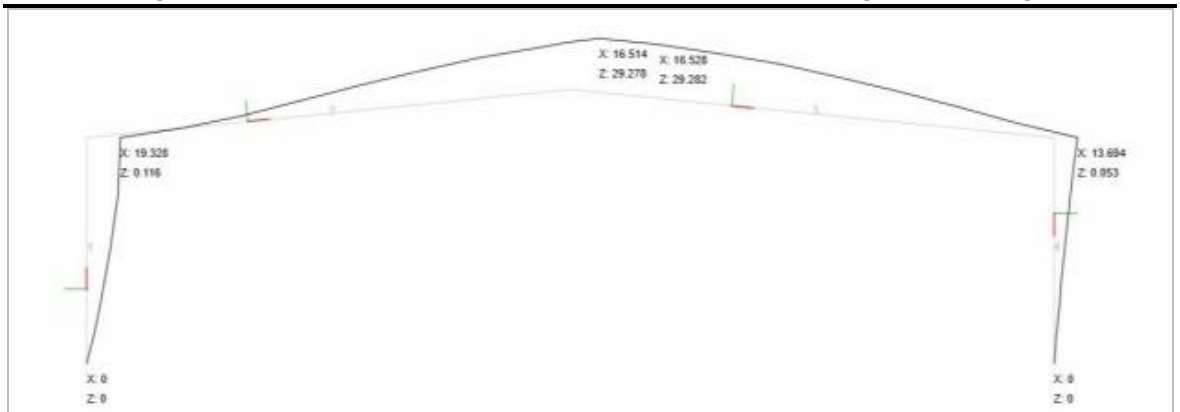
Las estructuras de pórticos planos de alma llena están compuestas por elementos estructurales que ofrecen resistencia a la flexión. Cuando se cargan en este plano, están sujetos a esfuerzos de corte y momento flector, así también como a fuerza axial. Dependiendo de la configuración geométrica, un conjunto de miembros puede experimentar predominantemente acción de flexión, a estos miembros se los denomina como "vigas". Otro conjunto puede experimentar predominantemente acción axial, a estos miembros se los denomina como "columnas". Un pórtico estructural típico está compuesto por una combinación de vigas y columnas. Los pórticos se categorizan en parte por su geometría y en parte por la naturaleza de la conexión entre sus elementos, pudiendo ser esta conexión articulada o rígida.

La solución en alma llena al caso de estudio propuesto utiliza una sección W12x26 en acero F-36 como columnas y vigas. Los nudos de la estructura se consideran rígidos y se resuelven mediante soldadura en taller. Esta alternativa será diseñada considerando un espaciado entre pórticos de 6 m siendo esta una medida estándar en el mercado, de esta forma manteniendo la objetividad del análisis. Si consultáramos una guía de prediseño, esta indicaría que el canto útil para una estructura de estas características debería oscilar entre L/30 y L/40, siendo L la luz libre del pórtico. Debido a que las deformaciones no gobiernan el diseño de esta estructura se adoptó un canto útil menor sugerido, con 31 cm de canto útil se estaría logrando una relación de L/H de 48.

Imagen 21 – Pórtico de alma llena en base a tipología estructural.

A continuación, se exhibe una tabla resumen del análisis estructural. El análisis detallado, junto con las determinaciones de los estados cargas y las consideraciones de cálculo se encuentran disponibles en el apartado "Anexos".

Resumen análisis estructural				
Elemento	**1 (Columna)**	**2 (Viga)**	**3 (Viga)**	**4 (Columna)**
Geometría de la sección transversal				
Sección				
Denominación	**W 12 x 26**	**W 12 x 26**	**W 12 x 26**	**W 12 x 26**
Estados Limites Últimos				
T_{Max}	**69.50 kN**	**68.79 kN**	**68.79 kN**	**69.50 kN**
R_T	**0.045**	**0.044**	**0.044**	**0.045**
P_{Max}	**23.37 kN**	**15.01 kN**	**15.01 kN**	**23.37 kN**
R_P	**0.044**	**0.021**	**0.021**	**0.044**
M_{Max}	**138.22 kNm**	**138.22 kNm**	**138.22 kNm**	**138.22 kNm**
R_M	**0.791**	**0.753**	**0.753**	**0.791**
V_{Max}	**54.86 kN**	**63.77 kN**	**63.77 kN**	**54.86 kN**
R_V	**0.170**	**0.197**	**0.197**	**0.170**
T + M	**-**	**-**	**-**	**-**
R_{T+M}	**0.813**	**0.775**	**0.775**	**0.813**
P + M	**-**	**-**	**-**	**-**
R_{P+M}	**0.813**	**0.764**	**0.764**	**0.813**
Estados Limites de Servicio				



ΔH_{Lim} = H/150	**H**	**350 cm**	**ΔH_{Max}**	**1,933 cm**
$\Delta H_{Max} < \Delta H_{Lim}$ ➔ 1.933 cm < 2.333 cm ➔ VERIFICA				
ΔV_{Lim} = L/150	**L**	**1.500 cm**	**ΔV_{Max}**	**5,236 cm**
$\Delta V_{Max} < \Delta V_{Lim}$ ➔ 5,236 cm < 10,000cm ➔ VERIFICA				

Tabla 16 – Resumen del analisis estructural para alternativa Alma Llena.

5.2 Computo métrico de la Alternativa 1.

Estructura principal.

Elemento	Tipo	Area	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
1	Columna	48,86	350,00	0,02	7.850,00	134,24
2	Viga	48,86	750,00	0,04	7.850,00	287,66
3	Viga	48,86	750,00	0,04	7.850,00	287,66
4	Columna	48,86	350,00	0,02	7.850,00	134,24
Peso total de Elementos / Portico de acero estructural					∑	843,81

Tabla 17 – Computo metrico de elementos de la estructura principal para alternativa1.

Sistema de arriostramiento.

Elemento	Cantidad	Area	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
(Paredes) Diag. Seccion circular 16 mm.	4	2,01	680,00	0,0055	7.850,00	42,92
(Cubierta) Diag. Seccion circular 16 mm.	8	2,01	648,00	0,0104	7.850,00	81,80
(Cubierta) Diag. Seccion circular 16 mm.	4	2,01	622,00	0,0050	7.850,00	39,26
Mont. Seccion HSS 100x100x2 mm.	7	7,84	600,00	0,0329	7.850,00	258,48
Peso total de Elementos / Plano de arriostramiento					Σ	422,45

Tabla 18 – Computo metrico de elementos del sistema de arriostramiento para alternativa 1.

Estructura secundaria.

Elemento	Cantidad	Area	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
(Paredes) Correa. Seccion C 200x70x25x2.	6	7,54	600,00	0,027	7.850,00	213,08
(Cubierta) Correa. Seccion C 200x70x25x2.	14	7,54	600,00	0,063	7.850,00	497,19
Tillas. Barra de acero 8 mm.	-	-	-	-	-	6,00
Peso total de Elementos / Vano					∑	716,27

Tabla 19 – Computo metrico de elementos de la estructura secundaria para alternativa 1.

Chapas para cubierta y cerramiento.

Elemento	Superficie	Peso por unidad de superficie	Peso / elemento
	m^2	kg/m^2	kg
(Paredes) Chapa trapezoidal. Esp:0.5mm	42,00	5,00	210,00
(Cubierta) Chapa trapezoidal. Esp:0.5mm	90,00	5,00	450,00
Peso total de Elementos / Vano		∑	660,00

Tabla 20 – Computo metrico de chapas para cubierta y cerramiento para alternativa 1.

5.3 Costos de la Alternativa 1.

	Elemento	Peso (kg)	Cantidad	Costo unitario (USD/kg)	Total (USD)
Estructura principal.	**Elementos principales**	**843,81**	**11**	**4,35**	**40.376,31**
					40.376,31
Sistema de arriostramiento.	**Elementos principales**	**422,45**	**2**	**4,35**	**3.675,32**
					3.675,32
Estructura secundaria.	**Correas**	**710,27**	**10**	**3,98**	**28.268,75**
	Accesorios	**6,00**	**10**	**4,35**	**261,00**
					28.529,75
Chapas para cubierta y cerramiento	**Chapas**	**660,00**	**10**	**3,98**	**26.268,00**
					26.268,00
Costo final (USD)			**98.849,37**		
Costo / unidad de superficie (USD/m²)			**109,83**		

Tabla 21 – Resumen de costos de la alternativa 1 a Mayo de 2024.

A continuación, se representa de forma gráfica la influencia que cada componente de la estructura tiene sobre el costo final.

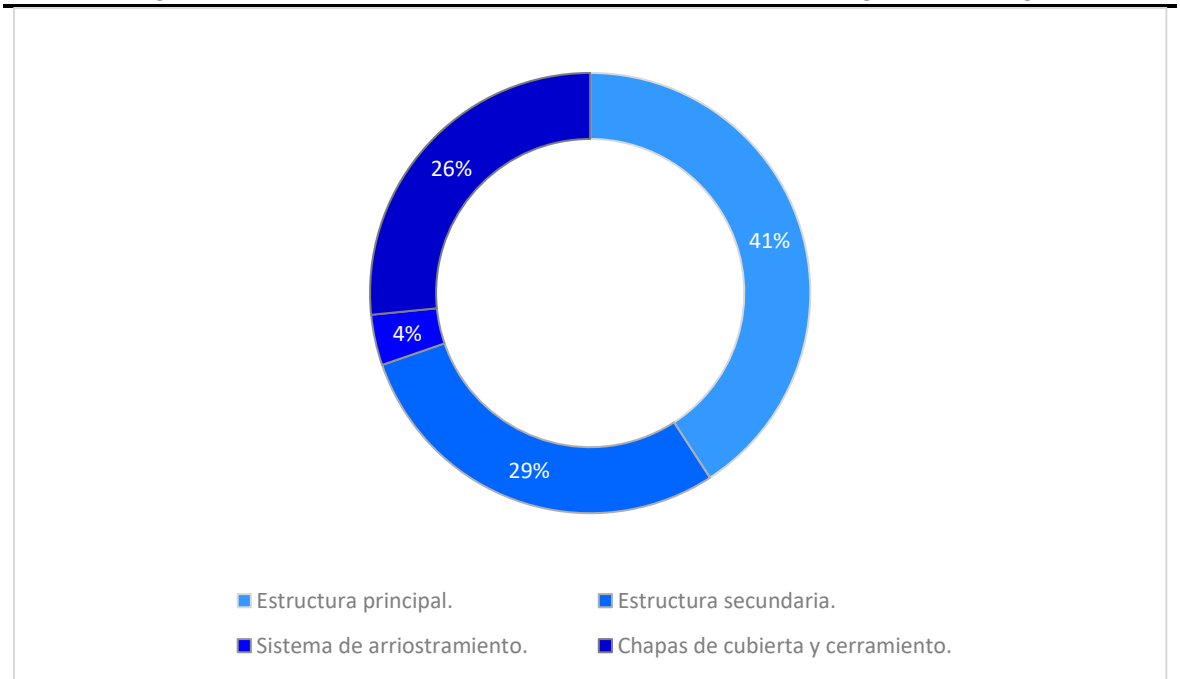


Imagen 22 – Influencia de los costos de alternativa 1 sobre el costo final.

5.4 Pórtico de estructura reticulada (Alternativa 2).

Las estructuras de reticulados planos constituyen una clase especial de estructuras en las que elementos individuales rectos están conectados en puntos discretos llamados nudos. Se asume que los elementos están conectados a los nudos de una manera que permite la libre rotación, y de ahí se deduce, a partir de consideraciones de equilibrio, que los elementos estructurales individuales actúan como barras, es decir, miembros estructurales que solo pueden llevar una fuerza axial ya sea en tensión o compresión. A menudo los nudos no permiten realmente una rotación libre, y la suposición de una estructura reticulada entonces es una aproximación. Incluso si este es el caso, la disposición de una estructura reticulada implica que puede llevar sus cargas bajo la suposición de que los miembros individuales actúan como barras que soportan únicamente una fuerza axial.

La solución en estructura reticulada al caso de estudio propuesto utiliza una sección rectangular compuesta por barras macizas de acero como columnas y vigas. Sus dimensiones son 20 cm de ancho y 35 cm de alto, los cordones están compuestos por 2 barras de 32 mm de diámetro en acero ADN-420S y las diagonales utilizan barras acero liso AL-220 de 16 mm y de 20 mm de diámetro dependiendo de la solicitación a corte. Si consultáramos una guía de prediseño, esta indicaría que el canto útil para una estructura de estas características debería oscilar entre L/10 y L/20, siendo L la luz libre del pórtico. Debido a que las deformaciones no gobiernan el diseño de esta estructura y que un mayor canto generaba problemas de pandeo local en las diagonales se adoptó un canto útil menor sugerido, con 35 cm de canto útil se estaría logrando una relación de L/H de 43.

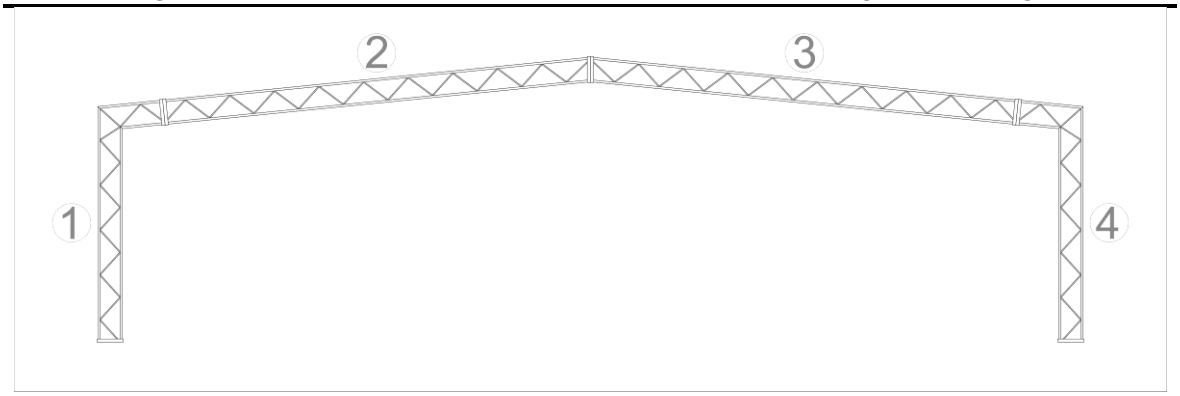
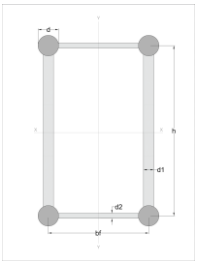
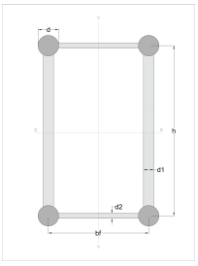
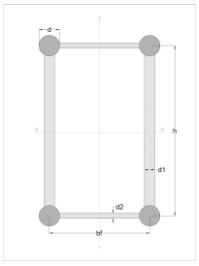
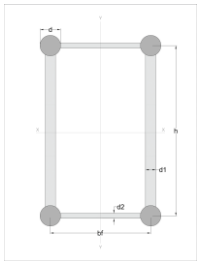


Imagen 23 – Pórtico de estructura reticulada en base a tipología estructural.

A continuación, se exhibe una tabla resumen del análisis estructural. El análisis detallado, junto con las determinaciones de los estados cargas y las consideraciones de cálculo se encuentran disponibles en el apartado "Anexos".

Resumen análisis estructural				
Elemento	**1 (Columna)**	**2 (Viga)**	**3 (Viga)**	**4 (Columna)**
Geometría de la sección transversal				
Sección				
Denominación	**Columna reticulada**	**Viga reticulada**	**Viga reticulada**	**Columna reticulada**
Estados Limites Últimos				
T_{Max}	**45.47 kN**	**40.42 kN**	**40.42 kN**	**45.47 kN**
R_T	**0.039**	**0.035**	**0.035**	**0.039**
P_{Max}	**16.98 kN**	**10.66 kN**	**10.66 kN**	**16.98 kN**
R_P	**0.026**	**0.017**	**0.017**	**0.026**
M_{Max}	**90.39 kNm**	**90.39 kNm**	**90.39 kNm**	**90.39 kNm**
R_M	**0.650**	**0.650**	**0.650**	**0.650**

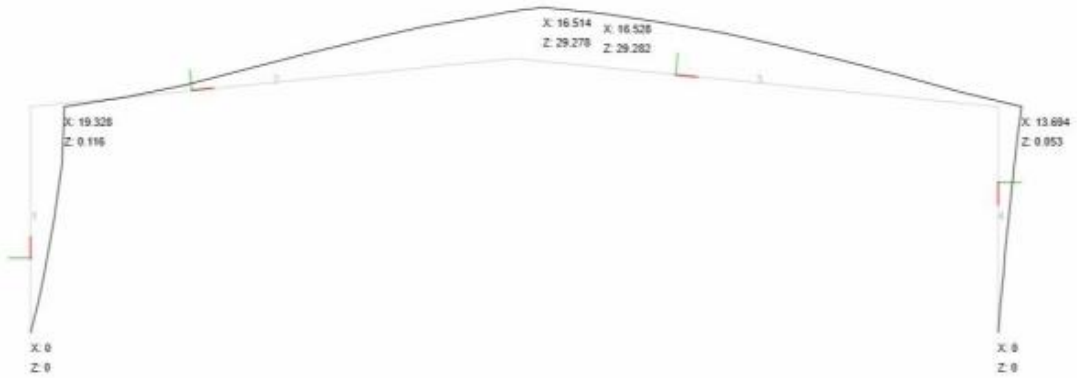
V_{Max}		**35.54 kN**	**41.71 kN**	**41.71 kN**	**35.54 kN**
R_V		**0.861**	**0.549**	**0.549**	**0.861**
T + M		**-**	**-**	**-**	**-**
R_{T+M}	**C**	**0.591**	**0.732**	**0.732**	**0.591**
	D1	**0.955**	**0.807**	**0.807**	**0.955**
	D2	**0.030**	**0.027**	**0.027**	**0.030**
P + M		**-**	**-**	**-**	**-**
R_{P+M}	**C**	**0.779**	**0.916**	**0.916**	**0.779**
	D1	**0.948**	**0.802**	**0.802**	**0.948**
	D2	**0.011**	**0.007**	**0.007**	**0.011**
Estados Limites de Servicio					
					
ΔH_{Lim} = H/150	**H**	**350 cm**	**ΔH_{Max}**	**1,276 cm**	
$\Delta H_{Max} < \Delta H_{Lim}$ ➔ 1.276 cm < 2.333 cm ➔ VERIFICA					
ΔV_{Lim} = L/150	**L**	**1.500 cm**	**ΔV_{Max}**	**3,365 cm**	
$\Delta V_{Max} < \Delta V_{Lim}$ ➔ 3,365 cm < 10,000cm ➔ VERIFICA					

Tabla 22 – Resumen del analisis estructural para alternativa Reticulada.

5.5 Computo métrico de la Alternativa 2.

Estructura principal.

Elemento	Tipo	Area	Longitud	Cantidad	Volumen	Volumen / metro
		cm^2	cm	unidad	m^3	m^3/m
1	Cordon	8,04	35,00	4	0,00113	0,00322
	Diagonal principal	2,01	39,13	2	0,00016	0,00045
	Diagonal secundaria	2,01	26,58	2	0,00011	0,00031
2	Cordon	8,04	35,00	4	0,00113	0,00322
	Diagonal principal	2,01	39,13	2	0,00016	0,00045
	Diagonal secundaria	2,01	26,58	2	0,00011	0,00031
3	Cordon	8,04	35,00	4	0,00113	0,00322
	Diagonal principal	2,01	39,13	2	0,00016	0,00045
	Diagonal secundaria	2,01	26,58	2	0,00011	0,00031
4	Cordon	8,04	35,00	4	0,00113	0,00322
	Diagonal principal	2,01	39,13	2	0,00016	0,00045
	Diagonal secundaria	2,01	26,58	2	0,00011	0,00031

Tabla 23 – Computo metrico de elementos de la estructura principal para alternativa 2. Parte 1.

Elemento	Tipo	Volumen / metro	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		m^3/m	Cm	m^3	kg/m^3	kg
1	Columna	0,00322	350,00	0,011	7.850,00	88,39
2	Viga	0,00322	750,00	0,024	7.850,00	189,40
3	Viga	0,00322	750,00	0,024	7.850,00	189,40
4	Columna	0,00322	350,00	0,011	7.850,00	88,39
Peso total de Cordones/ Portico de acero estructural					∑	555,57

Tabla 24 – Computo metrico de elementos de la estructura principal para alternativa 2. Parte 2.

Elemento	Tipo	Volumen / metro	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		m^3/m	cm	m^3	kg/m^3	kg
1	Columna	0,00075	350,00	0,003	7.850,00	20,74
2	Viga	0,00075	750,00	0,006	7.850,00	44,45
3	Viga	0,00075	750,00	0,006	7.850,00	44,45
4	Columna	0,00075	350,00	0,003	7.850,00	20,74
Peso total de Diagonales/ Portico de acero estructural					∑	130,38

Tabla 25 – Computo metrico de elementos de la estructura principal para alternativa 2. Parte 3.

Sistema de arriostramiento.

Elemento	Cantidad	Area	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
(Paredes) Diag. Seccion circular 16 mm.	4	2,01	479,00	0,0039	7.850,00	30,23
(Cubierta) Diag. Seccion circular 16 mm.	8	2,01	447,00	0,0072	7.850,00	56,42
(Cubierta) Diag. Seccion circular 16 mm.	4	2,01	420,00	0,0034	7.850,00	26,51
Mont. Seccion HSS 100x100x2 mm.	7	7,84	400,00	0,0220	7.850,00	172,32
Peso total de Elementos / Plano de arriostramiento					Σ	285,49

Tabla 26 – Computo metrico de elementos del sistema de arriostramiento para alternativa 2.

Estructura secundaria.

Elemento	Cantidad	Area	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
(Paredes) Correa. Seccion C 160x60x20x2.	6	6,14	400,00	0,015	7.850,00	115,68
(Cubierta) Correa. Seccion C 160x60x20x2.	14	6,14	400,00	0,034	7.850,00	269,91
Peso total de Elementos / Vano					∑	385,59

Tabla 27 – Computo metrico de elementos de la estructura secundaria para alternativa 2.

Chapas para cubierta y cerramiento.

Elemento	Superficie	Peso por unidad de superficie	Peso / elemento
	m^2	kg/m^2	kg
(Paredes) Chapa trapezoidal. Esp:0.5mm	28,00	5,00	140,00
(Cubierta) Chapa trapezoidal. Esp:0.5mm	60,00	5,00	300,00
Peso total de Elementos / Vano		∑	440,00

Tabla 28 – Computo metrico de chapas para cubierta y cerramiento para alternativa 2.

5.6 Costos de la Alternativa 2.

	Elemento	Peso (kg)	Cantidad	Costo unitario (USD/kg)	Total (USD)
Estructura principal.	**Elementos principales**	**685,95**	**16**	**4,60**	**50.485,92**
					50.485,92
Sistema de arriostramiento.	**Elementos principales**	**285,49**	**3**	**4,35**	**3.725,64**
					3.725,64
Estructura secundaria.	**Correas**	**385,59**	**15**	**3,98**	**23.019,72**
					23.019,72
Chapas para cubierta y cerramiento	**Chapas**	**440,00**	**15**	**3,98**	**26.268,00**
					26.268,00
Costo final (USD)			**103.499,29**		
Costo / unidad de superficie (USD/m²)			**115,00**		

Tabla 29 – Resumen de costos de la alternativa 2 a Mayo de 2024.

A continuación, se representa de forma gráfica la influencia que cada componente de la estructura tiene sobre el costo final.

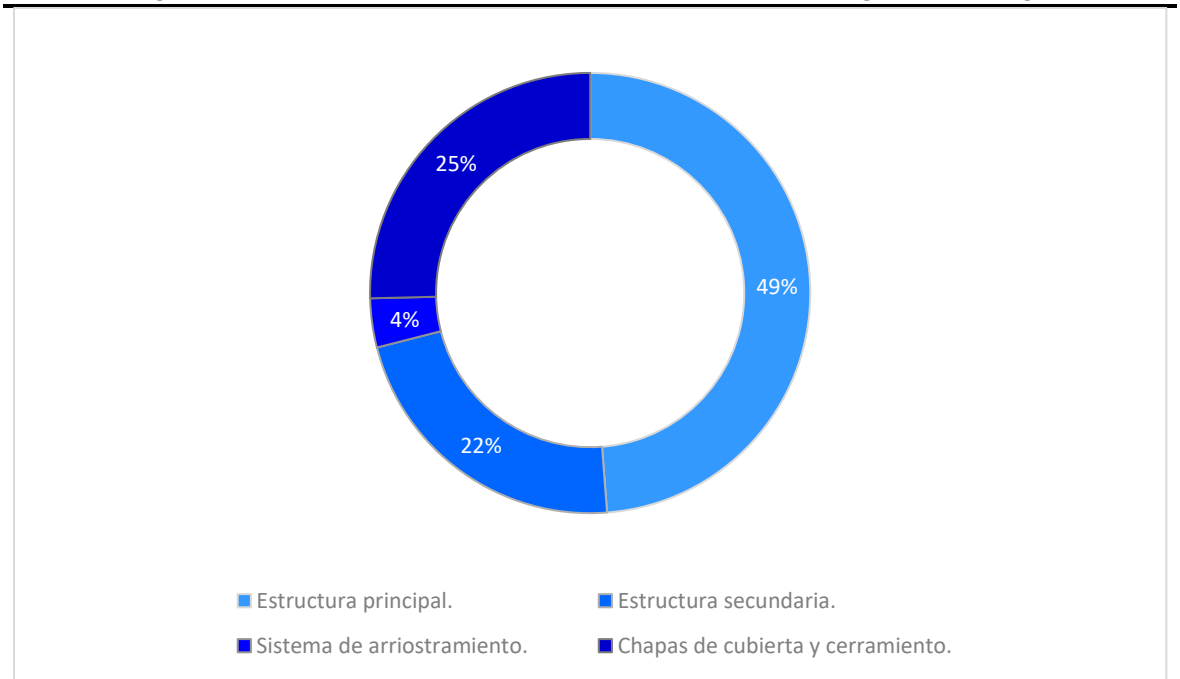


Imagen 24 – Influencia de los costos de alternativa 2 sobre el costo final.

6. ESTUDIO Y DISEÑO DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

6.1 Pórtico de perfiles conformados (Alternativa 3).

Este documento propone un sistema de pórtico de acero utilizando secciones conformadas en frío pregalvanizadas. Se utilizan secciones en C estándar espalda con espalda para los miembros de la columna y la viga, y conexiones simples abulonadas, realizadas a través de chapas de nudo ubicadas entre los perfiles componentes. Se emplearán chapas y ángulos para vincular la mayoría de los elementos entre sí, ya que son fáciles de fabricar y las conexiones son fáciles de ensamblar en la obra. Se busca minimizar o eliminar en su totalidad el uso de soldadura, debido a que no es recomendable para el acero galvanizado por la emisión de gases venenosos y la destrucción del recubrimiento galvanizado.

Las ventajas de construir un sistema de porticos utilizando acero conformado en frío en lugar de secciones convencionales laminadas en caliente incluyen:

- *Secciones entregadas en obra que han sido marcadas, cortadas a medida y perforadas en la fábrica según las especificaciones de diseño.*
- *Fundaciones más pequeñas.*
- *Secciones de acero conformado en frío pregalvanizado sin mantenimiento que no requieren pintura para evitar la oxidación.*
- *Costos de transporte reducidos debido al apilamiento eficiente de secciones de acero conformado en frío.*
- *Costos de adquisición reducidos, ya que el acero conformado en frío utilizado para los elementos secundarios puede comprarse al mismo fabricante/proveedor.*
- *Las estructuras pueden ser montadas sin el uso de grúas y mano de obra especializada.*

6.2 Premisas de diseño.

Estas premisas son los principios y criterios claves que guiaron el proceso de diseño y la toma de decisiones durante la elaboración del proyecto.

- *Uso de secciones estándar.*
- *Elementos estructurales (Columnas y Vigas) de bajo costo de fabricación.*
- *Conexiones simples entre elementos.*
- *Rapidez de montaje en campo.*

6.3 Diseño estructural.

La estabilidad en la ingeniería estructural es un concepto fundamental que se refiere a la capacidad de una estructura de permanecer íntegra y funcional bajo cargas aplicadas, sin experimentar un fallo por colapso o deformaciones excesivas que puedan comprometer su uso o seguridad. Este concepto se puede dividir en dos categorías principales: la estabilidad global y la estabilidad local.

La estabilidad global se refiere a la capacidad de toda la estructura de resistir cargas aplicadas sin sufrir desplazamientos o deformaciones que comprometan su integridad estructural general. Esto incluye el análisis de la estructura como un todo, considerando todos sus componentes y conexiones.

La estabilidad local, por otro lado, se centra en componentes individuales de la estructura, como columnas, vigas, y los paneles de muros o placas. Analiza cómo estos elementos individuales responden a las cargas, asegurándose de que cada uno pueda soportar las tensiones impuestas sin sufrir pandeo, aplastamiento o cualquier otro modo de falla local.

Es importante destacar que la estabilidad global y local están interconectadas. Un fallo local puede precipitar un fallo global si un elemento crítico pierde capacidad de carga, alterando la distribución de cargas en la estructura y potencialmente llevando a un colapso progresivo.

Estabilidad en el plano del pórtico.

Si se tomara como punto de partida el modelo ya predefinido y se le aplicaran las restricciones mencionadas anteriormente, siendo la búsqueda de conexiones simples la que generen mayor impacto en el modelo, obtendríamos una estructura con conexiones articuladas que solo vincula las almas de los elementos, sin rigidez rotacional. Dicha estructura se convertiría en un mecanismo que colapsaría bajo la más mínima perturbación y, por lo tanto, sería inadmisible.

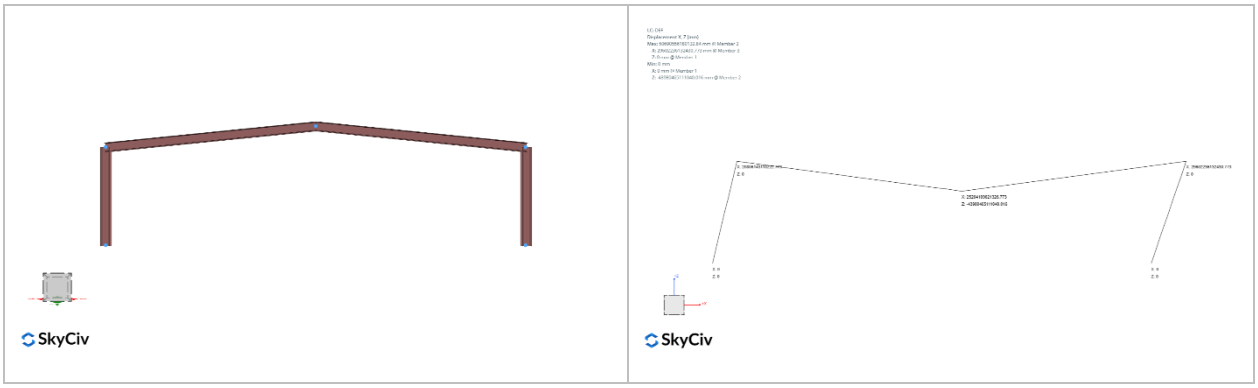


Imagen 25 – Pórtico con conexiones articuladas. Condicion: Inestable.

Como solución a esta inestabilidad global se propone incorporar barras diagonales en los nudos principales de la estructura buscando lograr una triangulación de estos. La triangulación puede eliminar por completo la indeterminación cinemática convirtiendo lo que antes fue un mecanismo cinemático en una estructura cinemáticamente determinada.

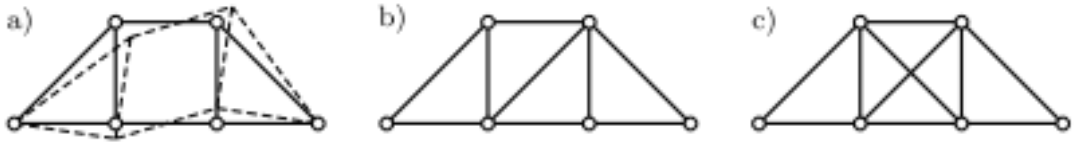


Imagen 26 – Desde un sistema indeterminado (a) hasta una estructura estaticamente indeterminada (c).

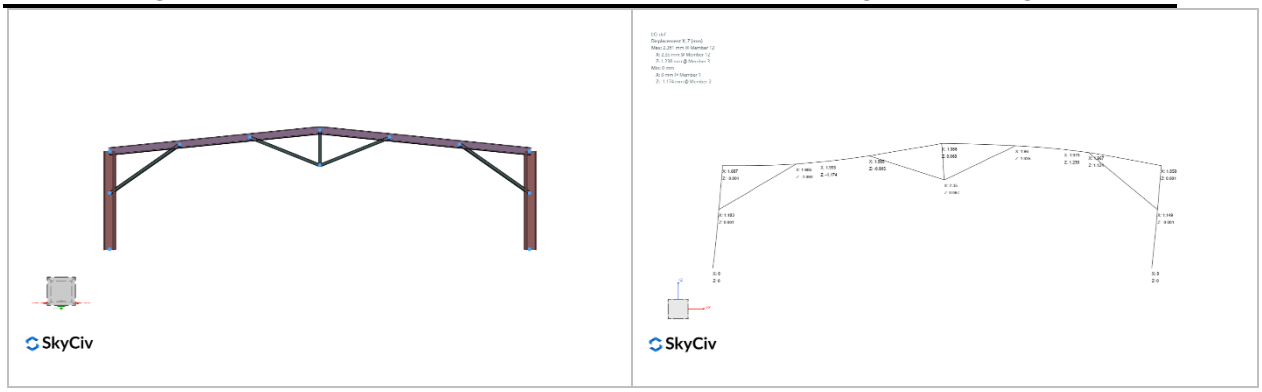


Imagen 27 – Pórtico con conexiones articuladas y nudos triangulados. Condicion:Estable.

Se puede observar que luego de la incorporación de las barras diagonales la estructura adquiere un comportamiento global estable y se materializaron artificialmente nudos rígidos donde se implementó la triangulación.

Estabilidad fuera del plano del pórtico.

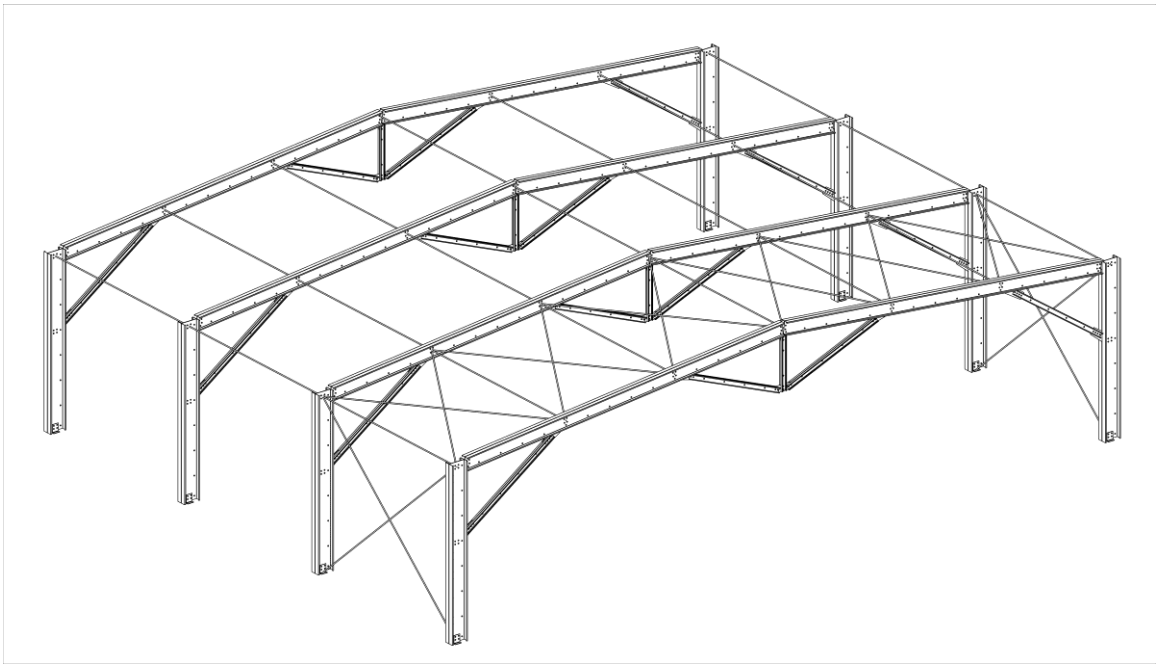


Imagen 28 – Sistema de arriostramiento. Cruces de San Andres.

El sistema de arriostramiento está compuesto por barras de sección ángulo para las diagonales y se añadirán montantes de sección C espalda con espalda para formar el reticulado espacial. Todos estos elementos se vincularán entre si a las vigas y columnas principales por medio de una conexión abulonada con chapas de nudo.

Estabilidad Local.

La inestabilidad local debido a pandeo lateral torsional se ve controlada por la implementación de un elemento auxiliar que se dispondrá en varios puntos discretos de la estructura principal. Este elemento consiste en un fleje metálico al cual se lo trabajó mecánicamente en determinadas ubicaciones para generar pliegues a lo largo de su eje principal. El equilibrio de este elemento es logrado gracias a su vinculación con las correas de la cubierta, permitiendo desarrollar el esfuerzo de tracción necesario.

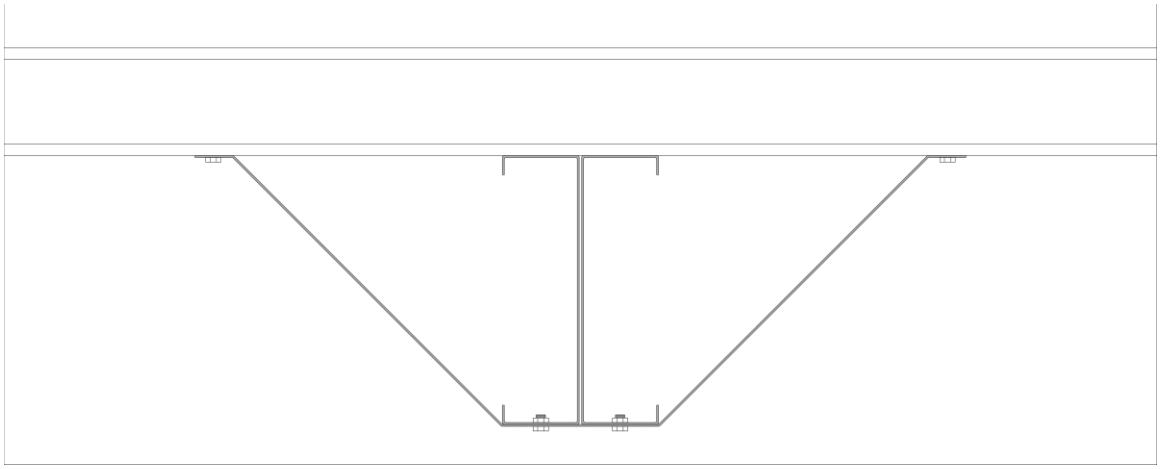


Imagen 29 – Arriostramiento discreto a torsion de la seccion.

6.4 Análisis estructural.

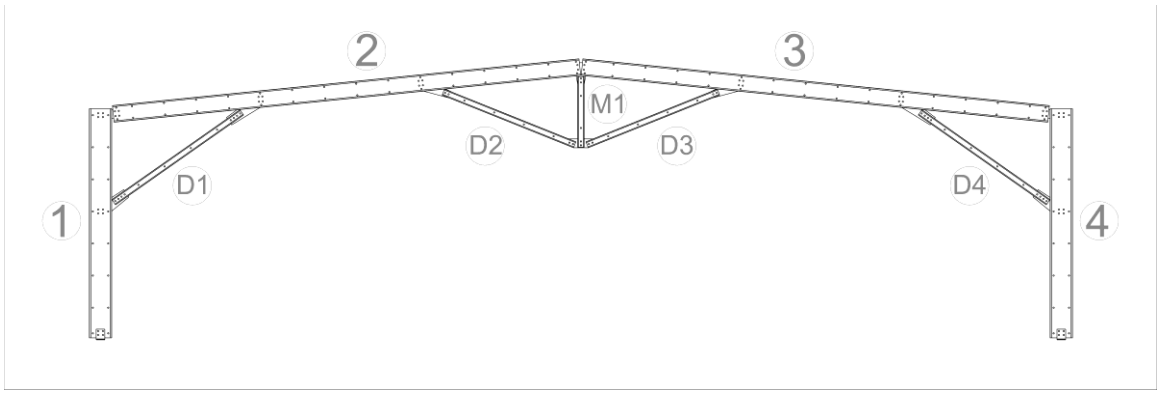
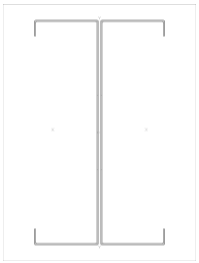
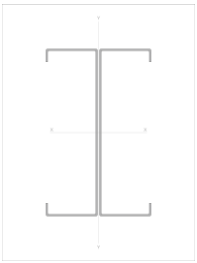
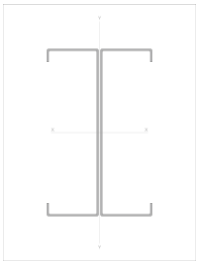
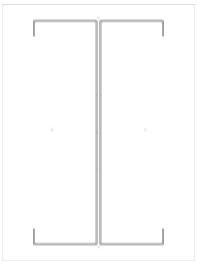
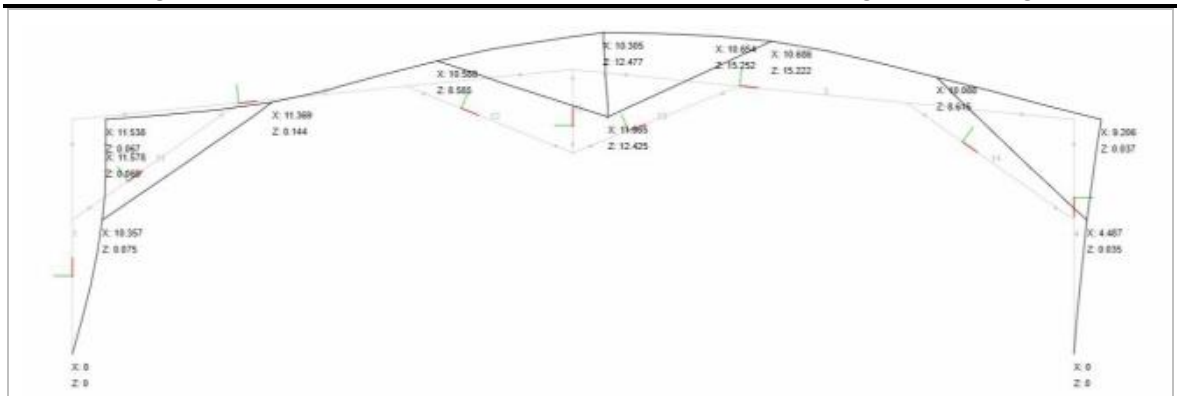


Imagen 30 – Pórtico de PCF en base a tipología estructural.

A continuación, se exhibe una tabla resumen del análisis estructural. El análisis detallado, junto con las determinaciones de los estados cargas y las consideraciones de cálculo se encuentran disponibles en el apartado "Anexos".

Resumen análisis estructural				
Elemento	**1 (Columna)**	**2 (Viga)**	**3 (Viga)**	**4 (Columna)**
Geometría de la sección transversal				
Sección				
Denominación	**350x100x25x2.5**	**260x80x20x2.5**	**260x80x20x2.5**	**350x100x25x2.5**
Estados Limites Últimos				
T_{Max}	**46.24 kN**	**69.86 kN**	**69.86 kN**	**46.24 kN**
R_T	**0.070**	**0.138**	**0.138**	**0.070**
P_{Max}	**15.24 kN**	**45.03 kN**	**45.03 kN**	**15.24 kN**
R_P	**0.072**	**0.270**	**0.270**	**0.072**
M_{Max}	**60.22 kNm**	**24.06 kNm**	**24.06 kNm**	**60.22 kNm**
R_M	**0.857**	**0.592**	**0.592**	**0.857**
V_{Max}	**44.76 kN**	**26.65 kN**	**26.65 kN**	**44.76 kN**
R_V	**0.058**	**0.026**	**0.026**	**0.058**
T + M	**-**	**-**	**-**	**-**
R_{T+M}	**0.926**	**0.730**	**0.730**	**0.926**
P + M	**-**	**-**	**-**	**-**
R_{P+M}	**0.929**	**0.862**	**0.862**	**0.929**
Estados Limites de Servicio				



$\Delta H_{Lim} = H/150$	**H**	**350 cm**	**ΔH_{Max}**	**1,196 cm**
$\Delta H_{Max} < \Delta H_{Lim}$ ➔ 1.196 cm < 2.333 cm ➔ VERIFICA				
$\Delta V_{Lim} = L/150$	**L**	**1.500 cm**	**ΔV_{Max}**	**2,170 cm**
$\Delta V_{Max} < \Delta V_{Lim}$ ➔ 2,170 cm < 10,000cm ➔ VERIFICA				

Tabla 30 – Resumen del analisis estructural para alternativa PCF. Parte 1.

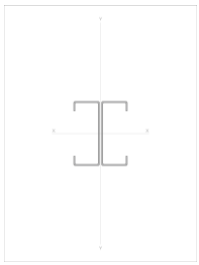
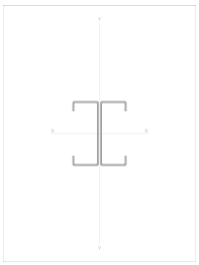
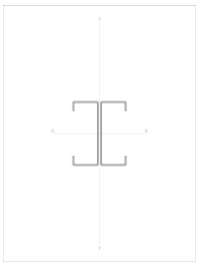
Resumen análisis estructural			
Elemento	**D1-D4**	**D2-D3**	**M1**
Geometría de la sección transversal			
Sección			
Denominación	**100x40x15x2**	**100x40x15x2**	**100x40x15x2**
Estados Limites Últimos			
T_{Max}	**90.02 kN**	**9.99 kN**	**20.07 kN**
R_T	**0.495**	**0.055**	**0.110**
P_{Max}	**28.69 kN**	**26.76 kN**	**7.23 kN**
R_P	**0.555**	**0.408**	**0.080**
M_{Max}	**0.00 kNm**	**0.00 kNm**	**0.00 kNm**
R_M	**0.000**	**0.000**	**0.000**
V_{Max}	**0.00 kN**	**0.00 kN**	**0.00 kN**
R_V	**0.000**	**0.000**	**0.000**
T + M	**-**	**-**	**-**
R_{T+M}	**0.495**	**0.055**	**0.110**
P + M	**-**	**-**	**-**
R_{P+M}	**0.555**	**0.408**	**0.080**

Tabla 31 – Resumen del analisis estructural para alternativa PCF. Parte 2.

6.5 Computo métrico de la Alternativa 3.

Estructura principal.

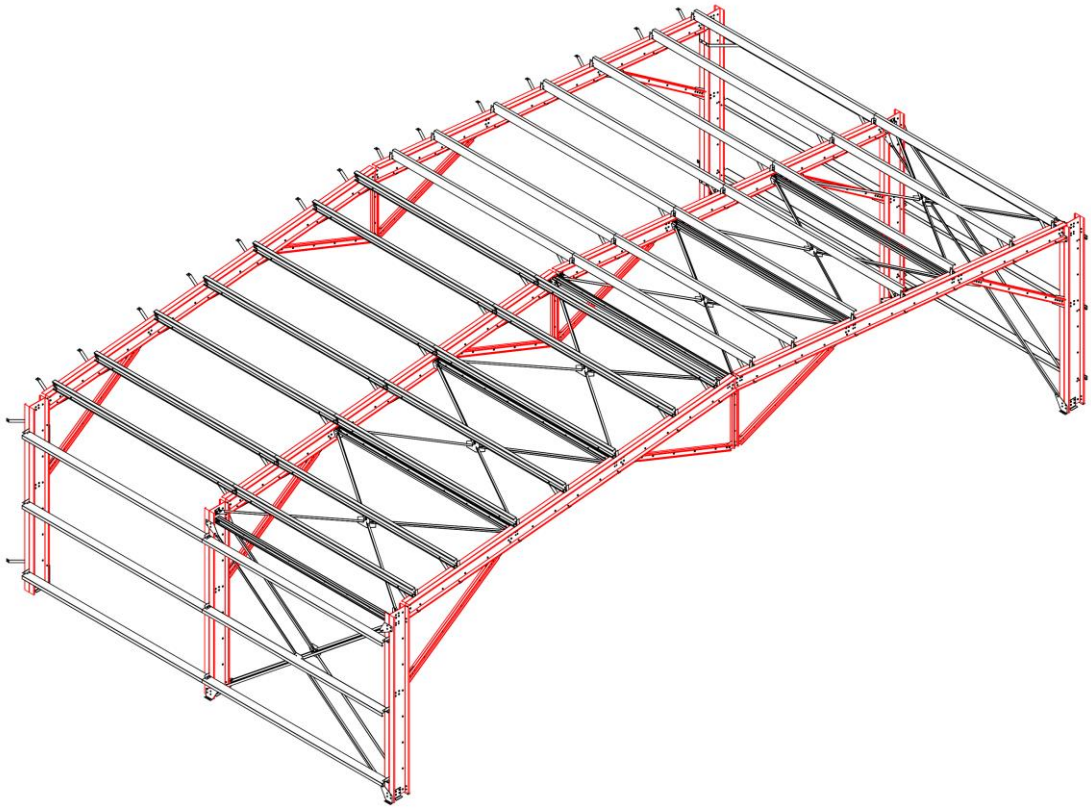


Imagen 31 – Ilustracion Estructura principal.

Elemento	Tipo	Area	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
1	Columna	29,50	357,00	0,0105	7.850,00	82,67
2	Viga	22,50	732,00	0,0165	7.850,00	129,29
3	Viga	22,50	732,00	0,0165	7.850,00	129,29
4	Columna	29,50	357,00	0,0105	7.850,00	82,67
D1	Diagonal	8,08	244,00	0,0020	7.850,00	15,48
D2	Diagonal	8,08	221,00	0,0018	7.850,00	14,02
D3	Diagonal	8,08	221,00	0,0018	7.850,00	14,02
D4	Diagonal	8,08	244,00	0,0020	7.850,00	15,48
M1	Montante	8,08	110,00	0,0009	7.850,00	6,98
Peso total de Elementos / Portico de acero estructural					Σ	489,90

Tabla 32 – Computo metrico de elementos de la estructura principal para alternativa 3.

Chapas de nudo de la estructura principal.

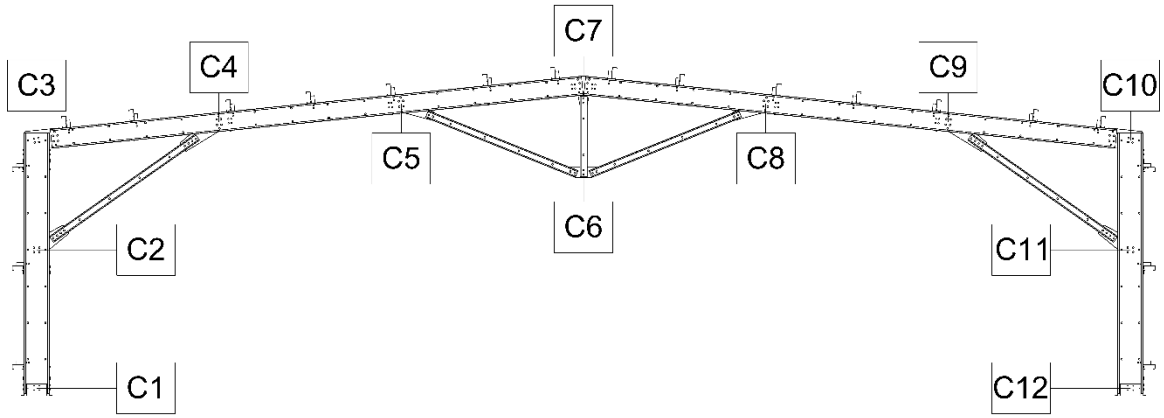


Imagen 32 – Ilustracion Chapas de nudo de la Estructura Principal.

Elemento	Tipo	Area	Espesor	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
C1	Chapa	594,00	1,27	0,00075	7.850,00	5,92
C2	Chapa	893,62	0,32	0,00029	7.850,00	2,24
C3	Chapa	509,54	0,32	0,00016	7.850,00	1,28
C4	Chapa	1093,21	0,32	0,00035	7.850,00	2,75
C5	Chapa	833,78	0,32	0,00027	7.850,00	2,09
C6	Chapa	494,25	0,32	0,00016	7.850,00	1,24
C7	Chapa	538,10	0,32	0,00017	7.850,00	1,35
C8	Chapa	833,78	0,32	0,00027	7.850,00	2,09
C9	Chapa	1093,21	0,32	0,00035	7.850,00	2,75
C10	Chapa	509,54	0,32	0,00016	7.850,00	1,28
C11	Chapa	893,62	0,32	0,00029	7.850,00	2,24
C12	Chapa	594,00	1,27	0,00075	7.850,00	5,92
Peso total de Chapas de nudo / Portico de acero estructural					Σ	31,15

Tabla 33 – Computo metrico de las chapas de nudo de la estructura principal.

Sistema de arriostramiento.

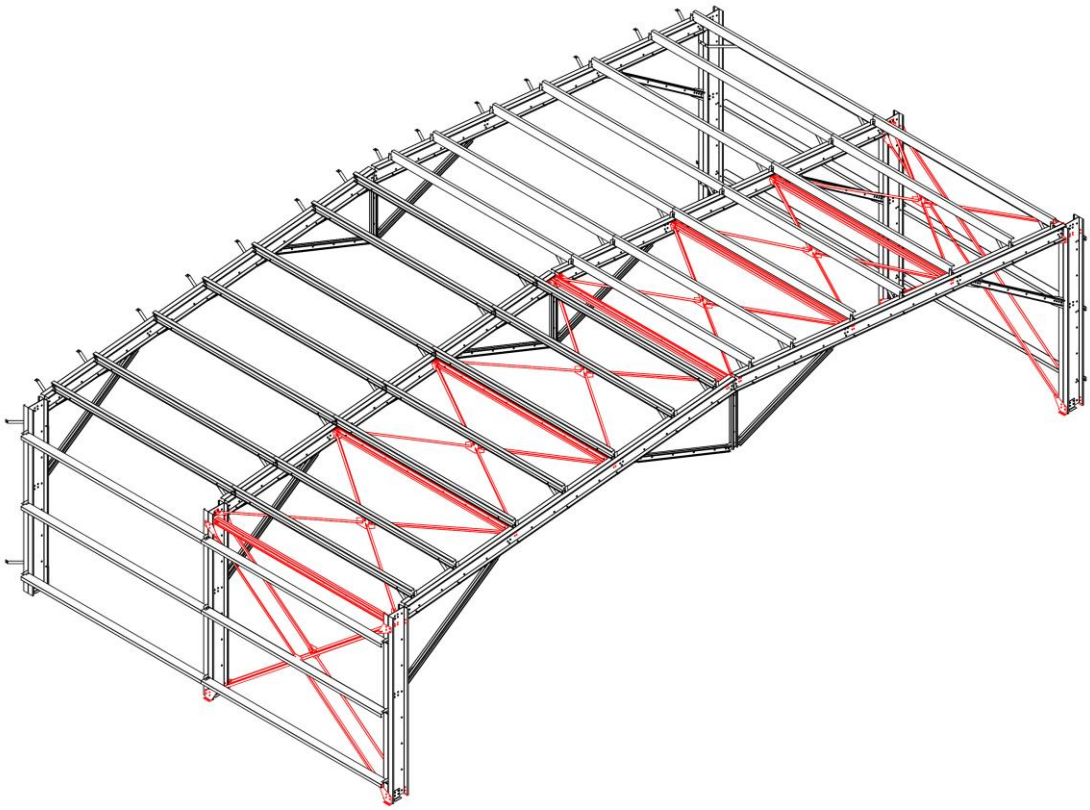


Imagen 33 – Ilustracion Sistema de arriostramiento.

Elemento	Cantidad	Area	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
(Paredes) Diag. Seccion L 44X3.2.	16	2,71	239,50	0,0104	7.850,00	81,52
(Cubierta) Diag. Seccion L 44X3.2.	16	2,71	223,50	0,0097	7.850,00	76,07
(Cubierta) Diag. Seccion L 44X3.2.	8	2,71	210,00	0,0046	7.850,00	35,74
Mont. Seccion doble C100.	7	7,88	397,18	0,0219	7.850,00	171,98
Peso total de Elementos / Plano de arriostramiento					Σ	365,31

Tabla 34 – Computo metrico de elementos del sistema de arriostramiento para alternativa 3.

Chapas de nudo del sistema de arriostramiento.

Elemento	Cantidad	Area	Espesor	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
SA.C1	8	400,78	0,32	0,0010	7.850,00	8,05
SA.C2	8	346,78	0,32	0,0009	7.850,00	6,97
SA.C3	4	174,14	0,32	0,0002	7.850,00	1,75
SA.C4	8	490,70	0,32	0,0013	7.850,00	9,86
SA.C5	2	741,80	0,32	0,0005	7.850,00	3,73
Peso total de Elementos / Plano de arriostramiento					Σ	30,36

Tabla 35 – Computo métrico de las chapas de nudo del sistema de arriostramientro para alternativa 3.

Estructura secundaria.

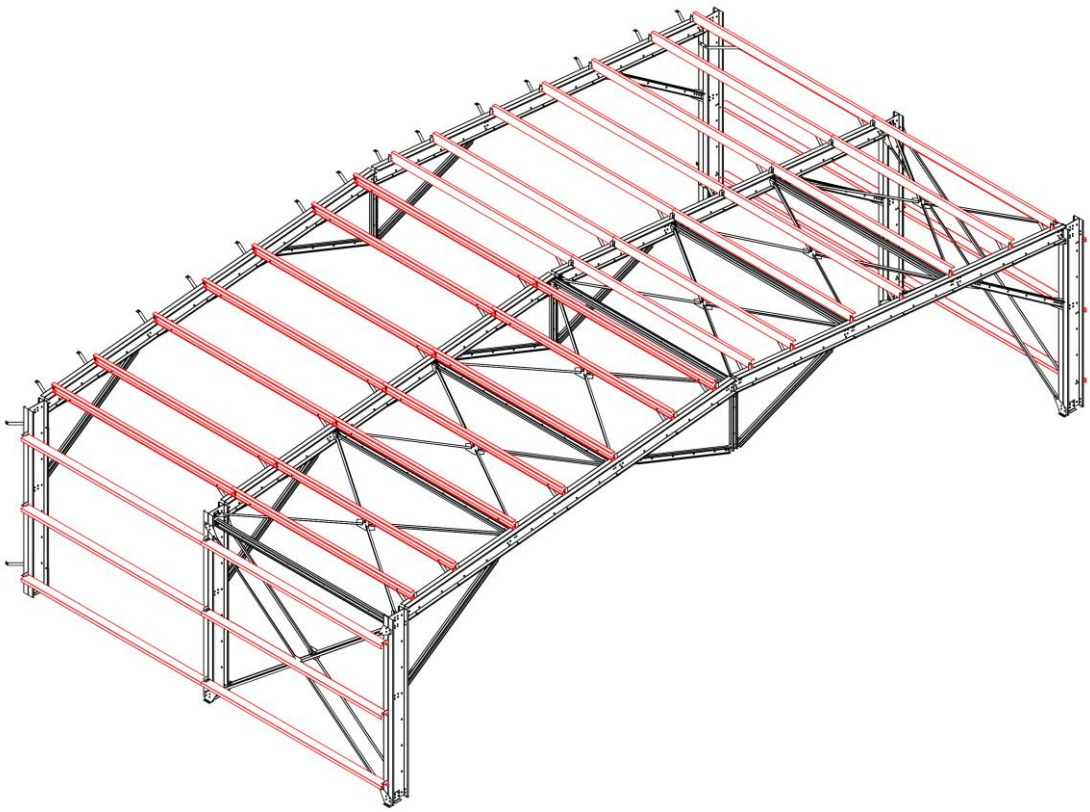


Imagen 34 – Ilustracion Estructura secundaria..

Elemento	Cantidad	Area	Longitud	Volumen	Peso especifico	Peso / elemento
		cm^2	cm	m^3	kg/m^3	kg
(Paredes) Correa. Seccion C 160x60x20x2.	6	6,14	400,00	0,015	7.850,00	115,68
(Cubierta) Correa. Seccion C 160x60x20x2.	14	6,14	400,00	0,034	7.850,00	269,91
Accesorios	-	-	-	-	-	10,20
Peso total de Elementos / Vano					∑	395,79

Tabla 36 – Computo metrico de elementos de la estructura secundaria para alternativa 3.

Chapas para cubierta y cerramiento.

Elemento	Superficie	Peso por unidad de superficie	Peso / elemento
	m^2	kg/m^2	kg
(Paredes) Chapa trapezoidal. Esp:0.5mm	28,00	5,00	140,00
(Cubierta) Chapa trapezoidal. Esp:0.5mm	60,00	5,00	300,00
Peso total de Elementos / Vano		∑	440,00

Tabla 37 – Computo metrico de chapas para cubierta y cerramiento para alternativa 3.

6.6 Costos de la Alternativa 3.

	Elemento	Peso (kg)	Cantidad	Costo unitario (USD/kg)	Total (USD)
Estructura principal.	**Elementos principales**	**489,90**	**16**	**3,98**	**31.196,83**
	Chapas de nudo	**19,31**	**16**	**3,98**	**1.229,66**
	Chapas C1 y C12	**11,84**	**16**	**5,67**	**1.074,12**
					33.500,62
Sistema de arriostramiento.	**Elementos principales**	**365,31**	**3**	**3,98**	**4.361,80**
	Chapas de nudo	**30,36**	**3**	**3,98**	**362,50**
					4.724,30
Estructura secundaria.	**Correas + accesorios**	**395,79**	**15**	**3,98**	**23.628,66**
					23.628,66
Chapas para cubierta y cerramiento	**Chapas**	**440,00**	**15**	**3,98**	**26.268,00**
					26.268,00
Costo final (USD)			**88.121,58**		
Costo / unidad de superficie (USD/m²)			**97,91**		

Tabla 38 – Resumen de costos de la alternativa 3 a Mayo de 2024.

A continuación, se representa de forma gráfica la influencia que cada componente de la estructura tiene sobre el costo final.

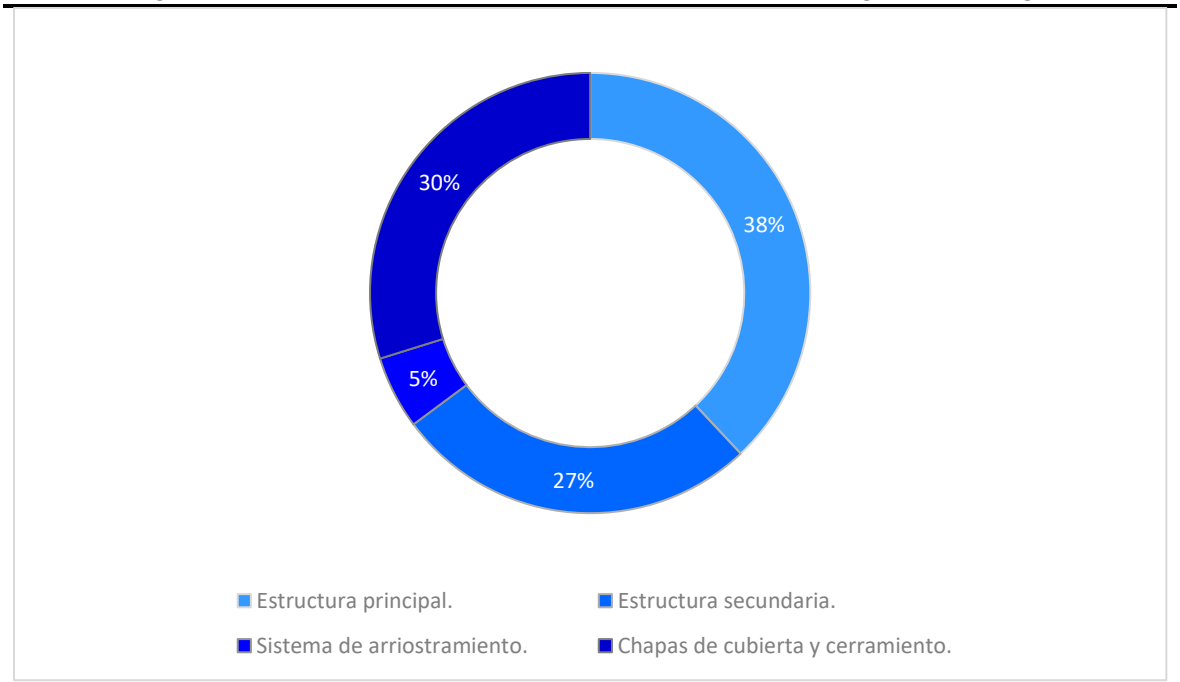


Imagen 35 – Influencia de los costos de alternativa 3 sobre el costo final.

6.7 Resumen de cómputos y costos de las alternativas analizadas.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Cantidad de acero utilizado en Estructura principal (kg)	**9.281,91**	**10.975,20**	**8.336,80**
Cantidad de acero utilizado en Estructura secundaria (kg)	**7.162,70**	**5.783,85**	**5.936,85**
Cantidad de acero utilizado en Sistema de arriostramiento (kg)	**844,90**	**856,47**	**1.187,01**
Cantidad de acero utilizado en Chapa de cubierta y cerramiento (kg)	**6.600,00**	**6.600,00**	**6.600,00**
Cantidad de acero total utilizado (kg)	**23.889,51**	**24.215,52**	**22.060,66**
Cantidad de acero / unidad de superficie (kg/m²)	**26,54**	**26,91**	**24,51**
Porcentaje relativo.	**98,6%**	**100%**	**91,1%**
Observacion: La alternativa con perfiles conformados en frio presenta un ahorro en la cantidad de acero utilizada del 8,9% respecto a la alternativa menos competitiva.			
Costo / unidad de superficie (USD/m²)	**109,83**	**115,00**	**97,91**
Porcentaje relativo.	**95,5%**	**100%**	**84,9%**
Observacion: La alternativa con perfiles conformados en frio presenta una disminucion en costos totales del 15,1% respecto a la alternativa menos competitiva.			

Tabla 39 – Comparativa de computos y costos entre alternativas.

7. CONSTRUCTIBILIDAD DEL SISTEMA

7.1 Proceso de ensamble de las piezas.

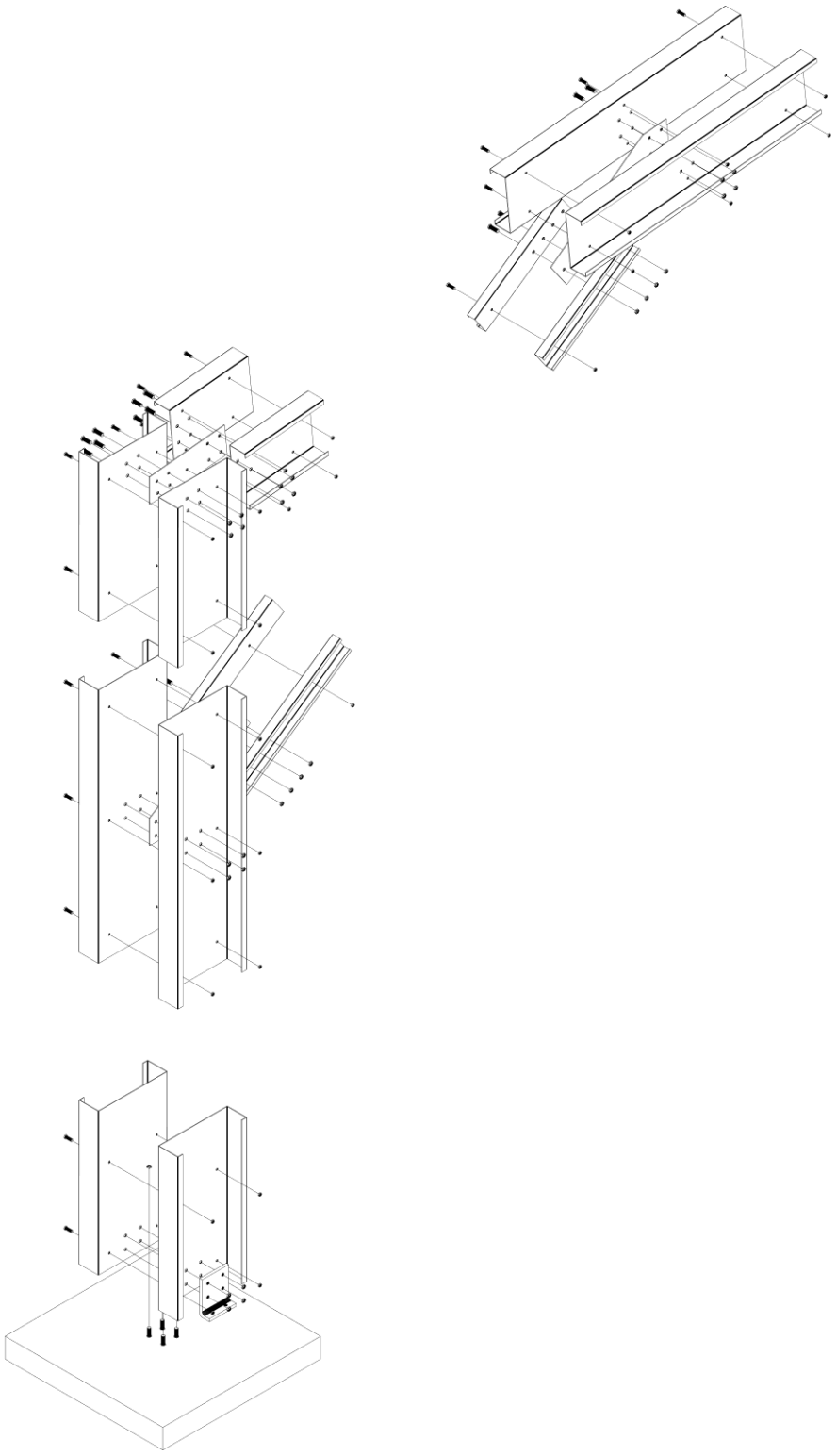


Imagen 36 – Detalle de conexiones. Seccion columna.

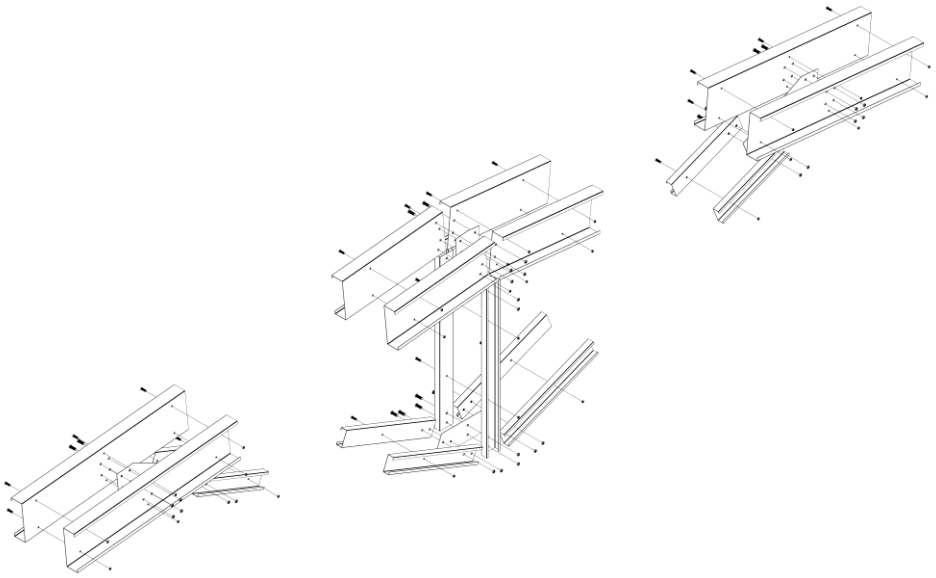


Imagen 37 – Detalle de conexiones. Seccion viga.

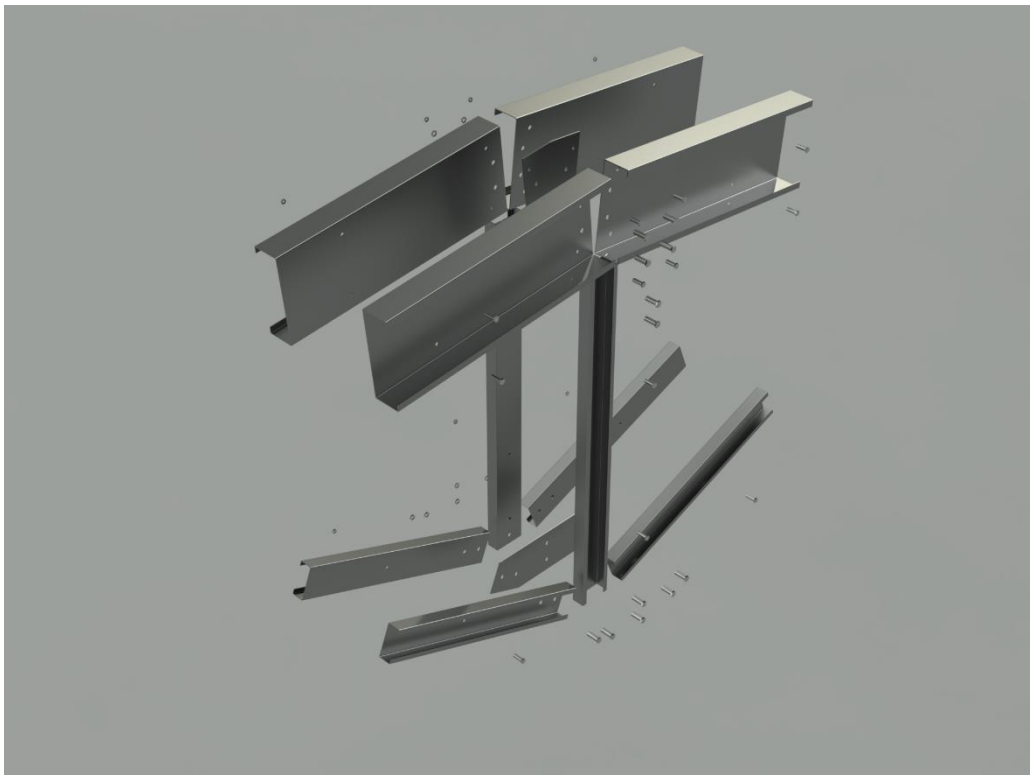


Imagen 38 – Detalle de coneccion del nudo central.

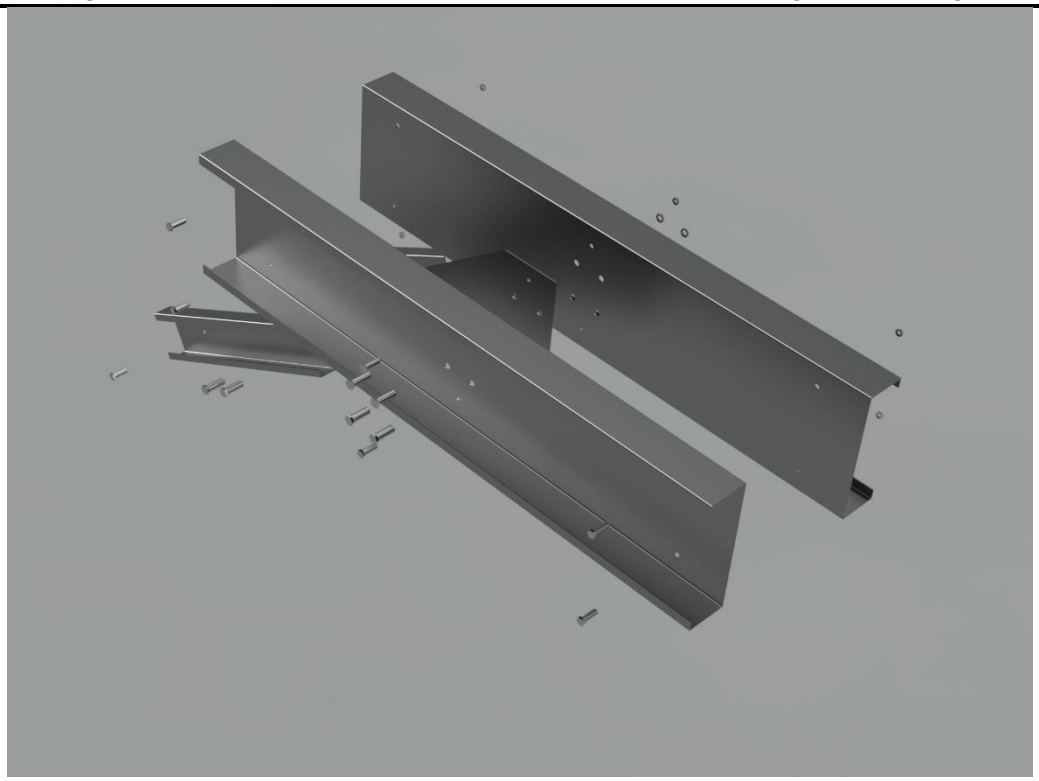


Imagen 39 – Detalle de coneccionViga-Diagonal.

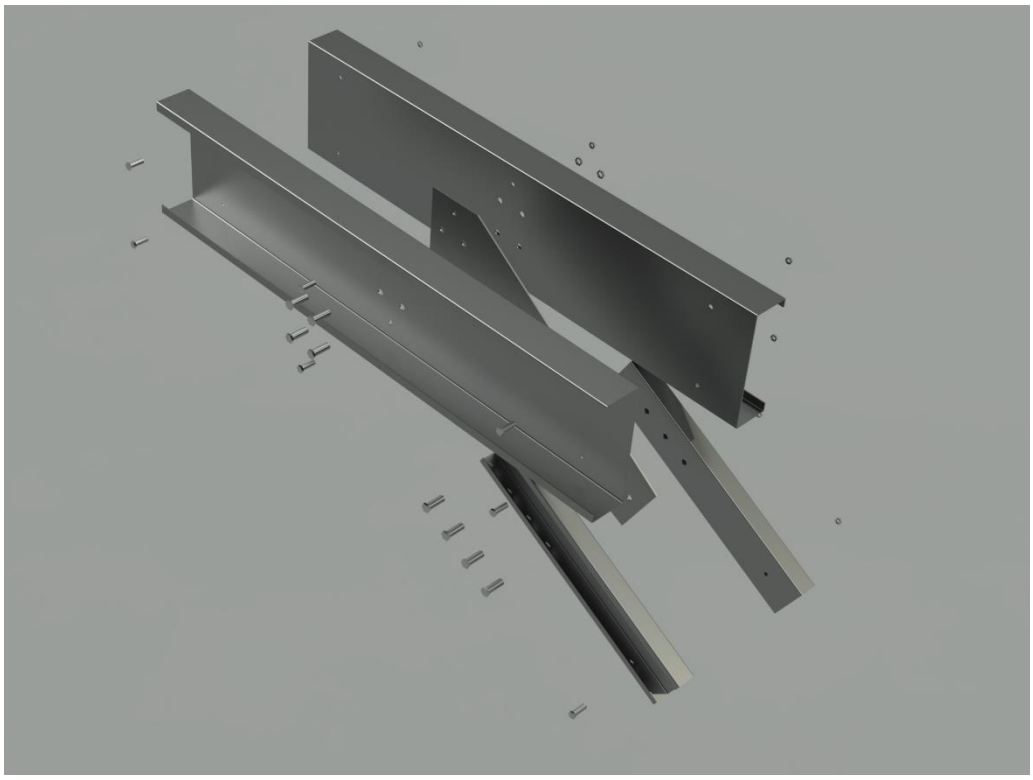


Imagen 40 – Detalle de coneccion Viga-Diagonal.

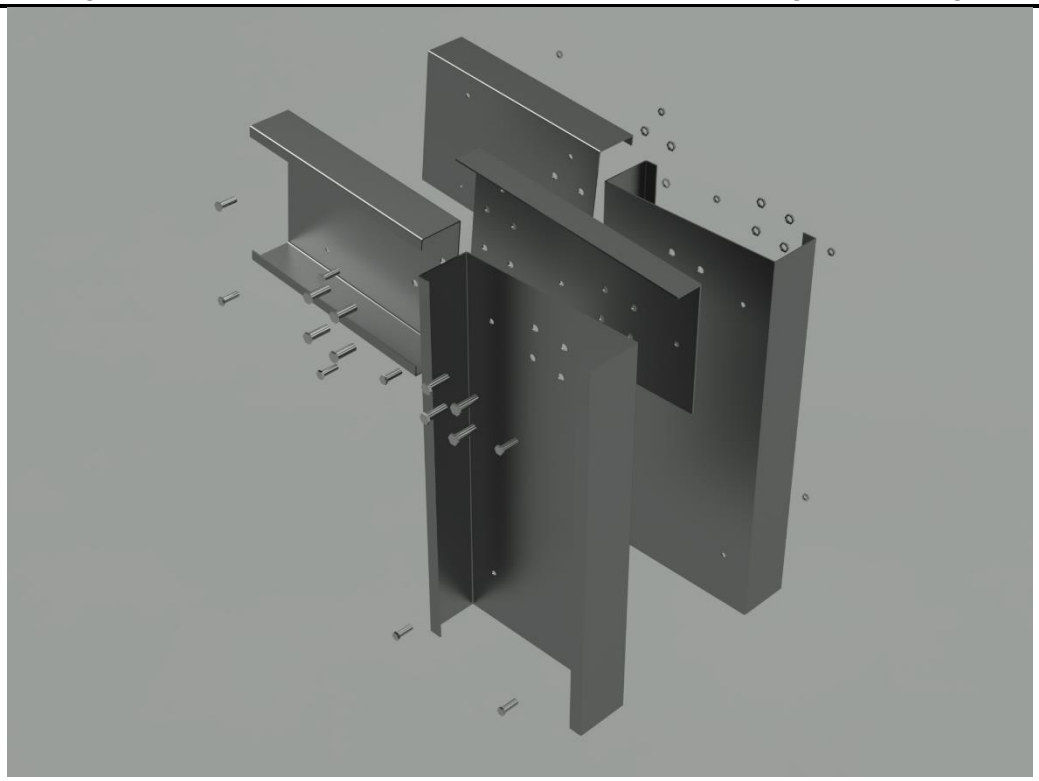


Imagen 41 – Detalle de coneccion Viga-Columna.

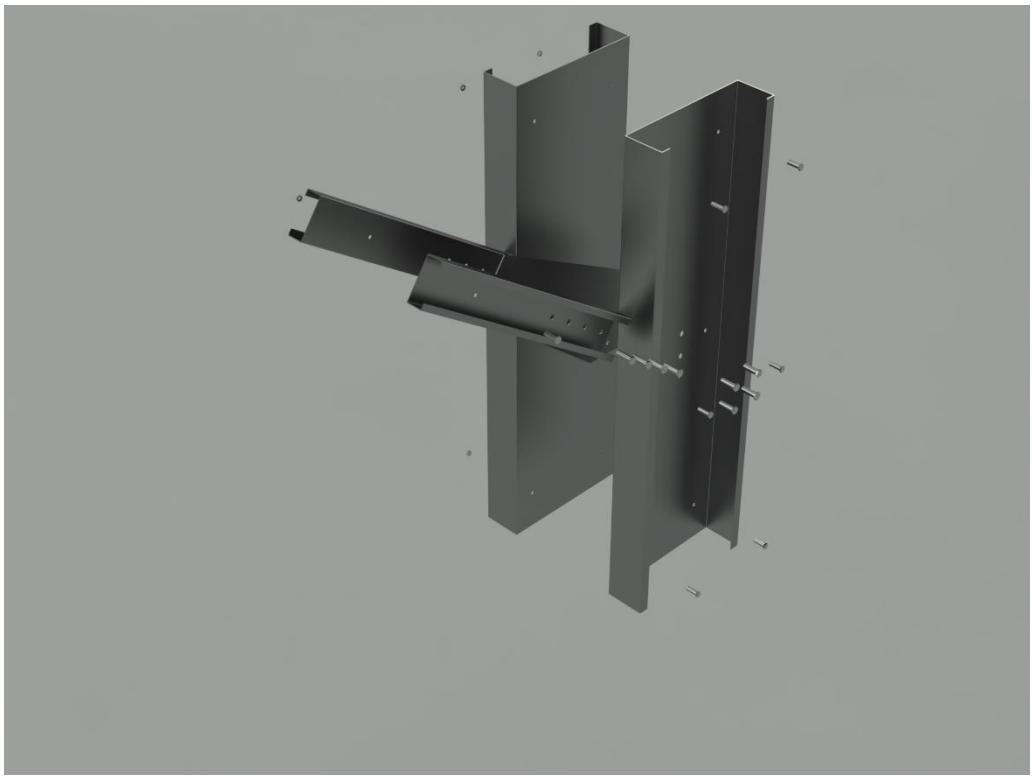


Imagen 42 – Detalle de coneccion Columna-Diagonal.

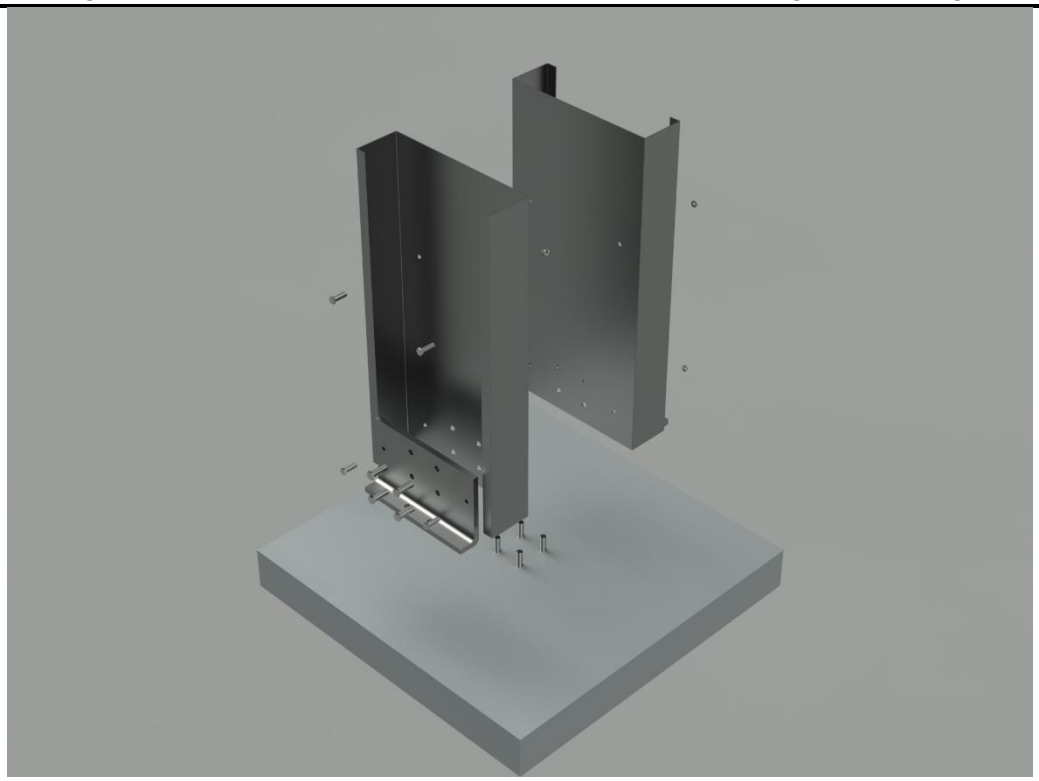


Imagen 43 – Detalle de coneccion Columna-Fundacion.

7.2 Accesorios.

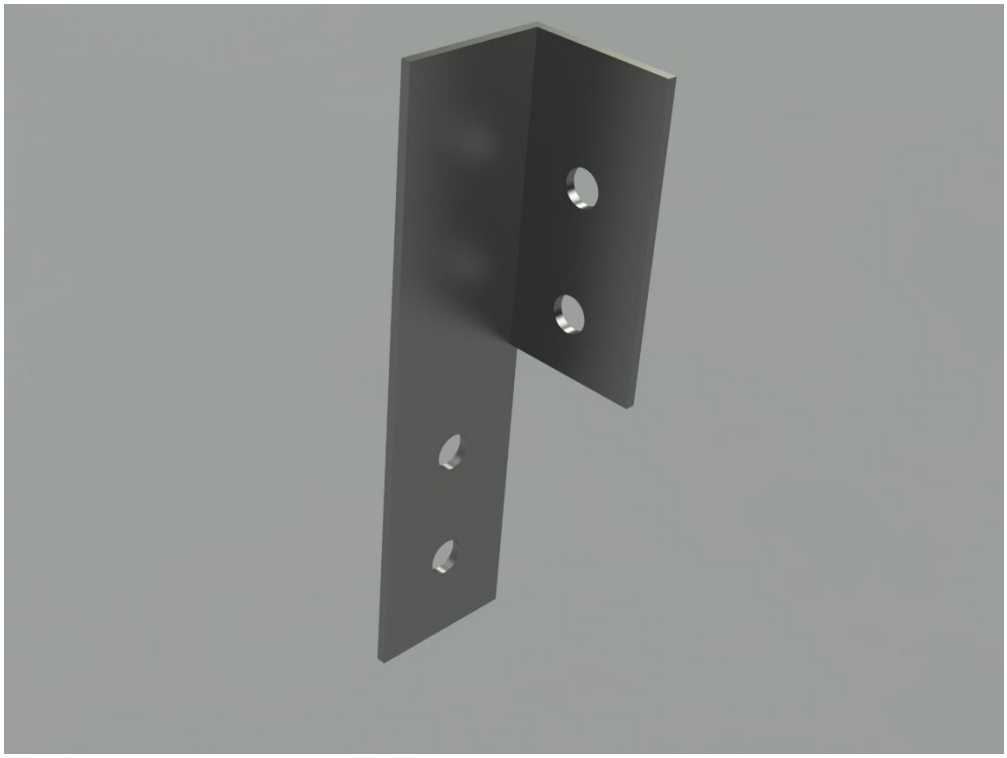


Imagen 44 – Accesorio de conexión entre correas metalicas y Estructura Principal.

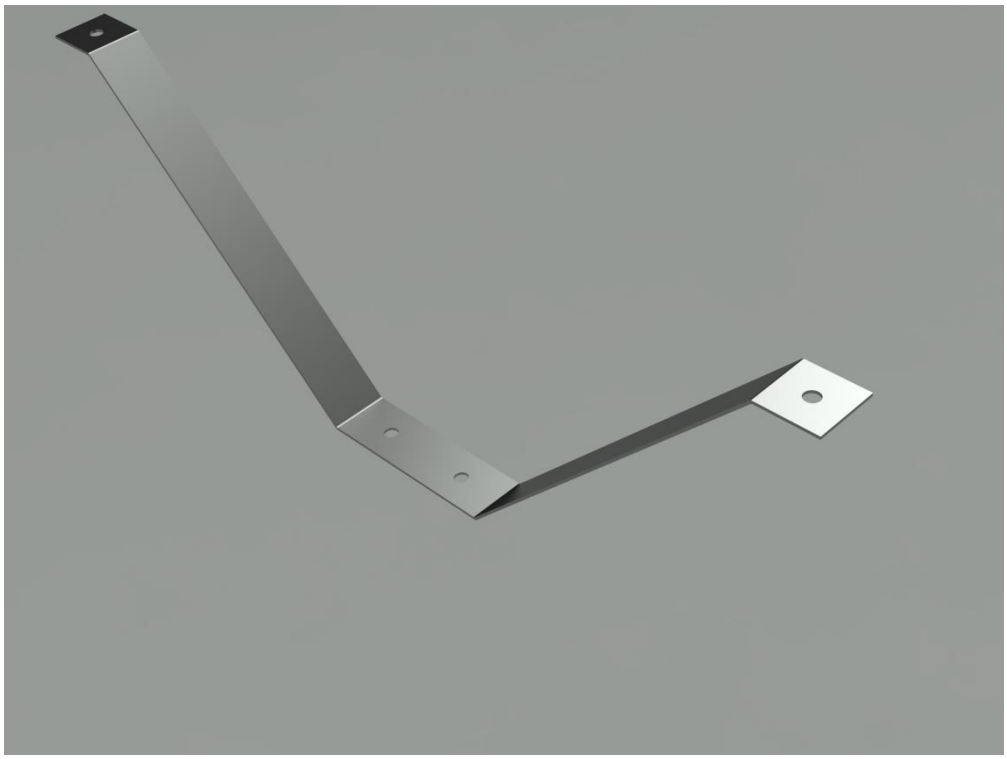


Imagen 45 – Fleje rigidizador para momento lateral torsional de Vigas y Columnas.

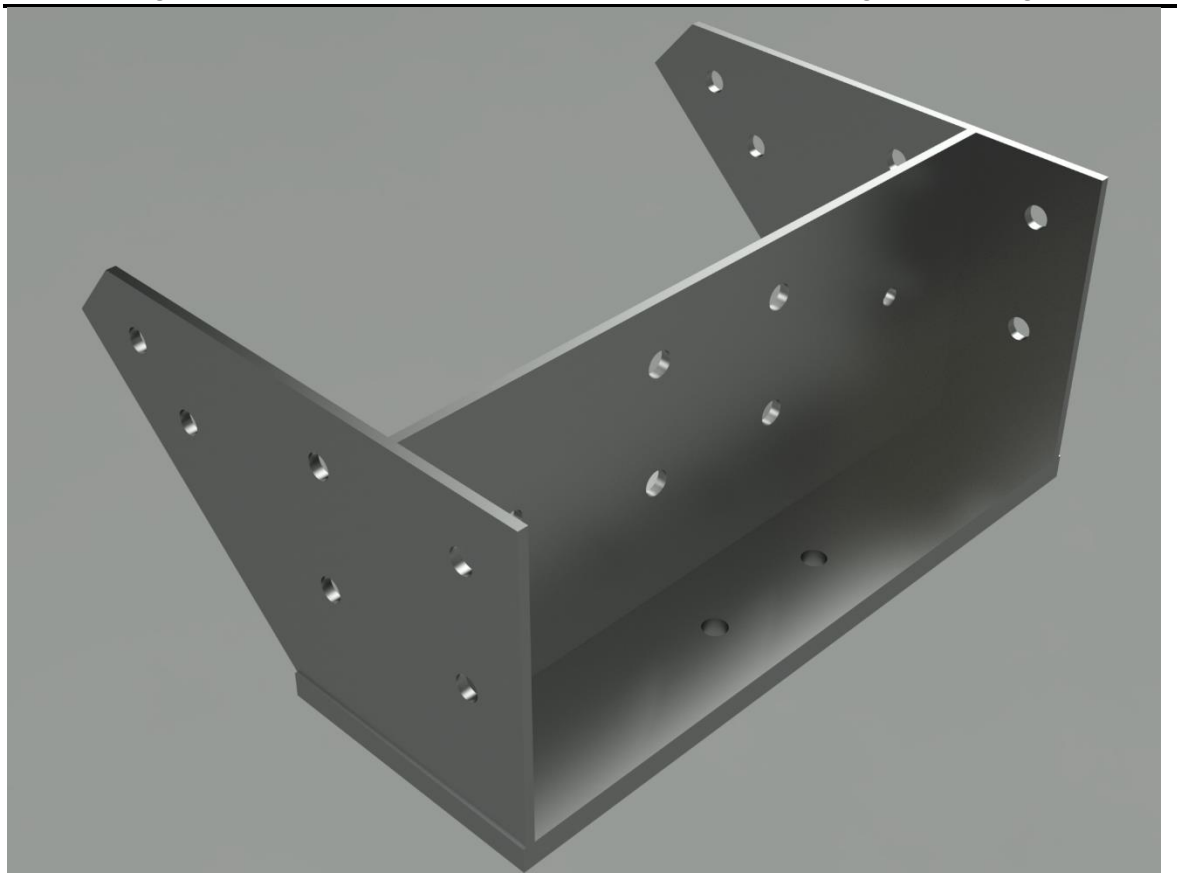


Imagen 46 – Placa base alternativa. Utilizada en los porticos que forman parte del Sistema de Arriostramiento.

8. COMPARATIVA

8.1 Metodología.

En el proceso de toma de decisiones en ingeniería, es común encontrarse con situaciones en las que se deben evaluar y seleccionar entre varias alternativas, cada una con sus propias ventajas y desventajas en relación con múltiples criterios. Esta etapa crítica del proceso requiere de herramientas y métodos que permitan una comparación sistemática y objetiva entre las opciones disponibles.

En este contexto, es fundamental seleccionar un método que no solo permita considerar la interrelación entre los diferentes criterios, sino también reflejar adecuadamente las preferencias y prioridades del tomador de decisiones. Por lo tanto, se ha optado por utilizar un método de suma ponderada de todos los atributos o criterios considerados del proyecto en los cuales los coeficientes de ponderación de cada atributo se definen a partir de la resolución un sistema lineal de ecuaciones.

Como parte intermedia del proceso se fracciona la lista de criterios en base a semejanza o cualidades a fines y se forman nuevas listas de criterios llamadas conjuntos. La ponderación global que está en función de las preferencias del decisor y por ende son arbitrarias, serán aplicadas a los conjuntos y luego se calcularan los coeficientes de ponderación individuales de cada criterio teniendo en cuenta la importancia relativa que existe entre criterios que pertenecen a un mismo conjunto.

A continuación, se explica el proceso necesario para obtener las evaluaciones de cada alternativa y los coeficientes de ponderación para cada criterio.

$$C1 * EC1 + C2 * EC2 \ + C3 * EC3 + \cdots + Ci * ECi \ = EP = Evaluacion\ ponderada$$

$$C1, C2, C3, Ci = Coeficientes\ de\ ponderacion\ por\ criterios.$$

$$EC1, EC2, EC3, ECi = Evaluacion\ de\ la\ alternativa\ para\ cada\ criterio.$$

Los coeficientes de ponderación van a ser las variables por calcular del sistema y las evaluaciones de las alternativas, así como los ponderadores globales son variables de entrada definidas por el decisor.

Paso 1- Definición de criterios.

Criterio 1
Criterio 2
Criterio 3
…..
Criterio i

Paso 2 – Evaluar las alternativas del proyecto para cada criterio.

Esto se logra al definir una escala de evaluación de tal forma que las variables a comparar sean de dimensiones comparables a través de sus puntajes. Si se trata de variables cualitativas la evaluación sea hace de forma directa utilizando la escala ya definida y en el caso de tratar con variables de tipo cuantitativo luego de evaluar las alternativas estos valores deben ser normalizados para mantener la uniformidad con el resto de las evaluaciones.

Escala de puntuaciones									
Menor Valoracion									**Mayor Valoracion**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

Para evaluar y luego normalizar el puntaje de una variable cuantitativa se aplicará el método de puntos de referencia relativos, el cual se centra en comparar valores en relación con el mejor y el peor rendimiento dentro de un conjunto de alternativas. Este método es menos sensible a valores extremos y por eso fue seleccionado para este tipo de comparativas.

Formula General	
Criterio positivo (mayor es mejor)	**Criterio negativo (menor es mejor)**
$\boldsymbol{Puntuacion\ relativa = \frac{Vi}{Vmejor}}$	$\boldsymbol{Puntuacion\ relativa = \frac{Vmejor}{Vi}}$

Paso 3 – Definición de Conjuntos en base a la semejanza entre criterios.

Criterio 1	**Conjunto 1**
Criterio 2	
Criterio 3	**Conjunto 2**
.....	
Criterio i	**Conjunto j**

Paso 4 – Definir la importancia relativa entre criterios de un mismo conjunto.

Esto se logra a través de relacionar los criterios por un coeficiente algebraico.

Conjunto 1 (Criterios 1,Criterio 2)	**C1 = α11*C2 ; α11 = C1/C2**
.....	**.....**
Conjunto j (Criterio i)	**Ci = αj1 *Ci ; αj1 = 1**

Paso 5 – Establecer los ponderadores globales.

Queda a criterio del decisor que peso relativo asignar a cada conjunto de criterios en base a sus objetivos y preferencias.

Paso 5 – Plantear el sistema de ecuaciones lineales en función a la relación entre criterios y conjuntos.

$$[A] * (C) = (p)$$

$$(C) = [A]^{-1} * (p)$$

$$[A] = Matriz\ de\ coeficientes\ del\ sistema\ lineal.$$

$$(C) = Vector\ de\ incognitas\ que\ contiene\ los\ coeficinetes\ de\ ponderacion.$$

$$(p) = Vector\ de\ terminos\ independientes.$$

Paso 6 – Ensamblar una matriz [M] que contenga las Evaluaciones de las alternativas para cada criterio.

[M]	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	...	Criterio i
Alternativa 1	E_{1C1}	E_{1C2}	E_{1C3}	...	E_{1CI}
Alternativa 2	E_{2C1}	E_{2C2}	E_{2C2}	...	E_{2CI}
Alternativa n	E_{3C1}	E_{3C2}	E_{3C3}	...	E_{3CI}

Paso 7 Realizar el producto matricial [M]*(C) para obtener los puntajes finales para todas las alternativas.

8.2 Definición de criterios y evaluación de alternativas.

Evaluar un proyecto de construcción requiere un análisis meticuloso para asegurar que se tomen decisiones bien fundamentadas. La selección de criterios bien definidos optimiza los resultados del proyecto, asegurando que se cumplan los objetivos técnicos, económicos y ambientales de manera efectiva.

1. Flexibilidad y adaptabilidad de producción.

Este criterio evalúa la capacidad del sistema para ajustarse a demandas específicas en tiempo real, así como los costos y riesgos asociados con el manejo de inventarios. El acero conformado en frío destaca por su capacidad de producción bajo demanda utilizando maquinas por control numérico, eliminando la necesidad de mantener grandes inventarios preproducidos. Por el contrario, las estructuras laminadas con perfiles W y los reticulados con barra redonda requieren una producción anticipada y almacenamiento de componentes, lo que implica una inversión significativa en inventario y mano de obra, lo que puede resultar en costos no recuperables si la demanda no se materializa.

Importancia:

- *Reducción de Costos de Inventario: Al producir componentes según la demanda, se minimizan los costos de almacenamiento y se reduce el riesgo de obsolescencia.*
- *Menor Riesgo Financiero: La eliminación de la necesidad de grandes inversiones iniciales en inventarios disminuye significativamente el riesgo financiero.*
- *Capacidad de Personalización: La producción bajo demanda permite ajustes en los diseños según las especificaciones del cliente, mejorando la competitividad y la satisfacción del cliente.*

Indicador	**Tipo de variable**
No	**Cualitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 1.

Alternativa 1	**6**
Alternativa 2	**5**
Alternativa 3	**9**

2. Tiempo de respuesta al cliente.

El tiempo de respuesta al cliente se refiere al periodo desde que se recibe un pedido hasta que se entrega el producto final. Este criterio mide la eficiencia del proceso de fabricación y entrega.

Importancia:

- *Competitividad en el Mercado: Un tiempo de respuesta más corto ofrece una ventaja competitiva, ya que los clientes prefieren proveedores que pueden cumplir sus pedidos rápidamente.*

- *Satisfacción del Cliente: La rapidez en la entrega mejora la satisfacción del cliente y fomenta la lealtad a largo plazo.*
- *Eficiencia Operativa: Procesos de producción ágiles y eficientes reducen los costos operativos y mejoran la rentabilidad general*

Indicador	**Tipo de variable**
No	**Cualitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 2.

Alternativa 1	**7**
Alternativa 2	**6**
Alternativa 3	**8**

3. Costo total por metro cuadrado.

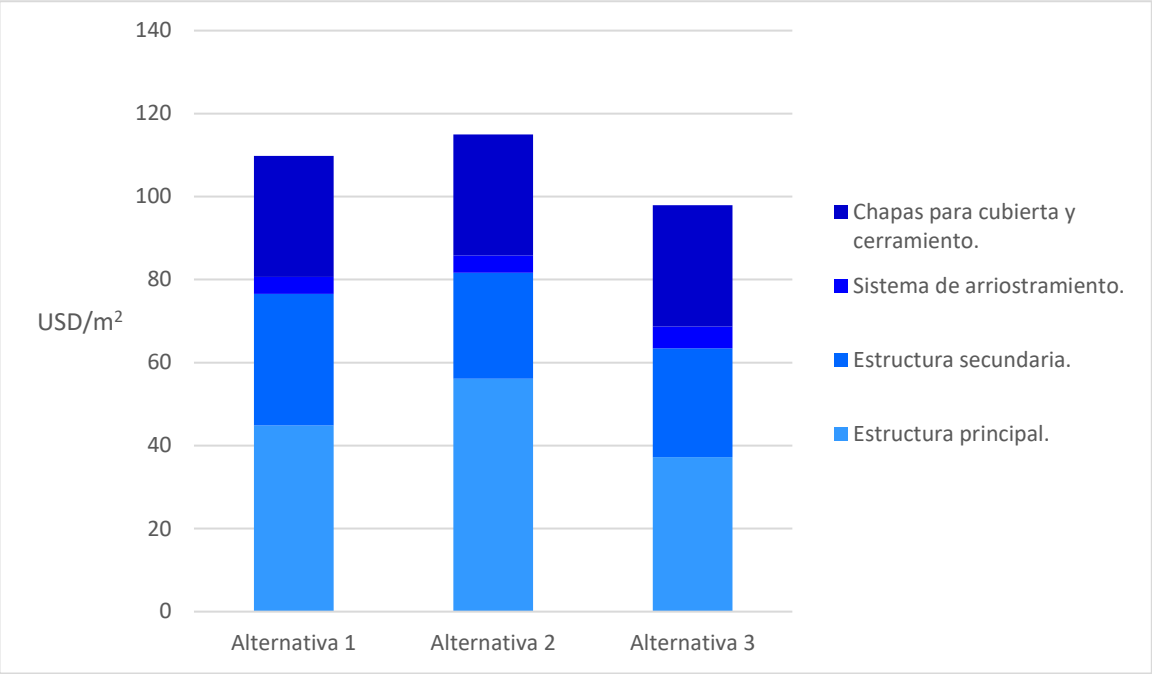
Este criterio económico considera el costo total de construcción por metro cuadrado, incluyendo materiales, mano de obra, producción, fabricación y cualquier otro costo asociado.

Importancia:

- *Evaluación de Costos: Proporciona una medida clara y directa de los costos involucrados en cada alternativa, facilitando la comparación económica.*
- *Rentabilidad: Un menor costo total por metro cuadrado puede traducirse en una mayor rentabilidad para los proyectos, haciéndolos más atractivos para los inversionistas y desarrolladores.*

Indicador	**Tipo de variable**
USD/m²	**Cuantitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 3.



	USD/m²	Mejor valor de la serie	Puntuacion
Alternativa 1	**109,83**	**97,91**	**0,89**
Alternativa 2	**115,00**	**97,91**	**0,85**
Alternativa 3	**97,91**	**97,91**	**1,00**

La puntuación se encuentra normalizada pero no está conforme a el resto de las puntuaciones, para lograr una uniformidad entre todas las puntuaciones se multiplicarán por 10 a todas las puntuaciones normalizadas.

Alternativa 1	**8.9**
Alternativa 2	**8.5**
Alternativa 3	**10**

4. Durabilidad y necesidad de mantenimiento.

La durabilidad se refiere a la capacidad de una estructura para resistir el desgaste y la degradación a lo largo del tiempo. Este criterio también considera la necesidad de mantenimiento regular. El acero conformado en frío generalmente viene pregalvanizado, ofreciendo una alta resistencia a la corrosión y eliminando imperfecciones en el acabado. En contraste, las estructuras laminadas y los reticulados con barra redonda a menudo requieren pintado y otros tratamientos que no siempre son confiables y pueden necesitar mantenimiento frecuente.

Importancia:

- *Longevidad de la Estructura: Materiales duraderos reducen la necesidad de reparaciones y reemplazos, extendiendo la vida útil de la estructura.*
- *Reducción de Costos de Mantenimiento: Menos necesidad de mantenimiento resulta en menores costos operativos a lo largo del tiempo.*
- *Confiabilidad: Una alta durabilidad asegura que la estructura mantenga su integridad y funcionalidad bajo diversas condiciones ambientales.*

Indicador	**Tipo de variable**
No	**Cualitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 4.

Alternativa 1	**7**
Alternativa 2	**5**
Alternativa 3	**9**

5. Calidad de la estructura.

Este criterio evalúa la calidad de los componentes y de la estructura final. El acero conformado en frío proporciona alta uniformidad y precisión debido a su método de producción y el uso de uniones abulonadas, que permiten un control de calidad estricto.

En cambio, las soluciones de perfil W y reticuladas requieren soldadura, un proceso que puede variar en calidad y que a menudo no tiene un control de calidad tan riguroso.

Importancia:

- *Uniformidad y Precisión: La producción controlada del acero conformado en frío asegura componentes uniformes y precisos, mejorando la calidad global de la estructura.*
- *Control de Calidad: Las uniones abulonadas permiten un control de calidad más estricto comparado con las soldaduras, que pueden presentar variabilidad y defectos.*
- *Seguridad y Confiabilidad: Alta calidad en los componentes y en la estructura final aumenta la seguridad y la confianza en el rendimiento estructural.*

Indicador	**Tipo de variable**
No	**Cualitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 5.

Alternativa 1	**8**
Alternativa 2	**6**
Alternativa 3	**10**

6. Constructibilidad de los sistemas.

La constructibilidad se refiere a la facilidad y eficiencia con que una estructura puede ser construida. Aunque el montaje de las tres alternativas implica la conexión de componentes con bulones en obra, la verdadera diferencia se ve durante el proceso de fabricación. El acero conformado en frío requiere únicamente bulones para formar sus elementos estructurales, ya que el sistema utiliza dos secciones C espalda con espalda como sección de sus vigas y columnas, abulonadas cada 50 cm para crear un elemento solidario. En cambio, las alternativas de perfil W y reticuladas requieren soldar placas de

acero o barras redondas, un proceso más complejo que debe ser realizado por profesionales especializados.

Importancia:

- *Facilidad de Fabricación: La simplicidad del proceso de fabricación del acero conformado en frío reduce el tiempo y los costos de producción.*
- *Requerimientos de Mano de Obra: La necesidad de mano de obra no especializada para ensamblar componentes con bulones disminuye los costos y la dependencia de profesionales altamente especializados.*

Indicador	**Tipo de variable**
No	**Cualitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 6.

Alternativa 1	**7**
Alternativa 2	**6**
Alternativa 3	**9**

7. Cantidad de tareas a realizar in situ.

Este criterio evalúa la cantidad de trabajo y las actividades que deben realizarse en el sitio de construcción. Incluye la cantidad de elementos a conectar y el tipo de conexiones necesarias.

Importancia:

- *Eficiencia de Montaje: Menor cantidad de tareas in situ y conexiones más simples reducen el tiempo y los costos de montaje.*
- *Rapidez en la Construcción: Un montaje más sencillo y rápido permite cumplir con los plazos del proyecto de manera más efectiva.*

Indicador	**Tipo de variable**
Cantidad de elementos	**Cuantitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 7.

La cantidad de tareas y conexiones a realizar in situ serán proporcionales a la cantidad de elementos principales. Se evaluará este criterio bajo esa hipótesis.

	Cantidad de elementos	**Mejor valor de la serie**	**Puntuacion**
Alternativa 1	**40**	**40**	**1**
Alternativa 2	**60**	**40**	**0,67**
Alternativa 3	**135**	**40**	**0,30**

La puntuación se encuentra normalizada pero no está conforme a el resto de las puntuaciones, para lograr una uniformidad entre todas las puntuaciones se multiplicarán por 10 a todas las puntuaciones normalizadas.

Alternativa 1	**10**
Alternativa 2	**6.7**
Alternativa 3	**3**

8. Utilización del espacio.

Este criterio se enfoca en cómo se utiliza el espacio dentro de la estructura, incluyendo la eficiencia del diseño en términos de uso del área disponible. Considera aspectos como la altura libre y como esta puede limitar el uso o el ingreso de maquinaria especifica dentro del edificio.

Importancia:

- *Eficiencia Operativa: Un diseño eficiente maximiza el uso del espacio disponible, mejorando la operatividad de las actividades industriales.*

- *Optimización del Espacio: La disposición adecuada de columnas y otros elementos estructurales puede minimizar el espacio desperdiciado y maximizar el área utilizable.*

Indicador	**Tipo de variable**
No	**Cualitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 8.

Alternativa 1	**9**
Alternativa 2	**9**
Alternativa 3	**6**

9. Sostenibilidad y eficiencia energética

Este criterio evalúa el impacto ambiental de las alternativas en términos de sostenibilidad, considerando tanto la cantidad de material utilizado como la energía requerida para la fabricación y montaje de los sistemas estructurales. Se enfoca en dos aspectos principales: la huella de carbono asociada a la producción de acero y el consumo energético durante el proceso de fabricación.

Importancia:

La sostenibilidad en la construcción es un factor crítico en la actualidad, dado el creciente enfoque en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y minimizar el uso de recursos naturales. Un enfoque sostenible no solo reduce el impacto ambiental, sino que también puede ser un factor diferenciador en la competitividad a largo plazo, cumpliendo con normativas ambientales y respondiendo a la demanda del mercado por soluciones ecológicas.

Aspectos considerados:

A. Cantidad de material utilizado:

- *Impacto en Emisiones de CO2: La cantidad de acero utilizado en una estructura impacta directamente en las emisiones de carbono generadas durante su producción. Menores cantidades de material significan una menor huella de carbono.*
- *Optimización del Uso del Material: Las alternativas que emplean menor cantidad de acero, sin comprometer la resistencia y durabilidad, son más sostenibles y eficientes.*

B. Energía en el proceso de fabricación:

- *Método de Producción: La eficiencia energética del proceso de fabricación es clave. Por ejemplo, el conformado en frío implica doblar y conformar láminas de acero utilizando un proceso mecánico que generalmente consume menos energía en comparación con la soldadura intensiva. La maquinaria involucrada en este proceso es típicamente más eficiente, utilizando principalmente motores eléctricos que son menos intensivos en energía y generan menos emisiones de CO2.*

Este criterio permite evaluar qué alternativa ofrece la mayor eficiencia en términos de sostenibilidad, teniendo en cuenta no solo el impacto inicial en la fabricación, sino también el ciclo de vida completo del sistema estructural. Priorizar alternativas que minimicen el uso de recursos, reduzcan el consumo energético y maximicen la reciclabilidad contribuye a una construcción más responsable y alineada con los objetivos globales de sostenibilidad.

Indicador	**Tipo de variable**
No	**Cualitativa**

Evaluación de las alternativas Criterio 9.

Alternativa 1	**7**
Alternativa 2	**8**
Alternativa 3	**10**

8.3 Comparación multicriterio.

Definición de conjuntos y prioridades (Ponderadores globales).

Criterios	Coeficiente de ponderacion por criterio	Conjuntos	Coeficiente de ponderacion global.
Flexibilidad y adaptabilidad de produccion.	**C1**	**Aspectos Economicos.**	**K1**
Tiempo de respuesta al cliente.	**C2**		
Costo total por metro cuadrado.	**C3**		
Durabilidad y necesidad de mantenimiento.	**C4**	**Aspectos Tecnicos.**	**K2**
Calidad de la estructura.	**C5**		
Constructibilidad de los sistemas.	**C6**		
Cantidad de tareas a realizar in situ.	**C7**	**Aspectos Funcionales.**	**K3**
Utilizacion del espacio.	**C8**		
Sostenibilidad y eficiencia energetica.	**C9**	**Aspectos Ambientales y Energeticos.**	**K4**

Para realizar simulaciones con diferentes enfoques en la evaluación multicriterio, se pueden ajustar las ponderaciones globales (K1, K2, K3 y K4) de acuerdo con las prioridades específicas del decisor. A continuación, se presentan cuatro enfoques distintos: priorizando aspectos económicos y técnicos, técnicos y funcionales, impacto ambiental, y una combinación de enfoque balanceado.

(1) <u>Enfoque Balanceado:</u> Esta ponderación trata de buscar el equilibrio entre los 4 aspectos principales, sin maximizar ninguno de ellos en detrimento de los otros.

K1	K2	K3	K4
35%	30%	20%	15%

(2) <u>Enfoque en Calidad y Uso del Espacio:</u> Esta ponderación favorece la calidad técnica y la funcionalidad, reflejando la perspectiva de un ingeniero o diseñador preocupado por la durabilidad, la seguridad, y la eficiencia del espacio.

K1	K2	K3	K4
15%	40%	30%	15%

(3) <u>Enfoque en Costos y Calidad Técnica:</u> Esta ponderación equilibra la importancia de los costos y la calidad técnica, reflejando una perspectiva que busca una solución que sea tanto económicamente viable como técnicamente robusta.

K1	K2	K3	K4
40%	40%	10%	10%

(4) <u>Enfoque en Sostenibilidad:</u> Esta ponderación maximiza la importancia del impacto ambiental, reflejando una perspectiva que prioriza la sostenibilidad y la reducción de la huella ecológica.

K1	K2	K3	K4
15%	15%	15%	55%

Planteo del sistema ecuaciones.

$$C1 = C2; Ecuacion\ de\ importancia\ relativa\ entre\ criterios.$$

$$C1 = 0.4 * C3; Ecuacion\ de\ importancia\ relativa\ entre\ criterios.$$

$$C1 + C2 + C3 = K1; Ecuacion\ de\ conjunto.$$

$$C4 = C5; Ecuacion\ de\ importancia\ entre\ criterios$$

$$C4 = 0.5 * C6; Ecuacion\ de\ importancia\ entre\ criterios.$$

$$C4 + C5 + C6 = K2; Ecuacion\ de\ conjunto.$$

$$C7 = 0.7 * C8; Ecuacion\ de\ importancia\ entre\ criterios.$$

$$C7 + C8 = K3; Ecuacion\ de\ conjunto.$$

$$C9 = K4; Ecuacion\ de\ conjunto.$$

La matriz [A] de coeficientes toma la siguiente forma.

1,00	**-1,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
1,00	**0,00**	**-0,40**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
1,00	**1,00**	**1,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
0,00	**0,00**	**0,00**	**1,00**	**-1,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
0,00	**0,00**	**0,00**	**1,00**	**0,00**	**-0,50**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
0,00	**0,00**	**0,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
0,00	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**1,00**	**-0,70**	**0,00**
0,00	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**1,00**	**1,00**	**0,00**
0,00	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**1,00**

El vector (p) de términos independientes toma la siguiente forma.

(1) Enfoque Balanceado	(2) Enfoque Tecnico - Funcional	(3) Enfoque Economico - Tecnico	(4) Enfoque Ambiental
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,35	0,15	0,40	0,15
0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0,40	0,40	0,15
0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0,30	0,10	0,15
0,15	0,15	0,10	0,55

Operando matricialmente obtenemos el vector (C) de incógnitas, que representa los coeficientes de ponderación de cada criterio propuesto.

Enfoque (1)		Enfoque (2)		Enfoque (3)		Enfoque (4)	
0,08	7.78%	0,03	3.33%	0,09	8.89%	0,03	3.33%
0,08	7.78%	0,03	3.33%	0,09	8.89%	0,03	3.33%
0,19	19.44%	0,08	8.33%	0,22	22.22%	0,08	8.33%
0,08	7.50%	0,10	10.00%	0,10	10.00%	0,04	3.75%
0,08	7.50%	0,10	10.00%	0,10	10.00%	0,04	3.75%
0,15	15.00%	0,20	20.00%	0,20	20.00%	0,08	7.50%
0,08	8.24%	0,12	12.35%	0,04	4.12%	0,06	6.18%
0,12	11.76%	0,18	17.65%	0,06	5.88%	0,09	8.82%
0,15	15.00%	0,15	15.00%	0,10	10.00%	0,55	55.00%

Ensamblando la matriz [M] a partir de las evaluaciones individuales de las alternativas para cada criterio propuesto.

[M]	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Alt 1	6,00	7,00	8,90	7,00	8,00	7,00	10,00	9,00	7,00
Alt 2	5,00	6,00	8,50	5,00	6,00	6,00	6,70	9,00	8,00
Alt 3	9,00	8,00	10,00	9,00	10,00	9,00	3,00	6,00	10,00

Finalmente se realiza el producto matricial [M](C) obteniendo el vector de resultados ponderados (EP) para cada enfoque propuesto.*

[EP]	Enfoque Balanceado	Enfoque Tecnico - Funcional	Enfoque Economico - Tecnico	Enfoque Ambiental
Alternativa 1	7,85	7,95	7,67	7,52
Alternativa 2	7,04	6,99	6,77	7,55
Alternativa 3	8,49	8,03	8,91	9,00

8.4 Conclusiones respecto a la comparativa.

Cabe destacar que la alternativa de perfiles conformados fue superadora bajo los 4 enfoques propuestos en la comparativa, sin embargo, este tipo de análisis es muy sensible a las preferencias del decisor por ende no se puede asegurar que sea siempre la mejor alternativa.

Finalmente, solo resta mencionar que la alternativa 3 tuvo un mejor desempeño que las demás debido a las numerosas ventajas que fueron mencionadas a lo largo de este trabajo, de las cuales se destacan, la eficiencia estructural de las secciones utilizadas, un diseño estructural optimizado, protección a la corrosión ya incluida en la superficie del material, alto grado de automatización en los procesos de fabricación y la reducción de tareas de alta complejidad.

9. CONCLUSIONES

9.1 Respecto al trabajo realizado.

Se inicio este trabajo con la hipótesis de que los perfiles conformados en frio tenían más para ofrecer que ser solamente utilizados como elementos secundarios para soportar cubiertas o entrepisos livianos, para probar dicha hipótesis se seleccionó una aplicación en la cual sería apropiado plantear una estructura que nos permita realizar una evaluación objetiva y extraer conclusiones de ello. Teniendo en cuenta que el sector agroindustrial es uno de los sectores más competitivos de la economía argentina, se propuso diseñar un edificio para uso agroindustrial y desarrollar las alternativas más utilizadas en el mercado y compararlas con una que consista en su totalidad de acero conformado en frio. No solo que la hipótesis inicial fue validada satisfactoriamente, sino que fue superada ya que en la mayoría de las etapas del análisis realizado la estructura propuesta se impuso por sobre las alternativas de mercado.

Se alcanzó una reducción en el costo de lo que respecta a la estructura metálica de un 12% si la comparamos con la alternativa más competitiva siendo esta la de sección de alma llena y si la comparamos con la de estructura reticulada la reducción en costos asciende a un 15%. Esto viene asociado a una reducción en peso de la estructura, a prácticas de montaje menos laboriosas y no dependientes de grandes equipos para movilizar los elementos.

	Alternativa 1	**Alternativa 2**	**Alternativa 3**
Cantidad de acero / unidad de superficie (kg/m^2)	**26,54**	**26,91**	**24,51**
Porcentaje relativo.	**98,6%**	**100%**	**91,1%**
Costo / unidad de superficie (USD/m^2)	**109,83**	**115,00**	**97,91**
Porcentaje relativo.	**95,5%**	**100%**	**84,9%**

Debido a el uso de técnicas modernas y de alto grado de automatización presente en el proceso de fabricación de las piezas fue posible reducir el número de tareas a

realizar por los operarios y se redujo el grado de complejidad de las tareas, siendo estas reducidas solamente a la colocación de bulones.

Para solucionar los nudos de la estructura se recurrió a la triangulación lo cual resuelve muy bien el encuentro desde un punto de vista estructural y de montaje, pero en prejuicio la altura útil del edificio, comprometiendo así el tipo de actividades a realizar en su interior y considerando que este edificio es para uso agroindustrial puede no ser apropiado para todos los casos ya que si existe la posibilidad de que determinadas máquinas circulen en el interior del edificio la altura de las misma será determinante.

Finalmente, en favor de prácticas más responsables y de un uso más racional de los recursos naturales, cabe destacar que el empleo de perfiles conformados en frío representa una alternativa eficiente tanto en términos estructurales como ambientales. La alternativa propuesta permite una reducción significativa en la cantidad de acero requerido, optimizando el uso del material sin comprometer la resistencia o la estabilidad de las estructuras. Esta disminución en el consumo de acero no solo se traduce en menores costos de construcción, sino que también reduce las emisiones de CO2 y el impacto ambiental asociado a la producción del acero, que es un proceso altamente intensivo en energía y recursos.

9.2 Respecto a distintas aplicaciones de los PFC.

Las secciones conformadas en frio se comportan mejor y de manera más eficiente cuando se las utiliza en elementos estructurales sometidos a flexión pura y esfuerzo flexo-axil de bajo a moderado. Esto abre el abanico para una multiplicidad de aplicaciones en estructuras civiles y también marca una limitación respecto a las luces y las cargas que pueden soportar. Pero la pregunta no es si pueden o no ser utilizados, los perfiles conformados deben ser utilizados siempre que la situación lo permita ya que están justificados técnica, económica y ambientalmente generan mucho menos contaminación que sus contrapartes laminadas.

Particularmente se comportaron muy bien en la estructura propuesta en este trabajo debido a que la acción dominante o de mayor importancia que experimenta la estructura es debido a la presión del viento, aplicada perpendicularmente a las superficies del edificio, induciendo mayormente un estado de flexión en los elementos de la estructura principal.

Un tema no explorado en este trabajo, pero no por eso sin importancia es la flexibilidad que ofrecen los perfiles conformados respecto al diseño de las secciones personalizadas, la posibilidad de rigidizar el alma o las alas de forma muy sencilla siempre y cuando la cantidad de piezas sea lo suficientemente grande para justificar modificar la línea de producción en fabrica.

Estas secciones conformadas personalizadas deben tener en consideración que los elementos que la componen se mantengan dentro de los límites de esbeltez correspondientes para su máxima eficiencia, de esta forma el pandeo local y distorsional no gobernarán el diseño de la pieza. Sin embargo, si dichos limites son superados hoy en día se posee una variedad de herramientas computacionales y técnicas numéricas que logran predecir adecuadamente el comportamiento no lineal de los elementos.

9.3 Respecto a su la relevancia desde un punto de vista económico.

En la economía actual, las empresas buscan constantemente maneras de mantenerse competitivas. En un mercado donde el tiempo de respuesta puede ser crucial para obtener un contrato o perderlo, minimizar la inversión inicial en infraestructura se convierte en una estrategia clave para reducir sustancialmente el costo de oportunidad. En este contexto, el uso de perfiles de acero conformados en frío resulta especialmente beneficioso.

Los perfiles de acero conformados en frío ofrecen la ventaja de no requerir la fabricación previa de piezas para una demanda potencial que podría no materializarse, lo que disminuye significativamente el riesgo de que una inversión específica se vuelva

obsoleta. Además, estos perfiles pueden ser diseñados y almacenados digitalmente en archivos de control numérico, lo que permite una fabricación rápida y eficiente cuando se manifiesta la demanda. Esta capacidad de respuesta rápida no solo reduce costos, sino que también mejora la competitividad de las empresas al permitirles adaptarse rápidamente a las necesidades del mercado.

Si observamos la tabla en la que se comparan pesos y costos de las distintas alternativas, cabe mencionar que la alternativa 3 consigue reducir la cantidad de acero en un 8,9% y los costos totales asociados en un 15,1%. El hecho de que el ahorro en costos sea mayor que el de la cantidad de material puede ser explicado debido a que los distintos tipos de acero tienen diferentes niveles de productividad al momento fabricar las piezas.

Una máquina conformadora es capaz de producir hasta 800 toneladas de acero al mes, lo que equivale a 50.000 m^2 de construcción de galpones. Para su operación, se requiere un equipo de tan solo 10 operarios.

En contraste, si una empresa dedicada a la fabricación de edificios industriales intentara igualar esos niveles de productividad utilizando perfiles laminados en caliente, enfrentaría una situación considerablemente menos favorable, como se detallará a continuación.

Tipo de acero	**Cantidad de acero utilizado (Tn)**	**Horas hombre / Tonelada de acero**	**Horas hombre requeridas.**
Laminado	**750**	**35**	**26.250**
Conformado	**250**	**8**	**2.000**
		Horas hombre totales.	**28.250**
A una tasa de 180 hh/mes por cada operario se obtiene que son necesarios 156 operarios para producir 50.000 m^2.			

Finalmente podemos decir que la única forma que el ser humano encontró de ser más productivo es a través del progreso tecnológico, porque la eficiencia de cualquier proceso productivo está determinada por la tecnología empleada.

10. MATERIAL CONSULTADO

10.1 Bibliografías

"Design of Structures using Cold Formed Steel Sections", SCI Publication PO89.

"Cold Formed Steel Design", Wei Wen Yu - Roger A. LaBoube.

"Fundamentals of Structural Engineering", Jerome J. Connor – Susan Faraji.

"Best Practice in Steel Construction – Industrial Buildings", SCI Publication EP37.

"Specification for Structural Steel Buildings", ANSI/AISC 360-16.

"Specification for Structural Steel Buildings", ANSI/AISC 360-22.

"Estructuras Metálicas – Proyecto por Estados Limites", Ing. Gabriel Troglia.

10.2 Reglamentos

"Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras – CIRSOC 101", CIRSOC 2005.

"Comentarios al Reglamento CIRSOC 101", CIRSOC 2005.

"Reglamento Argentino de acción del Viento sobre las Construcciones – CIRSOC 102", CIRSOC 2005.

"Comentarios al Reglamento CIRSOC 102", CIRSOC 2005.

"Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios – CIRSOC 301", CIRSOC 2005.

"Comentarios al Reglamento CIRSOC 301", CIRSOC 2005.

"Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Acero de Sección Abierta Conformados en Frio – CIRSOC 303", CIRSOC 2005.

"Comentarios al Reglamento CIRSOC 303", CIRSOC 2005.

"Reglamento Argentino de Estructuras Livianas para Edificios con Barras de Acero de Sección Circular – CIRSOC 308", CIRSOC 2005.

"Comentarios al Reglamento CIRSOC 308", CIRSOC 2005.

10.3 Enlaces

Estadísticas energéticas mundiales | Enerdata

Our World in Data

Why Steel | American Institute of Steel Construction (aisc.org)

Single storey industrial buildings - SteelConstruction.info

Steel Deck Institute (sdi.org)

Wuxi Sunway Machinery Co., Ltd.

11. ANEXOS

11.1 Memoria de cálculo.

Acciones sobre la estructura.

En este apartado, se detallarán todas las acciones externas que puedan incidir sobre la estructura. Se determinarán las magnitudes de estas acciones, así como su área de aplicación. Además, se evaluará la posibilidad de simultaneidad entre distintas acciones. Estas acciones incluyen cargas de viento, cargas muertas y cargas vivas. La evaluación de la simultaneidad se llevará a cabo considerando escenarios específicos donde la combinación de estas acciones pueda tener un impacto relevante en la integridad estructural. Este enfoque garantiza una comprensión exhaustiva de las fuerzas externas que actúan sobre la estructura, proporcionando una base sólida para el análisis y diseño estructural.

Todas las cargas y combinaciones serán verificadas con los reglamentos CIRSOC correspondientes.

Carga permanente (D-CIRSOC 101).

La carga permanente consiste, en general, en el peso de todos los materiales de construcción incorporados en el edificio, incluyendo, pero no limitado a, paredes, pisos, cubiertas, cielorrasos, escaleras, elementos divisorios, terminaciones, revestimientos y otros elementos arquitectónicos y estructurales incorporados de manera similar, así como también el equipamiento de servicios con peso determinado, incluyendo el peso de las grúas.

Para la estructura evaluada en este trabajo la carga permanente consta solamente del peso de la cubierta más el peso de la estructura secundaria de la cubierta. El peso estructural de los elementos principales será considerado en el software de cálculo, pero ende no será analizado en este apartado.

Peso de la estructura	
Correas + Chapa	**0.1 kN/m²**

Actualizacion del reglamento CIRSOC 101.

Durante varios años se expuso la necesidad de modificar el capítulo 4 del reglamento CIRSOC 101, específicamente los temas referidos a sobrecargas mínimas para cubiertas.

El incremento de los valores para la carga de mantenimiento para cubiertas metálicas, resultante de la aplicación del Reglamento CIRSOC 101-2005, ha llevado a un sobredimensionado de chapas, correas, vigas secundarias y medios de fijación, situación que no fue aceptada por muchos usuarios que decidieron no aplicar este Reglamento y utilizar en la mayoría de los casos, los valores del Reglamento CIRSOC 101/82 concebido para ser utilizado con todos los Reglamentos que conformaron la primera generación de Reglamentos de Seguridad Estructural.

Fundamentos del nuevo artículo 4.8:

En la siguiente tabla se realiza una comparación entre la aplicación del reglamento CIRSOC 101/2005 Y CIRSOC 101/82 para elementos estructurales con área tributaria $\leq$19 m2.

Un área tributaria $\leq$19 m2 corresponde en la mayoría de las ocasiones a chapas, correas y muchas vigas secundarias de cubiertas metálicas.

Angulo	Pendiente (%)	R2	Lr CIRSOC 101/2005(a)	Lr CIRSOC 101/82(b)	Relación(a)/(b)
<3°	<5.24	1	0.96	0.30	3.20
3°	5.24	1	0.96	0.30	3.20
10°	17.63	1	0.96	0.30	3.20
15°	26.79	1	0.96	0.22	4.37
20°	36.39	0.981	0.94	0.15	6.27
25°	46.63	0.920	0.88	0.12	7.33
30°	57.73	0.854	0.82	0.12	6.83
35°	70.00	0.780	0.75	0.10	7.50
40°	83.90	0.697	0.67	0.10	6.70
45°	100.00	0.600	0.58	0.10	5.80

Tabla A1 – Sobrecarga para cubiertas livianas – CIRSOC 101/82 vs CIRSOC 101/2005.

En la siguiente tabla se realiza una comparación entre la aplicación del reglamento CIRSOC 101/2005 Y CIRSOC 101/82 para elementos estructurales con área tributaria ≥ 56 m2.

Un área tributaria ≥ 56 m2 corresponde en la mayoría de las ocasiones a estructuras de luces medianas y grandes tales como vigas principales y columnas de cubiertas metálicas.

Angulo	Pendiente (%)	R2	Lr CIRSOC 101/2005(a)	Lr CIRSOC 101/82(b)	Relación(a)/(b)
<3°	<5.24	1	0.58	0.30	1.93
3°	5.24	1	0.58	0.30	1.93
10°	17.63	1	0.58	0.30	1.93
15°	26.79	1	0.58	0.22	2.64
20°	36.39	0.981	0.58	0.15	3.87
25°	46.63	0.920	0.58	0.12	4.83
30°	57.73	0.854	0.58	0.12	4.83
35°	70.00	0.780	0.58	0.10	5.80
40°	83.90	0.697	0.58	0.10	5.80
45°	100.00	0.600	0.58	0.10	5.80

Tabla A2 – Sobrecarga para cubiertas livianas – CIRSOC 101/82 vs CIRSOC 101/2005.

De las Tablas presentadas anteriormente se observa con claridad que en el Reglamento CIRSOC 101/2005 se han planteado importantes incrementos en la sobrecarga de mantenimiento de cubiertas la cual en algunos casos resulta 7 veces superior que su contraparte, estos valores de sobrecargas incorporados en el Reglamento CIRSOC 101/2005 conducen a un importante incremento de costo en las cubiertas inclinadas y sobre todo en las estructuras metálicas livianas, situación que se ha decidido subsanar a partir de esta actualización 2022 del Reglamento CIRSOC 101.

Por lo anteriormente expuesto se ha decidido dividir el artículo 4.8.1. del Reglamento CIRSOC 101/2022 en dos ítems:

4.8.1.(a) para cubiertas pesadas (peso total de la cubierta > 0,5 kN/m2)

4.8.1.(b) para cubiertas livianas (peso total de la cubierta ≤0,5 kN/m2) con incrementos de sobrecarga razonables y avalados por la práctica.

A continuación, se desarrollará el articula 4.8.1.(b), debido a que será de suma importancia en el desarrollo de este trabajo.

La sobrecarga nominal de mantenimiento para cubiertas livianas será la especificada en la expresión

*Lr = 0,45*R1*R2 con 0,203 ≤ Lr ≤ 0,765 (4.8.b)*

Siendo Lr la sobrecarga de cubierta por m2 de proyección horizontal (kN/m2).

Los factores de reducción R1 (por área tributaria) y R2 (por pendiente) se determinarán de la siguiente manera:

R1 = 1 Para At< 20 m2

*R1 = 1,125 – 0,00625*At Para 20 m2 ≤ At ≤ 60 m2*

R1 = 0,75 Para At> 60 m2

Siendo At el área tributaria en metros cuadrados soportada por el elemento estructural analizado.

R2 = 1,70 Para 0 ≤ p < 3

R2 = 1,04 – 0,008 p Para 3 ≤ p ≤ 55

R2 = 0,60 Para p > 55

Siendo p la pendiente de la cara superior de la estructura de cubierta para cubiertas planas expresada en porcentaje.

Sobrecarga Cubiertas Livianas (kN/m²)						**Relación Reg.101/22 – Reg.101/82**	
Pendiente (%)	**Angulo**	**R2**	**At<20 m2 R1= 1**	**At>60 m2 R1= 0.75**	**CIRSOC 101/82**	**At<20 m2**	**At>60 m2**
<3	**<1.72**	**1.70**	**0.765**	**0.574**	**1.00**	**0.77**	**0.57**
3	**1.72**	**1.016**	**0.457**	**0.343**	**0.30**	**1.52**	**1.14**
4	**2.79**	**1.008**	**0.454**	**0.341**	**0.30**	**1.51**	**1.14**
5	**2.86**	**1.00**	**0.450**	**0.338**	**0.30**	**1.50**	**1.13**
10	**5.71**	**0.96**	**0.432**	**0.324**	**0.30**	**1.44**	**1.08**
15	**8.53**	**0.92**	**0.414**	**0.311**	**0.22**	**1.88**	**1.41**
20	**11.31**	**0.88**	**0.396**	**0.297**	**0.15**	**2.64**	**1.98**
25	**14.10**	**0.84**	**0.378**	**0.284**	**0.12**	**3.15**	**2.37**
30	**16.70**	**0.80**	**0.360**	**0.270**	**0.12**	**3.00**	**2.25**
35	**19.30**	**0.76**	**0.342**	**0.257**	**0.10**	**3.42**	**2.57**
40	**21.80**	**0.72**	**0.324**	**0.243**	**0.10**	**3.24**	**2.43**
45	**24.20**	**0.68**	**0.306**	**0.230**	**0.10**	**3.06**	**2.30**
55	**28,81**	**0.60**	**0.270**	**0.203**	**0.10**	**2.70**	**2.03**
>55	**>28,81**	**0.60**	**0.270**	**0.203**	**0.10**	**2.70**	**2.03**

Tabla A3 – Sobrecarga para cubiertas livianas – CIRSOC 101/82 vs CIRSOC 101/2022.

Finalmente se puede observar que el resultado de aplicar lo propuesto en el nuevo reglamento son sobrecargas de un orden aun mayor que en el reglamento CIRSOC 101/82 pero muy por debajo de lo que se proponía en el reglamento CIRSOC 101/2005.

Sobrecarga de diseño (L-CIRSOC 101).

*Lr = 0,45*R1*R2 con 0,203 ≤ Lr ≤ 0,765*

R1 = 0.75; At = 60 m²

R2 = 1,04 – 0,008 p; p = 10%

R2 = 0.96

Sobrecarga de diseño	
Lr	**0.325 kN/m2**

Viento (W-CIRSOC 102).

Teniendo en cuenta el alcance de este trabajo solamente se realizará el cálculo del sistema principal resistente a la fuerza del viento y no se verificará lo correspondiente a componentes y revestimientos debido a que escapa del alcance de lo que se está evaluando en este documento.

Las cargas de viento serán determinadas por medio del método analítico propuesto por el reglamento.

El procedimiento analítico provee las presiones y fuerzas del viento para el diseño de sistemas principales resistentes a la fuerza del viento y para el diseño de componentes y revestimientos de edificios y otras estructuras. El procedimiento incluye la determinación de la direccionalidad del viento y de una presión dinámica, la selección o determinación de un factor de efecto de ráfaga adecuado, y la selección de coeficientes de fuerza o presión apropiados. El procedimiento tiene en cuenta, para el nivel de confiabilidad estructural que se solicita, los efectos de diferenciar exposiciones al viento, los efectos de aceleración debidos a ciertas características topográficas tales como colinas y escarpas, y el tamaño y geometría del edificio u otra estructura en consideración. El procedimiento distingue entre edificios y otras estructuras rígidos y flexibles, y los resultados en general son envolventes de las condiciones de carga más

críticas para el diseño tanto de los sistemas principales resistentes a la fuerza de viento, como de los componentes y revestimientos.

Parámetros de calculo	
Procedimiento	**Analítico**
Tipo de construcción	**Cerrada**
Velocidad básica del viento	**55 m/s**
Categoría de exposición	**C**
Categoría de edificio	**I**
Factor de importancia	**I = 0.87**
Factor de direccionalidad	**Kd = 0.85**
Coeficiente de presión dinámica	**Kz = 0.87**
Factor topográfico	**Kzt = 1**
Factor de efecto ráfaga	**G = 0.85**
Coeficiente de presión interna	**GCpi = ±0.18**

Tabla A4 – Parametros de calculo de solicitacion a viento por procedimiento analitico .

Presiones sobre el SPRFV.

$$Presion\ dinamica = qz = 0.613 * Kz * Kzt * Kd * V^2 * I = 1193.00\ N/m^2$$

$$Presion\ de\ diseño = p = qz * (GCP - GCpi)$$

Determinación de los coeficientes de presión externa Cp:

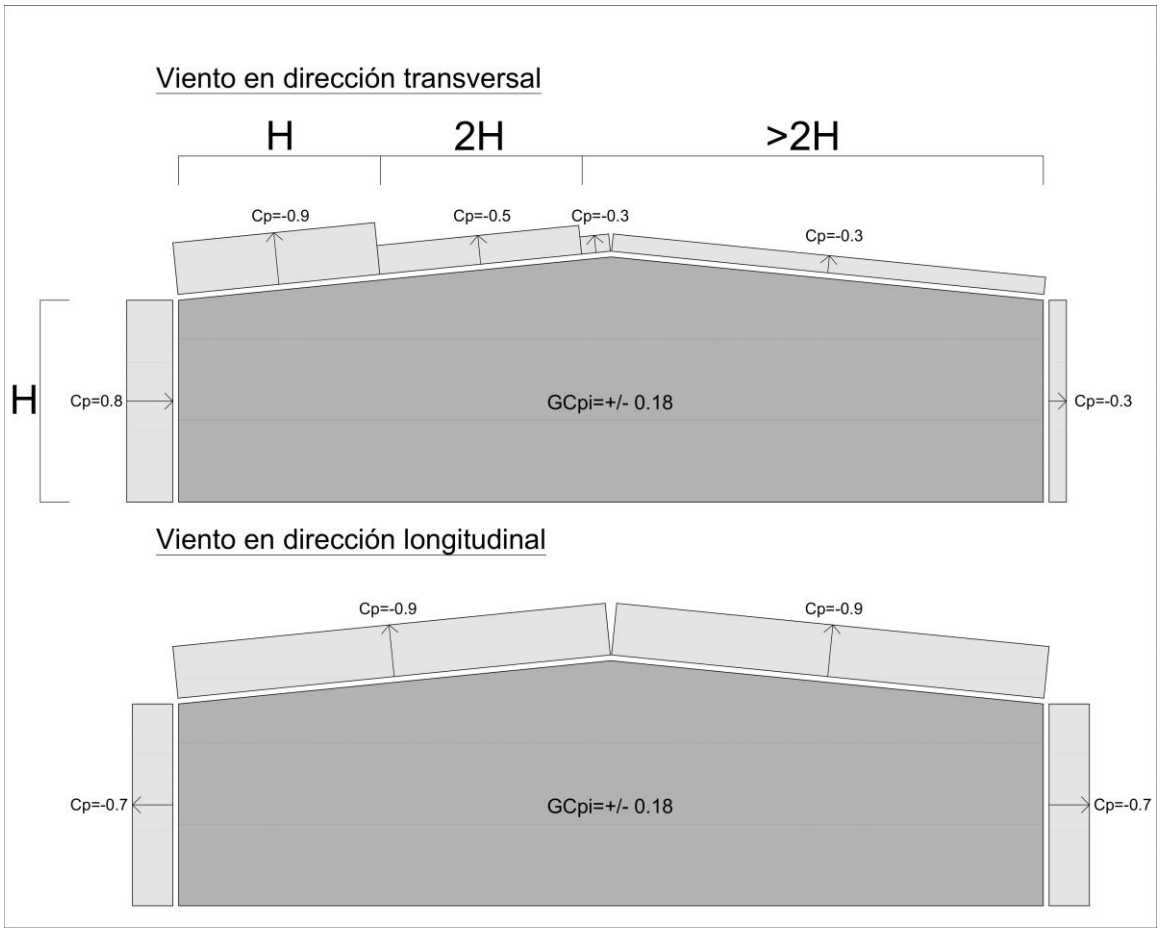


Imagen A1 – Coeficientes de presion externa e interna.

Viento en dirección Transversal al edificio				
	GCp	**GCpi**	**(GCp-GCpi)**	**p (N/m²)**
Pared a barlovento	**0.68**	**0.18**	**0.50**	
	0.68	**-0.18**	**0.86**	**1025.98**
Cubierta d<H	**-0.765**	**0.18**	**-0.945**	**-1127.38**
	-0.765	**-0.18**	**-0.585**	
Cubierta H< d <2H	**-0.425**	**0.18**	**-0.605**	**-721.76**
	-0.425	**-0.18**	**-0.245**	
Cubierta d>2H	**-0.255**	**0.18**	**-0.435**	**-518.96**
	-0.255	**-0.18**	**-0.075**	
Pared a sotavento	**-0.255**	**0.18**	**-0.435**	**-518.96**
	-0.255	**-0.18**	**-0.075**	

Tabla A5 – Presiones de viento debido a Wt.

Viento en dirección Longitudinal al edificio				
	GCp	**GCpi**	**(GCp-Gcpi)**	**p (N/m²)**
Paredes laterales	**-0.595**	**0.18**	**-0.775**	**-924.58**
	-0.595	**-0.18**	**-0.415**	
Cubierta	**-0.765**	**0.18**	**-0.945**	**-1127.38**
	-0.765	**-0.18**	**-0.585**	

Tabla A6 – Presiones de viento debido a Wl.

Presiones sobre Componentes y Revestimientos.

$$Presion\ dinamica = qh = 1193.00\ N/m^2$$

$$Presion\ de\ diseño = p = qh * (GCP - GCpi)$$

Determinación de los coeficientes de presión externa GCp para paredes:

Figura 5A – Edificio cerrado – h < 20m – Coeficientes de presion externa GCp				
C y R	**A (m^2)**	**Zonas 4 y 5**	**Zona 4**	**Zona 5**
Correa de pared	**14.40**	**0.80**	**-0.90**	**-1.00**

Tabla A7 – Coeficientes de presion externa GCp para paredes – C y R.

	GCp	GCpi	(GCp-GCpi)	p (N/m²)
Zonas 4 y 5	**0.80**	**0.18**	**0.98**	**1169.14**
	0.80	**-0.18**	**0.62**	
Zona 4	**-0.90**	**0.18**	**-0.72**	
	-0.90	**-0.18**	**-1.08**	**-1288.44**
Zona 5	**-1.00**	**0.18**	**-0.82**	
	-1.00	**-0.18**	**-1.18**	**-1407.74**

Tabla A8 – Presiones de viento sobre paredes – C y R.

Determinación de los coeficientes de presión externa GCp para cubierta:

Figura 5B – Edificio cerrado – h < 20m – Cubierta a dos aguas – Angulo de cubierta < 10° – Coeficientes de presion externa GCp					
C y R	**A (m²)**	**Zonas 1, 2 y 3**	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**
Correa de cubierta	**15.60**	**0.20**	**-0.90**	**-1.10**	**-1.10**

Tabla A9 – Coeficientes de presion externa GCp para cubierta – C y R.

	GCp	GCpi	(GCp-GCpi)	p (N/m²)
Zonas 1, 2 y 3	**0.20**	**0.18**	**0.38**	**453.34**
	0.20	**-0.18**	**0.02**	
Zona 1	**-0.90**	**0.18**	**-0.72**	
	-0.90	**-0.18**	**-1.08**	**-1288.44**
Zona 2	**-1.10**	**0.18**	**-0.92**	
	-1.10	**-0.18**	**-1.28**	**-1527.04**
Zona 3	**-1.10**	**0.18**	**-0.92**	
	-1.10	**-0.18**	**-1.28**	**-1527.04**

Tabla A10 – Presiones de viento sobre cubierta – C y R.

Combinaciones de estados de carga.

Las combinaciones de estados de carga se refieren a la consideración simultánea de diversas condiciones de carga que una estructura puede experimentar durante su vida útil. Estas condiciones incluyen cargas permanentes, cargas variables, cargas accidentales, cargas de viento, cargas sísmicas, entre otras. La finalidad principal de utilizar combinaciones de estados de carga en el diseño estructural es garantizar que la estructura sea segura y cumpla con los requisitos de resistencia y serviciabilidad bajo diferentes escenarios.

Combinaciones de diseño – Estados Limites Últimos				
Formula general = a*D + b*L + c*Wl + d*Wt				
Combinación 1	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	1.4	**0**	**0**	**0**
Combinación 2	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	1.2	**1.6**	**0.8**	**0**
Combinación 3	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	1.2	**1.6**	**0**	**0.8**
Combinación 4	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	1.2	**0.5**	**1.5**	**0**
Combinación 5	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	1.2	**0.5**	**0**	**1.5**
Combinación 6	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	0.9	**0**	**1.5**	**0**
Combinación 7	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	0.9	**0**	**0**	**1.5**

Tabla A11 – Combinaciones de carga para Estados Limites Ultimos.

Combinaciones de diseño – Estados Limites de Servicio				
Formula general = a*D + b*L + c*Wl + d*Wt				
Combinación s1	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	1	**0**	**1**	**0**
Combinación s2	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	1	**0**	**0**	**1**
Combinación s3	**D**	**L**	**Wl**	**Wt**
	1	**1**	**0**	**0**

Tabla A12 – Combinaciones de carga para Estados Limites de Servicio.

Modelo de cálculo.

Un modelo de cálculo o modelo numérico de una estructura se refiere a la representación matemática y computacional de un sistema físico, como un edificio, puente, o cualquier otra construcción, con el objetivo de analizar su comportamiento bajo diferentes condiciones y cargas. Estos modelos utilizan métodos numéricos para aproximar las soluciones a ecuaciones matemáticas que describen el comportamiento estructural.

En el contexto de ingeniería estructural, el proceso implica la creación de un modelo computacional que simula las propiedades físicas y geométricas de la estructura.

Esto puede incluir la definición de materiales, geometría, conexiones y cargas aplicadas. Los métodos numéricos, como el método de elementos finitos, son comúnmente utilizados para discretizar la estructura en elementos más pequeños, permitiendo así la resolución de ecuaciones diferenciales y el análisis del comportamiento global y local de la estructura.

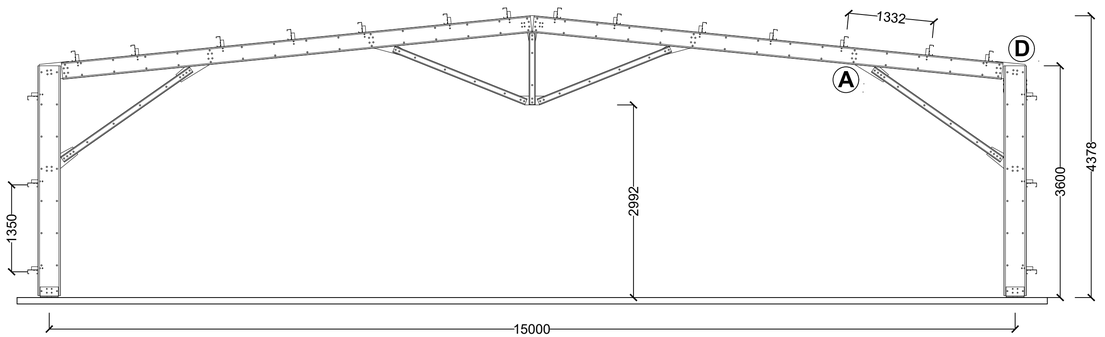
El propósito principal de estos modelos numéricos es prever cómo la estructura responderá a diferentes condiciones de carga, como fuerzas sísmicas, cargas de viento, o cargas estáticas. Además, estos modelos pueden ayudar en la optimización del diseño, la evaluación de la seguridad estructural y la toma de decisiones informadas durante el proceso de diseño y construcción.

La mayoría de los cálculos estructurales realizados en este trabajo serán realizados con el software de cálculo SkyCiv que resuelve sus análisis por el método de los elementos finitos, adicionalmente también serán utilizados scripts de Octave para la etapa de dimensionamiento de los elementos en la cual para cada alternativa se la someterá a los criterios de evaluación establecidos en el reglamento de cálculo correspondiente.

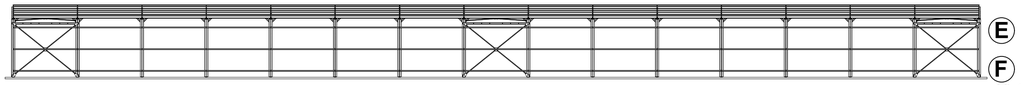
11.2 Planos y detalles constructivos.

En este proyecto, los detalles de las uniones presentadas son de carácter conceptual, orientados a lograr un equilibrio adecuado entre la correcta transferencia de esfuerzos y la viabilidad constructiva. Es importante señalar que se requerirá un análisis riguroso y detallado para transformar estos conceptos en un proyecto ejecutivo que pueda implementarse de manera segura.

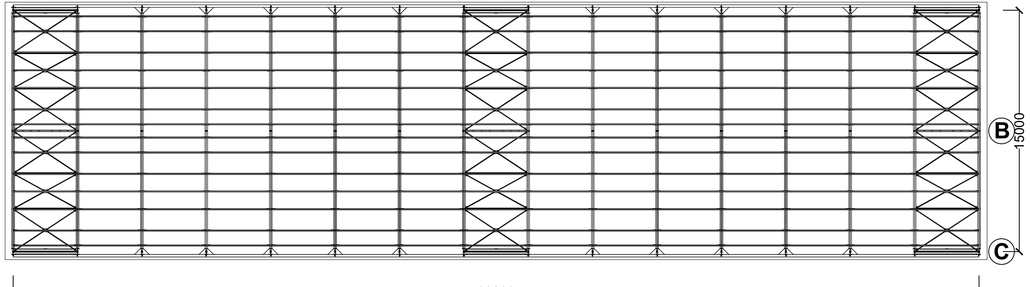
A lo largo del desarrollo, se ha destacado la importancia de prever, incluso antes de realizar los cálculos estructurales, la forma óptima de conectar los distintos elementos, de modo que estos cumplan, dentro de un margen razonable, las hipótesis de diseño adoptadas. Además, se busca cumplir con el objetivo principal de este trabajo, que consiste en desarrollar una propuesta estructural para galpones de uso agroindustrial, empleando perfiles conformados en frío. Todo esto con el propósito de que el sistema final sea industrializado y fácilmente construible.



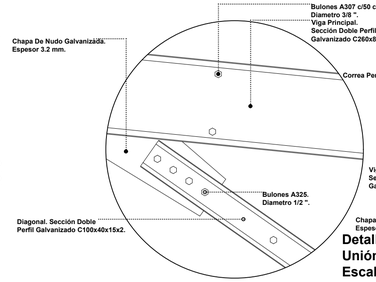
Vista Frontal.
Escala: 1:50



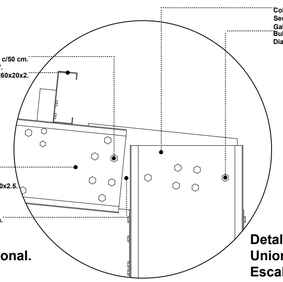
Vista Lateral.
Escala: 1:200



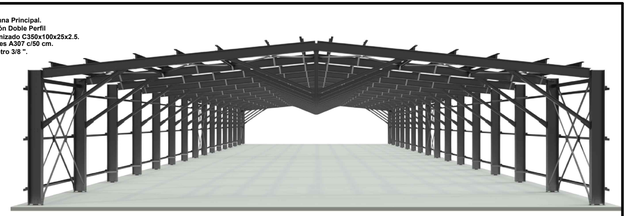
Vista Superior.
Escala: 1:200



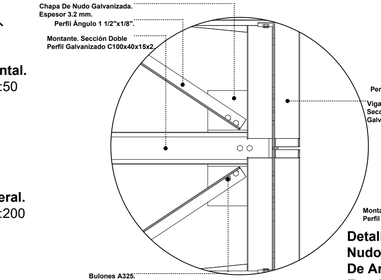
Detalle A.
Unión Viga-Diagonal.
Escala: 1:10



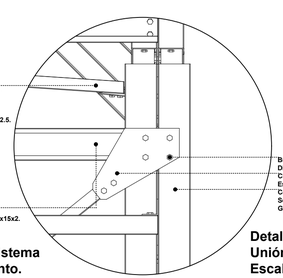
Detalle D.
Union Columna-Viga.
Escala: 1:10



Vista en Perspectiva.
Escala: N/A

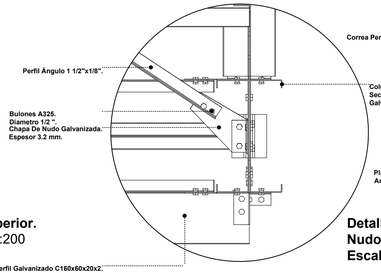


Detalle B.
Nudo Central, Sistema
De Arriostramiento.
Escala: 1:10

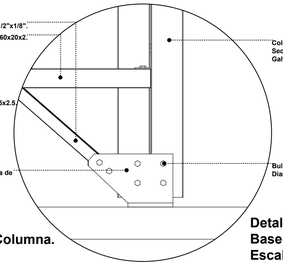


Detalle E.
Unión SA-Columna.
Escala: 1:10

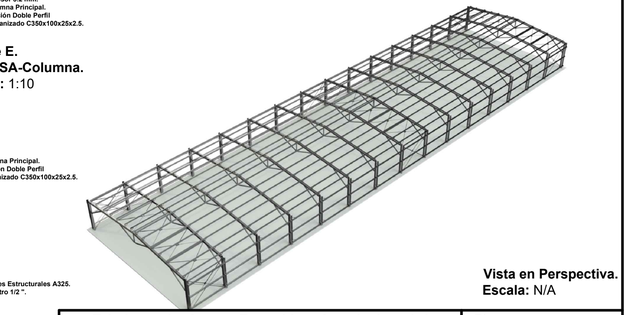
Vista en Perspectiva.
Escala: N/A



Detalle C.
Nudo Superior Columna.
Escala: 1:10



Detalle F.
Base-Columna
Escala: 1:10



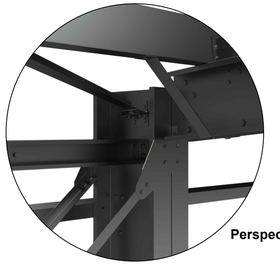
Vista en Perspectiva.
Escala: N/A

Pórticos de Acero Para Uso Agroindustrial	Plano: 1
Autor: Rodrigo Martos	
Universidad Tecnológica Nacional - FRSF	

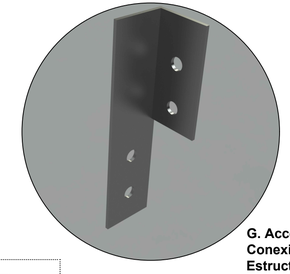
Despiece 1C

Despiece 1B

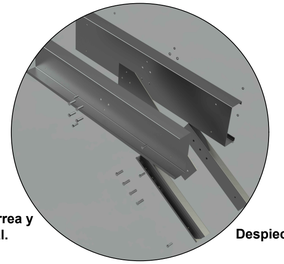
Despiece 1A



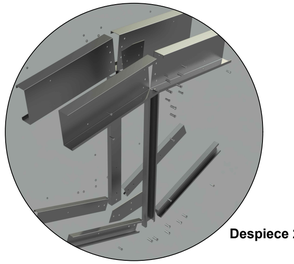
Perspectiva 1C



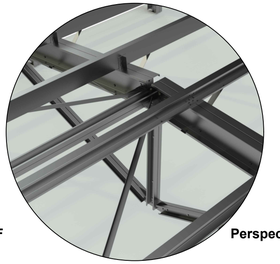
G. Accesorio de Conexión entre Correa y Estructura Principal.



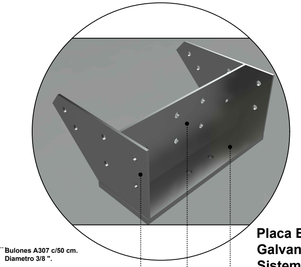
Despiece 2E



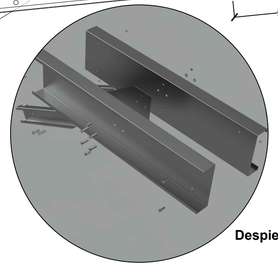
Despiece 2F



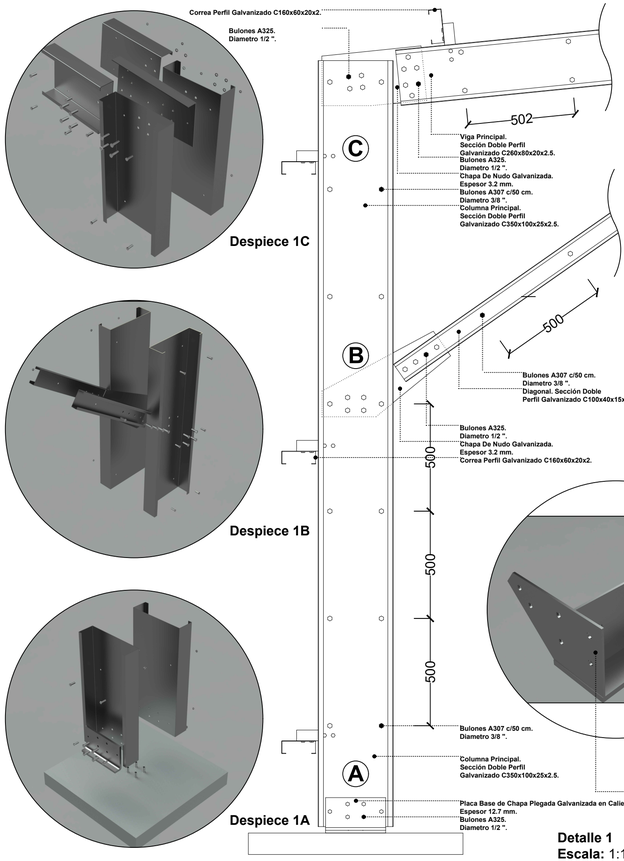
Perspectiva 2F



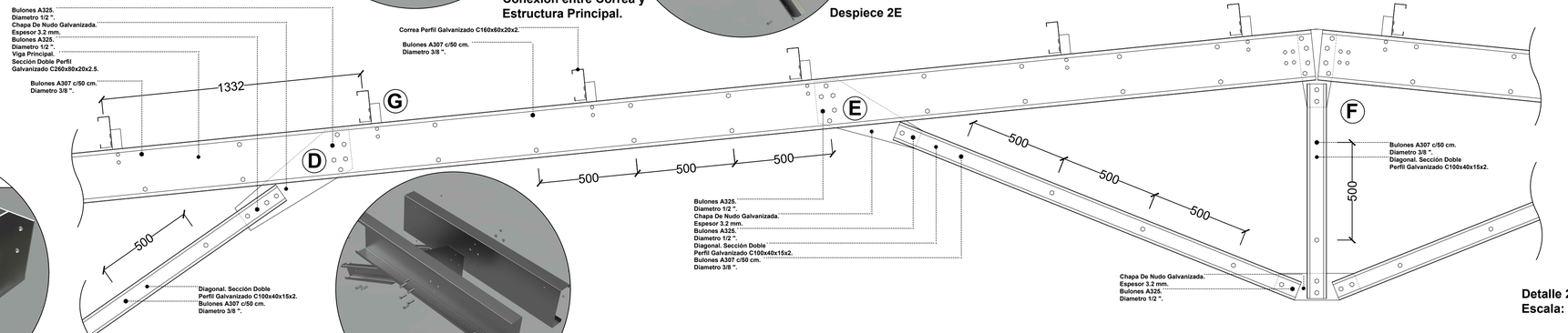
Placa Base de Chapa Soldada Galvanizada en Caliente. Para Sistema de Arriostramiento.



Despiece 2D

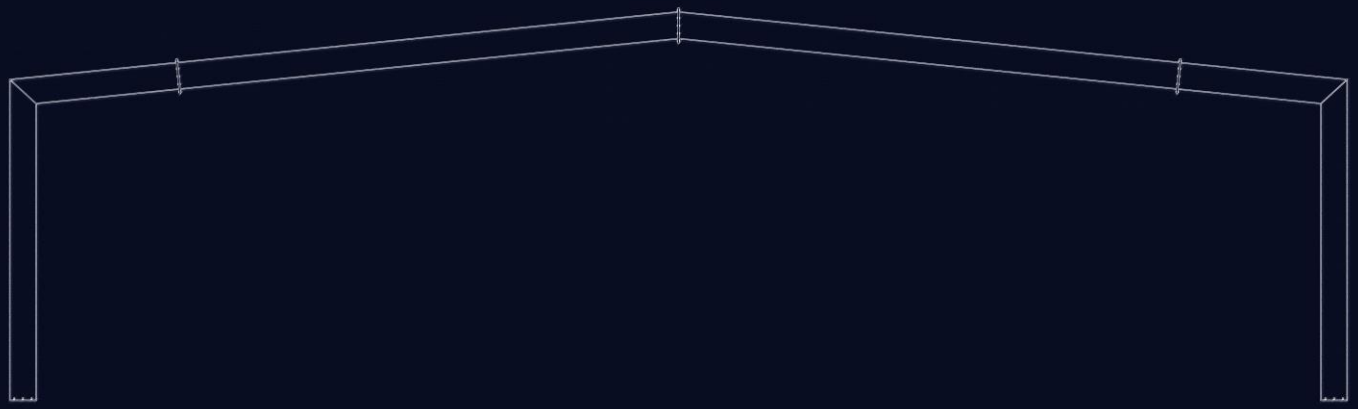


Detalle 1
Escala: 1:15



Detalle 2
Escala: 1:15

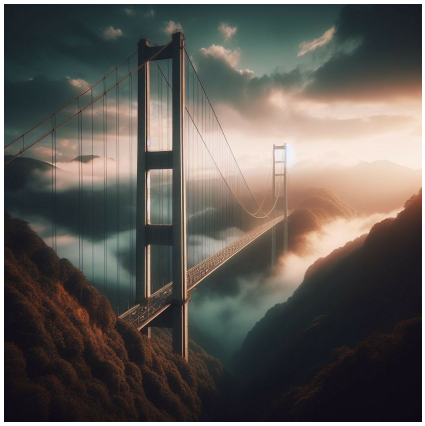
Pórticos de Acero Para Uso Agroindustrial	Plano: 2
Autor: Rodrigo Martos	
Universidad Tecnológica Nacional - FRSF	



ANALISIS ESTRUCTURAL

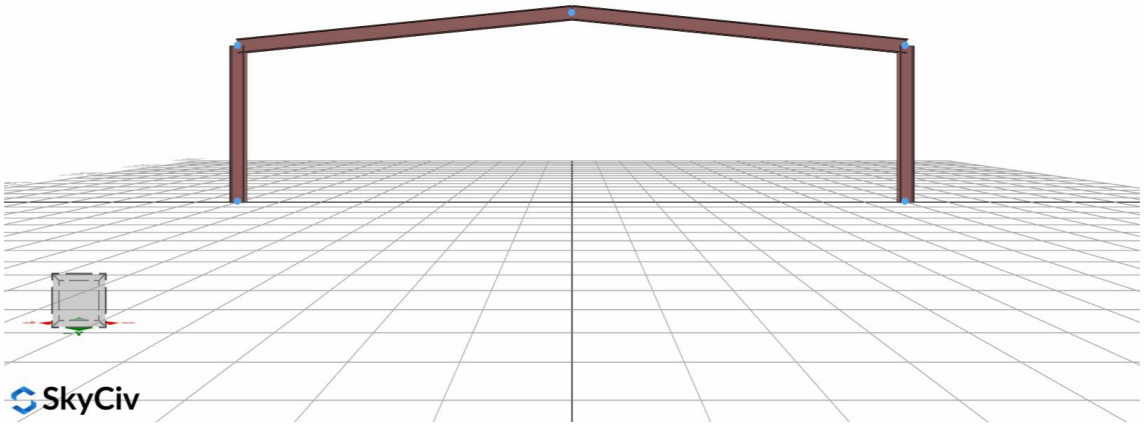
Estructura Alma Llena

Rodrigo Martos
ANEXOS



Estructura Alma llena SkyCiv Report

Thu 25 Jul 2024, 03:34PM (GMT-04:00)



File Name: Estructura Alma llena
Software: SkyCiv Structural 3D v6.2.6 (Lic. No.: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg)
Analysis Type: Linear Static Analysis

Included in this Report:

Job Setup
Bill of Materials
Screenshots
Single Member Reports
Nodal Results
Member Results

Table of Contents

Table of Contents
Job Setup
- NODE COORDINATES
- MEMBERS
- SUPPORTS
- MATERIALS
- SECTIONS
- POINT LOADS
- MEMBER DISTRIBUTED LOADS
- SELF WEIGHT
- LOAD COMBINATIONS

Bill of Materials
- BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS

Screenshots
Member 1: LC19
Member 1: LC20
Member 1: LC21
Member 2: LC19
Member 2: LC20
Member 2: LC21
Member 3: LC19
Member 3: LC20
Member 3: LC21
Member 4: LC19
Member 4: LC20
Member 4: LC21
Nodal Results
- Envelope Min
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS
- Envelope Max
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS
- Envelope Absolute Max
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS

Member Results
- Envelope Min
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS
- Envelope Max
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS
- Envelope Absolute Max
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS

Job Setup

Estructura Alma llena SkyCiv Report
SkyCiv Structural 3D v6.2.6
Licence Number: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg
Date: Thu 25 Jul 2024, 03:34PM (GMT-04:00)
Analysis Type: LINEAR STATIC ANALYSIS

File Name	Estructura Alma llena
Job Name	Empty
Designer	Empty
Job Description	Empty

Length Units	m
Section Length Units	mm
Force Units	kN
Moment and Torsion Units	kN-m
Pressure Units	kPa
Material Strength Units	MPa
Material Density Units	kg/m^3
Mass Units	kg
Temperature Units	degC
Translation Units	mm
Stress Units	MPa
Nodes	5
Members	4
Plates	0
Meshed Plates	0
Supports	2
Sections	1
Point Loads	1
Distributed Loads	14
Moments	0
Member Prestress Loads	0
Thermal Loads	0
Pressures	0
Area Loads	0
Self Weight	ON
User Defined Nodal Masses	0
Auto Defined Nodal Masses	0
Spectral Loads	0
Member Evaluation Points	9
Extrapolate Plate Results From Gauss Points	YES
General Constraint	RRRRRR
Total Degrees of Freedom	24

NODE COORDINATES (m)

ID	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	3.500
3	7.500	0.000	4.250
4	15.000	0.000	3.500
5	15.000	0.000	0.000

MEMBERS (deg, m, mm, m, kN)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

ID	Node A	Node B	Length	Type	Section ID	Rotation Angle	Node A Fixity	Node B Fixity
1	1	2	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
2	2	3	7.537	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
3	3	4	7.537	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
4	4	5	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF

ID	Node A Offsets	Node B Offsets	Offset Axis	Node A Rot Stiff Y	Node A Rot Stiff Z	Node B Rot Stiff Y	Node B Rot Stiff Z	Cable Length	T/C Limit	Mirror	Disable Non-Linear
1	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
2	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
3	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
4	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No

SUPPORTS (kN/m, kN-m/rad)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

B=Both Axes Restraint, N=Negative-Axis Restraint Only, P=Positive-Axis Restraint Only

ID	Node ID	Restraint Code	Direction Code	X Trans Stiffness	Y Trans Stiffness	Z Trans Stiffness	X Rot Stiffness	Y Rot Stiffness	Z Rot Stiffness	Source
1	1	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support
2	5	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support

MATERIALS (MPa, kg/m^3, 10^{-6}/degC)

Shear Modulus is used for members only.
Ex, Ey, Gxy, Gxz, Gyz are used for orthotropic plates only.

ID	Name	Young's Modulus	Shear Modulus	Density	Poisson's Ratio	Thermal Exp. Coeff.	Young's Modulus x	Young's Modulus y	Shear Modulus xy	Shear Modulus xz	Shear Modulus yz	Poisson's Ratio xy
1	Structural Steel	200000.000	Auto	7850.000	0.270	12.000	-	-	-	-	-	Auto

SECTIONS (mm, mm^2, mm^4, deg)

ID	Name	Shape	Material ID	Depth	Width	Shear Area z (STRESS)	Shear Area y (STRESS)	Shear Area z (TIMO)	Shear Area y (TIMO)	Torsion Radius
1	W12x26	W12x26	1	309.880	164.846	2754.012	1736.447	-	-	13.797

ID	Centroid y	Centroid z	Area (A)	y-Axis MoI (Iy)	z-Axis MoI (Iz)	Torsion Constant (J)	Principal Angle	Non Prismatic
1	154.940	82.423	4935.474	7200803.663	84911210.822	124869.428	0.000	N

ID	Area Red. Factor	Iy Red. Factor	Iz Red. Factor	Torsion Constant Red. Factor	Shear Area Y Red. Factor	Shear Area Z Red. Factor
1	-	-	-	-	-	-

POINT LOADS (kN)

ID	Load Group	Node	Member	Position (%)	X Magnitude	Y Magnitude	Z Magnitude
1	DEF	2			1.000	0.000	0.000

MEMBER DISTRIBUTED LOADS (kN/m)

ID	Load Group	Start Position (%)	End Position (%)	Member	Axes	X Start/ End	Y Start/ End	Z Start/ End
1	WT	0%	100%	1	Global	6.150	0.000	0.000
						6.150	0.000	0.000
2	WT	0%	46.66666667%	2	Global	-0.675	0.000	6.735
						-0.675	0.000	6.735
3	WT	46.66666667%	93.33333333%	2	Global	-0.435	0.000	4.305
						-0.435	0.000	4.305
4	WT	93.33333333%	100%	2	Global	-0.315	0.000	3.105
						-0.315	0.000	3.105
5	WT	0%	100%	3	Global	0.315	0.000	3.105
						0.315	0.000	3.105
6	WT	0%	100%	4	Global	3.120	0.000	0.000
						3.120	0.000	0.000
7	L	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-1.944
						0.000	0.000	-1.944
8	L	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-1.944
						0.000	0.000	-1.944
9	D	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-0.600
						0.000	0.000	-0.600
10	D	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-0.600
						0.000	0.000	-0.600
11	WL	0%	100%	1	Global	-5.550	0.000	0.000
						-5.550	0.000	0.000
12	WL	0%	100%	4	Global	5.550	0.000	0.000
						5.550	0.000	0.000
13	WL	0%	100%	2	Global	-0.675	0.000	6.735
						-0.675	0.000	6.735
14	WL	0%	100%	3	Global	0.675	0.000	6.735
						0.675	0.000	6.735

SELF WEIGHT (g's)

Load Group	X Gravity	Y Gravity	Z Gravity
SW1	0.000	0.000	-1.000

LOAD COMBINATIONS

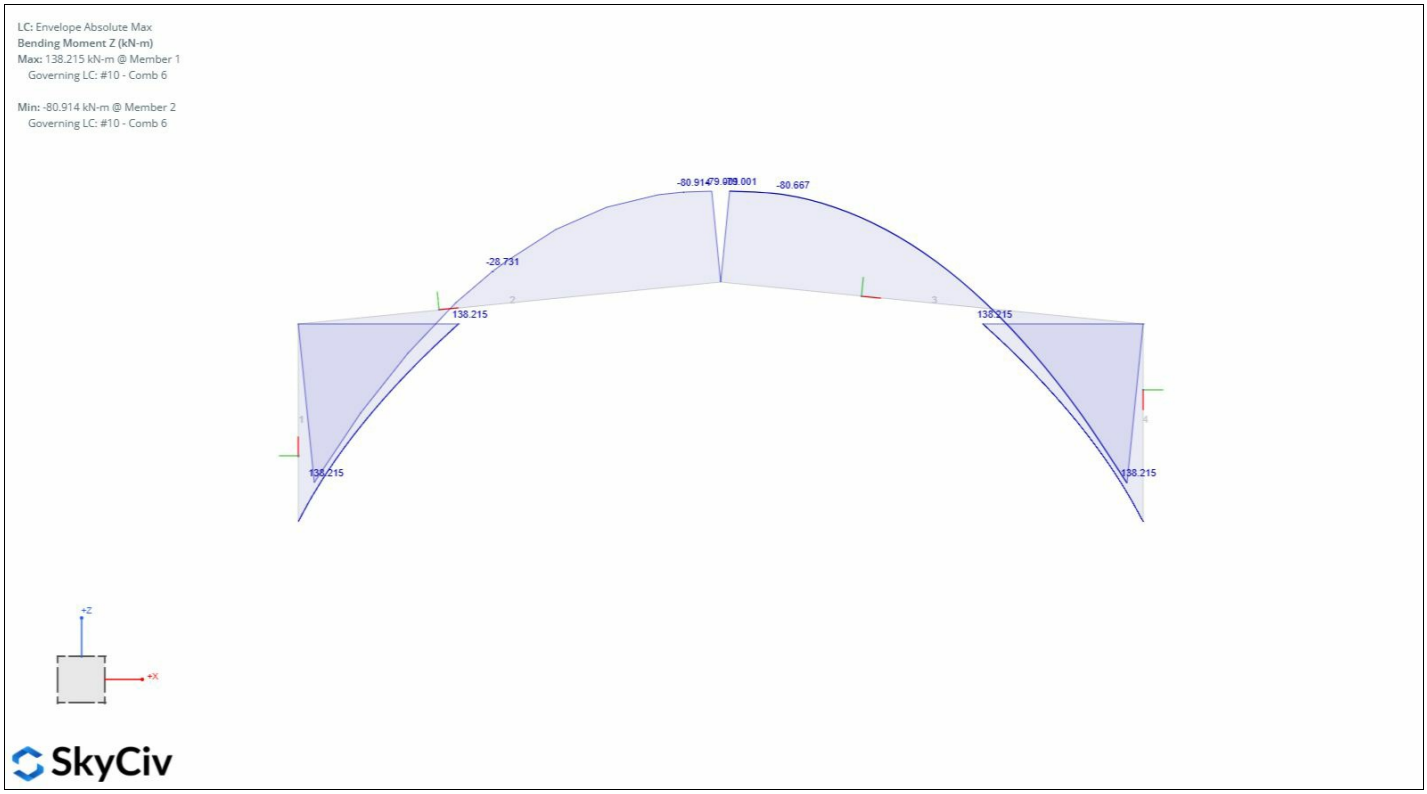
ID	Name	Criteria	D Factor	DEF Factor	L Factor	SW1 Factor	WL Factor	WT Factor
1	Comb 1	Strength	1.400	0	0	1.400	0	0
2	Comb 2	Strength	1.200	0	1.600	1.200	0.800	0
3	Comb 3	Strength	1.200	0	1.600	1.200	0	0.800
4	Comb 4	Strength	1.200	0	0.500	1.200	1.500	0
5	Comb 5	Strength	1.200	0	0.500	1.200	0	1.500
6	Comb s1	Serviceability	1.000	0	0	1.000	1.000	0
7	Comb s2	Serviceability	1.000	0	0	1.000	0	1.000
8	Comb s3	Serviceability	1.000	0	1.000	1.000	0	0
10	Comb 6	Strength	0.900	0	0	0.900	1.500	0
11	Comb 7	Strength	0.900	0	0	0.900	0	1.500
12	def	Strength	0	1.000	0	0	0	0

Bill of Materials

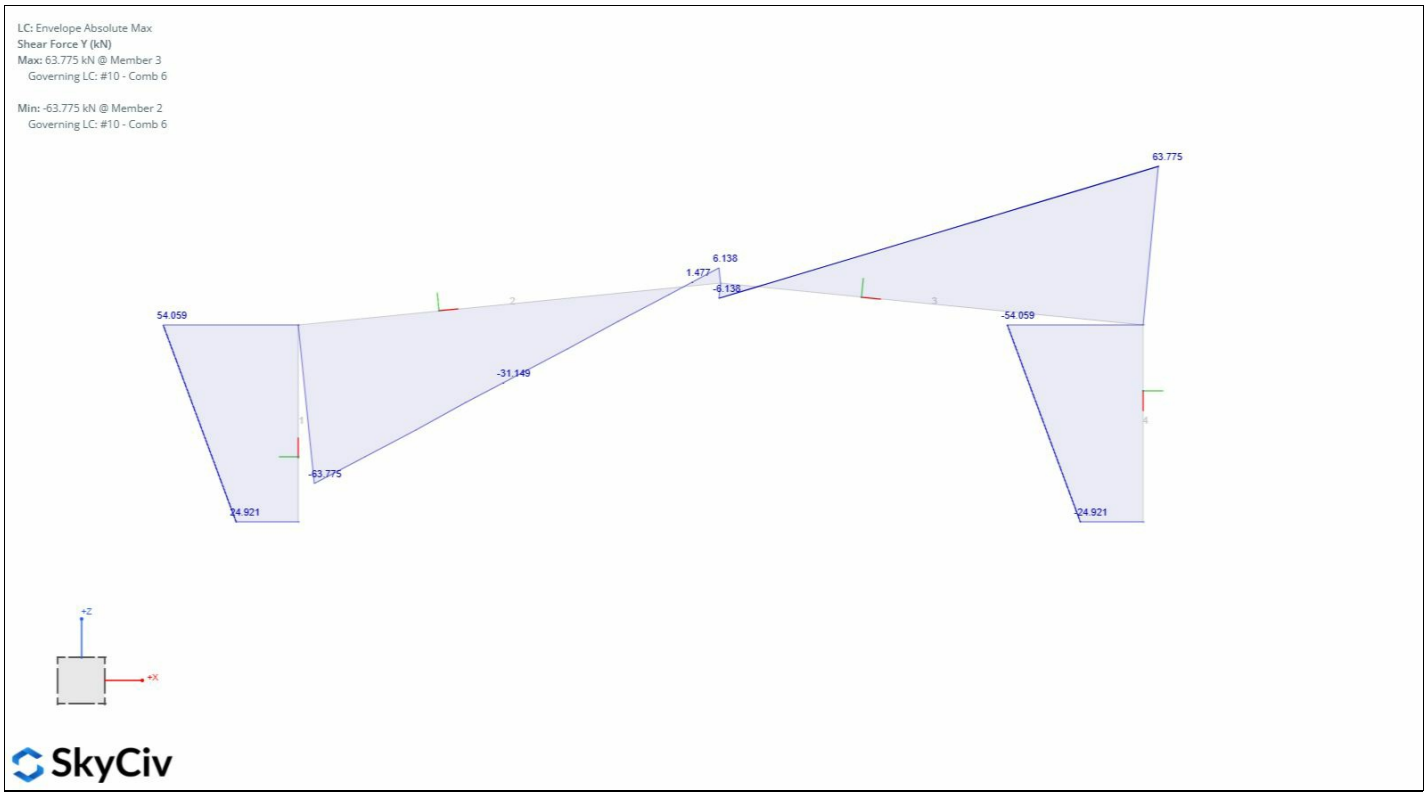
BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS (m, kg)

Section	Material	Quantity	Unit Length	Total Length	Unit Mass	Total Mass
1: W12x26	1: Structural Steel	2	3.500	7.000	135.602	271.204
1: W12x26	1: Structural Steel	2	7.537	15.075	292.025	584.051
						855.255

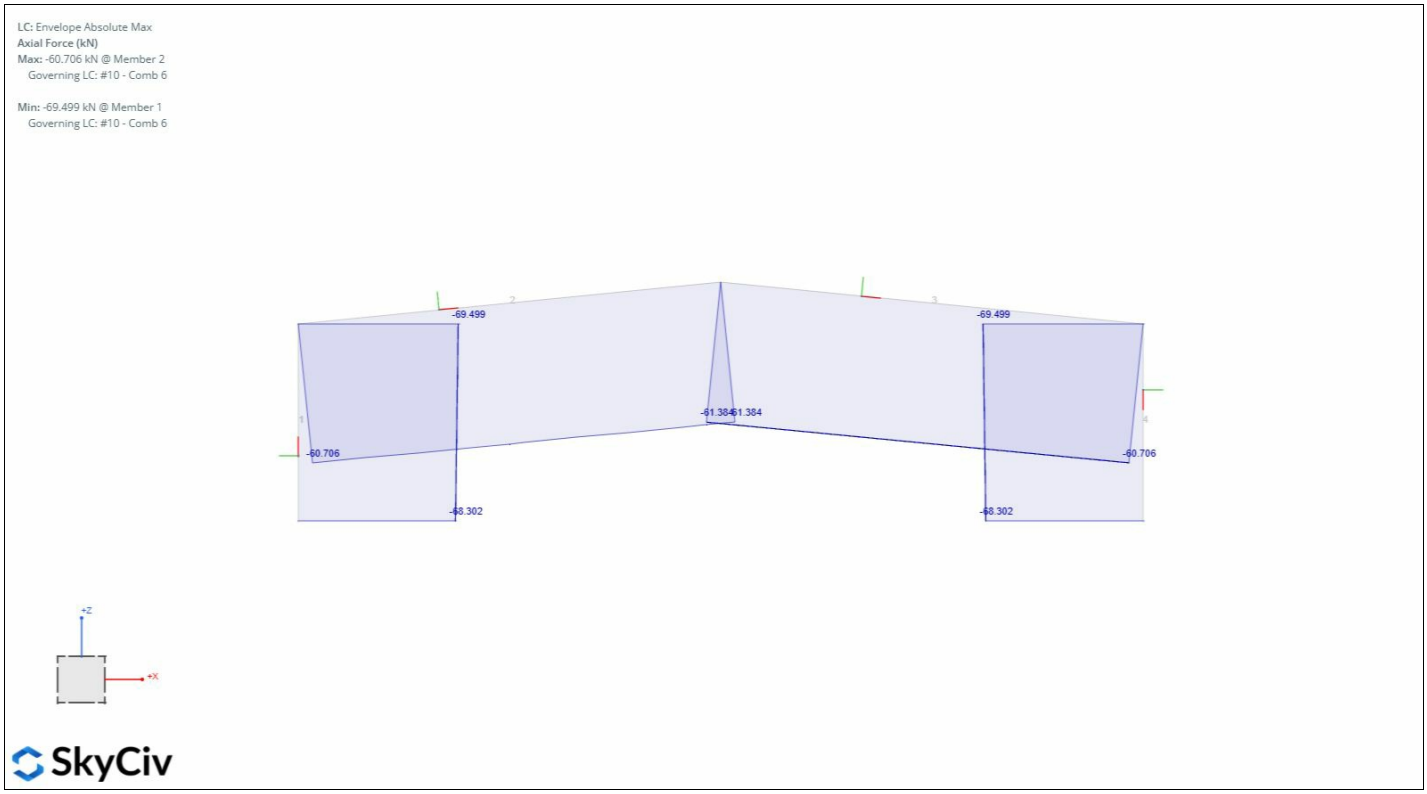
Screenshots



Momento flector.jpg

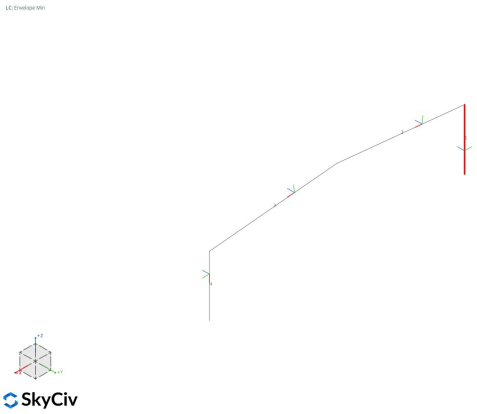


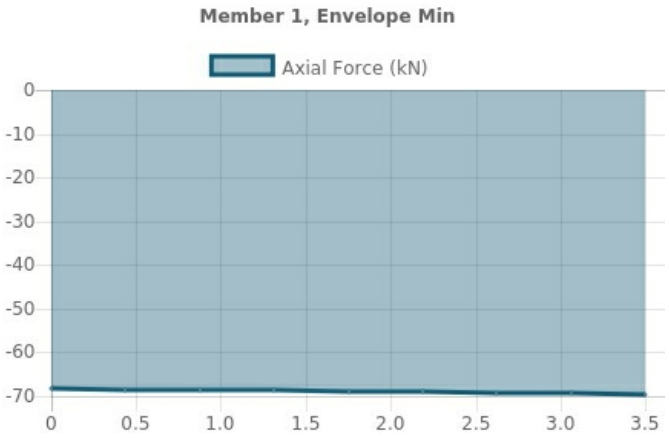
Corte.jpg

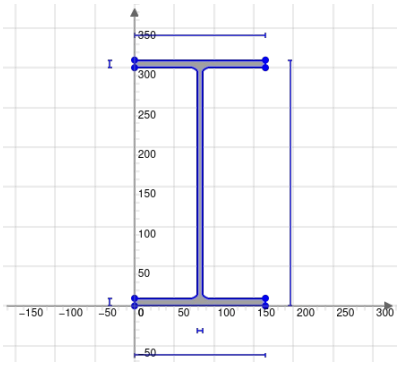

LC: Envelope Absolute Max
Axial Force (kN)
Max: -60.706 kN @ Member 2
Governing LC: #10 - Comb 6
Min: -69.499 kN @ Member 1
Governing LC: #10 - Comb 6
-69.499
-69.499
-61.384
-61.384
-60.706
-60.706
-68.302
-68.302
+Z
+X
SkyCiv
Axial.jpg

Member 1: LC19

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: -49.514 Y: 0.000 Z: -68.302 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







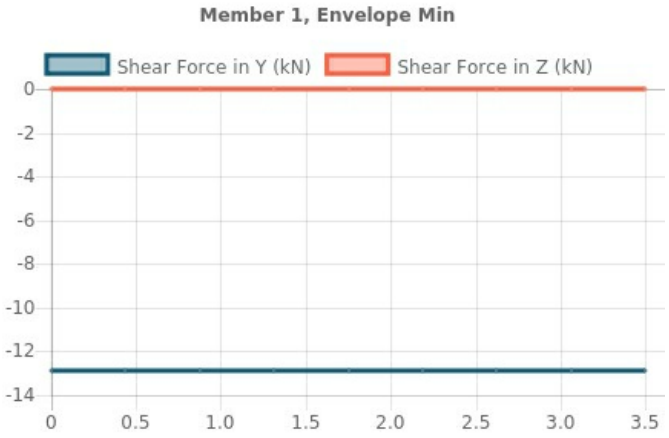
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

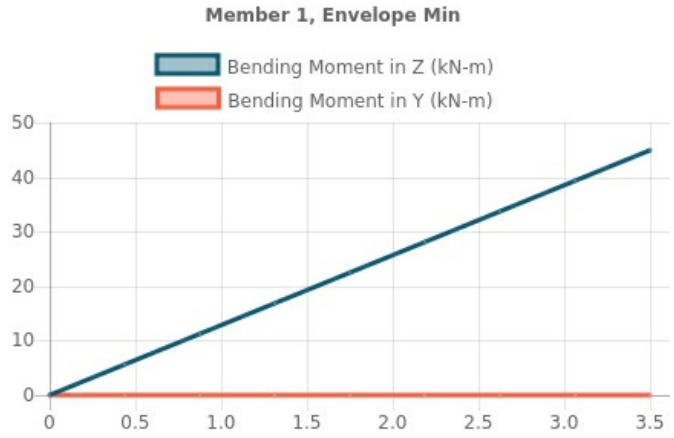
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

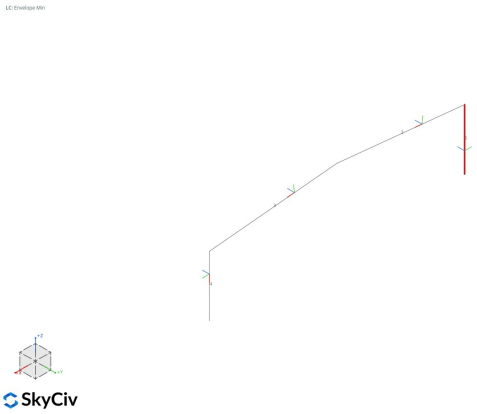
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

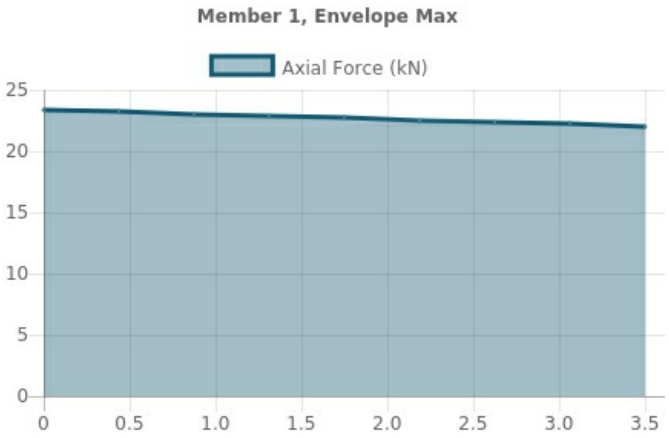


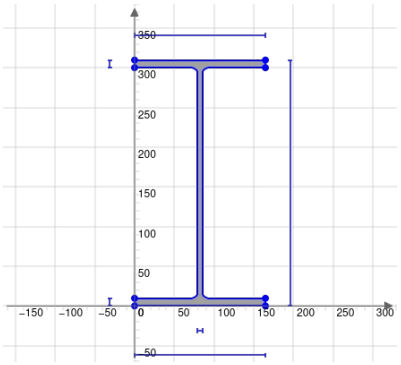


Member 1: LC20

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: 12.880 Y: 0.000 Z: 23.369 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







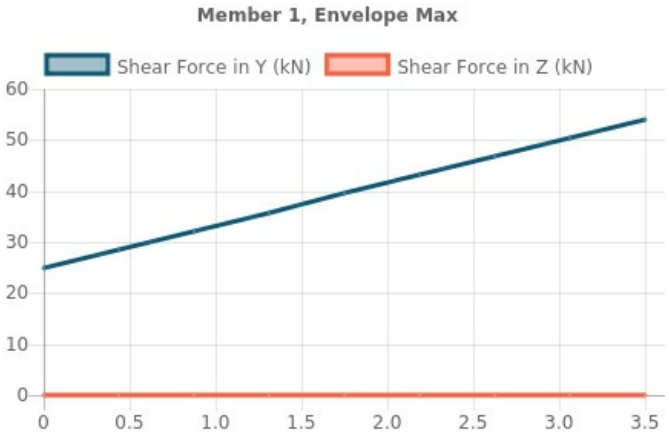
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

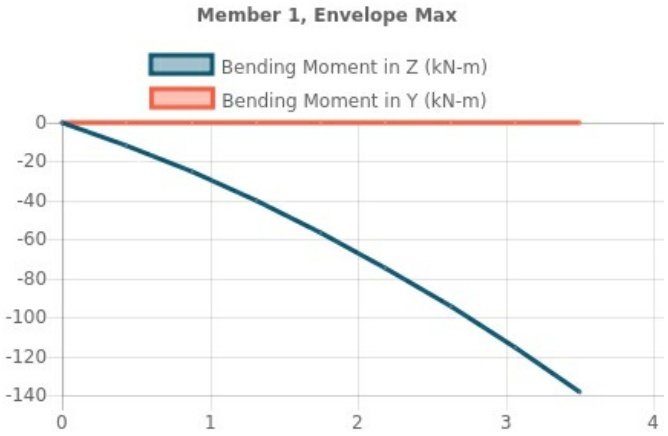
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

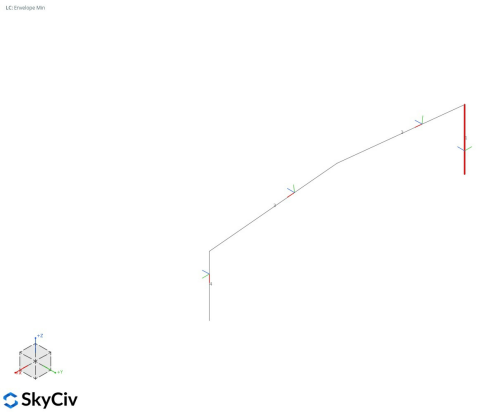
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

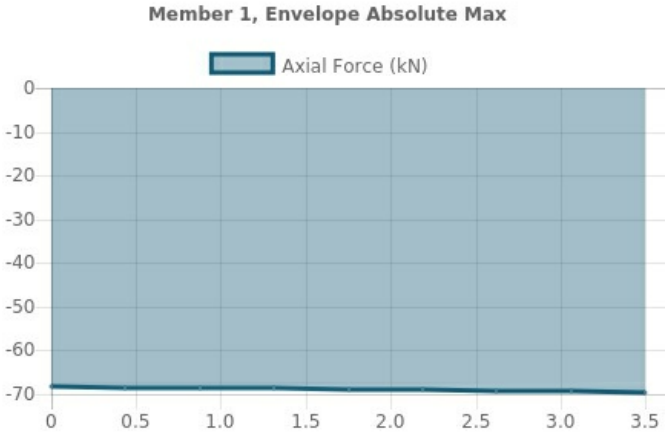


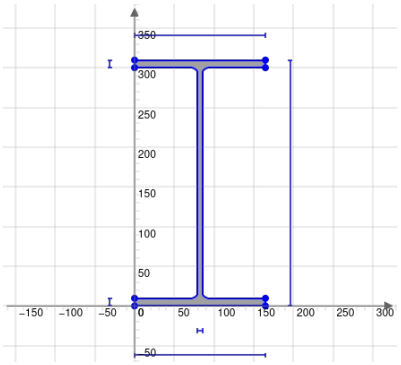


Member 1: LC21

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: -49.514 Y: 0.000 Z: -68.302 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







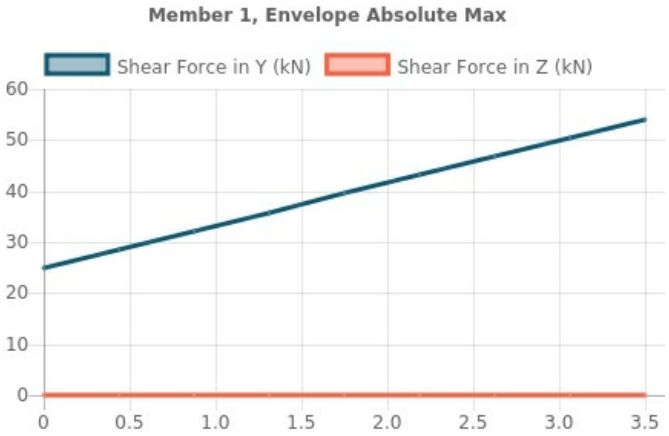
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

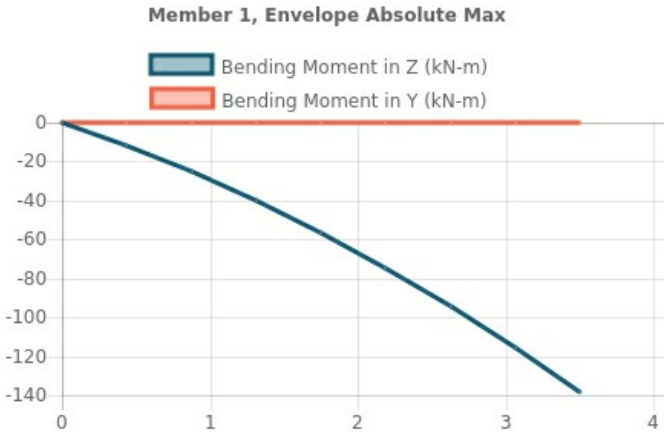
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

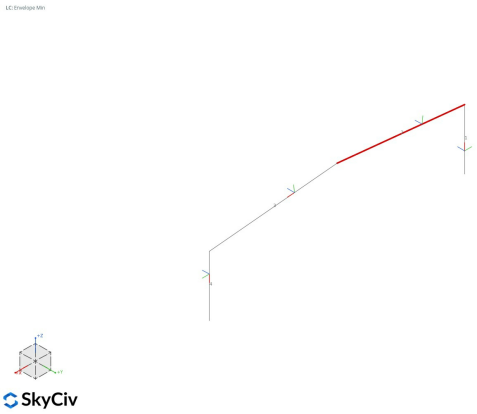
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

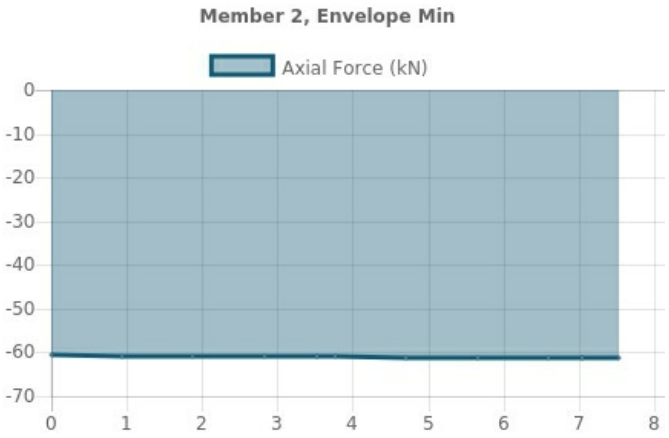


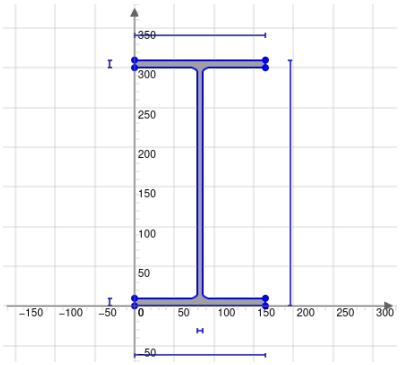


Member 2: LC19

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







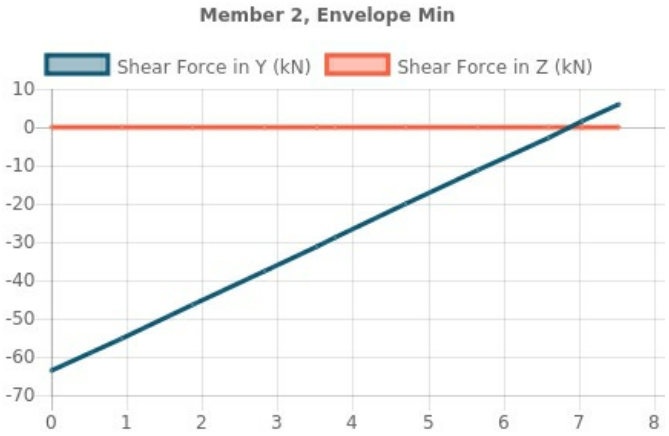
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

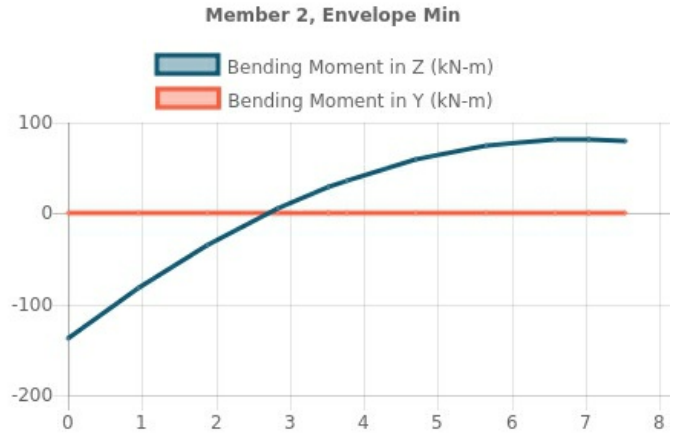
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

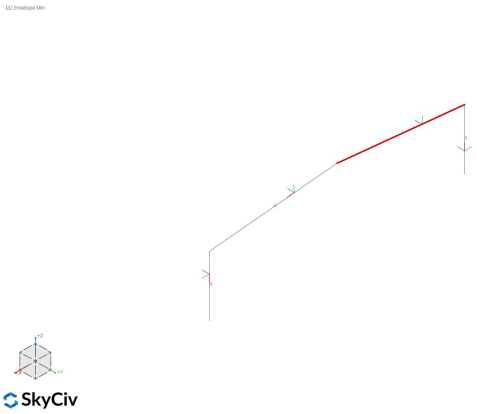
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

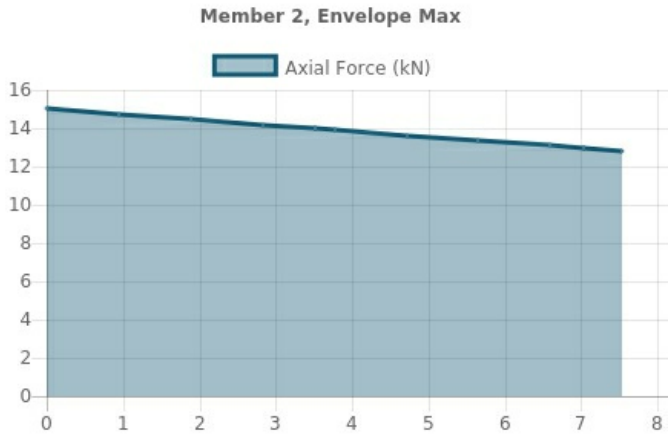


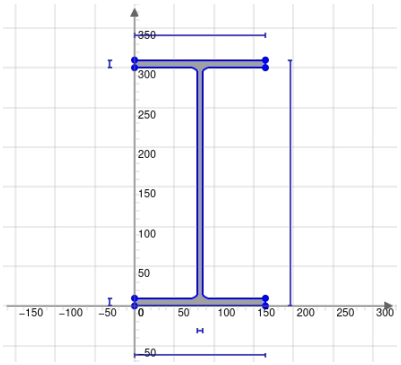


Member 2: LC20

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







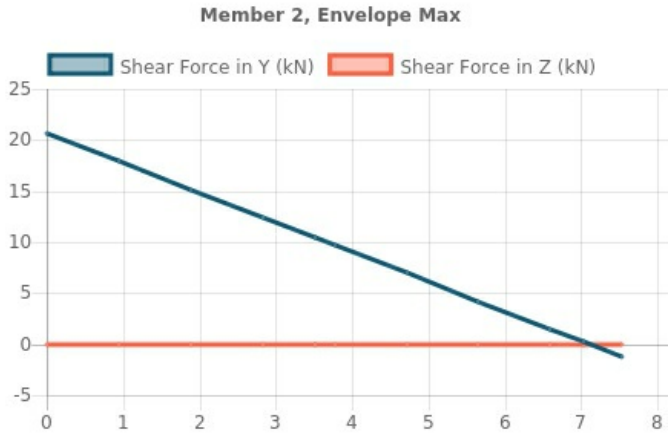
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

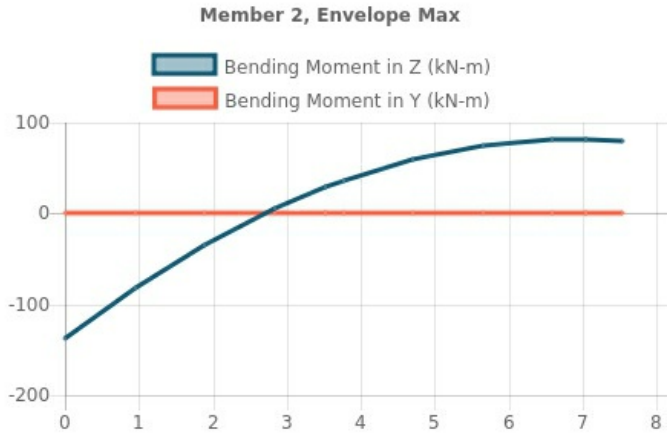
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

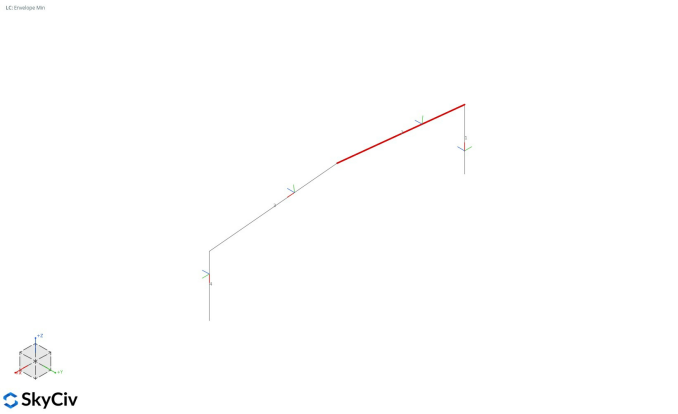
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

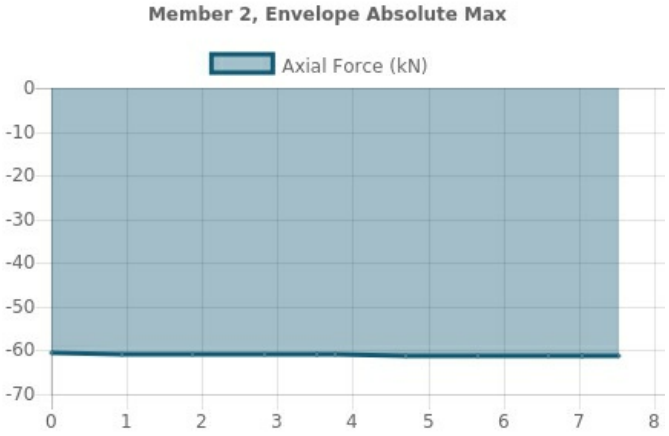


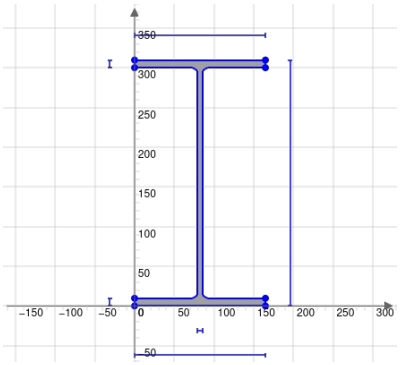


Member 2: LC21

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







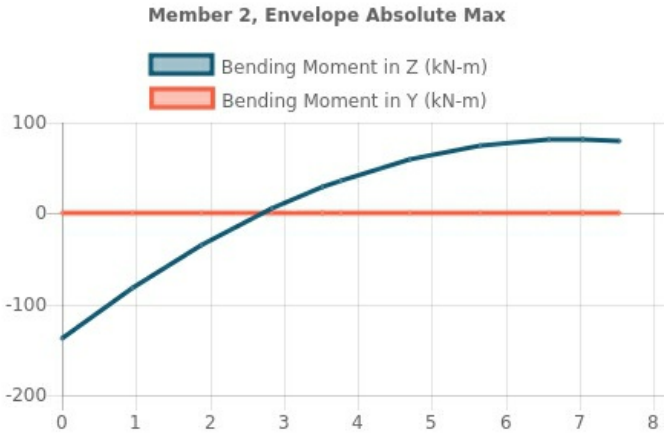
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

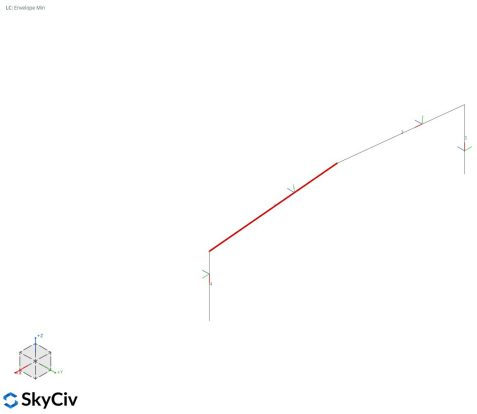
Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

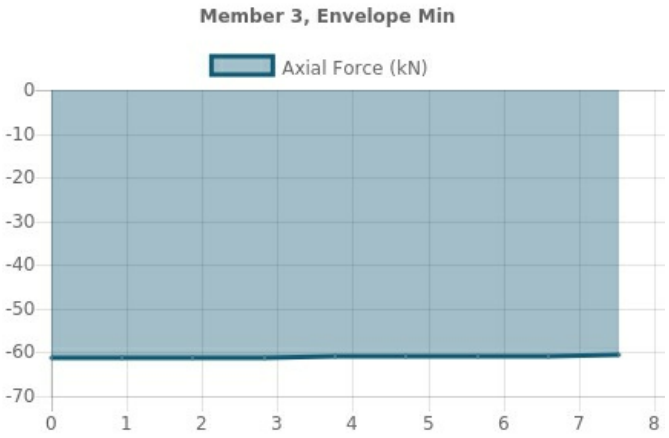
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

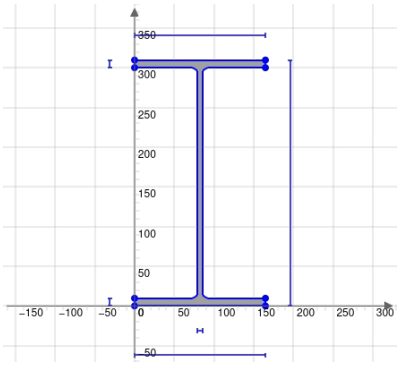


Member 3: LC19

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







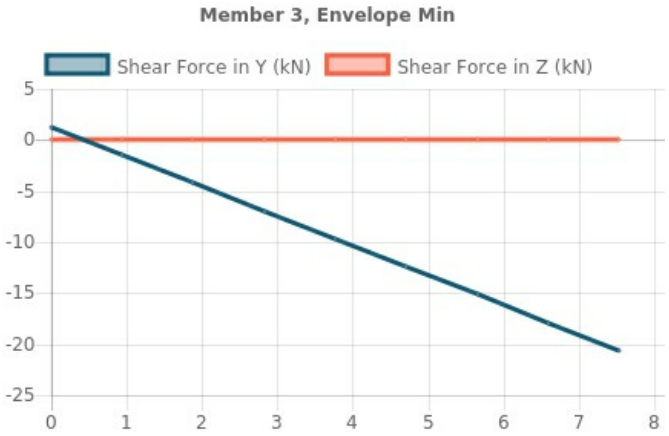
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

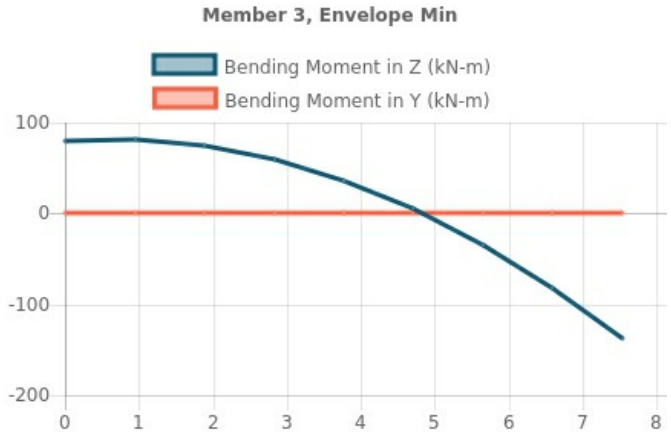
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

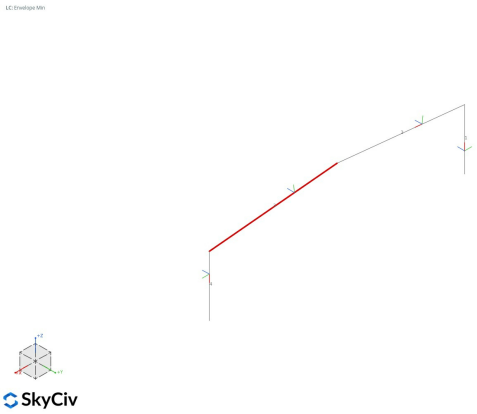
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

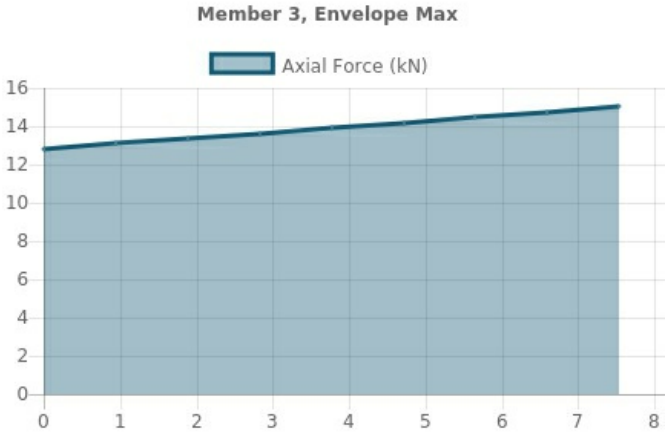


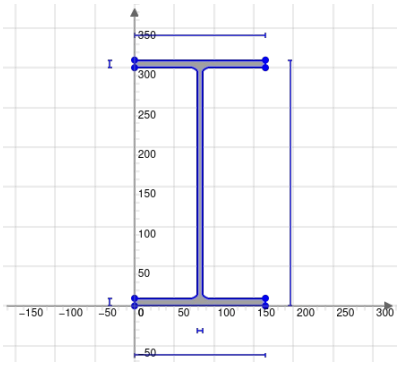


Member 3: LC20

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







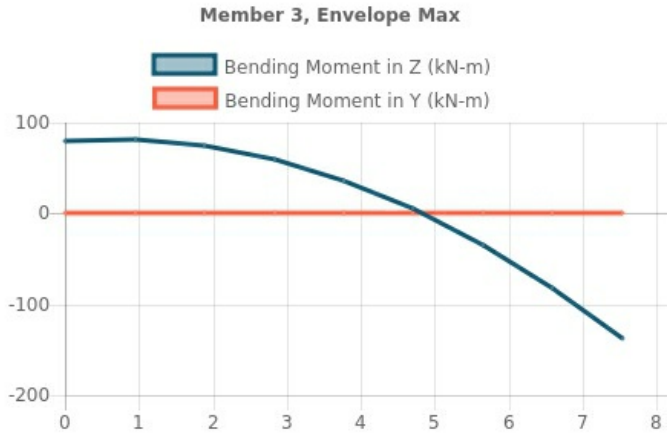
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

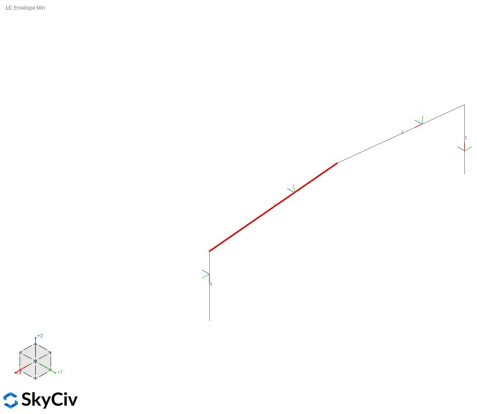
Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

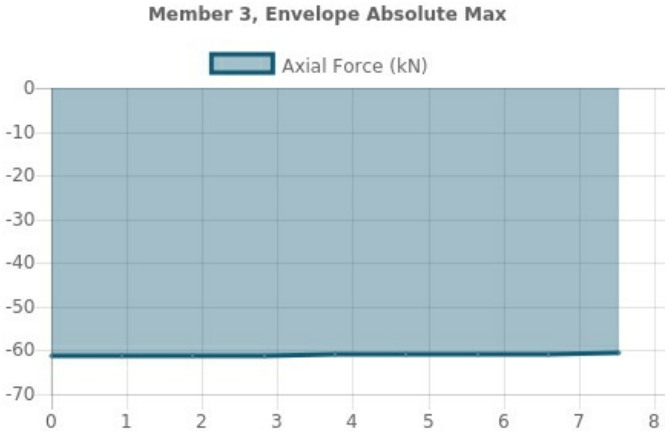
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

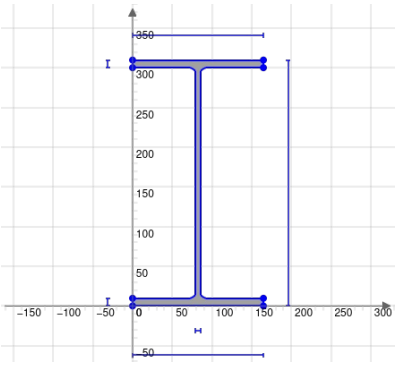


Member 3: LC21

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







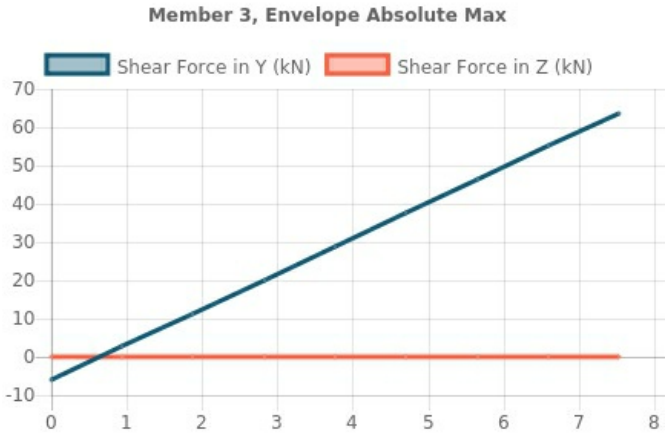
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

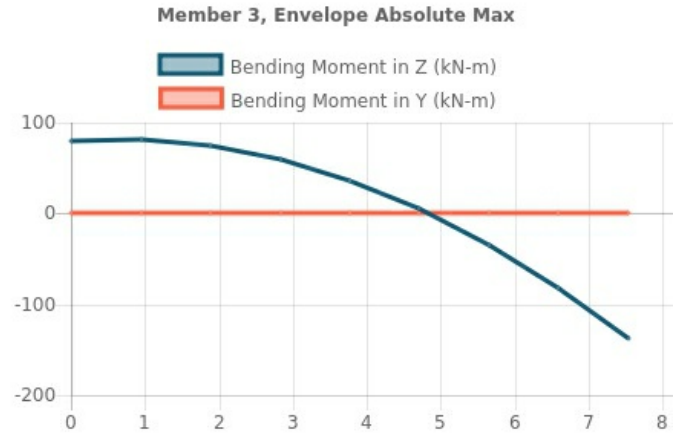
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

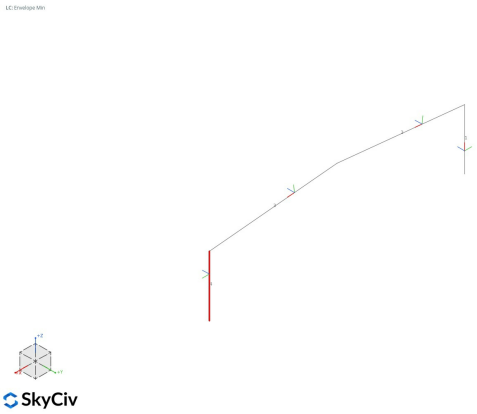
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

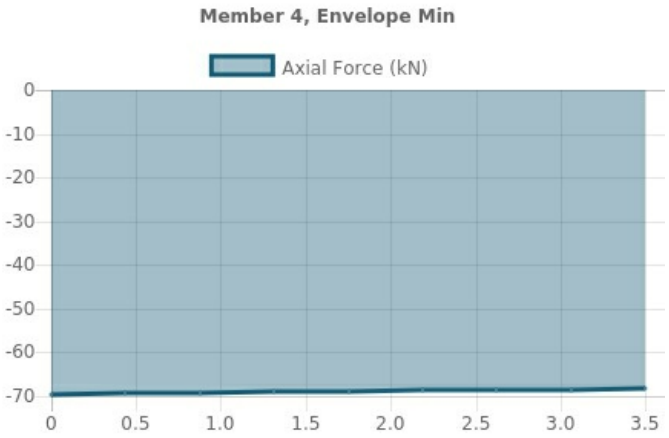


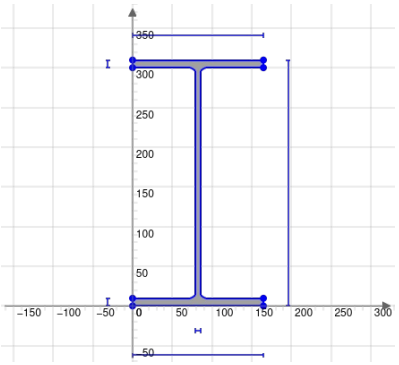


Member 4: LC19

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: -15.007 Y: 0.000 Z: -68.302 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000







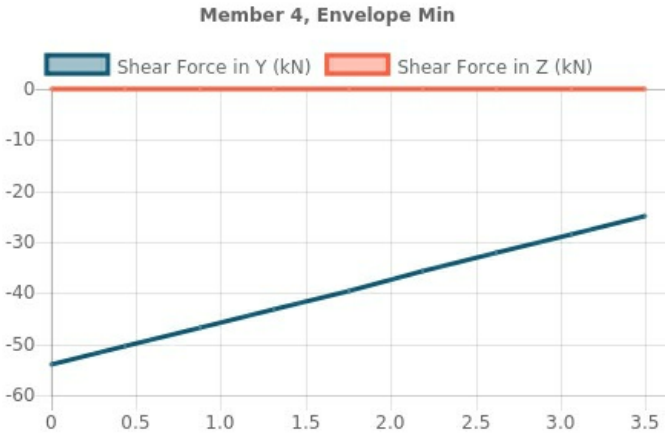
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

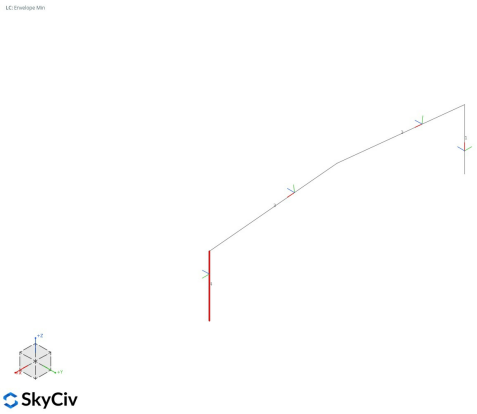
Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

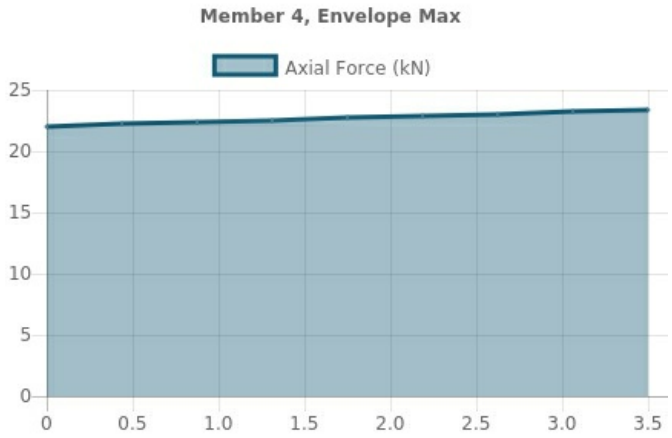
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

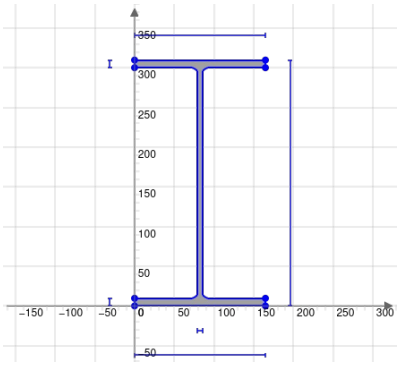


Member 4: LC20

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: 24.921 Y: 0.000 Z: 23.369 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000







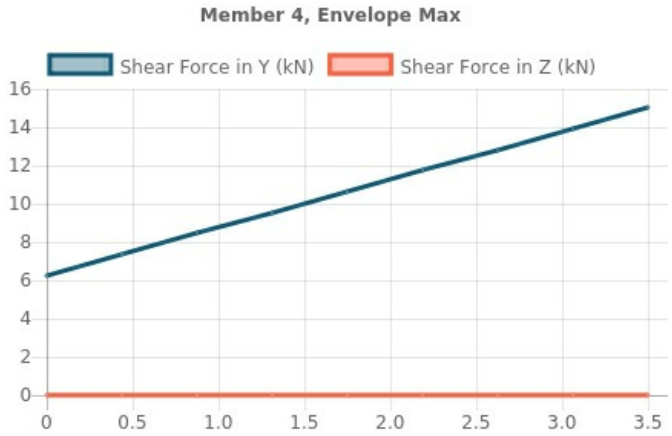
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

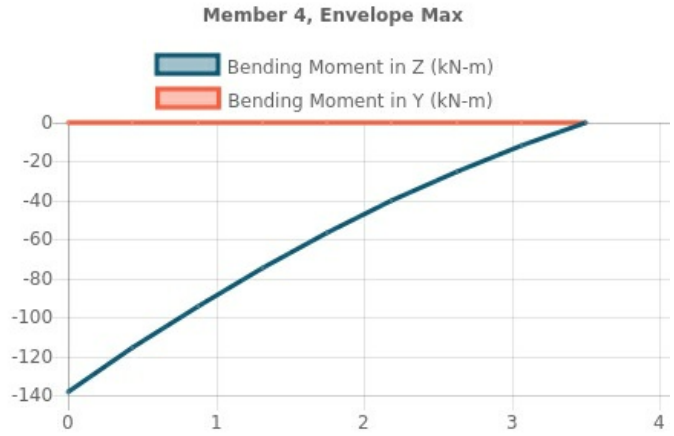
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

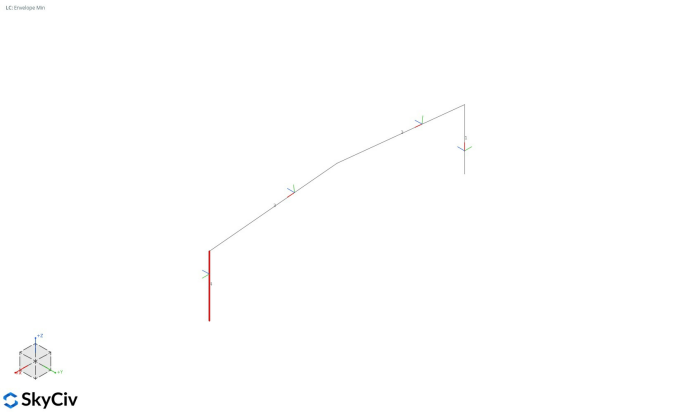
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850

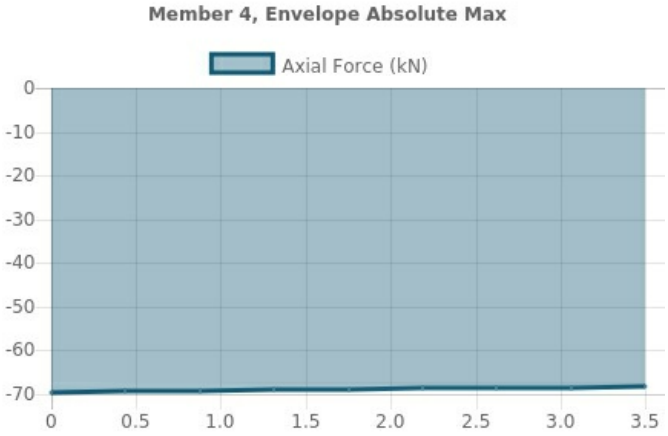


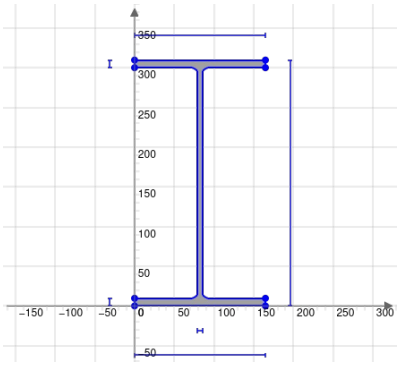


Member 4: LC21

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	W12x26
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: 24.921 Y: 0.000 Z: -68.302 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000







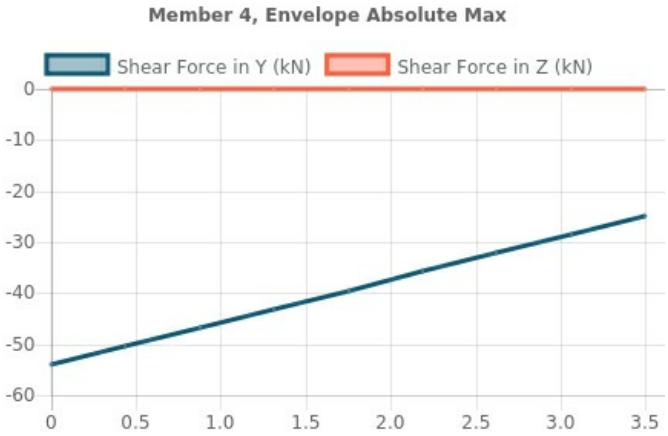
Geometric Properties		
A	4935.474	mm^2
C_z	82.423	mm
C_y	154.94	mm

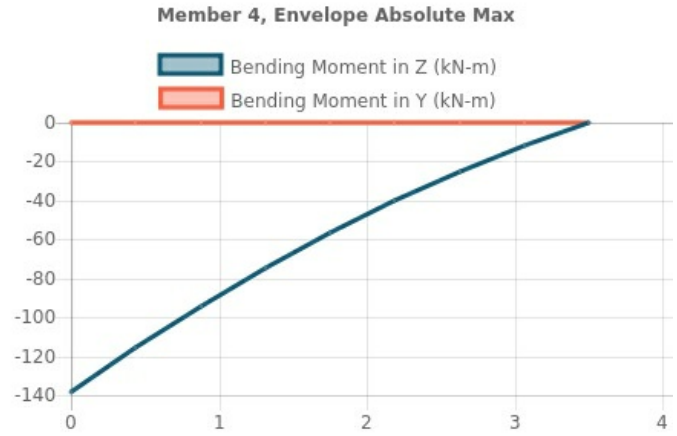
Bending Properties		
I_z	84911210.822	mm^4
I_y	7200803.663	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	2754.012	mm^2
A_y	1736.447	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	124869.428	mm^4
r	13.797	mm

Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
W12x26	Structural Steel	200000	0.27	7850





Nodal Results

Envelope Min

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-49.514	0.000	-68.302	0.000	0.000	0.000
2	5	-15.007	0.000	-68.302	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	-68.302	-12.880	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	-69.499	-12.880	0.000	0.000	0.000	-45.081
2	2	-60.706	-63.775	0.000	0.000	0.000	138.215
	3	-61.384	6.138	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	3	-61.384	1.282	0.000	0.000	0.000	-79.001
	4	-60.706	-20.648	0.000	0.000	0.000	138.215
4	4	-69.499	-54.059	0.000	0.000	0.000	-45.081
	5	-68.302	-24.921	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Max

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	12.880	0.000	23.369	0.000	0.000	0.000
2	5	24.921	0.000	23.369	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	23.369	24.921	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	22.039	54.059	0.000	0.000	0.000	138.215
2	2	15.009	20.648	0.000	0.000	0.000	138.215
	3	12.816	-1.282	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	3	12.816	-6.138	0.000	0.000	0.000	-79.001
	4	15.009	63.775	0.000	0.000	0.000	138.215
4	4	22.039	6.271	0.000	0.000	0.000	138.215
	5	23.369	15.007	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Absolute Max

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-49.514	0.000	-68.302	0.000	0.000	0.000
2	5	24.921	0.000	-68.302	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	-68.302	24.921	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	-69.499	54.059	0.000	0.000	0.000	138.215
2	2	-60.706	-63.775	0.000	0.000	0.000	138.215
	3	-61.384	6.138	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	3	-61.384	-6.138	0.000	0.000	0.000	-79.001
	4	-60.706	63.775	0.000	0.000	0.000	138.215
4	4	-69.499	-54.059	0.000	0.000	0.000	138.215
	5	-68.302	-24.921	0.000	0.000	0.000	0.000

Member Results

Envelope Min

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	-68.302	-12.880	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.438	-68.452	-12.880	0.000	0.000	0.000	-5.635
1	1	0.875	-68.601	-12.880	0.000	0.000	0.000	-11.270
1	1	1.313	-68.751	-12.880	0.000	0.000	0.000	-16.905
1	1	1.750	-68.901	-12.880	0.000	0.000	0.000	-22.540
1	1	2.188	-69.050	-12.880	0.000	0.000	0.000	-28.175
1	1	2.625	-69.200	-12.880	0.000	0.000	0.000	-33.810
1	1	3.063	-69.349	-12.880	0.000	0.000	0.000	-39.446
1	1	3.500	-69.499	-12.880	0.000	0.000	0.000	-45.081
2	1	0.000	-60.706	-63.775	0.000	0.000	0.000	138.215
2	1	0.942	-60.791	-55.036	0.000	0.000	0.000	82.244
2	1	1.884	-60.875	-46.297	0.000	0.000	0.000	34.508
2	1	2.827	-60.960	-37.558	0.000	0.000	0.000	-4.995
2	1	3.517	-61.022	-31.149	0.000	0.000	0.000	-28.731
2	1	3.769	-61.045	-28.818	0.000	0.000	0.000	-36.264
2	1	4.711	-61.130	-20.079	0.000	0.000	0.000	-59.299
2	1	5.653	-61.215	-11.340	0.000	0.000	0.000	-74.100
2	1	6.595	-61.299	-2.601	0.000	0.000	0.000	-80.667
2	1	7.035	-61.339	1.477	0.000	0.000	0.000	-80.914
2	1	7.537	-61.384	6.138	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	1	0.000	-61.384	1.282	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	1	0.942	-61.299	-1.460	0.000	0.000	0.000	-80.667
3	1	1.884	-61.215	-4.201	0.000	0.000	0.000	-74.100
3	1	2.827	-61.130	-6.942	0.000	0.000	0.000	-59.299
3	1	3.769	-61.045	-9.683	0.000	0.000	0.000	-36.264
3	1	4.711	-60.960	-12.424	0.000	0.000	0.000	-4.995
3	1	5.653	-60.875	-15.166	0.000	0.000	0.000	34.508
3	1	6.595	-60.791	-17.907	0.000	0.000	0.000	82.244
3	1	7.537	-60.706	-20.648	0.000	0.000	0.000	138.215
4	1	0.000	-69.499	-54.059	0.000	0.000	0.000	-45.081
4	1	0.438	-69.349	-50.416	0.000	0.000	0.000	-39.446
4	1	0.875	-69.200	-46.774	0.000	0.000	0.000	-33.810
4	1	1.313	-69.050	-43.132	0.000	0.000	0.000	-28.175
4	1	1.750	-68.901	-39.490	0.000	0.000	0.000	-22.540
4	1	2.188	-68.751	-35.848	0.000	0.000	0.000	-16.905
4	1	2.625	-68.601	-32.206	0.000	0.000	0.000	-11.270
4	1	3.063	-68.452	-28.563	0.000	0.000	0.000	-5.635
4	1	3.500	-68.302	-24.921	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Max

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

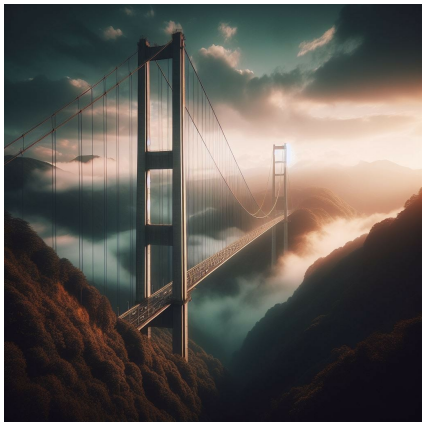
Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	23.369	24.921	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.438	23.203	28.563	0.000	0.000	0.000	11.700
1	1	0.875	23.036	32.206	0.000	0.000	0.000	24.993
1	1	1.313	22.870	35.848	0.000	0.000	0.000	39.880
1	1	1.750	22.704	39.490	0.000	0.000	0.000	56.360
1	1	2.188	22.538	43.132	0.000	0.000	0.000	74.433
1	1	2.625	22.371	46.774	0.000	0.000	0.000	94.100
1	1	3.063	22.205	50.416	0.000	0.000	0.000	115.361
1	1	3.500	22.039	54.059	0.000	0.000	0.000	138.215
2	1	0.000	15.009	20.648	0.000	0.000	0.000	138.215
2	1	0.942	14.735	17.907	0.000	0.000	0.000	82.244
2	1	1.884	14.461	15.166	0.000	0.000	0.000	34.508
2	1	2.827	14.187	12.424	0.000	0.000	0.000	-4.995
2	1	3.517	13.986	10.414	0.000	0.000	0.000	-28.731
2	1	3.769	13.913	9.683	0.000	0.000	0.000	-36.264
2	1	4.711	13.639	6.942	0.000	0.000	0.000	-59.299
2	1	5.653	13.364	4.201	0.000	0.000	0.000	-74.100
2	1	6.595	13.090	1.460	0.000	0.000	0.000	-80.667
2	1	7.035	12.962	0.180	0.000	0.000	0.000	-80.914
2	1	7.537	12.816	-1.282	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	1	0.000	12.816	-6.138	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	1	0.942	13.090	2.601	0.000	0.000	0.000	-80.667
3	1	1.884	13.364	11.340	0.000	0.000	0.000	-74.100
3	1	2.827	13.639	20.079	0.000	0.000	0.000	-59.299
3	1	3.769	13.913	28.818	0.000	0.000	0.000	-36.264
3	1	4.711	14.187	37.558	0.000	0.000	0.000	-4.995
3	1	5.653	14.461	46.297	0.000	0.000	0.000	34.508
3	1	6.595	14.735	55.036	0.000	0.000	0.000	82.244
3	1	7.537	15.009	63.775	0.000	0.000	0.000	138.215
4	1	0.000	22.039	6.271	0.000	0.000	0.000	138.215
4	1	0.438	22.205	7.363	0.000	0.000	0.000	115.361
4	1	0.875	22.371	8.455	0.000	0.000	0.000	94.100
4	1	1.313	22.538	9.547	0.000	0.000	0.000	74.433
4	1	1.750	22.704	10.639	0.000	0.000	0.000	56.360
4	1	2.188	22.870	11.731	0.000	0.000	0.000	39.880
4	1	2.625	23.036	12.823	0.000	0.000	0.000	24.993
4	1	3.063	23.203	13.915	0.000	0.000	0.000	11.700
4	1	3.500	23.369	15.007	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Absolute Max

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

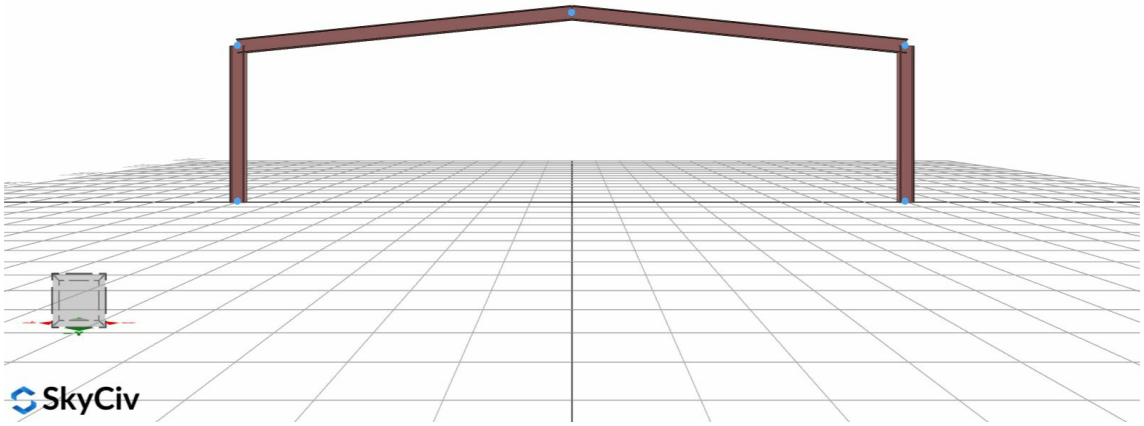
= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	-68.302	24.921	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.438	-68.452	28.563	0.000	0.000	0.000	11.700
1	1	0.875	-68.601	32.206	0.000	0.000	0.000	24.993
1	1	1.313	-68.751	35.848	0.000	0.000	0.000	39.880
1	1	1.750	-68.901	39.490	0.000	0.000	0.000	56.360
1	1	2.188	-69.050	43.132	0.000	0.000	0.000	74.433
1	1	2.625	-69.200	46.774	0.000	0.000	0.000	94.100
1	1	3.063	-69.349	50.416	0.000	0.000	0.000	115.361
1	1	3.500	-69.499	54.059	0.000	0.000	0.000	138.215
2	1	0.000	-60.706	-63.775	0.000	0.000	0.000	138.215
2	1	0.942	-60.791	-55.036	0.000	0.000	0.000	82.244
2	1	1.884	-60.875	-46.297	0.000	0.000	0.000	34.508
2	1	2.827	-60.960	-37.558	0.000	0.000	0.000	-4.995
2	1	3.517	-61.022	-31.149	0.000	0.000	0.000	-28.731
2	1	3.769	-61.045	-28.818	0.000	0.000	0.000	-36.264
2	1	4.711	-61.130	-20.079	0.000	0.000	0.000	-59.299
2	1	5.653	-61.215	-11.340	0.000	0.000	0.000	-74.100
2	1	6.595	-61.299	-2.601	0.000	0.000	0.000	-80.667
2	1	7.035	-61.339	1.477	0.000	0.000	0.000	-80.914
2	1	7.537	-61.384	6.138	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	1	0.000	-61.384	-6.138	0.000	0.000	0.000	-79.001
3	1	0.942	-61.299	2.601	0.000	0.000	0.000	-80.667
3	1	1.884	-61.215	11.340	0.000	0.000	0.000	-74.100
3	1	2.827	-61.130	20.079	0.000	0.000	0.000	-59.299
3	1	3.769	-61.045	28.818	0.000	0.000	0.000	-36.264
3	1	4.711	-60.960	37.558	0.000	0.000	0.000	-4.995
3	1	5.653	-60.875	46.297	0.000	0.000	0.000	34.508
3	1	6.595	-60.791	55.036	0.000	0.000	0.000	82.244
3	1	7.537	-60.706	63.775	0.000	0.000	0.000	138.215
4	1	0.000	-69.499	-54.059	0.000	0.000	0.000	138.215
4	1	0.438	-69.349	-50.416	0.000	0.000	0.000	115.361
4	1	0.875	-69.200	-46.774	0.000	0.000	0.000	94.100
4	1	1.313	-69.050	-43.132	0.000	0.000	0.000	74.433
4	1	1.750	-68.901	-39.490	0.000	0.000	0.000	56.360
4	1	2.188	-68.751	-35.848	0.000	0.000	0.000	39.880
4	1	2.625	-68.601	-32.206	0.000	0.000	0.000	24.993
4	1	3.063	-68.452	-28.563	0.000	0.000	0.000	11.700
4	1	3.500	-68.302	-24.921	0.000	0.000	0.000	0.000



Estructura Alma llena SkyCiv Report

Thu 25 Jul 2024, 03:39PM (GMT-04:00)



File Name: Estructura Alma llena
Software: SkyCiv Structural 3D v6.2.6 (Lic. No.: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg)
Analysis Type: Linear Static Analysis

Included in this Report:

Job Setup
Bill of Materials
Screenshots
Nodal Results
Member Results

Table of Contents

Table of Contents
Job Setup
- NODE COORDINATES
- MEMBERS
- SUPPORTS
- MATERIALS
- SECTIONS
- POINT LOADS
- MEMBER DISTRIBUTED LOADS
- SELF WEIGHT
- LOAD COMBINATIONS

Bill of Materials
- BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS

Screenshots
Nodal Results
- Load Combination #6: Comb s1
  - NODE REACTIONS
- Load Combination #7: Comb s2
  - NODE REACTIONS
- Load Combination #8: Comb s3
  - NODE REACTIONS

Member Results
- Load Combination #6: Comb s1
  - MEMBER DISPLACEMENTS
  - MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS
- Load Combination #7: Comb s2
  - MEMBER DISPLACEMENTS
  - MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS
- Load Combination #8: Comb s3
  - MEMBER DISPLACEMENTS
  - MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS

Job Setup

Estructura Alma llena SkyCiv Report
SkyCiv Structural 3D v6.2.6
Licence Number: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg
Date: Thu 25 Jul 2024, 03:39PM (GMT-04:00)
Analysis Type: LINEAR STATIC ANALYSIS

File Name	Estructura Alma llena
Job Name	Empty
Designer	Empty
Job Description	Empty

Length Units	m
Section Length Units	mm
Force Units	kN
Moment and Torsion Units	kN-m
Pressure Units	kPa
Material Strength Units	MPa
Material Density Units	kg/m^3
Mass Units	kg
Temperature Units	degC
Translation Units	mm
Stress Units	MPa
Nodes	5
Members	4
Plates	0
Meshed Plates	0
Supports	2
Sections	1
Point Loads	1
Distributed Loads	14
Moments	0
Member Prestress Loads	0
Thermal Loads	0
Pressures	0
Area Loads	0
Self Weight	ON
User Defined Nodal Masses	0
Auto Defined Nodal Masses	0
Spectral Loads	0
Member Evaluation Points	9
Extrapolate Plate Results From Gauss Points	YES
General Constraint	RRRRRR
Total Degrees of Freedom	24

NODE COORDINATES (m)

NOTE: Nodes in the plate mesh are not displayed in the table below.

ID	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	3.500
3	7.500	0.000	4.250
4	15.000	0.000	3.500
5	15.000	0.000	0.000

MEMBERS (deg, m, mm, m, kN)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

ID	Node A	Node B	Length	Type	Section ID	Rotation Angle	Node A Fixity	Node B Fixity
1	1	2	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
2	2	3	7.537	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
3	3	4	7.537	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
4	4	5	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF

ID	Node A Offsets	Node B Offsets	Offset Axis	Node A Rot Stiff Y	Node A Rot Stiff Z	Node B Rot Stiff Y	Node B Rot Stiff Z	Cable Length	T/C Limit	Mirror	Disable Non-Linear
1	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
2	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
3	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
4	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No

SUPPORTS (kN/m, kN-m/rad)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

B=Both Axes Restraint, N=Negative-Axis Restraint Only, P=Positive-Axis Restraint Only

ID	Node ID	Restraint Code	Direction Code	X Trans Stiffness	Y Trans Stiffness	Z Trans Stiffness	X Rot Stiffness	Y Rot Stiffness	Z Rot Stiffness	Source
1	1	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support
2	5	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support

MATERIALS (MPa, kg/m^3, 10^{-6}/degC)

Shear Modulus is used for members only.
Ex, Ey, Gxy, Gxz, Gyz are used for orthotropic plates only.

ID	Name	Young's Modulus	Shear Modulus	Density	Poisson's Ratio	Thermal Exp. Coeff.	Young's Modulus x	Young's Modulus y	Shear Modulus xy	Shear Modulus xz	Shear Modulus yz	Poisson's Ratio xy
1	Structural Steel	200000.000	Auto	7850.000	0.270	12.000	-	-	-	-	-	Auto

SECTIONS (mm, mm^2, mm^4, deg)

ID	Name	Shape	Material ID	Depth	Width	Shear Area z (STRESS)	Shear Area y (STRESS)	Shear Area z (TIMO)	Shear Area y (TIMO)	Torsion Radius
1	W12x26	W12x26	1	309.880	164.846	2754.012	1736.447	-	-	13.797

ID	Centroid y	Centroid z	Area (A)	y-Axis MoI (Iy)	z-Axis MoI (Iz)	Torsion Constant (J)	Principal Angle	Non Prismatic
1	154.940	82.423	4935.474	7200803.663	84911210.822	124869.428	0.000	N

ID	Area Red. Factor	Iy Red. Factor	Iz Red. Factor	Torsion Constant Red. Factor	Shear Area Y Red. Factor	Shear Area Z Red. Factor
1	-	-	-	-	-	-

POINT LOADS (kN)

ID	Load Group	Node	Member	Position (%)	X Magnitude	Y Magnitude	Z Magnitude
1	DEF	2			1.000	0.000	0.000

MEMBER DISTRIBUTED LOADS (kN/m)

ID	Load Group	Start Position (%)	End Position (%)	Member	Axes	X Start/ End	Y Start/ End	Z Start/ End
1	WT	0%	100%	1	Global	6.150	0.000	0.000
						6.150	0.000	0.000
2	WT	0%	46.66666667%	2	Global	-0.675	0.000	6.735
						-0.675	0.000	6.735
3	WT	46.66666667%	93.33333333%	2	Global	-0.435	0.000	4.305
						-0.435	0.000	4.305
4	WT	93.33333333%	100%	2	Global	-0.315	0.000	3.105
						-0.315	0.000	3.105
5	WT	0%	100%	3	Global	0.315	0.000	3.105
						0.315	0.000	3.105
6	WT	0%	100%	4	Global	3.120	0.000	0.000
						3.120	0.000	0.000
7	L	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-1.944
						0.000	0.000	-1.944
8	L	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-1.944
						0.000	0.000	-1.944
9	D	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-0.600
						0.000	0.000	-0.600
10	D	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-0.600
						0.000	0.000	-0.600
11	WL	0%	100%	1	Global	-5.550	0.000	0.000
						-5.550	0.000	0.000
12	WL	0%	100%	4	Global	5.550	0.000	0.000
						5.550	0.000	0.000
13	WL	0%	100%	2	Global	-0.675	0.000	6.735
						-0.675	0.000	6.735
14	WL	0%	100%	3	Global	0.675	0.000	6.735
						0.675	0.000	6.735

SELF WEIGHT (g's)

Load Group	X Gravity	Y Gravity	Z Gravity
SW1	0.000	0.000	-1.000

LOAD COMBINATIONS

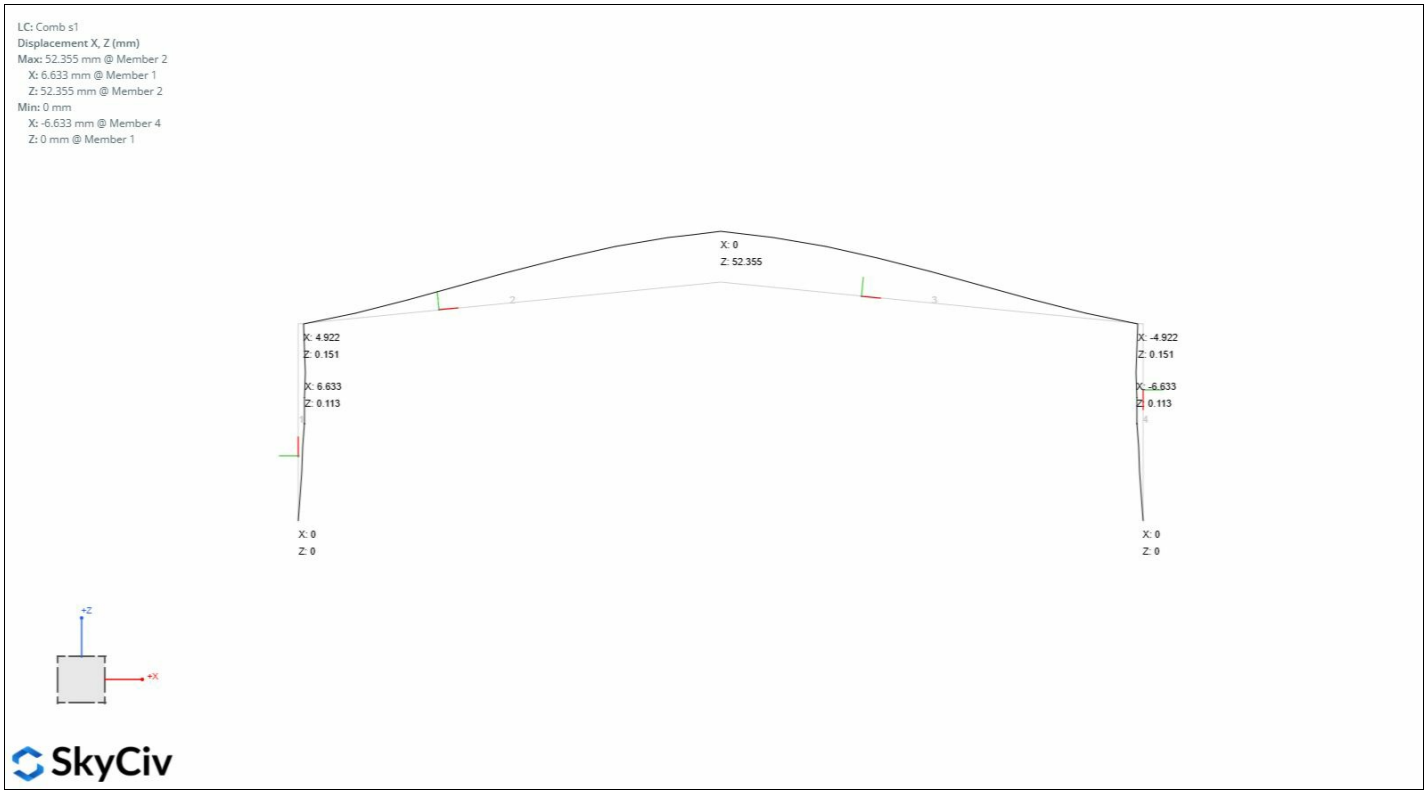
ID	Name	Criteria	D Factor	DEF Factor	L Factor	SW1 Factor	WL Factor	WT Factor
1	Comb 1	Strength	1.400	0	0	1.400	0	0
2	Comb 2	Strength	1.200	0	1.600	1.200	0.800	0
3	Comb 3	Strength	1.200	0	1.600	1.200	0	0.800
4	Comb 4	Strength	1.200	0	0.500	1.200	1.500	0
5	Comb 5	Strength	1.200	0	0.500	1.200	0	1.500
6	Comb s1	Serviceability	1.000	0	0	1.000	1.000	0
7	Comb s2	Serviceability	1.000	0	0	1.000	0	1.000
8	Comb s3	Serviceability	1.000	0	1.000	1.000	0	0
10	Comb 6	Strength	0.900	0	0	0.900	1.500	0
11	Comb 7	Strength	0.900	0	0	0.900	0	1.500
12	def	Strength	0	1.000	0	0	0	0

Bill of Materials

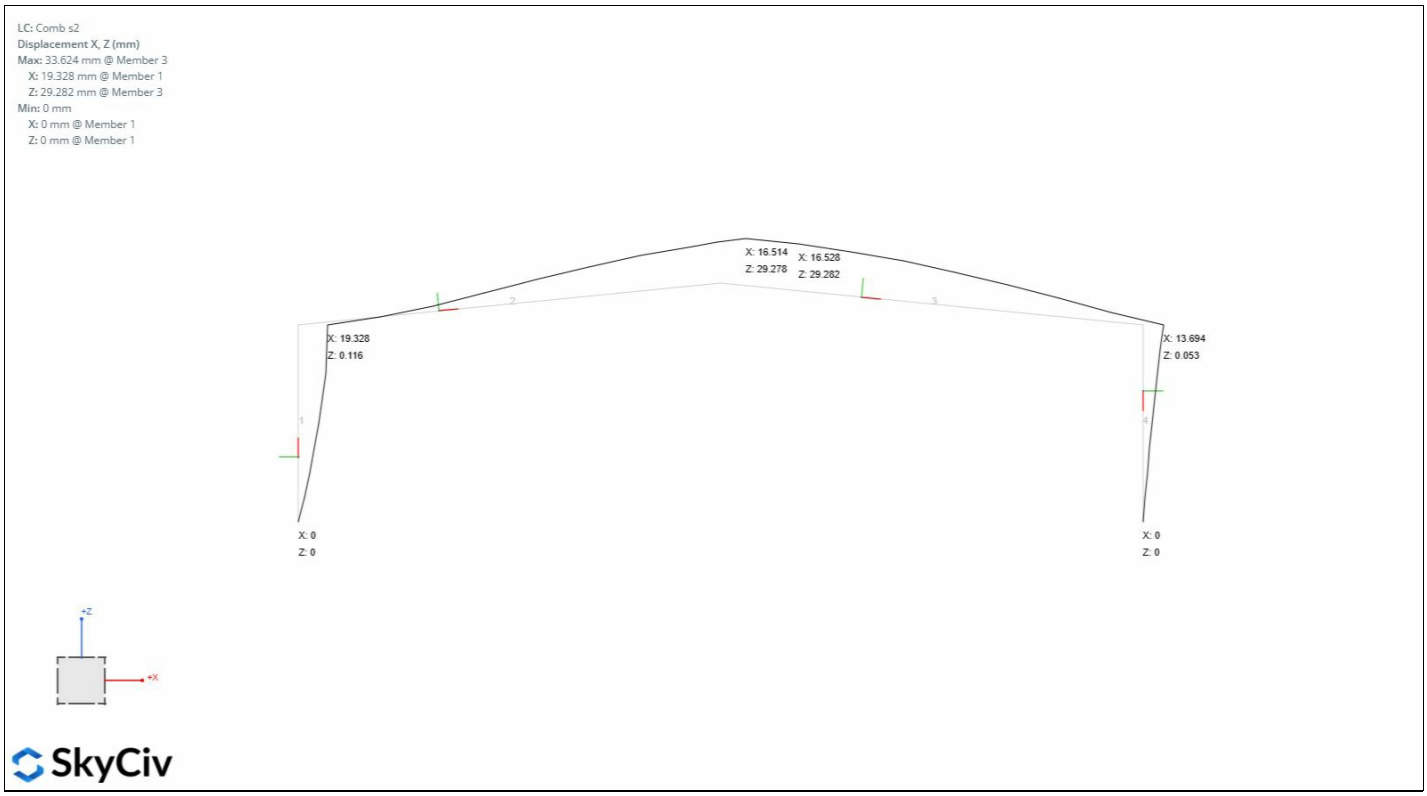
BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS (m, kg)

Section	Material	Quantity	Unit Length	Total Length	Unit Mass	Total Mass
1: W12x26	1: Structural Steel	2	3.500	7.000	135.602	271.204
1: W12x26	1: Structural Steel	2	7.537	15.075	292.025	584.051
						855.255

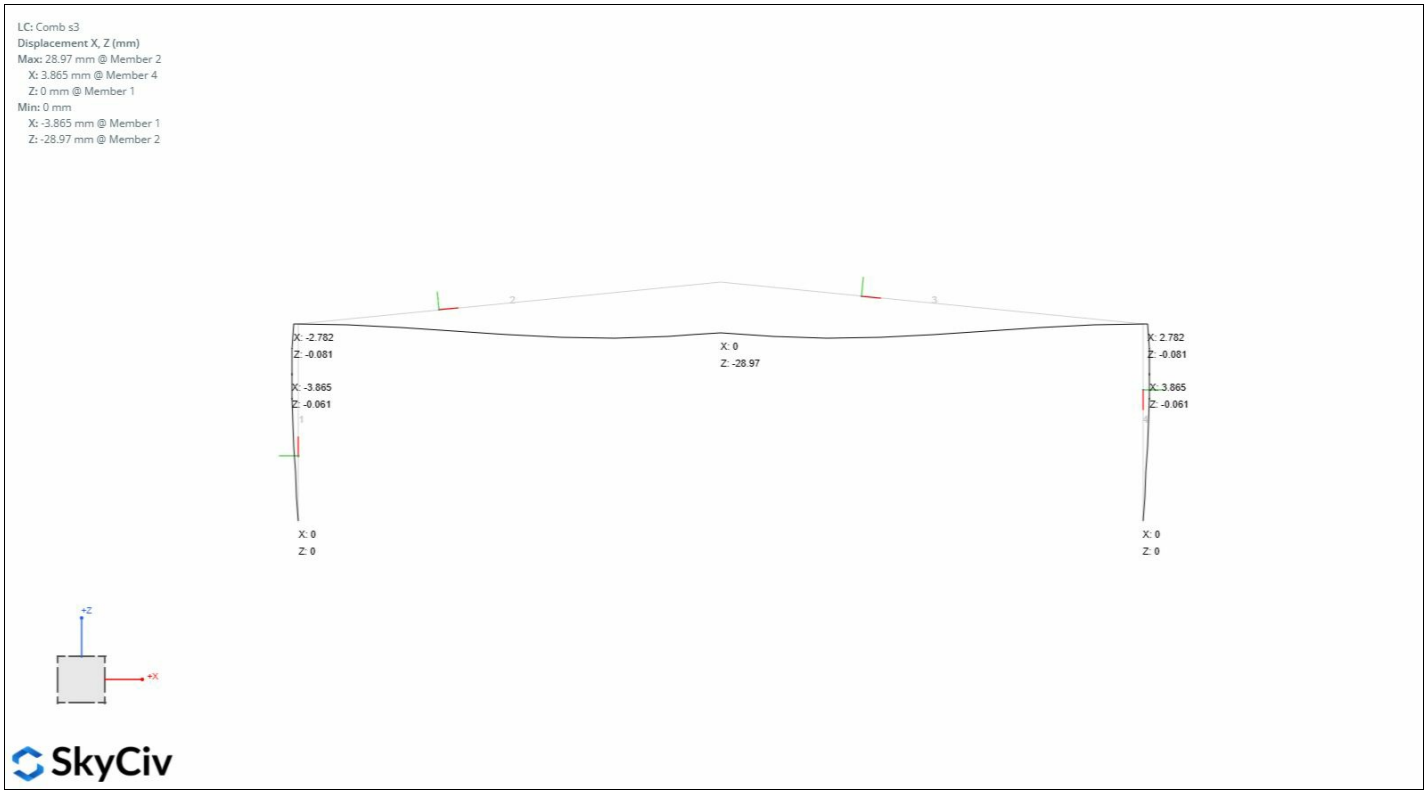
Screenshots



Deformacion modo 1.jpg



Deformacion modo 2.jpg



Deformacion modo 3.jpg

Nodal Results

Load Combination #6: Comb s1 = (D) + (SW1) + (WL)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

L

WT

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-14.887	0.000	-42.048	0.000	0.000	0.000
2	5	14.887	0.000	-42.048	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	0.000	0.000	-84.097			
	Load Sum	0.000	0.000	84.097			
	Equilibrium	0.000	0.000	-0.000			

Load Combination #7: Comb s2 = (D) + (SW1) + (WT)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

L

WL

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-31.283	0.000	-32.072	0.000	0.000	0.000
2	5	0.526	0.000	-14.293	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	-30.757	0.000	-46.365			
	Load Sum	30.757	0.000	46.365			
	Equilibrium	0.000	0.000	0.000			

Load Combination #8: Comb s3 = (D) + (L) + (SW1)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

WL

WT

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	12.880	0.000	23.369	0.000	0.000	0.000
2	5	-12.880	0.000	23.369	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	0.000	0.000	46.738			
	Load Sum	0.000	0.000	-46.738			
	Equilibrium	0.000	0.000	0.000			

Member Results

Load Combination #6: Comb s1 = (D) + (SW1) + (WL)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

L

WT

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
1	0.438	1.641	0.000	0.019	1.641	0.000	0.004	0.000
1	0.875	3.202	0.000	0.037	3.202	0.000	0.003	0.000
1	1.313	4.591	0.000	0.056	4.591	0.000	0.003	0.000
1	1.750	5.704	0.000	0.075	5.705	0.000	0.002	0.000
1	2.188	6.428	0.000	0.094	6.428	0.000	0.001	0.000
1	2.625	6.633	0.000	0.113	6.634	0.000	-0.000	0.000
1	3.063	6.182	0.000	0.132	6.183	0.000	-0.002	0.000
1	3.500	4.922	0.000	0.151	4.925	0.000	-0.004	0.000
2	0.000	4.922	0.000	0.151	4.925	0.000	-0.004	0.000
2	0.942	4.398	0.000	5.760	7.247	0.000	-0.008	0.000
2	1.884	3.606	0.000	14.055	14.511	0.000	-0.010	0.000
2	2.827	2.700	0.000	23.490	23.645	0.000	-0.010	0.000
2	3.517	2.038	0.000	30.383	30.451	0.000	-0.010	0.000
2	3.769	1.807	0.000	32.786	32.836	0.000	-0.009	0.000
2	4.711	1.030	0.000	40.931	40.944	0.000	-0.008	0.000
2	5.653	0.442	0.000	47.180	47.182	0.000	-0.005	0.000
2	6.595	0.092	0.000	51.058	51.058	0.000	-0.003	0.000
2	7.035	0.017	0.000	51.987	51.987	0.000	-0.001	0.000
2	7.537	0.000	0.000	52.355	52.355	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	52.355	52.355	0.000	0.000	0.000
3	0.942	-0.092	0.000	51.058	51.058	0.000	0.003	0.000
3	1.884	-0.442	0.000	47.180	47.182	0.000	0.005	0.000
3	2.827	-1.030	0.000	40.931	40.944	0.000	0.008	0.000
3	3.769	-1.807	0.000	32.786	32.836	0.000	0.009	0.000
3	4.711	-2.700	0.000	23.490	23.645	0.000	0.010	0.000
3	5.653	-3.606	0.000	14.055	14.511	0.000	0.010	0.000
3	6.595	-4.398	0.000	5.760	7.247	0.000	0.008	0.000
3	7.537	-4.922	0.000	0.151	4.925	0.000	0.004	0.000
4	0.000	-4.922	0.000	0.151	4.925	0.000	0.004	0.000
4	0.438	-6.182	0.000	0.132	6.183	0.000	0.002	0.000
4	0.875	-6.633	0.000	0.113	6.634	0.000	0.000	0.000
4	1.313	-6.428	0.000	0.094	6.428	0.000	-0.001	0.000
4	1.750	-5.704	0.000	0.075	5.705	0.000	-0.002	0.000
4	2.188	-4.591	0.000	0.056	4.591	0.000	-0.003	0.000
4	2.625	-3.202	0.000	0.037	3.202	0.000	-0.003	0.000
4	3.063	-1.641	0.000	0.019	1.641	0.000	-0.004	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004	0.000

MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Local X Translation	Local Y Translation	Local Z Translation	Local X Rotation	Local Y Rotation	Local Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004
1	0.438	0.019	-1.641	0.000	0.000	0.000	-0.004
1	0.875	0.037	-3.202	0.000	0.000	0.000	-0.003
1	1.313	0.056	-4.591	0.000	0.000	0.000	-0.003
1	1.750	0.075	-5.704	0.000	0.000	0.000	-0.002
1	2.188	0.094	-6.428	0.000	0.000	0.000	-0.001
1	2.625	0.113	-6.633	0.000	0.000	0.000	0.000
1	3.063	0.132	-6.182	0.000	0.000	0.000	0.002
1	3.500	0.151	-4.922	0.000	0.000	0.000	0.004
2	0.000	4.913	-0.339	0.000	0.000	0.000	0.004
2	0.942	4.950	5.294	0.000	0.000	0.000	0.008
2	1.884	4.987	13.627	0.000	0.000	0.000	0.010
2	2.827	5.024	23.105	0.000	0.000	0.000	0.010
2	3.517	5.051	30.029	0.000	0.000	0.000	0.010
2	3.769	5.061	32.443	0.000	0.000	0.000	0.009
2	4.711	5.098	40.625	0.000	0.000	0.000	0.008
2	5.653	5.135	46.902	0.000	0.000	0.000	0.005
2	6.595	5.172	50.796	0.000	0.000	0.000	0.003
2	7.035	5.190	51.727	0.000	0.000	0.000	0.001
2	7.537	5.210	52.095	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	-5.210	52.095	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.942	-5.172	50.796	0.000	0.000	0.000	-0.003
3	1.884	-5.135	46.902	0.000	0.000	0.000	-0.005
3	2.827	-5.098	40.625	0.000	0.000	0.000	-0.008
3	3.769	-5.061	32.443	0.000	0.000	0.000	-0.009
3	4.711	-5.024	23.105	0.000	0.000	0.000	-0.010
3	5.653	-4.987	13.627	0.000	0.000	0.000	-0.010
3	6.595	-4.950	5.294	0.000	0.000	0.000	-0.008
3	7.537	-4.913	-0.339	0.000	0.000	0.000	-0.004
4	0.000	-0.151	-4.922	0.000	0.000	0.000	-0.004
4	0.438	-0.132	-6.182	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	0.875	-0.113	-6.633	0.000	0.000	0.000	-0.000
4	1.313	-0.094	-6.428	0.000	0.000	0.000	0.001
4	1.750	-0.075	-5.704	0.000	0.000	0.000	0.002
4	2.188	-0.056	-4.591	0.000	0.000	0.000	0.003
4	2.625	-0.037	-3.202	0.000	0.000	0.000	0.003
4	3.063	-0.019	-1.641	0.000	0.000	0.000	0.004
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004

Load Combination #7: Comb s2 = (D) + (SW1) + (WT)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

L

WL

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000
1	0.438	3.753	0.000	0.014	3.753	0.000	0.008	0.000
1	0.875	7.360	0.000	0.029	7.360	0.000	0.008	0.000
1	1.313	10.686	0.000	0.043	10.686	0.000	0.007	0.000
1	1.750	13.609	0.000	0.057	13.610	0.000	0.006	0.000
1	2.188	16.023	0.000	0.072	16.024	0.000	0.005	0.000
1	2.625	17.833	0.000	0.087	17.833	0.000	0.003	0.000
1	3.063	18.957	0.000	0.101	18.957	0.000	0.002	0.000
1	3.500	19.328	0.000	0.116	19.328	0.000	-0.000	0.000
2	0.000	19.328	0.000	0.116	19.328	0.000	-0.000	0.000
2	0.942	19.173	0.000	1.788	19.256	0.000	-0.003	0.000
2	1.884	18.787	0.000	5.770	19.654	0.000	-0.005	0.000
2	2.827	18.289	0.000	10.883	21.282	0.000	-0.006	0.000
2	3.517	17.905	0.000	14.812	23.238	0.000	-0.006	0.000
2	3.769	17.769	0.000	16.214	24.054	0.000	-0.006	0.000
2	4.711	17.292	0.000	21.106	27.285	0.000	-0.005	0.000
2	5.653	16.906	0.000	25.095	30.258	0.000	-0.004	0.000
2	6.595	16.642	0.000	27.870	32.461	0.000	-0.002	0.000
2	7.035	16.565	0.000	28.701	33.138	0.000	-0.002	0.000
2	7.537	16.514	0.000	29.278	33.614	0.000	-0.001	0.000
3	0.000	16.514	0.000	29.278	33.614	0.000	-0.001	0.000
3	0.942	16.528	0.000	29.282	33.624	0.000	0.001	0.000
3	1.884	16.400	0.000	27.869	32.336	0.000	0.002	0.000
3	2.827	16.136	0.000	25.102	29.841	0.000	0.004	0.000
3	3.769	15.753	0.000	21.141	26.365	0.000	0.005	0.000
3	4.711	15.276	0.000	16.247	22.301	0.000	0.006	0.000
3	5.653	14.742	0.000	10.779	18.262	0.000	0.006	0.000
3	6.595	14.196	0.000	5.195	15.117	0.000	0.006	0.000
3	7.537	13.694	0.000	0.053	13.694	0.000	0.005	0.000
4	0.000	13.694	0.000	0.053	13.694	0.000	0.005	0.000
4	0.438	11.605	0.000	0.046	11.605	0.000	0.005	0.000
4	0.875	9.700	0.000	0.039	9.700	0.000	0.004	0.000
4	1.313	7.932	0.000	0.033	7.932	0.000	0.004	0.000
4	1.750	6.261	0.000	0.026	6.262	0.000	0.004	0.000
4	2.188	4.656	0.000	0.019	4.656	0.000	0.004	0.000
4	2.625	3.089	0.000	0.013	3.089	0.000	0.004	0.000
4	3.063	1.541	0.000	0.006	1.541	0.000	0.004	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000

MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Local X Translation	Local Y Translation	Local Z Translation	Local X Rotation	Local Y Rotation	Local Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.009
1	0.438	0.014	-3.753	0.000	0.000	0.000	-0.008
1	0.875	0.029	-7.360	0.000	0.000	0.000	-0.008
1	1.313	0.043	-10.686	0.000	0.000	0.000	-0.007
1	1.750	0.057	-13.609	0.000	0.000	0.000	-0.006
1	2.188	0.072	-16.023	0.000	0.000	0.000	-0.005
1	2.625	0.087	-17.833	0.000	0.000	0.000	-0.003
1	3.063	0.101	-18.957	0.000	0.000	0.000	-0.002
1	3.500	0.116	-19.328	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	19.243	-1.808	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.942	19.256	-0.129	0.000	0.000	0.000	0.003
2	1.884	19.268	3.872	0.000	0.000	0.000	0.005
2	2.827	19.281	9.009	0.000	0.000	0.000	0.006
2	3.517	19.290	12.957	0.000	0.000	0.000	0.006
2	3.769	19.294	14.365	0.000	0.000	0.000	0.006
2	4.711	19.307	19.281	0.000	0.000	0.000	0.005
2	5.653	19.320	23.288	0.000	0.000	0.000	0.004
2	6.595	19.333	26.076	0.000	0.000	0.000	0.002
2	7.035	19.339	26.910	0.000	0.000	0.000	0.002
2	7.537	19.346	27.490	0.000	0.000	0.000	0.001
3	0.000	13.519	30.776	0.000	0.000	0.000	0.001
3	0.942	13.532	30.781	0.000	0.000	0.000	-0.001
3	1.884	13.545	29.363	0.000	0.000	0.000	-0.002
3	2.827	13.558	26.583	0.000	0.000	0.000	-0.004
3	3.769	13.571	22.604	0.000	0.000	0.000	-0.005
3	4.711	13.583	17.687	0.000	0.000	0.000	-0.006
3	5.653	13.596	12.193	0.000	0.000	0.000	-0.006
3	6.595	13.608	6.582	0.000	0.000	0.000	-0.006
3	7.537	13.621	1.415	0.000	0.000	0.000	-0.005
4	0.000	-0.053	13.694	0.000	0.000	0.000	-0.005
4	0.438	-0.046	11.605	0.000	0.000	0.000	-0.005
4	0.875	-0.039	9.700	0.000	0.000	0.000	-0.004
4	1.313	-0.033	7.932	0.000	0.000	0.000	-0.004
4	1.750	-0.026	6.261	0.000	0.000	0.000	-0.004
4	2.188	-0.019	4.656	0.000	0.000	0.000	-0.004
4	2.625	-0.013	3.089	0.000	0.000	0.000	-0.004
4	3.063	-0.006	1.541	0.000	0.000	0.000	-0.004
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.004

Load Combination #8: Comb s3 = (D) + (L) + (SW1)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

WL

WT

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

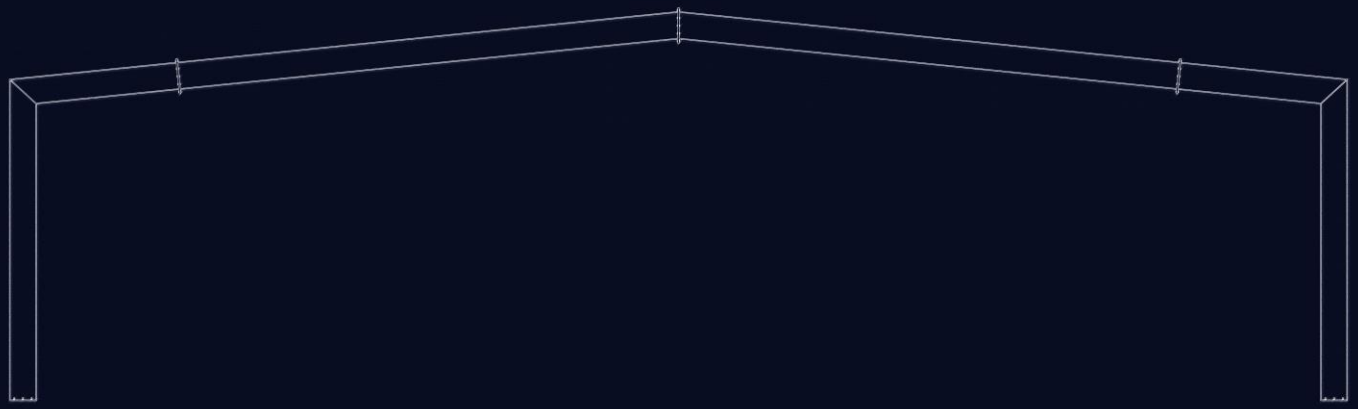
= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002	0.000
1	0.438	-1.015	0.000	-0.010	1.015	0.000	-0.002	0.000
1	0.875	-1.966	0.000	-0.021	1.966	0.000	-0.002	0.000
1	1.313	-2.790	0.000	-0.031	2.790	0.000	-0.002	0.000
1	1.750	-3.424	0.000	-0.041	3.424	0.000	-0.001	0.000
1	2.188	-3.803	0.000	-0.051	3.803	0.000	-0.001	0.000
1	2.625	-3.865	0.000	-0.061	3.865	0.000	0.000	0.000
1	3.063	-3.546	0.000	-0.071	3.547	0.000	0.001	0.000
1	3.500	-2.782	0.000	-0.081	2.783	0.000	0.002	0.000
2	0.000	-2.782	0.000	-0.081	2.783	0.000	0.002	0.000
2	0.942	-2.480	0.000	-3.249	4.087	0.000	0.004	0.000
2	1.884	-2.036	0.000	-7.830	8.090	0.000	0.005	0.000
2	2.827	-1.531	0.000	-13.011	13.101	0.000	0.006	0.000
2	3.517	-1.163	0.000	-16.796	16.836	0.000	0.005	0.000
2	3.769	-1.034	0.000	-18.117	18.146	0.000	0.005	0.000
2	4.711	-0.598	0.000	-22.606	22.614	0.000	0.004	0.000
2	5.653	-0.265	0.000	-26.071	26.072	0.000	0.003	0.000
2	6.595	-0.061	0.000	-28.238	28.238	0.000	0.002	0.000
2	7.035	-0.014	0.000	-28.762	28.762	0.000	0.001	0.000
2	7.537	0.000	0.000	-28.970	28.970	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	-28.970	28.970	0.000	0.000	0.000
3	0.942	0.061	0.000	-28.238	28.238	0.000	-0.002	0.000
3	1.884	0.265	0.000	-26.071	26.072	0.000	-0.003	0.000
3	2.827	0.598	0.000	-22.606	22.614	0.000	-0.004	0.000
3	3.769	1.034	0.000	-18.117	18.146	0.000	-0.005	0.000
3	4.711	1.531	0.000	-13.011	13.101	0.000	-0.006	0.000
3	5.653	2.036	0.000	-7.830	8.090	0.000	-0.005	0.000
3	6.595	2.480	0.000	-3.249	4.087	0.000	-0.004	0.000
3	7.537	2.782	0.000	-0.081	2.783	0.000	-0.002	0.000
4	0.000	2.782	0.000	-0.081	2.783	0.000	-0.002	0.000
4	0.438	3.546	0.000	-0.071	3.547	0.000	-0.001	0.000
4	0.875	3.865	0.000	-0.061	3.865	0.000	-0.000	0.000
4	1.313	3.803	0.000	-0.051	3.803	0.000	0.001	0.000
4	1.750	3.424	0.000	-0.041	3.424	0.000	0.001	0.000
4	2.188	2.790	0.000	-0.031	2.790	0.000	0.002	0.000
4	2.625	1.966	0.000	-0.021	1.966	0.000	0.002	0.000
4	3.063	1.015	0.000	-0.010	1.015	0.000	0.002	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000

MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Local X Translation	Local Y Translation	Local Z Translation	Local X Rotation	Local Y Rotation	Local Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
1	0.438	-0.010	1.015	0.000	0.000	0.000	0.002
1	0.875	-0.021	1.966	0.000	0.000	0.000	0.002
1	1.313	-0.031	2.790	0.000	0.000	0.000	0.002
1	1.750	-0.041	3.424	0.000	0.000	0.000	0.001
1	2.188	-0.051	3.803	0.000	0.000	0.000	0.001
1	2.625	-0.061	3.865	0.000	0.000	0.000	-0.000
1	3.063	-0.071	3.546	0.000	0.000	0.000	-0.001
1	3.500	-0.081	2.782	0.000	0.000	0.000	-0.002
2	0.000	-2.776	0.197	0.000	0.000	0.000	-0.002
2	0.942	-2.791	-2.987	0.000	0.000	0.000	-0.004
2	1.884	-2.805	-7.588	0.000	0.000	0.000	-0.005
2	2.827	-2.818	-12.794	0.000	0.000	0.000	-0.006
2	3.517	-2.828	-16.597	0.000	0.000	0.000	-0.005
2	3.769	-2.832	-17.924	0.000	0.000	0.000	-0.005
2	4.711	-2.845	-22.434	0.000	0.000	0.000	-0.004
2	5.653	-2.858	-25.915	0.000	0.000	0.000	-0.003
2	6.595	-2.870	-28.092	0.000	0.000	0.000	-0.002
2	7.035	-2.876	-28.618	0.000	0.000	0.000	-0.001
2	7.537	-2.883	-28.826	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	2.883	-28.826	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.942	2.870	-28.092	0.000	0.000	0.000	0.002
3	1.884	2.858	-25.915	0.000	0.000	0.000	0.003
3	2.827	2.845	-22.434	0.000	0.000	0.000	0.004
3	3.769	2.832	-17.924	0.000	0.000	0.000	0.005
3	4.711	2.818	-12.794	0.000	0.000	0.000	0.006
3	5.653	2.805	-7.588	0.000	0.000	0.000	0.005
3	6.595	2.791	-2.987	0.000	0.000	0.000	0.004
3	7.537	2.776	0.197	0.000	0.000	0.000	0.002
4	0.000	0.081	2.782	0.000	0.000	0.000	0.002
4	0.438	0.071	3.546	0.000	0.000	0.000	0.001
4	0.875	0.061	3.865	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1.313	0.051	3.803	0.000	0.000	0.000	-0.001
4	1.750	0.041	3.424	0.000	0.000	0.000	-0.001
4	2.188	0.031	2.790	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	2.625	0.021	1.966	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	3.063	0.010	1.015	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002



DIMENSIONAMIENTO

Estructura Alma Llena

Rodrigo Martos
ANEXOS

::
REPORTE DEL ELEMENTO 1
::

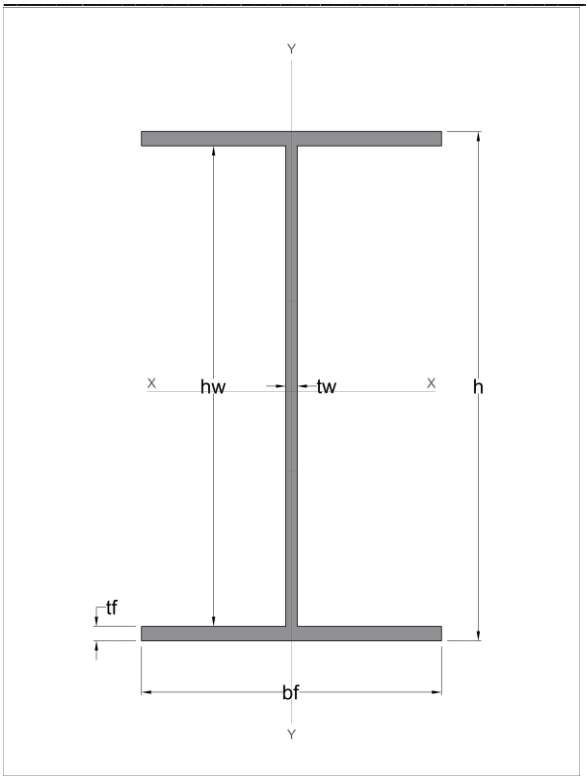
Propiedades del material

Material: ACERO F36
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 355.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 490.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion: I
Designacion: W12x26

Dimensiones de la seccion transversal

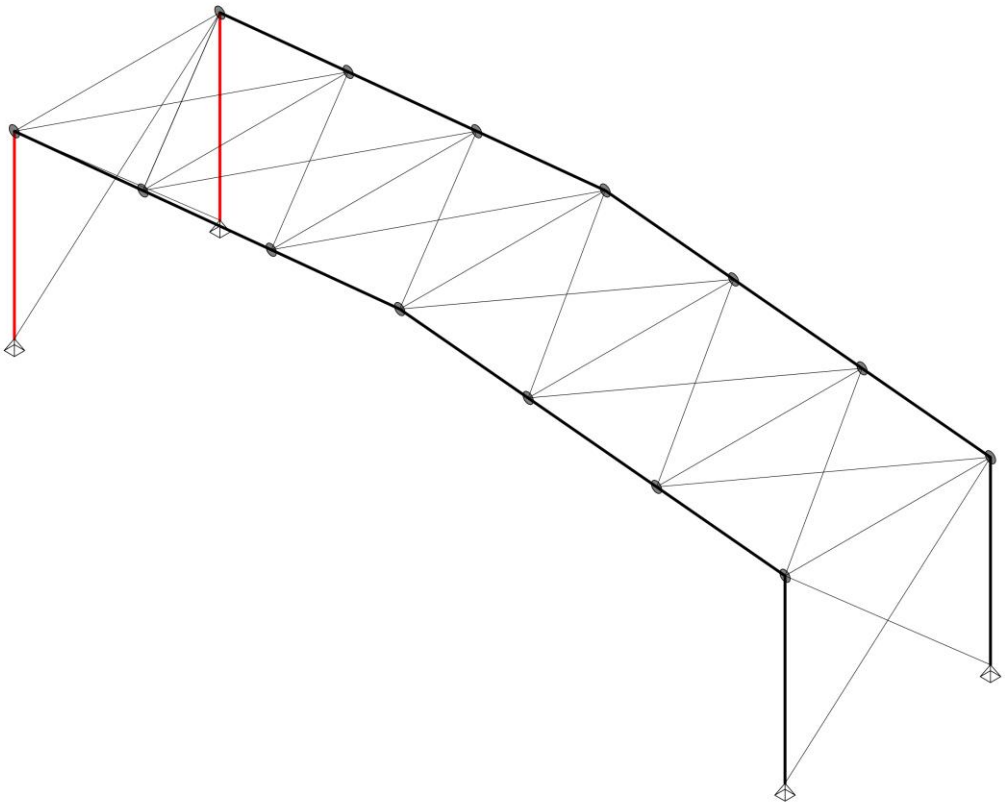


Altura total h: 31.00 cm
Altura del alma hw: 29.06 cm
Espesor del alma tw: 0.58 cm
Ancho del ala superior tbf: 16.50 cm
Espesor del ala superior ttf: 0.97 cm
Ancho del ala inferior bbf: 16.50 cm
Espesor del ala inferior btf: 0.97 cm

Propiedades de la seccion transversal

Area del alma Aw: 16.85 cm^2
Area del ala Af: 16.00 cm^2
Area bruta Ag: 48.86 cm^2
Area efectiva Ae: 46.42 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 8405.31 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 726.70 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.12 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.86 cm
Modulo plastico respecto al eje fuerte Zx: 603.08 cm^3
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 542.28 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 88.08 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 174589.52 cm^6
Modulo de torsion J: 11.93 cm^4

Parametros de diseño



Longitud del elemento L: 350.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 350.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 350.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 350.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00

Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*350.00)/13.12 = 26.69
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*350.00)/3.86 = 90.76
Esbeltez global del elemento λ = max([λx , λy])
λ = max([26.69 , 90.76]) = 90.76

Esbelteces locales

Esbeltez del ala λf = (bf)/(2*tf)
λf = (16.50)/(2*0.97) = 8.51
Esbeltez del alma λw = (hw)/(tw)
λw = (29.06)/(0.58) = 50.10

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 1
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

Esfuerzo de traccion

Tu: 69.50 kN

Esfuerzo de compresion

Pu: 23.37 kN

Esfuerzo de flexion

Mux: 138.22 kNm
Muy: 0.00 kNm

Esfuerzo de corte

Vux: 0.00 kN
Vuy: 54.86 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 1
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.
(2)Rotura en el area neta.

Td = min([Tu_1 , Tu_2])

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(3)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(4)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(5)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_3 , Pu_4 , Pu_5])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(6)Plastificacion.
(7)Pandeo lateral torsional (LTB).
(8)Pandeo local del ala (LTB).
(9)Pandeo local del alma (LWB).

Mdx = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8 , Mu_9])

Respecto al eje debil
(10)Fluencia.

Mdy = Mu_10

_____
Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn
_____

En la direccion del eje fuerte
(11)Plastificacion o pandeo local del ala.

Vdx = Vu_11

En la direccion del eje debil
(12)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_12

_____
Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1
_____

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
::

ESBELTEZ LIMITE
Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300
Esbeltez global del elemento λ = 90.76
90.76 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_1 = 0.90
Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 355.00*48.86*(10)^-1 = 1734.70 kN
Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*1734.70 = 1561.23 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_2 = 0.75
Tn_2 = Fu*Ae*(10)^-1 = 490.00*46.42*(10)^-1 = 2274.66 kN
Tu_2 = ϕt_2*Tn_2 = 0.75*2274.66 = 1705.99 kN

Td = min([Tu_1 , Tu_2]) = min([1561.23 , 1705.99]) = 1561.23 kN

Tu / Td = 69.50 / 1561.23 = 0.04 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE
Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200
Esbeltez global del elemento λ = 90.76
90.76 <= 200 VERIFICA

ESBELTEZ LOCAL
Esbeltez limite del ala a compresion λr = 250/(Fy)^0.5 = 250/(355.00)^0.5 = 13.27
Esbeltez del ala λf = bf/(2*tf) = 16.50/(2*0.97) = 8.51
Esbeltez limite del alma a compresion λr = 665/(Fy)^0.5 = 665/(355.00)^0.5 = 35.29
Esbeltez del alma λw = hw/tw = 29.06/0.58 = 50.10
λf <= λr & λw > λr
8.51 <= 13.27 & 50.10 > 35.29
La seccion no puede desarrollar Fy en todos sus elementos debido a que el alma no es compacta.

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE
λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*350.00)/13.12 = 26.69
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/26.69^2 = 2771.73 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/2771.73)^0.5 = 0.36
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.36)^2)*355.00 = 263.10 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 263.10*48.86*(10)^-1 = 1285.63 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*1285.63 = 1092.79 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*350.00)/3.86 = 90.76
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/90.76^2 = 239.64 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/239.64)^0.5 = 1.22
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.22)^2)*355.00 = 128.16 MPa
ϕc_4 = 0.85

Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 128.16*48.86*(10)^-1 = 626.24 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*626.24 = 532.30 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*174589.52)/(1.00*350.00)^2 + 77000.00*11.93)*(1/(8405.31+726.70)) = 408.65 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/408.65)^0.5 = 0.93
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.93)^2)*355.00 = 162.70 MPa
ϕc_5 = 0.85
Pn_5 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 162.70*48.86*(10)^-1 = 795.03 kN
Pu_5 = ϕc_5*Pn_5 = 0.85*795.03 = 675.77 kN

Pd = min([Pu_3 , Pu_4 , Pu_5]) = min([1092.79 , 532.30 , 675.77]) = 532.30 kN

Pu / Pd = 23.37 / 532.30 = 0.04 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

ESBELTEZ LOCAL
Esbelteces limites del ala a flexion:
λp = 170/(Fy)^0.5 = 170/(355.00)^0.5 = 9.02
λr = 370/(Fy-69)^0.5 = 370/(355.00-69)^0.5 = 21.88
Esbeltez del ala λf = bf/(2*tf) = 16.50/(2*0.97) = 8.51
Esbelteces limites del alma a flexion:
λp = 1680/(Fy)^0.5 = 1680/(355.00)^0.5 = 89.17
λr = 2550/(Fy)^0.5 = 2550/(355.00)^0.5 = 135.34
Esbeltez del alma λw = hw/tw = 29.06/0.58 = 50.10
λf <= λp & λw <= λp
8.51 <= 9.02 & 50.10 <= 89.17
La seccion es COMPACTA.

PLASTIFICACION
ϕb_6 = 0.90
Mn_6 = Fy*Zx*(10)^-3 = 355.00*603.08*(10)^-3 = 214.09 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lp = 146.45 cm
Lr = 366.92 cm
Lb = 350.00 cm
ϕb_7 = 0.90
Lp < Lb <= Lr
146.45 < 350.00 <= 366.92
Mn_7 = (Mp - (Mp-Mr)*((Lb-Lp)/(Lr-Lp))) = (214.09 - (214.09-192.51)*((350.00-146.45)/(366.92-146.45))) = 194.17 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*194.17 = 174.75 kNm

PANDEO DEL ALA (FLB)
λp = 9.02
λr = 21.88
λf = 8.51
ϕb_8 = 0.90
λf <= λp
8.51 <= 9.02
Mn_8 = Mp = 214.09 kNm
Mu_8 = ϕb_8*Mn_8 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

PANDEO DEL ALMA (WLB)

λp = 89.17
λr = 135.34
λw = 50.10
ϕb_9 = 0.90
λw <= λp
50.10 <= 89.17
Mn_9 = Mp = 214.09 kNm
Mu_9 = ϕb_9*Mn_9 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

Mdx = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8 , Mu_9]) = min([192.68 , 174.75 , 192.68 , 192.68]) = 174.75 kNm

Mux / Mdx = 138.22 / 174.75 = 0.79 < 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_10 = 0.90
Mn_10 = Fy*Wy*(10)^-3 = 355.00*88.08*(10)^-3 = 31.27 kNm
Mu_10 = ϕb_10*Mn_10 = 0.90*31.27 = 28.14 kNm

Mdy = Mu_10 = 28.14 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 28.14 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_11 = 0.90
λf = 8.51
λf <= 1100/(Fy)^0.5
8.51 <= 58.38
Vn_11 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*355.00*32.01*(10)^-1 = 681.81 kN
Vu_11 = ϕs_11*Vn_11 = 0.90*681.81 = 613.63 kN

Vdx = Vu_11 = 613.63 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 613.63 = 0.00 < 1 VERIFICA

EN DIRECCION Y
ϕs_12 = 0.90
λw = 50.10
λw <= 1100/(Fy)^0.5
50.10 <= 58.38
Vn_12 = 0.6*Fy*Aw*(10)^-1 = 0.6*355.00*16.85*(10)^-1 = 359.01 kN
Vu_12 = ϕs_12*Vn_12 = 0.90*359.01 = 323.11 kN

Vdy = Vu_12 = 323.11 kN

Vuy / Vdy = 54.86 / 323.11 = 0.17 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td = 69.50/1561.23 = 0.04
0.04 < 0.2
(1/2)*(Tu/Td) + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
(1/2)*(0.04) + 138.22/174.75 + 0.00/28.14 = 0.81 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd = 23.37/532.30 = 0.04
0.04 < 0.2
(1/2)*(Pu/Pd) + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
(1/2)*(0.04) + 138.22/174.75 + 0.00/28.14 = 0.81 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 1
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.045	0.044	0.791	0.000	0.000	0.170	0.813	0.813

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 2
::

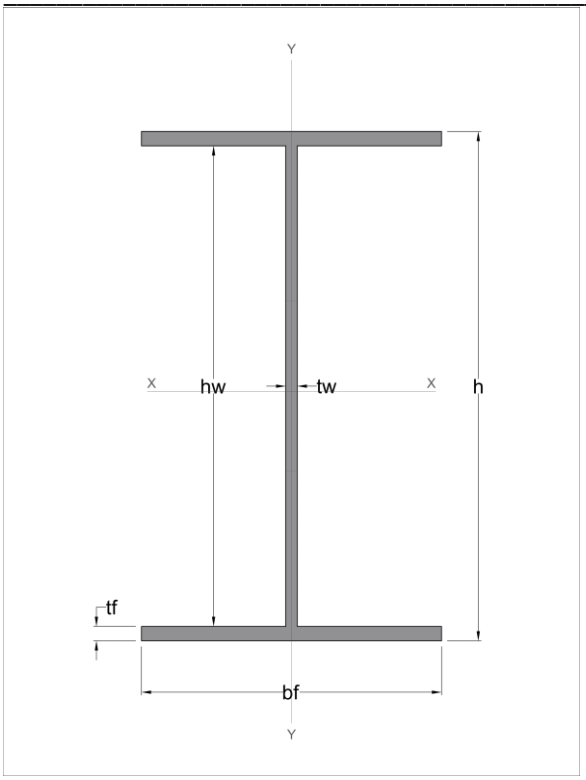
Propiedades del material

Material: ACERO F36
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 355.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 490.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion: I
Designacion: W12x26

Dimensiones de la seccion transversal

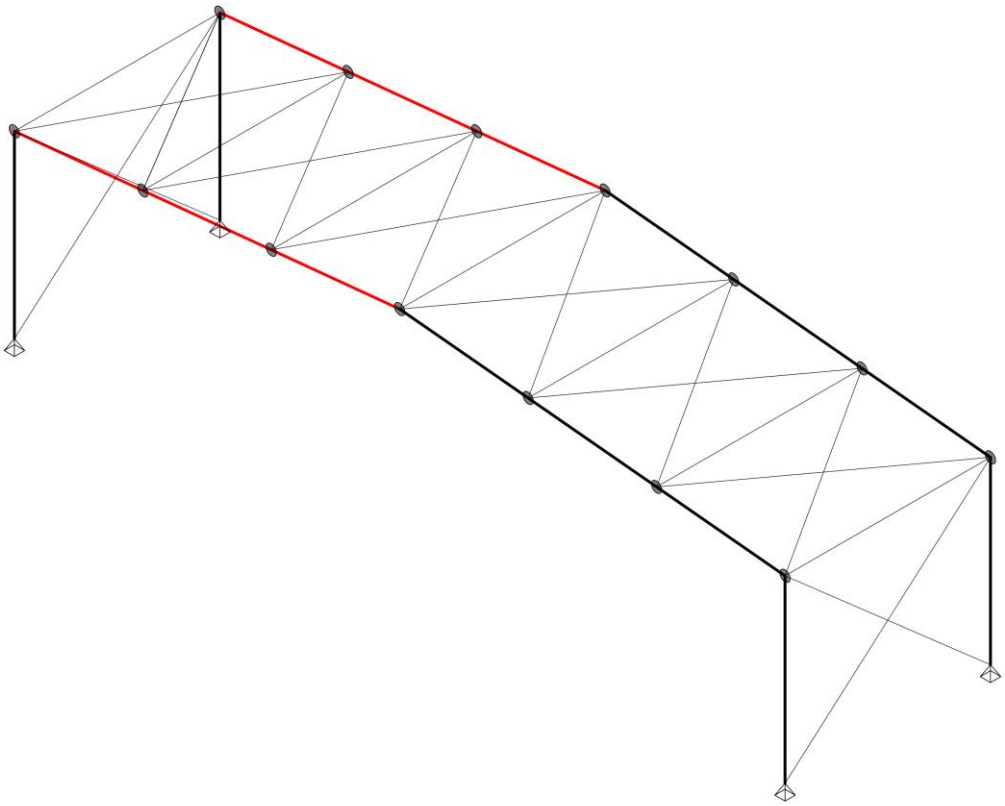


Altura total h: 31.00 cm
Altura del alma hw: 29.06 cm
Espesor del alma tw: 0.58 cm
Ancho del ala superior tbf: 16.50 cm
Espesor del ala superior ttf: 0.97 cm
Ancho del ala inferior bbf: 16.50 cm
Espesor del ala inferior btf: 0.97 cm

Propiedades de la seccion transversal

Area del alma Aw: 16.85 cm^2
Area del ala Af: 16.00 cm^2
Area bruta Ag: 48.86 cm^2
Area efectiva Ae: 46.42 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 8405.31 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 726.70 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.12 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.86 cm
Modulo plastico respecto al eje fuerte Zx: 603.08 cm^3
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 542.28 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 88.08 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 174589.52 cm^6
Modulo de torsion J: 11.93 cm^4

Parametros de diseño



Longitud del elemento L: 750.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 2
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 2
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 750.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 250.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 250.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00

Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*750.00)/13.12 = 57.19
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*250.00)/3.86 = 64.83
Esbeltez global del elemento λ = max([λx , λy])
λ = max([57.19 , 64.83]) = 64.83

Esbelteces locales

Esbeltez del ala λf = (bf)/(2*tf)
λf = (16.50)/(2*0.97) = 8.51
Esbeltez del alma λw = (hw)/(tw)
λw = (29.06)/(0.58) = 50.10

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 2
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

Esfuerzo de traccion

Tu: 68.79 kN

Esfuerzo de compresion

Pu: 15.01 kN

Esfuerzo de flexion

Mux: 138.22 kNm
Muy: 0.00 kNm

Esfuerzo de corte

Vux: 0.00 kN
Vuy: 63.77 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 2
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.
(2)Rotura en el area neta.

Td = min([Tu_1 , Tu_2])

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(3)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(4)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(5)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_3 , Pu_4 , Pu_5])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(6)Plastificacion.
(7)Pandeo lateral torsional (LTB).
(8)Pandeo local del ala (LTB).
(9)Pandeo local del alma (LWB).

Mdx = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8 , Mu_9])

Respecto al eje debil
(10)Fluencia.

Mdy = Mu_10

_____
Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn
_____

En la direccion del eje fuerte
(11)Plastificacion o pandeo local del ala.

Vdx = Vu_11

En la direccion del eje debil
(12)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_12

_____
Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1
_____

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
::

ESBELTEZ LIMITE
Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300
Esbeltez global del elemento λ = 64.83
64.83 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_1 = 0.90
Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 355.00*48.86*(10)^-1 = 1734.70 kN
Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*1734.70 = 1561.23 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_2 = 0.75
Tn_2 = Fu*Ae*(10)^-1 = 490.00*46.42*(10)^-1 = 2274.66 kN
Tu_2 = ϕt_2*Tn_2 = 0.75*2274.66 = 1705.99 kN

Td = min([Tu_1 , Tu_2]) = min([1561.23 , 1705.99]) = 1561.23 kN

Tu / Td = 68.79 / 1561.23 = 0.04 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE
Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200
Esbeltez global del elemento λ = 64.83
64.83 <= 200 VERIFICA

ESBELTEZ LOCAL
Esbeltez limite del ala a compresion λr = 250/(Fy)^0.5 = 250/(355.00)^0.5 = 13.27
Esbeltez del ala λf = bf/(2*tf) = 16.50/(2*0.97) = 8.51
Esbeltez limite del alma a compresion λr = 665/(Fy)^0.5 = 665/(355.00)^0.5 = 35.29
Esbeltez del alma λw = hw/tw = 29.06/0.58 = 50.10
λf <= λr & λw > λr
8.51 <= 13.27 & 50.10 > 35.29
La seccion no puede desarrollar Fy en todos sus elementos debido a que el alma no es compacta.

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE
λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*750.00)/13.12 = 57.19
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/57.19^2 = 603.62 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/603.62)^0.5 = 0.77
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.77)^2)*355.00 = 186.82 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 186.82*48.86*(10)^-1 = 912.90 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*912.90 = 775.97 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*250.00)/3.86 = 64.83
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/64.83^2 = 469.69 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/469.69)^0.5 = 0.87
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.87)^2)*355.00 = 171.46 MPa
ϕc_4 = 0.85

Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 171.46*48.86*(10)^-1 = 837.84 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*837.84 = 712.17 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*174589.52)/(1.00*250.00)^2 + 77000.00*11.93)*(1/(8405.31+726.70)) = 704.40 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/704.40)^0.5 = 0.71
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.71)^2)*355.00 = 195.95 MPa
ϕc_5 = 0.85
Pn_5 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 195.95*48.86*(10)^-1 = 957.50 kN
Pu_5 = ϕc_5*Pn_5 = 0.85*957.50 = 813.87 kN

Pd = min([Pu_3 , Pu_4 , Pu_5]) = min([775.97 , 712.17 , 813.87]) = 712.17 kN

Pu / Pd = 15.01 / 712.17 = 0.02 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

ESBELTEZ LOCAL
Esbelteces limites del ala a flexion:
λp = 170/(Fy)^0.5 = 170/(355.00)^0.5 = 9.02
λr = 370/(Fy-69)^0.5 = 370/(355.00-69)^0.5 = 21.88
Esbeltez del ala λf = bf/(2*tf) = 16.50/(2*0.97) = 8.51
Esbelteces limites del alma a flexion:
λp = 1680/(Fy)^0.5 = 1680/(355.00)^0.5 = 89.17
λr = 2550/(Fy)^0.5 = 2550/(355.00)^0.5 = 135.34
Esbeltez del alma λw = hw/tw = 29.06/0.58 = 50.10
λf <= λp & λw <= λp
8.51 <= 9.02 & 50.10 <= 89.17
La seccion es COMPACTA.

PLASTIFICACION
ϕb_6 = 0.90
Mn_6 = Fy*Zx*(10)^-3 = 355.00*603.08*(10)^-3 = 214.09 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lp = 146.45 cm
Lr = 366.92 cm
Lb = 250.00 cm
ϕb_7 = 0.90
Lp < Lb <= Lr
146.45 < 250.00 <= 366.92
Mn_7 = (Mp - (Mp-Mr)*((Lb-Lp)/(Lr-Lp))) = (214.09 - (214.09-192.51)*((250.00-146.45)/(366.92-146.45))) = 203.96 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*203.96 = 183.56 kNm

PANDEO DEL ALA (FLB)
λp = 9.02
λr = 21.88
λf = 8.51
ϕb_8 = 0.90
λf <= λp
8.51 <= 9.02
Mn_8 = Mp = 214.09 kNm
Mu_8 = ϕb_8*Mn_8 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

PANDEO DEL ALMA (WLB)

λp = 89.17
λr = 135.34
λw = 50.10
ϕb_9 = 0.90
λw <= λp
50.10 <= 89.17
Mn_9 = Mp = 214.09 kNm
Mu_9 = ϕb_9*Mn_9 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

Mdx = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8 , Mu_9]) = min([192.68 , 183.56 , 192.68 , 192.68]) = 183.56 kNm

Mux / Mdx = 138.22 / 183.56 = 0.75 < 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_10 = 0.90
Mn_10 = Fy*Wy*(10)^-3 = 355.00*88.08*(10)^-3 = 31.27 kNm
Mu_10 = ϕb_10*Mn_10 = 0.90*31.27 = 28.14 kNm

Mdy = Mu_10 = 28.14 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 28.14 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_11 = 0.90
λf = 8.51
λf <= 1100/(Fy)^0.5
8.51 <= 58.38
Vn_11 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*355.00*32.01*(10)^-1 = 681.81 kN
Vu_11 = ϕs_11*Vn_11 = 0.90*681.81 = 613.63 kN

Vdx = Vu_11 = 613.63 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 613.63 = 0.00 < 1 VERIFICA

EN DIRECCION Y
ϕs_12 = 0.90
λw = 50.10
λw <= 1100/(Fy)^0.5
50.10 <= 58.38
Vn_12 = 0.6*Fy*Aw*(10)^-1 = 0.6*355.00*16.85*(10)^-1 = 359.01 kN
Vu_12 = ϕs_12*Vn_12 = 0.90*359.01 = 323.11 kN

Vdy = Vu_12 = 323.11 kN

Vuy / Vdy = 63.77 / 323.11 = 0.20 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td = 68.79/1561.23 = 0.04
0.04 < 0.2
(1/2)*(Tu/Td) + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
(1/2)*(0.04) + 138.22/183.56 + 0.00/28.14 = 0.77 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd = 15.01/712.17 = 0.02
0.02 < 0.2
(1/2)*(Pu/Pd) + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
(1/2)*(0.02) + 138.22/183.56 + 0.00/28.14 = 0.76 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 2
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.044	0.021	0.753	0.000	0.000	0.197	0.775	0.764

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 3
::

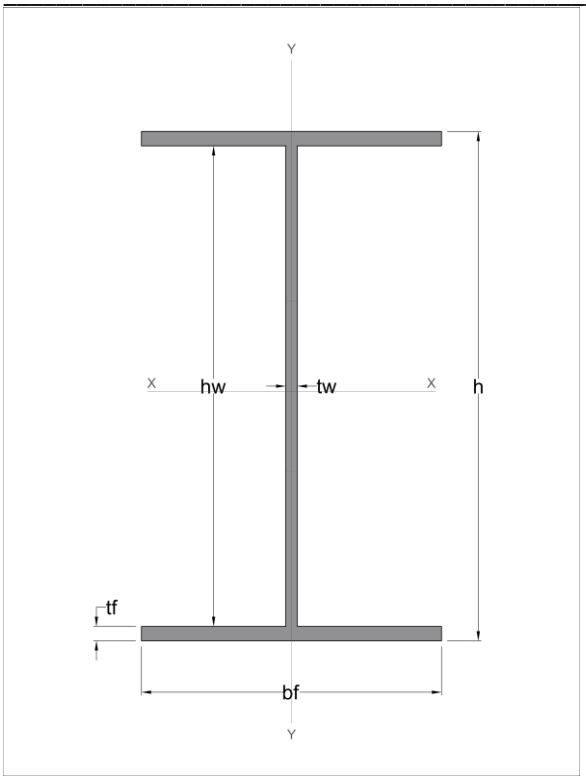
Propiedades del material

Material: ACERO F36
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 355.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 490.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion: I
Designacion: W12x26

Dimensiones de la seccion transversal

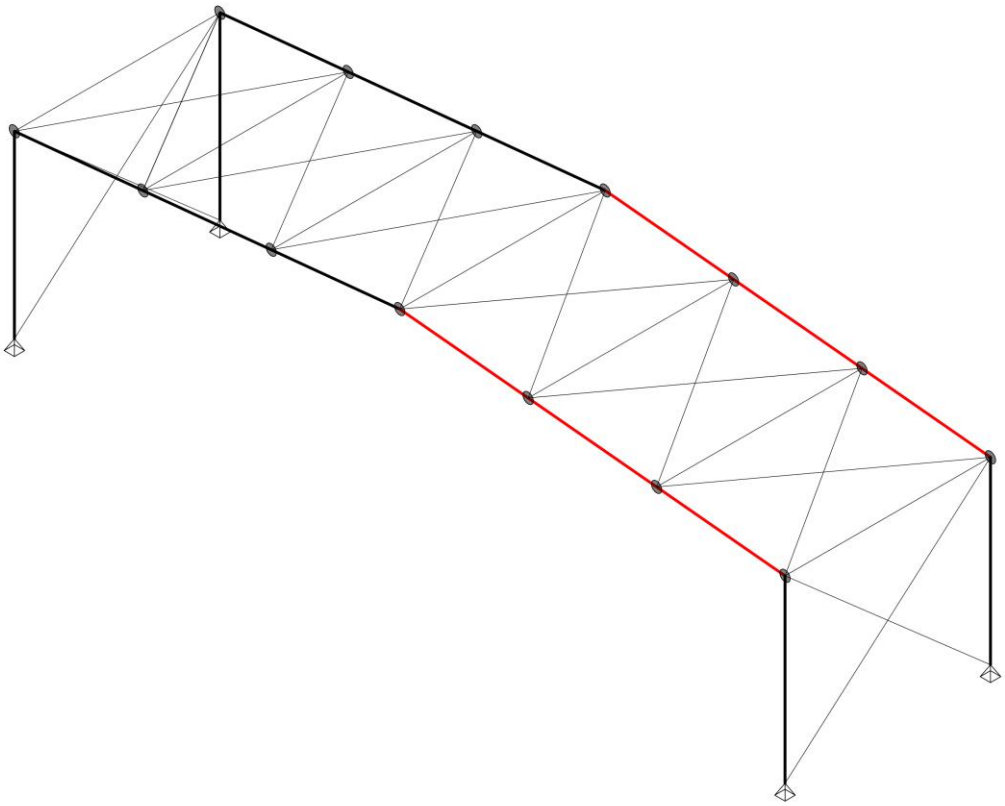


Altura total h: 31.00 cm
Altura del alma hw: 29.06 cm
Espesor del alma tw: 0.58 cm
Ancho del ala superior tbf: 16.50 cm
Espesor del ala superior ttf: 0.97 cm
Ancho del ala inferior bbf: 16.50 cm
Espesor del ala inferior btf: 0.97 cm

Propiedades de la seccion transversal

Area del alma Aw: 16.85 cm^2
Area del ala Af: 16.00 cm^2
Area bruta Ag: 48.86 cm^2
Area efectiva Ae: 46.42 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 8405.31 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 726.70 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.12 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.86 cm
Modulo plastico respecto al eje fuerte Zx: 603.08 cm^3
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 542.28 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 88.08 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 174589.52 cm^6
Modulo de torsion J: 11.93 cm^4

Parametros de diseño



Longitud del elemento L: 750.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 2
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 2
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 750.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 250.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 250.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00

Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*750.00)/13.12 = 57.19
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*250.00)/3.86 = 64.83
Esbeltez global del elemento λ = max([λx , λy])
λ = max([57.19 , 64.83]) = 64.83

Esbelteces locales

Esbeltez del ala λf = (bf)/(2*tf)
λf = (16.50)/(2*0.97) = 8.51
Esbeltez del alma λw = (hw)/(tw)
λw = (29.06)/(0.58) = 50.10

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 3
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

Esfuerzo de traccion

Tu: 68.79 kN

Esfuerzo de compresion

Pu: 15.01 kN

Esfuerzo de flexion

Mux: 138.22 kNm
Muy: 0.00 kNm

Esfuerzo de corte

Vux: 0.00 kN
Vuy: 63.77 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 3
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.
(2)Rotura en el area neta.

Td = min([Tu_1 , Tu_2])

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(3)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(4)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(5)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_3 , Pu_4 , Pu_5])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(6)Plastificacion.
(7)Pandeo lateral torsional (LTB).
(8)Pandeo local del ala (LTB).
(9)Pandeo local del alma (LWB).

Mdx = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8 , Mu_9])

Respecto al eje debil
(10)Fluencia.

Mdy = Mu_10

_____
Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn
_____

En la direccion del eje fuerte
(11)Plastificacion o pandeo local del ala.

Vdx = Vu_11

En la direccion del eje debil
(12)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_12

_____
Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1
_____

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
::

ESBELTEZ LIMITE
Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300
Esbeltez global del elemento λ = 64.83
64.83 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_1 = 0.90
Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 355.00*48.86*(10)^-1 = 1734.70 kN
Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*1734.70 = 1561.23 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_2 = 0.75
Tn_2 = Fu*Ae*(10)^-1 = 490.00*46.42*(10)^-1 = 2274.66 kN
Tu_2 = ϕt_2*Tn_2 = 0.75*2274.66 = 1705.99 kN

Td = min([Tu_1 , Tu_2]) = min([1561.23 , 1705.99]) = 1561.23 kN

Tu / Td = 68.79 / 1561.23 = 0.04 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE
Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200
Esbeltez global del elemento λ = 64.83
64.83 <= 200 VERIFICA

ESBELTEZ LOCAL
Esbeltez limite del ala a compresion λr = 250/(Fy)^0.5 = 250/(355.00)^0.5 = 13.27
Esbeltez del ala λf = bf/(2*tf) = 16.50/(2*0.97) = 8.51
Esbeltez limite del alma a compresion λr = 665/(Fy)^0.5 = 665/(355.00)^0.5 = 35.29
Esbeltez del alma λw = hw/tw = 29.06/0.58 = 50.10
λf <= λr & λw > λr
8.51 <= 13.27 & 50.10 > 35.29
La seccion no puede desarrollar Fy en todos sus elementos debido a que el alma no es compacta.

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE
λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*750.00)/13.12 = 57.19
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/57.19^2 = 603.62 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/603.62)^0.5 = 0.77
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.77)^2)*355.00 = 186.82 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 186.82*48.86*(10)^-1 = 912.90 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*912.90 = 775.97 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*250.00)/3.86 = 64.83
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/64.83^2 = 469.69 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/469.69)^0.5 = 0.87
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.87)^2)*355.00 = 171.46 MPa
ϕc_4 = 0.85

Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 171.46*48.86*(10)^-1 = 837.84 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*837.84 = 712.17 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*174589.52)/(1.00*250.00)^2 + 77000.00*11.93)*(1/(8405.31+726.70)) = 704.40 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/704.40)^0.5 = 0.71
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.71)^2)*355.00 = 195.95 MPa
ϕc_5 = 0.85
Pn_5 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 195.95*48.86*(10)^-1 = 957.50 kN
Pu_5 = ϕc_5*Pn_5 = 0.85*957.50 = 813.87 kN

Pd = min([Pu_3 , Pu_4 , Pu_5]) = min([775.97 , 712.17 , 813.87]) = 712.17 kN

Pu / Pd = 15.01 / 712.17 = 0.02 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

ESBELTEZ LOCAL
Esbelteces limites del ala a flexion:
λp = 170/(Fy)^0.5 = 170/(355.00)^0.5 = 9.02
λr = 370/(Fy-69)^0.5 = 370/(355.00-69)^0.5 = 21.88
Esbeltez del ala λf = bf/(2*tf) = 16.50/(2*0.97) = 8.51
Esbelteces limites del alma a flexion:
λp = 1680/(Fy)^0.5 = 1680/(355.00)^0.5 = 89.17
λr = 2550/(Fy)^0.5 = 2550/(355.00)^0.5 = 135.34
Esbeltez del alma λw = hw/tw = 29.06/0.58 = 50.10
λf <= λp & λw <= λp
8.51 <= 9.02 & 50.10 <= 89.17
La seccion es COMPACTA.

PLASTIFICACION
ϕb_6 = 0.90
Mn_6 = Fy*Zx*(10)^-3 = 355.00*603.08*(10)^-3 = 214.09 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lp = 146.45 cm
Lr = 366.92 cm
Lb = 250.00 cm
ϕb_7 = 0.90
Lp < Lb <= Lr
146.45 < 250.00 <= 366.92
Mn_7 = (Mp - (Mp-Mr)*((Lb-Lp)/(Lr-Lp))) = (214.09 - (214.09-192.51)*((250.00-146.45)/(366.92-146.45))) = 203.96 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*203.96 = 183.56 kNm

PANDEO DEL ALA (FLB)
λp = 9.02
λr = 21.88
λf = 8.51
ϕb_8 = 0.90
λf <= λp
8.51 <= 9.02
Mn_8 = Mp = 214.09 kNm
Mu_8 = ϕb_8*Mn_8 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

PANDEO DEL ALMA (WLB)

λp = 89.17
λr = 135.34
λw = 50.10
ϕb_9 = 0.90
λw <= λp
50.10 <= 89.17
Mn_9 = Mp = 214.09 kNm
Mu_9 = ϕb_9*Mn_9 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

Mdx = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8 , Mu_9]) = min([192.68 , 183.56 , 192.68 , 192.68]) = 183.56 kNm

Mux / Mdx = 138.22 / 183.56 = 0.75 < 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_10 = 0.90
Mn_10 = Fy*Wy*(10)^-3 = 355.00*88.08*(10)^-3 = 31.27 kNm
Mu_10 = ϕb_10*Mn_10 = 0.90*31.27 = 28.14 kNm

Mdy = Mu_10 = 28.14 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 28.14 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_11 = 0.90
λf = 8.51
λf <= 1100/(Fy)^0.5
8.51 <= 58.38
Vn_11 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*355.00*32.01*(10)^-1 = 681.81 kN
Vu_11 = ϕs_11*Vn_11 = 0.90*681.81 = 613.63 kN

Vdx = Vu_11 = 613.63 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 613.63 = 0.00 < 1 VERIFICA

EN DIRECCION Y
ϕs_12 = 0.90
λw = 50.10
λw <= 1100/(Fy)^0.5
50.10 <= 58.38
Vn_12 = 0.6*Fy*Aw*(10)^-1 = 0.6*355.00*16.85*(10)^-1 = 359.01 kN
Vu_12 = ϕs_12*Vn_12 = 0.90*359.01 = 323.11 kN

Vdy = Vu_12 = 323.11 kN

Vuy / Vdy = 63.77 / 323.11 = 0.20 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td = 68.79/1561.23 = 0.04
0.04 < 0.2
(1/2)*(Tu/Td) + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
(1/2)*(0.04) + 138.22/183.56 + 0.00/28.14 = 0.77 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd = 15.01/712.17 = 0.02
0.02 < 0.2
(1/2)*(Pu/Pd) + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
(1/2)*(0.02) + 138.22/183.56 + 0.00/28.14 = 0.76 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 3
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.044	0.021	0.753	0.000	0.000	0.197	0.775	0.764

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 4
::

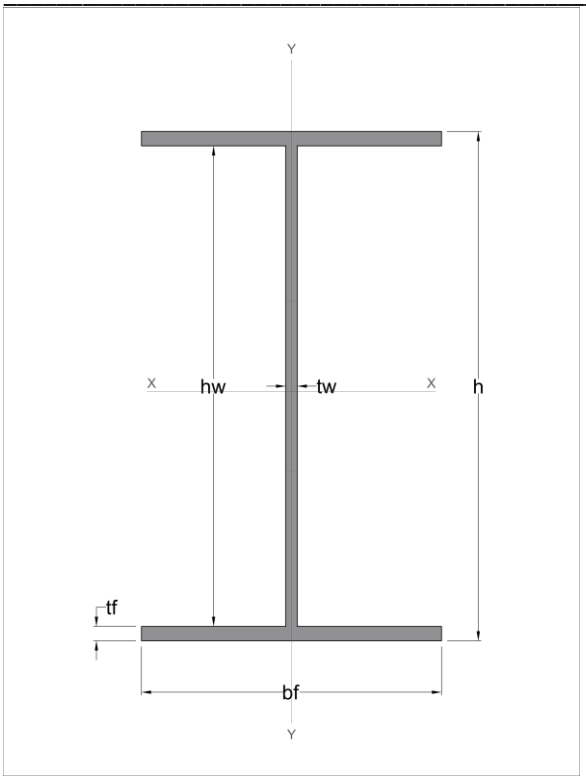
Propiedades del material

Material: ACERO F36
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 355.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 490.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion: I
Designacion: W12x26

Dimensiones de la seccion transversal

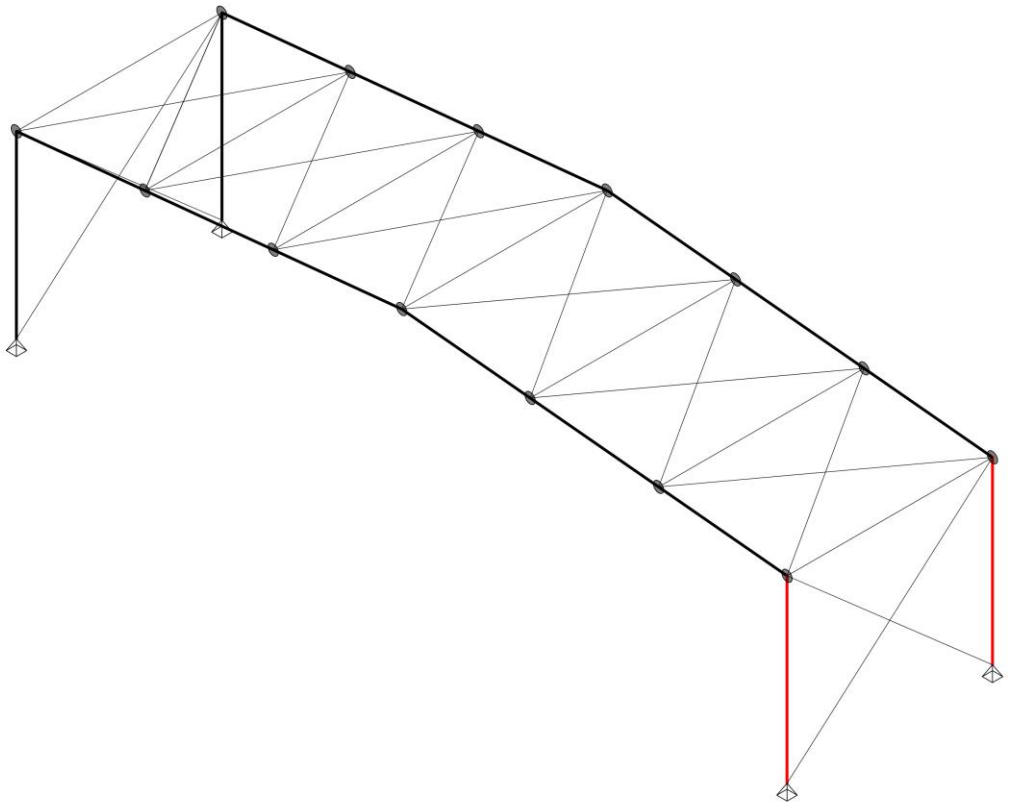


Altura total h: 31.00 cm
Altura del alma hw: 29.06 cm
Espesor del alma tw: 0.58 cm
Ancho del ala superior tbf: 16.50 cm
Espesor del ala superior ttf: 0.97 cm
Ancho del ala inferior bbf: 16.50 cm
Espesor del ala inferior btf: 0.97 cm

Propiedades de la seccion transversal

Area del alma Aw: 16.85 cm^2
Area del ala Af: 16.00 cm^2
Area bruta Ag: 48.86 cm^2
Area efectiva Ae: 46.42 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 8405.31 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 726.70 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.12 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.86 cm
Modulo plastico respecto al eje fuerte Zx: 603.08 cm^3
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 542.28 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 88.08 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 174589.52 cm^6
Modulo de torsion J: 11.93 cm^4

Parametros de diseño



Longitud del elemento L: 350.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 350.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 350.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 350.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00

Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*350.00)/13.12 = 26.69
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*350.00)/3.86 = 90.76
Esbeltez global del elemento λ = max([λx , λy])
λ = max([26.69 , 90.76]) = 90.76

Esbelteces locales

Esbeltez del ala λf = (bf)/(2*tf)
λf = (16.50)/(2*0.97) = 8.51
Esbeltez del alma λw = (hw)/(tw)
λw = (29.06)/(0.58) = 50.10

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 4
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

Esfuerzo de traccion

Tu: 69.50 kN

Esfuerzo de compresion

Pu: 23.37 kN

Esfuerzo de flexion

Mux: 138.22 kNm
Muy: 0.00 kNm

Esfuerzo de corte

Vux: 0.00 kN
Vuy: 54.86 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 4
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.
(2)Rotura en el area neta.

Td = min([Tu_1 , Tu_2])

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(3)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(4)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(5)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_3 , Pu_4 , Pu_5])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(6)Plastificacion.
(7)Pandeo lateral torsional (LTB).
(8)Pandeo local del ala (LTB).
(9)Pandeo local del alma (LWB).

Mdx = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8 , Mu_9])

Respecto al eje debil
(10)Fluencia.

Mdy = Mu_10

_____
Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn
_____

En la direccion del eje fuerte
(11)Plastificacion o pandeo local del ala.

Vdx = Vu_11

En la direccion del eje debil
(12)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_12

_____
Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1
_____

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
::

ESBELTEZ LIMITE
Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300
Esbeltez global del elemento λ = 90.76
90.76 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_1 = 0.90
Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 355.00*48.86*(10)^-1 = 1734.70 kN
Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*1734.70 = 1561.23 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_2 = 0.75
Tn_2 = Fu*Ae*(10)^-1 = 490.00*46.42*(10)^-1 = 2274.66 kN
Tu_2 = ϕt_2*Tn_2 = 0.75*2274.66 = 1705.99 kN

Td = min([Tu_1 , Tu_2]) = min([1561.23 , 1705.99]) = 1561.23 kN

Tu / Td = 69.50 / 1561.23 = 0.04 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE
Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200
Esbeltez global del elemento λ = 90.76
90.76 <= 200 VERIFICA

ESBELTEZ LOCAL
Esbeltez limite del ala a compresion λr = 250/(Fy)^0.5 = 250/(355.00)^0.5 = 13.27
Esbeltez del ala λf = bf/(2*tf) = 16.50/(2*0.97) = 8.51
Esbeltez limite del alma a compresion λr = 665/(Fy)^0.5 = 665/(355.00)^0.5 = 35.29
Esbeltez del alma λw = hw/tw = 29.06/0.58 = 50.10
λf <= λr & λw > λr
8.51 <= 13.27 & 50.10 > 35.29
La seccion no puede desarrollar Fy en todos sus elementos debido a que el alma no es compacta.

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE
λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*350.00)/13.12 = 26.69
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/26.69^2 = 2771.73 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/2771.73)^0.5 = 0.36
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.36)^2)*355.00 = 263.10 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 263.10*48.86*(10)^-1 = 1285.63 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*1285.63 = 1092.79 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*350.00)/3.86 = 90.76
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/90.76^2 = 239.64 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/239.64)^0.5 = 1.22
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.22)^2)*355.00 = 128.16 MPa
ϕc_4 = 0.85

Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 128.16*48.86*(10)^-1 = 626.24 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*626.24 = 532.30 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*174589.52)/(1.00*350.00)^2 + 77000.00*11.93)*(1/(8405.31+726.70)) = 408.65 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (355.00/408.65)^0.5 = 0.93
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.93)^2)*355.00 = 162.70 MPa
ϕc_5 = 0.85
Pn_5 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 162.70*48.86*(10)^-1 = 795.03 kN
Pu_5 = ϕc_5*Pn_5 = 0.85*795.03 = 675.77 kN

Pd = min([Pu_3 , Pu_4 , Pu_5]) = min([1092.79 , 532.30 , 675.77]) = 532.30 kN

Pu / Pd = 23.37 / 532.30 = 0.04 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

ESBELTEZ LOCAL
Esbelteces limites del ala a flexion:
λp = 170/(Fy)^0.5 = 170/(355.00)^0.5 = 9.02
λr = 370/(Fy-69)^0.5 = 370/(355.00-69)^0.5 = 21.88
Esbeltez del ala λf = bf/(2*tf) = 16.50/(2*0.97) = 8.51
Esbelteces limites del alma a flexion:
λp = 1680/(Fy)^0.5 = 1680/(355.00)^0.5 = 89.17
λr = 2550/(Fy)^0.5 = 2550/(355.00)^0.5 = 135.34
Esbeltez del alma λw = hw/tw = 29.06/0.58 = 50.10
λf <= λp & λw <= λp
8.51 <= 9.02 & 50.10 <= 89.17
La seccion es COMPACTA.

PLASTIFICACION
ϕb_6 = 0.90
Mn_6 = Fy*Zx*(10)^-3 = 355.00*603.08*(10)^-3 = 214.09 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lp = 146.45 cm
Lr = 366.92 cm
Lb = 350.00 cm
ϕb_7 = 0.90
Lp < Lb <= Lr
146.45 < 350.00 <= 366.92
Mn_7 = (Mp - (Mp-Mr)*((Lb-Lp)/(Lr-Lp))) = (214.09 - (214.09-192.51)*((350.00-146.45)/(366.92-146.45))) = 194.17 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*194.17 = 174.75 kNm

PANDEO DEL ALA (FLB)
λp = 9.02
λr = 21.88
λf = 8.51
ϕb_8 = 0.90
λf <= λp
8.51 <= 9.02
Mn_8 = Mp = 214.09 kNm
Mu_8 = ϕb_8*Mn_8 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

PANDEO DEL ALMA (WLB)

λp = 89.17
λr = 135.34
λw = 50.10
ϕb_9 = 0.90
λw <= λp
50.10 <= 89.17
Mn_9 = Mp = 214.09 kNm
Mu_9 = ϕb_9*Mn_9 = 0.90*214.09 = 192.68 kNm

Mdx = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8 , Mu_9]) = min([192.68 , 174.75 , 192.68 , 192.68]) = 174.75 kNm

Mux / Mdx = 138.22 / 174.75 = 0.79 < 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_10 = 0.90
Mn_10 = Fy*Wy*(10)^-3 = 355.00*88.08*(10)^-3 = 31.27 kNm
Mu_10 = ϕb_10*Mn_10 = 0.90*31.27 = 28.14 kNm

Mdy = Mu_10 = 28.14 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 28.14 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_11 = 0.90
λf = 8.51
λf <= 1100/(Fy)^0.5
8.51 <= 58.38
Vn_11 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*355.00*32.01*(10)^-1 = 681.81 kN
Vu_11 = ϕs_11*Vn_11 = 0.90*681.81 = 613.63 kN

Vdx = Vu_11 = 613.63 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 613.63 = 0.00 < 1 VERIFICA

EN DIRECCION Y
ϕs_12 = 0.90
λw = 50.10
λw <= 1100/(Fy)^0.5
50.10 <= 58.38
Vn_12 = 0.6*Fy*Aw*(10)^-1 = 0.6*355.00*16.85*(10)^-1 = 359.01 kN
Vu_12 = ϕs_12*Vn_12 = 0.90*359.01 = 323.11 kN

Vdy = Vu_12 = 323.11 kN

Vuy / Vdy = 54.86 / 323.11 = 0.17 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td = 69.50/1561.23 = 0.04
0.04 < 0.2
(1/2)*(Tu/Td) + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
(1/2)*(0.04) + 138.22/174.75 + 0.00/28.14 = 0.81 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd = 23.37/532.30 = 0.04
0.04 < 0.2
(1/2)*(Pu/Pd) + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
(1/2)*(0.04) + 138.22/174.75 + 0.00/28.14 = 0.81 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 4
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

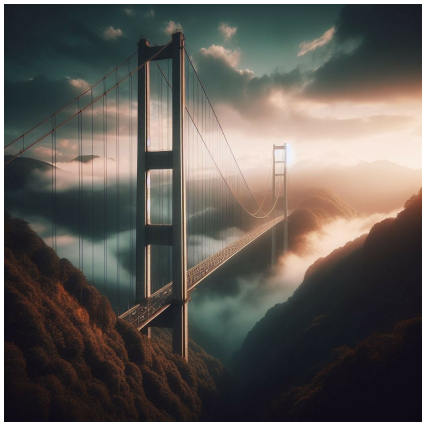
T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.045	0.044	0.791	0.000	0.000	0.170	0.813	0.813

::
VERIFICA
::

ANALISIS ESTRUCTURAL

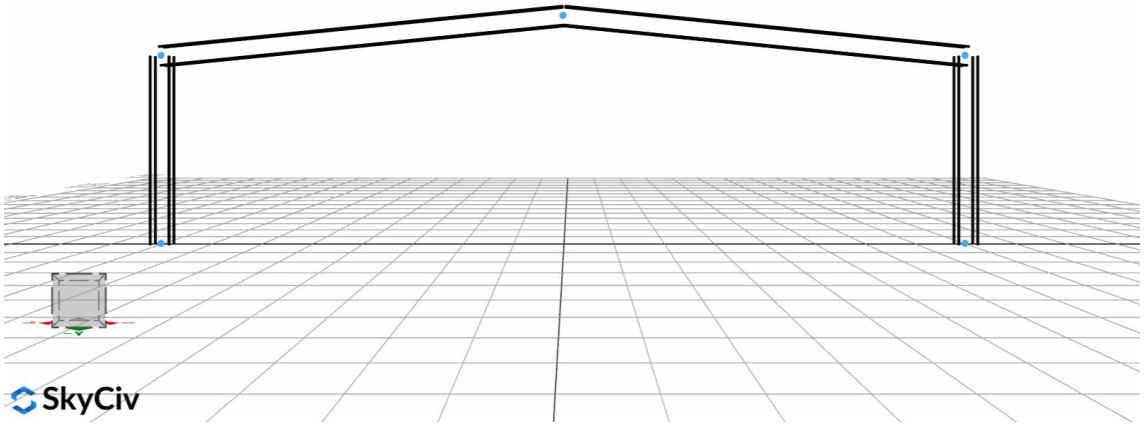
Estructura Reticulada

Rodrigo Martos
ANEXOS



Estructura Reticulada SkyCiv Report

Fri 26 Jul 2024, 12:12AM (GMT-04:00)



File Name: Estructura Reticulada
Software: SkyCiv Structural 3D v6.2.6 (Lic. No.: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg)
Analysis Type: Linear Static Analysis

Included in this Report:

Job Setup
Bill of Materials
Screenshots
Single Member Reports
Nodal Results
Member Results

Table of Contents

Table of Contents
Job Setup
- NODE COORDINATES
- MEMBERS
- SUPPORTS
- MATERIALS
- SECTIONS
- POINT LOADS
- MEMBER DISTRIBUTED LOADS
- SELF WEIGHT
- LOAD COMBINATIONS

Bill of Materials
- BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS

Screenshots
Member 1: LC19
Member 1: LC20
Member 1: LC21
Member 2: LC19
Member 2: LC20
Member 2: LC21
Member 3: LC19
Member 3: LC20
Member 3: LC21
Member 4: LC19
Member 4: LC20
Member 4: LC21
Nodal Results
- Envelope Min
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS
- Envelope Max
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS
- Envelope Absolute Max
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS

Member Results
- Envelope Min
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS
- Envelope Max
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS
- Envelope Absolute Max
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS

Job Setup

Estructura Reticulada SkyCiv Report
SkyCiv Structural 3D v6.2.6
Licence Number: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg
Date: Fri 26 Jul 2024, 12:12AM (GMT-04:00)
Analysis Type: LINEAR STATIC ANALYSIS

File Name	Estructura Reticulada
Job Name	Empty
Designer	Empty
Job Description	Empty

Length Units	m
Section Length Units	mm
Force Units	kN
Moment and Torsion Units	kN-m
Pressure Units	kPa
Material Strength Units	MPa
Material Density Units	kg/m^3
Mass Units	kg
Temperature Units	degC
Translation Units	mm
Stress Units	MPa
Nodes	5
Members	4
Plates	0
Meshed Plates	0
Supports	2
Sections	1
Point Loads	1
Distributed Loads	14
Moments	0
Member Prestress Loads	0
Thermal Loads	0
Pressures	0
Area Loads	0
Self Weight	ON
User Defined Nodal Masses	0
Auto Defined Nodal Masses	0
Spectral Loads	0
Member Evaluation Points	9
Extrapolate Plate Results From Gauss Points	YES
General Constraint	RRRRRR
Total Degrees of Freedom	24

NODE COORDINATES (m)

NOTE: Nodes in the plate mesh are not displayed in the table below.

ID	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	3.500
3	7.500	0.000	4.250
4	15.000	0.000	3.500
5	15.000	0.000	0.000

MEMBERS (deg, m, mm, m, kN)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

ID	Node A	Node B	Length	Type	Section ID	Rotation Angle	Node A Fixity	Node B Fixity
1	1	2	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
2	2	3	7.537	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
3	3	4	7.537	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
4	4	5	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF

ID	Node A Offsets	Node B Offsets	Offset Axis	Node A Rot Stiff Y	Node A Rot Stiff Z	Node B Rot Stiff Y	Node B Rot Stiff Z	Cable Length	T/C Limit	Mirror	Disable Non-Linear
1	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
2	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
3	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
4	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No

SUPPORTS (kN/m, kN-m/rad)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

B=Both Axes Restraint, N=Negative-Axis Restraint Only, P=Positive-Axis Restraint Only

ID	Node ID	Restraint Code	Direction Code	X Trans Stiffness	Y Trans Stiffness	Z Trans Stiffness	X Rot Stiffness	Y Rot Stiffness	Z Rot Stiffness	Source
1	1	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support
2	5	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support

MATERIALS (MPa, kg/m^3, 10^{-6}/degC)

Shear Modulus is used for members only.
Ex, Ey, Gxy, Gxz, Gyz are used for orthotropic plates only.

ID	Name	Young's Modulus	Shear Modulus	Density	Poisson's Ratio	Thermal Exp. Coeff.	Young's Modulus x	Young's Modulus y	Shear Modulus xy	Shear Modulus xz	Shear Modulus yz	Poisson's Ratio xy
1	Structural Steel	200000.000	Auto	7850.000	0.270	12.000	-	-	-	-	-	Auto

SECTIONS (mm, mm^2, mm^4, deg)

ID	Name	Shape	Material ID	Depth	Width	Shear Area z (STRESS)	Shear Area y (STRESS)	Shear Area z (TIMO)	Shear Area y (TIMO)	Torsion Radius
1	Viga reticulada	Circular	1	382.000	232.000	148649.970	24466.667	-	-	16.003

ID	Centroid y	Centroid z	Area (A)	y-Axis MoI (Iy)	z-Axis MoI (Iz)	Torsion Constant (J)	Principal Angle	Non Prismatic
1	191.000	116.000	3196.444	32167704.746	98094356.636	406534.932	0.000	N

ID	Area Red. Factor	Iy Red. Factor	Iz Red. Factor	Torsion Constant Red. Factor	Shear Area Y Red. Factor	Shear Area Z Red. Factor
1	-	-	-	-	-	-

POINT LOADS (kN)

ID	Load Group	Node	Member	Position (%)	X Magnitude	Y Magnitude	Z Magnitude
1	DEF	2			1.000	0.000	0.000

MEMBER DISTRIBUTED LOADS (kN/m)

ID	Load Group	Start Position (%)	End Position (%)	Member	Axes	X Start/ End	Y Start/ End	Z Start/ End
1	WT	0%	100%	1	Global	4.100	0.000	0.000
						4.100	0.000	0.000
2	WT	0%	46.666666666666664%	2	Global	-0.450	0.000	4.490
						-0.450	0.000	4.490
3	WT	46.666666666666664%	93.33333333333333%	2	Global	-0.290	0.000	2.870
						-0.290	0.000	2.870
4	WT	93.33333333333333%	100%	2	Global	-0.210	0.000	2.070
						-0.210	0.000	2.070
5	WT	0%	100%	3	Global	0.210	0.000	2.070
						0.210	0.000	2.070
6	WT	0%	100%	4	Global	2.080	0.000	0.000
						2.080	0.000	0.000
7	L	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-1.296
						0.000	0.000	-1.296
8	L	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-1.296
						0.000	0.000	-1.296
9	D	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-0.400
						0.000	0.000	-0.400
10	D	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-0.400
						0.000	0.000	-0.400
11	WL	0%	100%	1	Global	-3.700	0.000	0.000
						-3.700	0.000	0.000
12	WL	0%	100%	4	Global	3.700	0.000	0.000
						3.700	0.000	0.000
13	WL	0%	100%	2	Global	-0.450	0.000	4.490
						-0.450	0.000	4.490
14	WL	0%	100%	3	Global	0.450	0.000	4.490
						0.450	0.000	4.490

SELF WEIGHT (g's)

Load Group	X Gravity	Y Gravity	Z Gravity
SW1	0.000	0.000	-1.000

LOAD COMBINATIONS

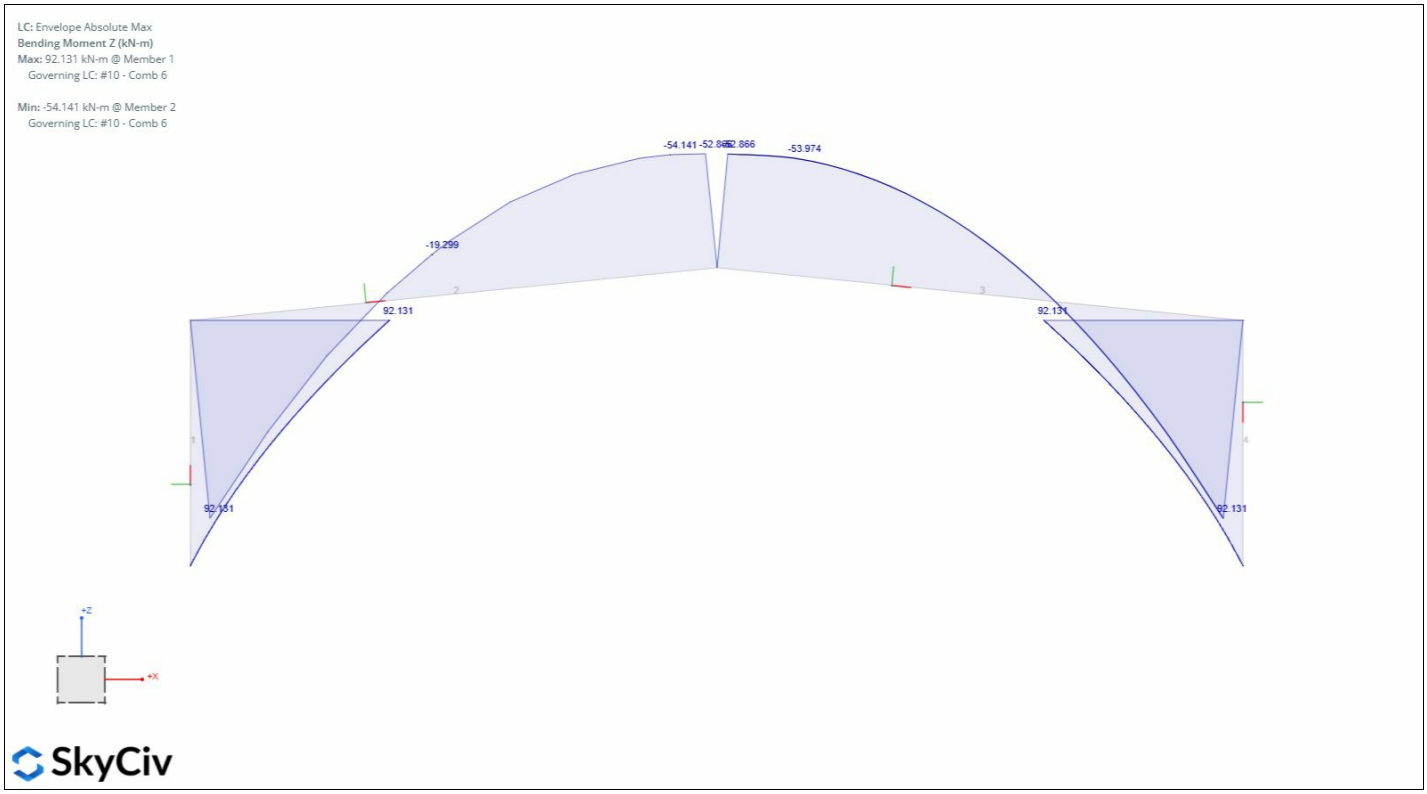
ID	Name	Criteria	D Factor	DEF Factor	L Factor	SW1 Factor	WL Factor	WT Factor
1	Comb 1	Strength	1.400	0	0	1.400	0	0
2	Comb 2	Strength	1.200	0	1.600	1.200	0.800	0
3	Comb 3	Strength	1.200	0	1.600	1.200	0	0.800
4	Comb 4	Strength	1.200	0	0.500	1.200	1.500	0
5	Comb 5	Strength	1.200	0	0.500	1.200	0	1.500
6	Comb s1	Serviceability	1.000	0	0	1.000	1.000	0
7	Comb s2	Serviceability	1.000	0	0	1.000	0	1.000
8	Comb s3	Serviceability	1.000	0	1.000	1.000	0	0
10	Comb 6	Strength	0.900	0	0	0.900	1.500	0
11	Comb 7	Strength	0.900	0	0	0.900	0	1.500
12	def	Strength	0	1.000	0	0	0	0

Bill of Materials

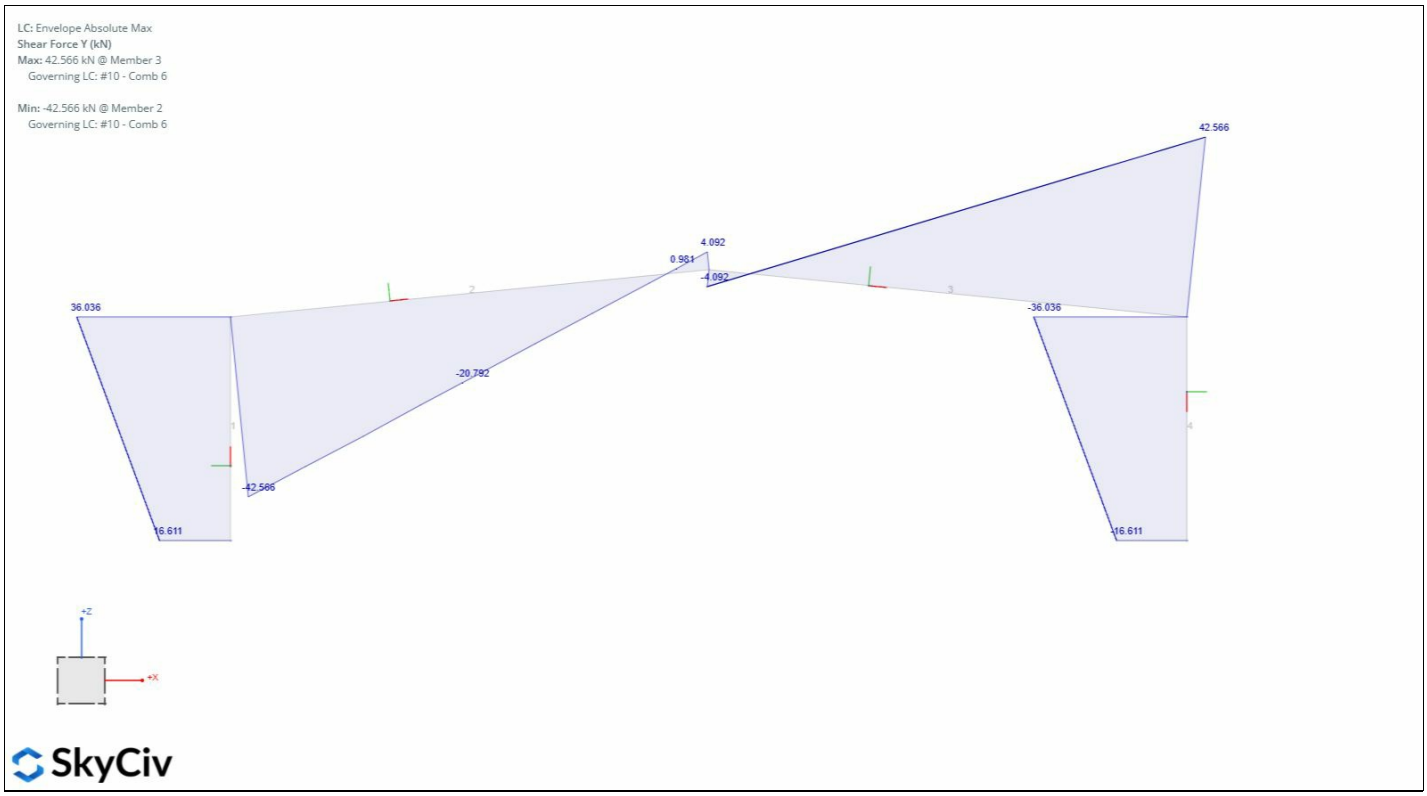
BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS (m, kg)

Section	Material	Quantity	Unit Length	Total Length	Unit Mass	Total Mass
1: Viga reticulada	1: Structural Steel	2	3.500	7.000	87.822	175.645
1: Viga reticulada	1: Structural Steel	2	7.537	15.075	189.129	378.259
						553.903

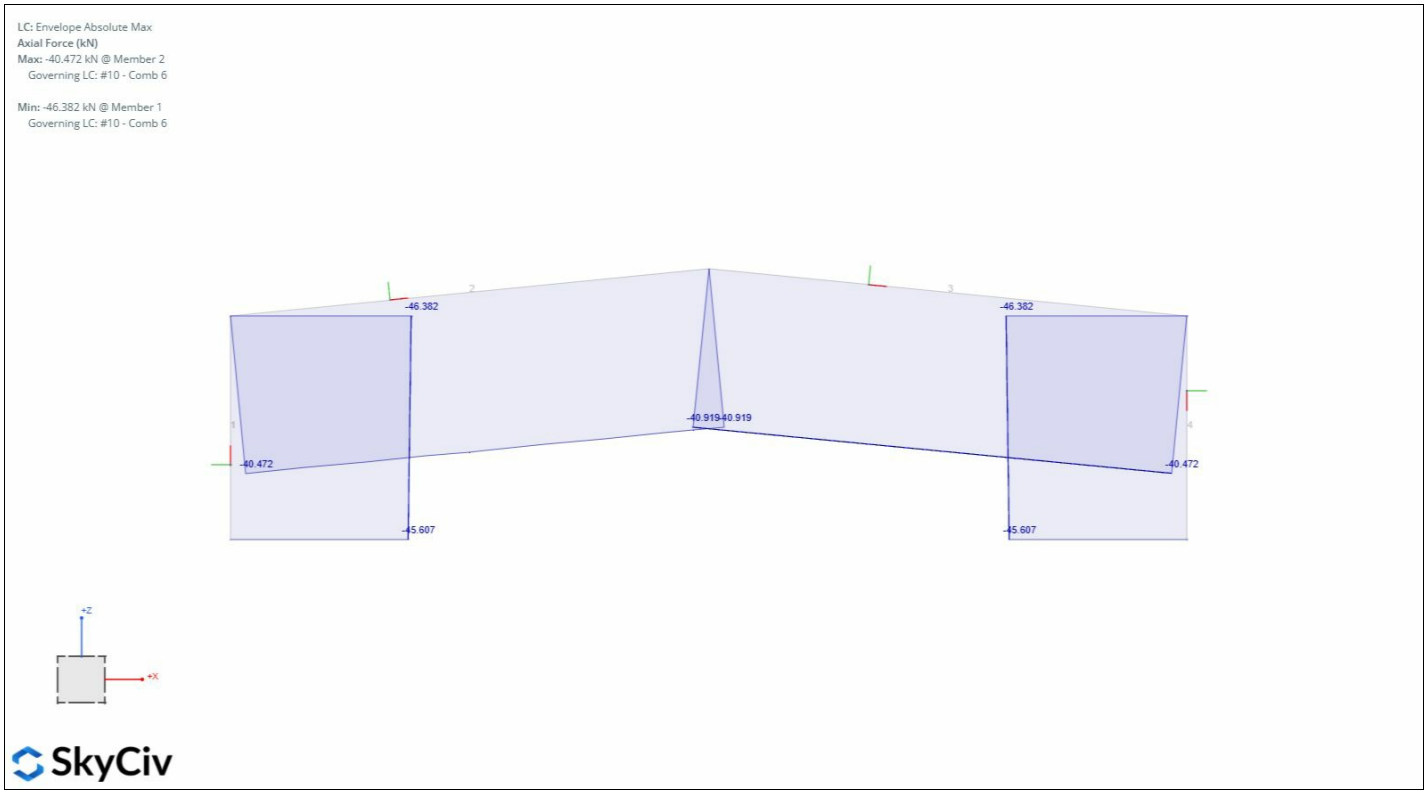
Screenshots



Momento flector.jpg

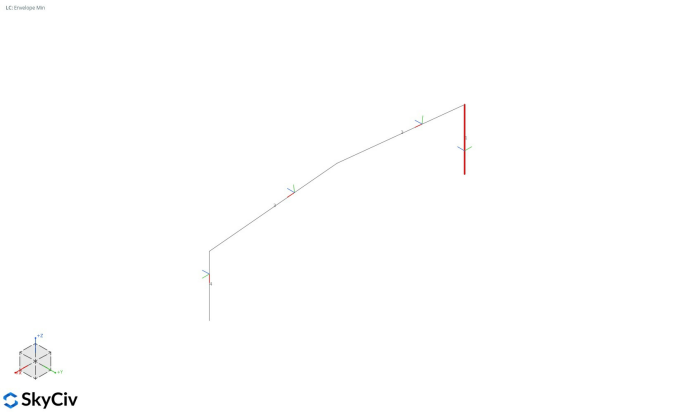


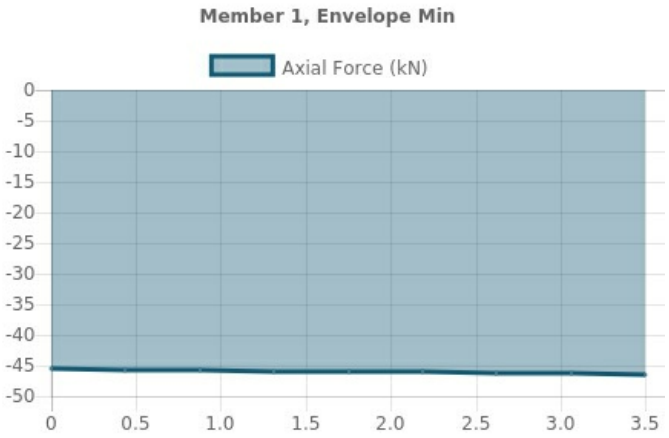
Corte.jpg

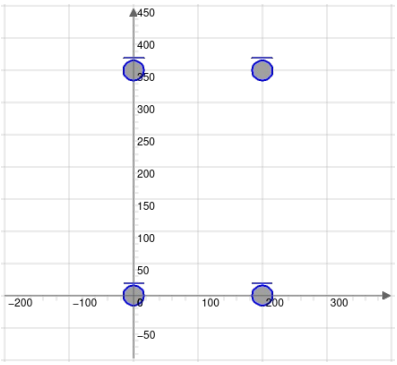

LC: Envelope Absolute Max
Axial Force (kN)
Max: -40.472 kN @ Member 2
Governing LC: #10 - Comb 6
Min: -46.382 kN @ Member 1
Governing LC: #10 - Comb 6
-46.382
-46.382
-40.919
-40.919
-40.472
-40.472
-45.607
-45.607
+Z
+X
SkyCiv
Axial.jpg

Member 1: LC19

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: -33.026 Y: 0.000 Z: -45.607 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







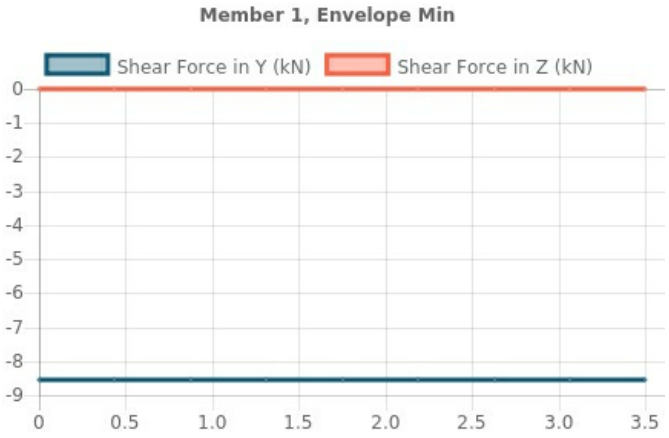
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

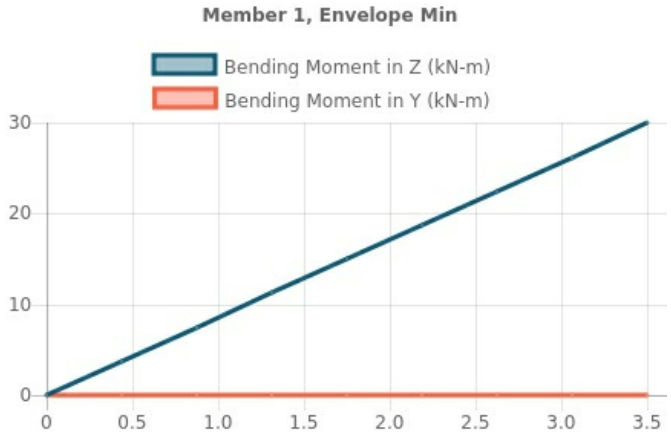
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

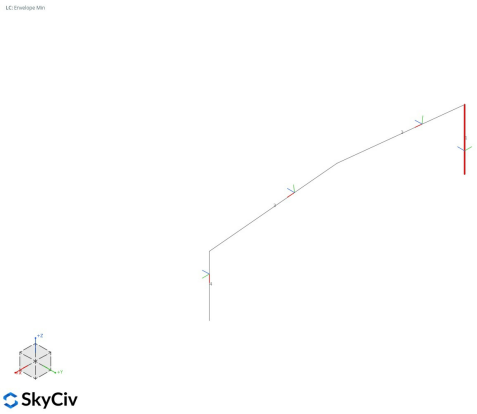
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

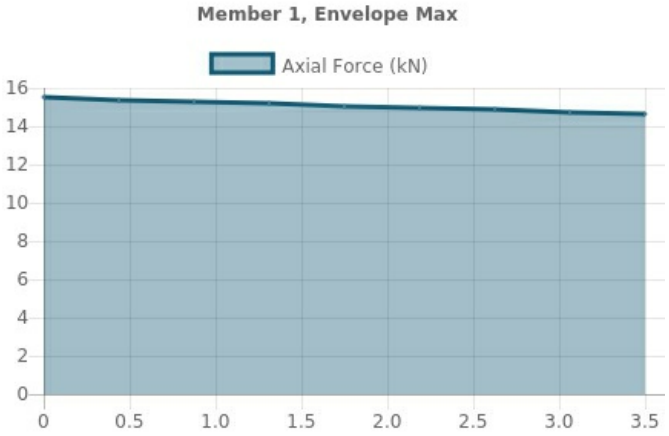


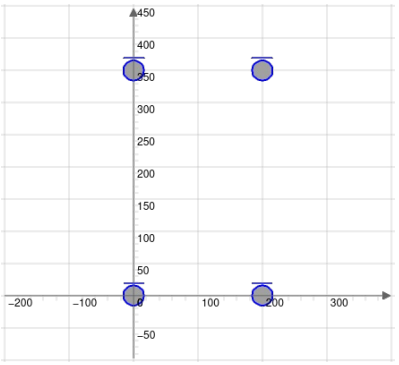


Member 1: LC20

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: 8.548 Y: 0.000 Z: 15.499 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







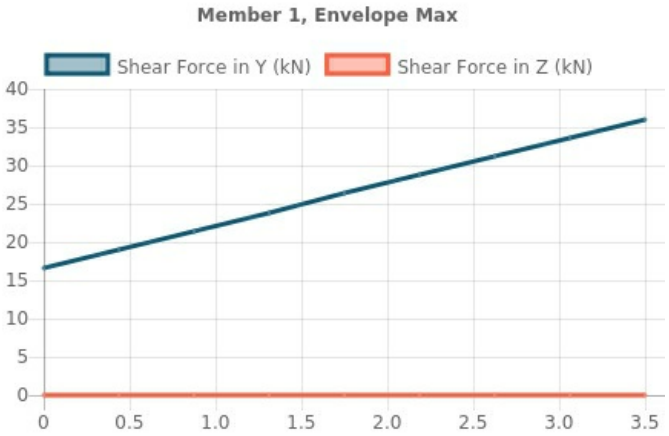
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

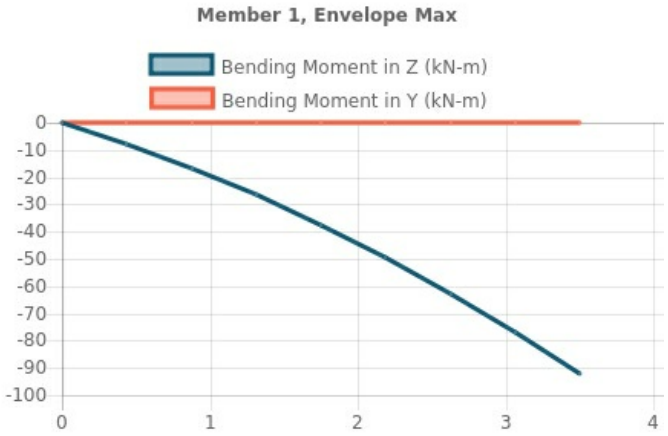
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

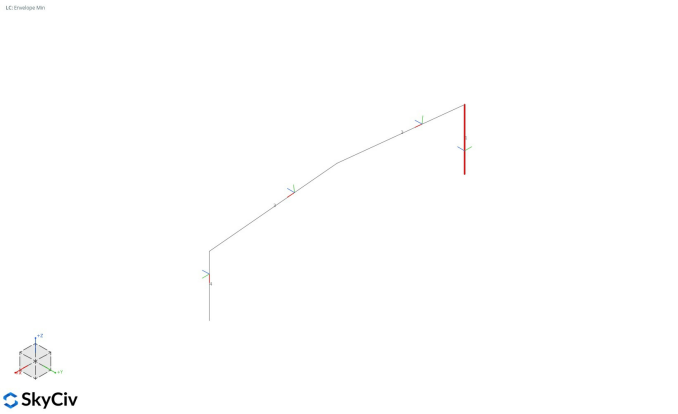
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

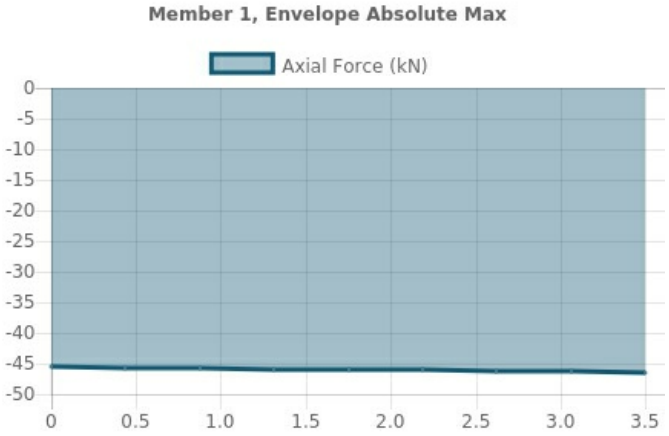


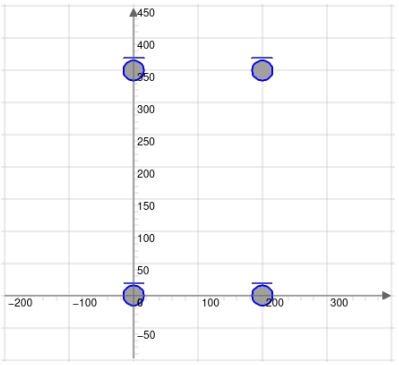


Member 1: LC21

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: -33.026 Y: 0.000 Z: -45.607 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







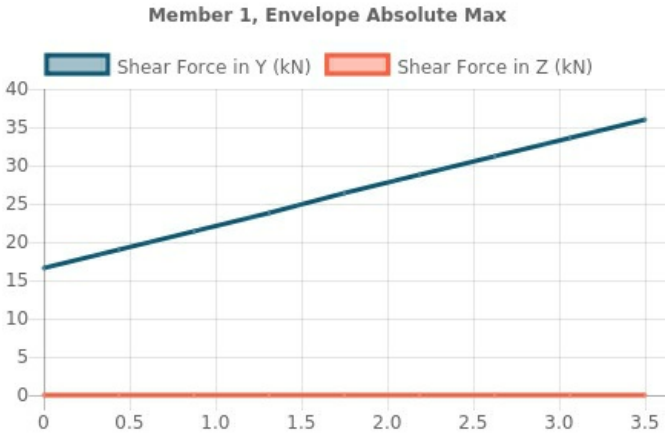
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

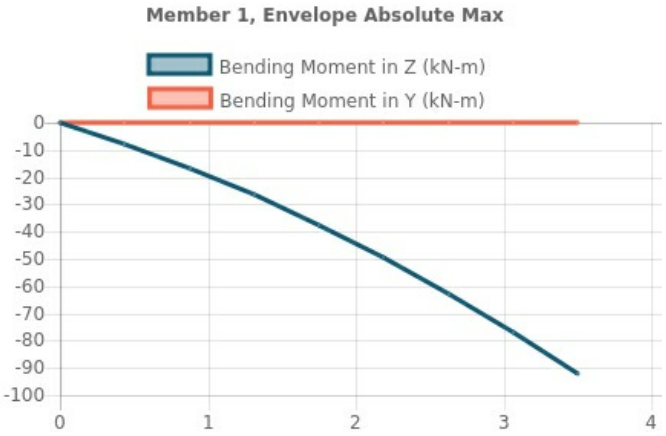
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

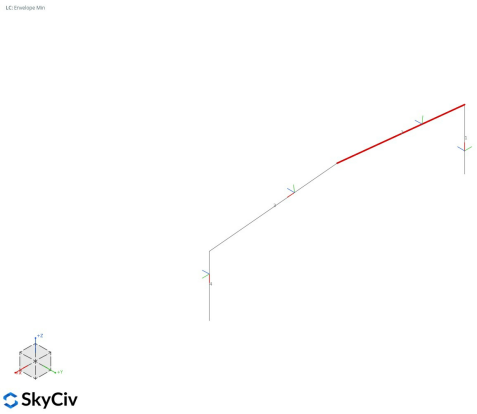
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

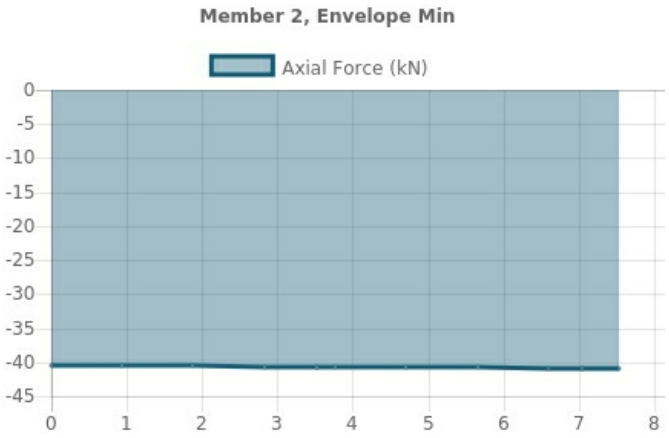


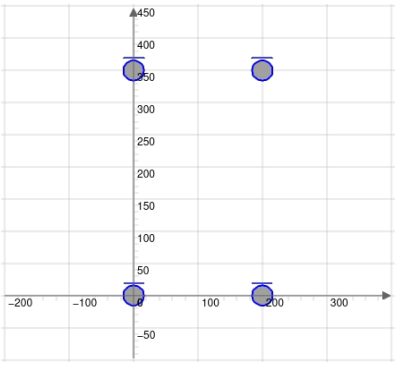


Member 2: LC19

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







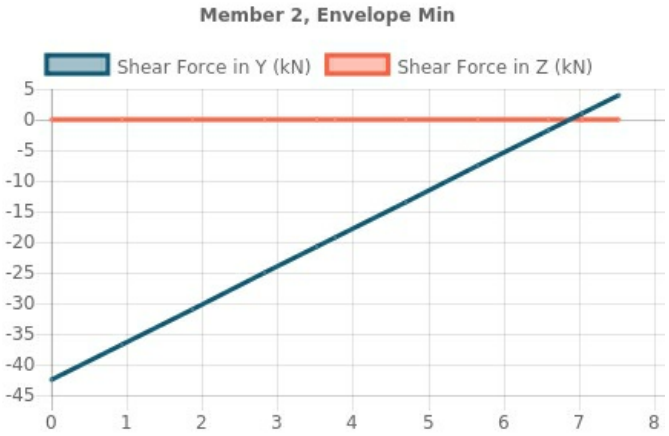
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

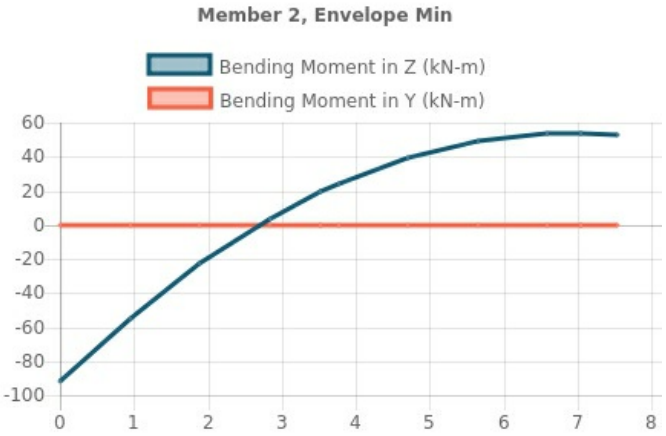
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

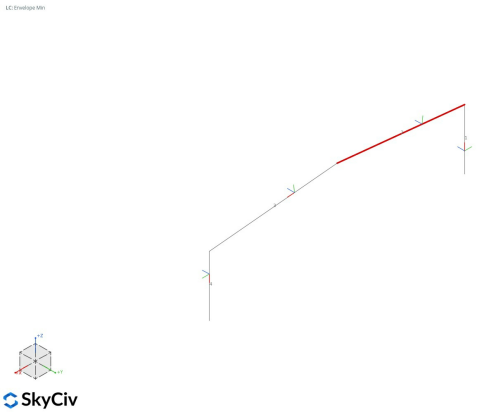
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

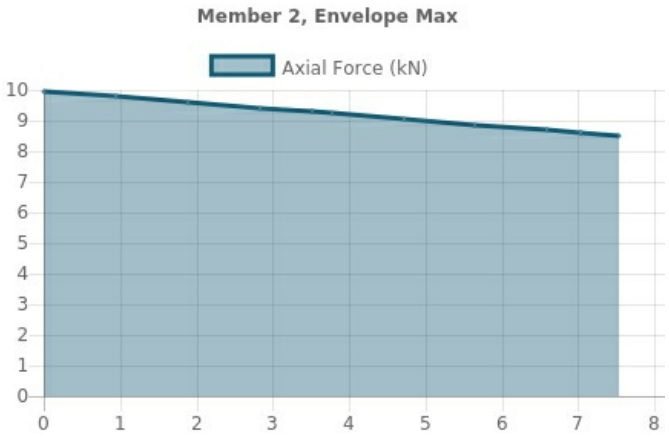


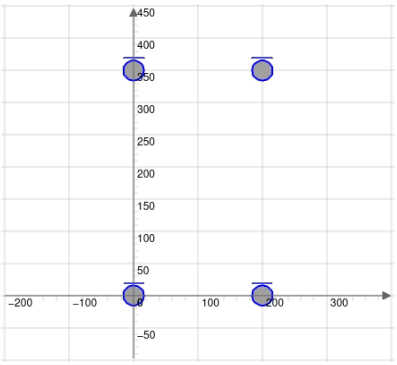


Member 2: LC20

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







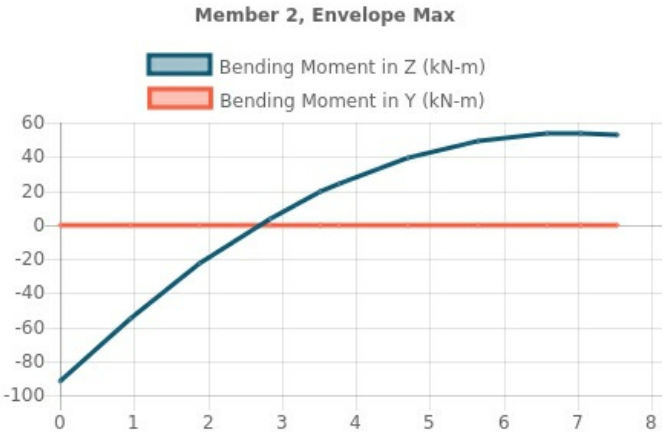
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

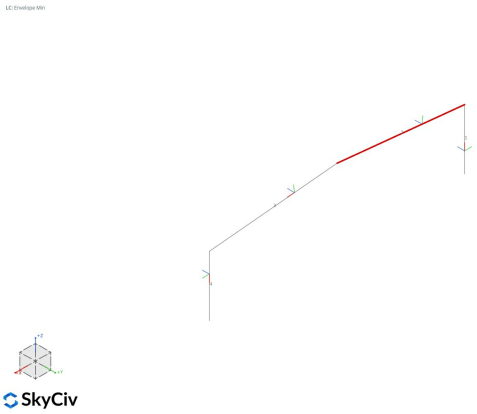
Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

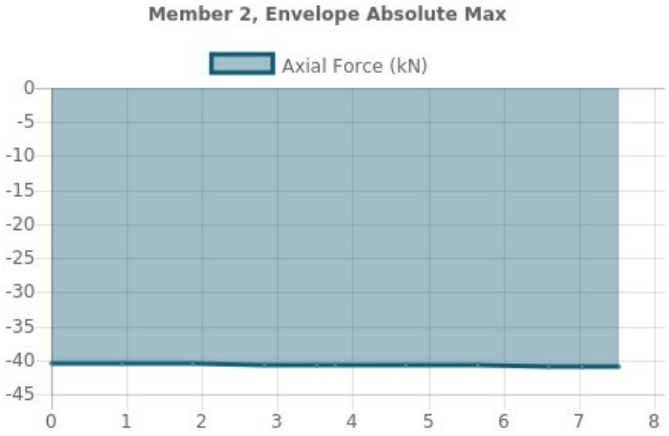
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

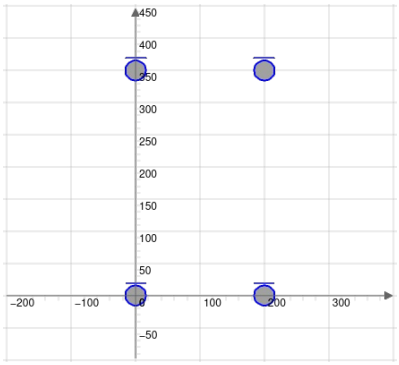


Member 2: LC21

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







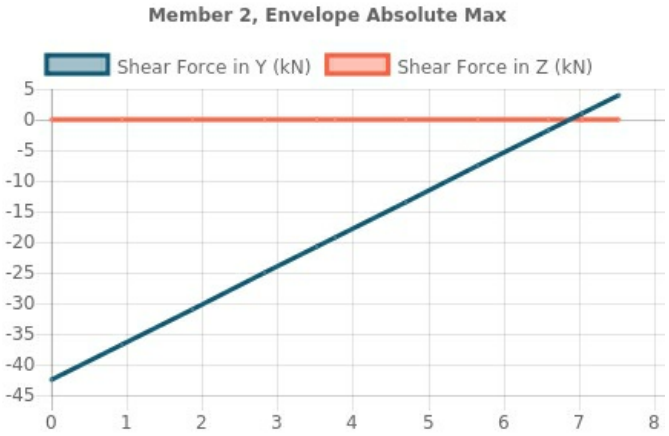
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

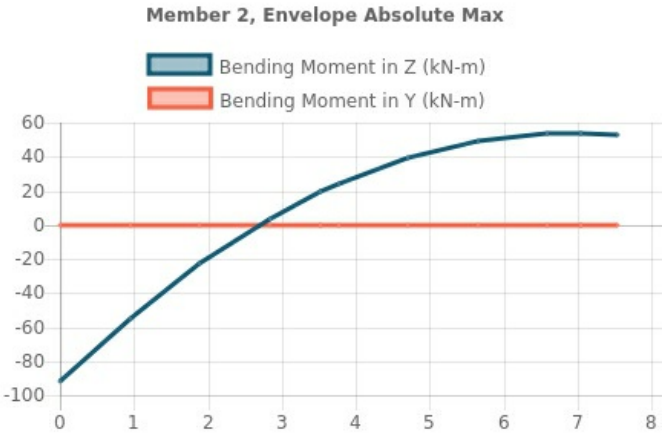
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

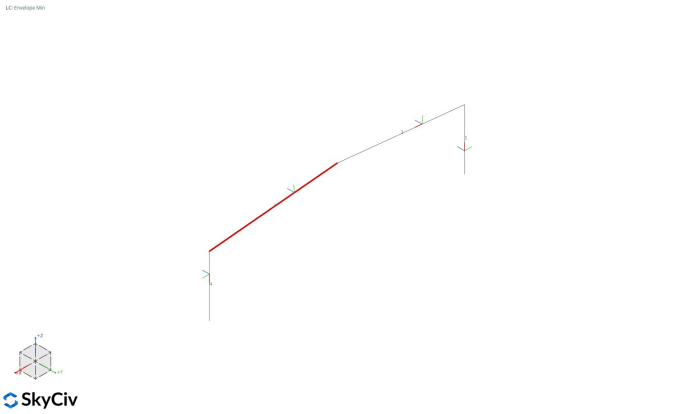
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

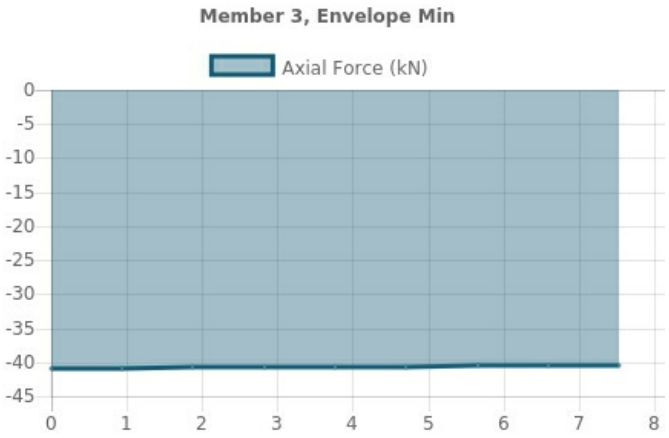


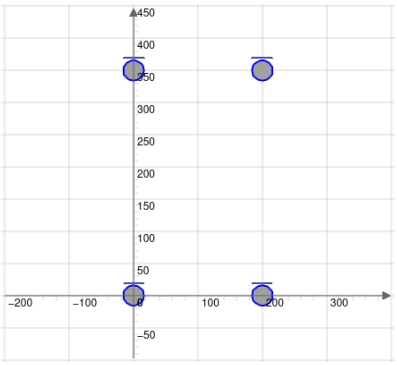


Member 3: LC19

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







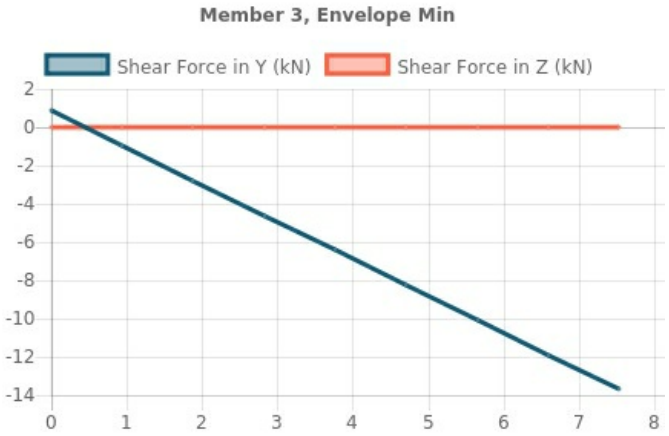
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

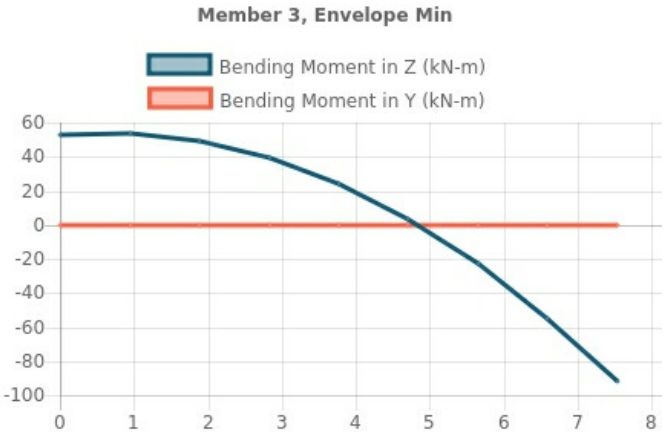
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

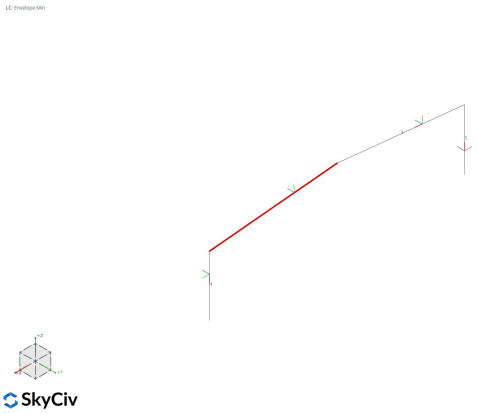
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

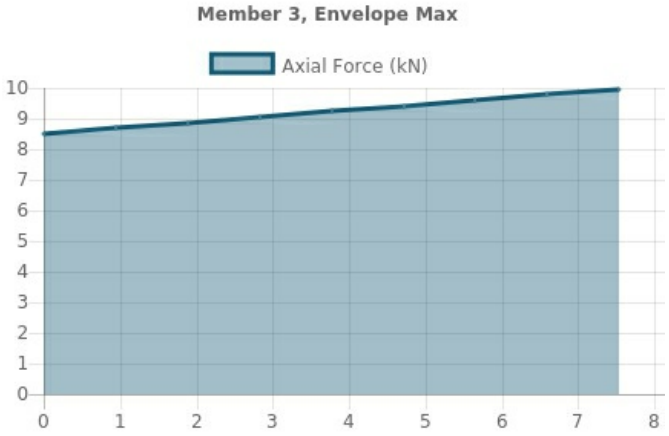


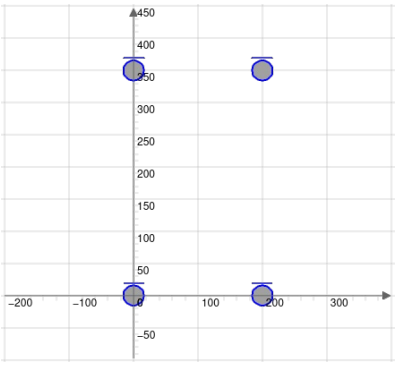


Member 3: LC20

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







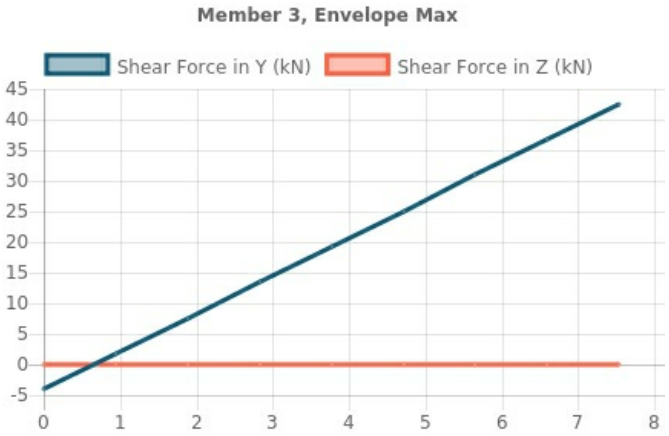
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

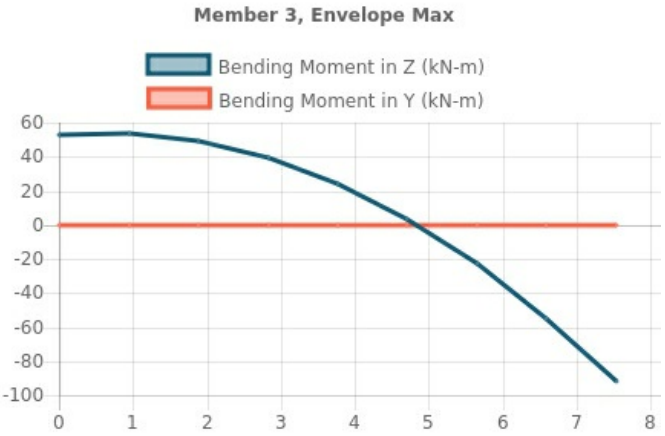
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

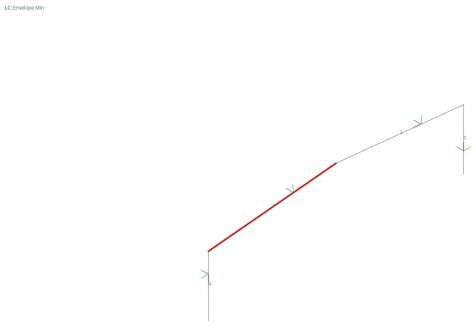
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

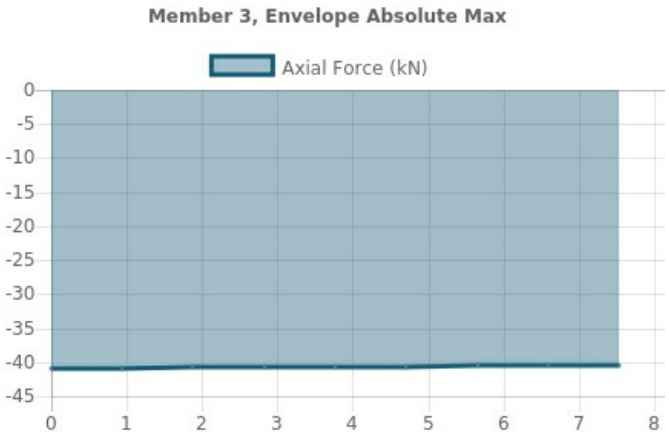


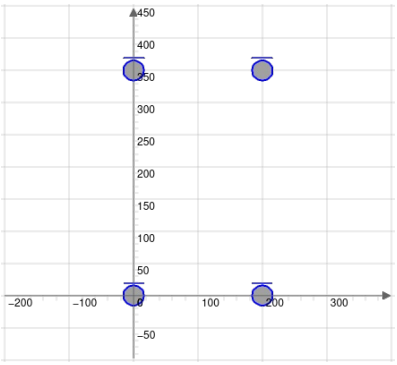


Member 3: LC21

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







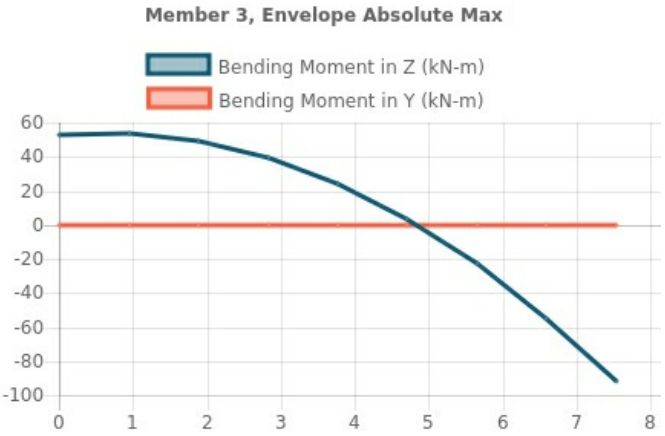
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

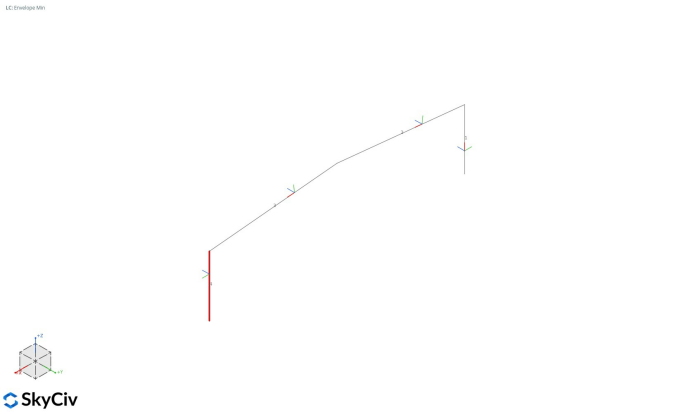
Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

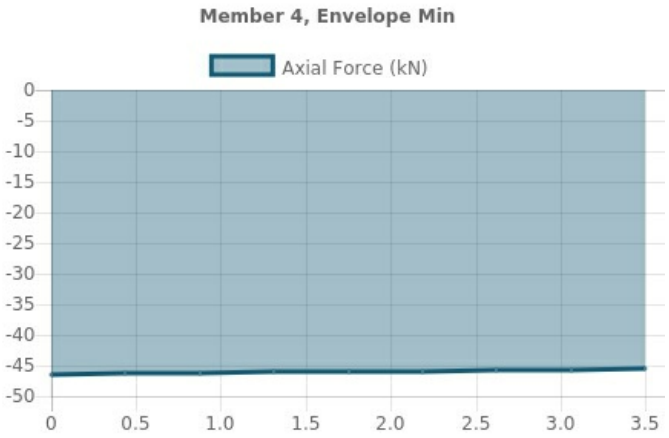
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

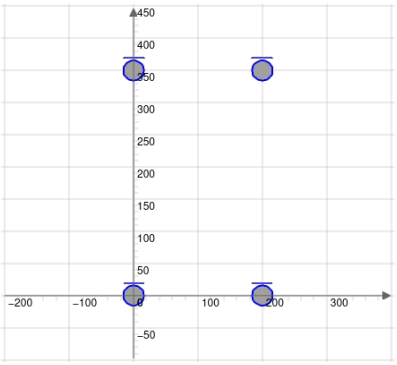


Member 4: LC19

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: -9.964 Y: 0.000 Z: -45.607 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000







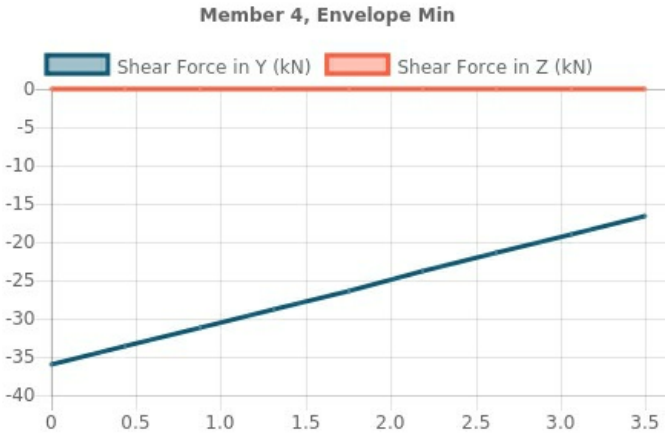
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

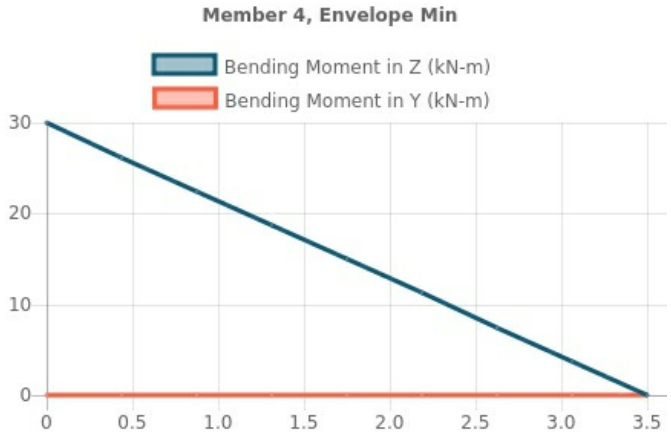
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

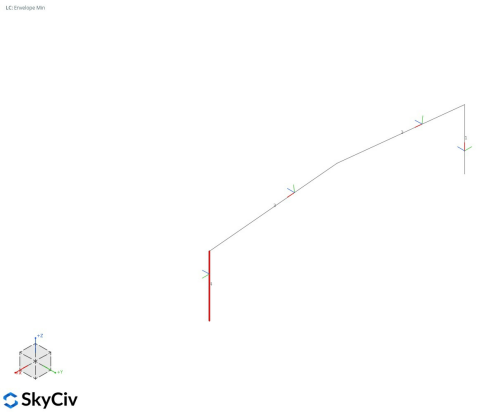
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

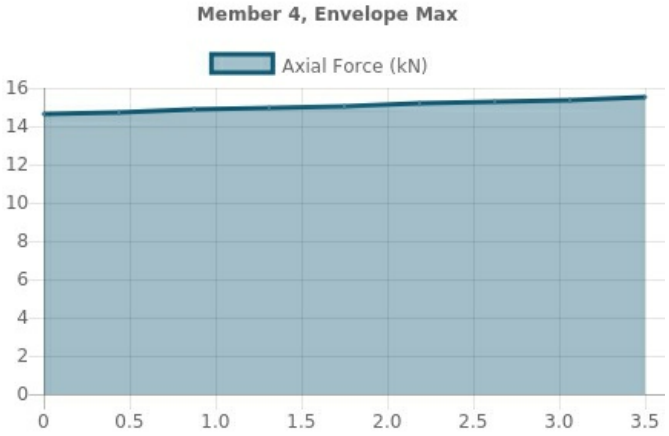


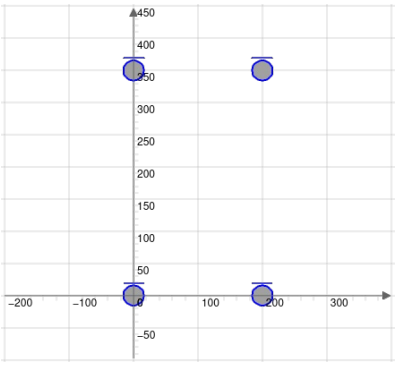


Member 4: LC20

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: 16.611 Y: 0.000 Z: 15.499 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000







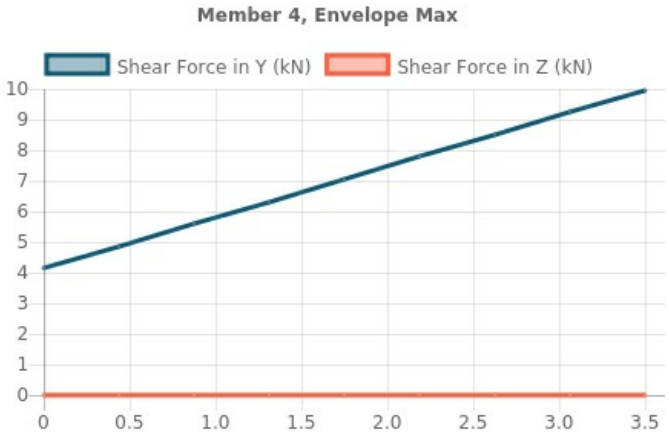
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

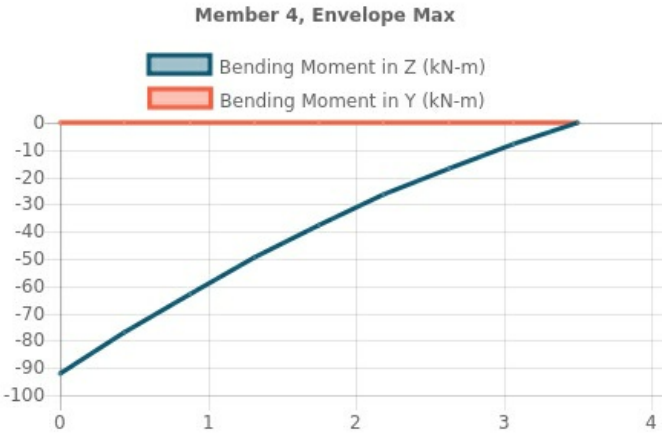
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

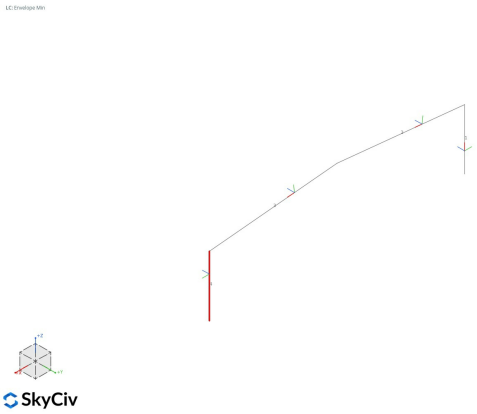
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850

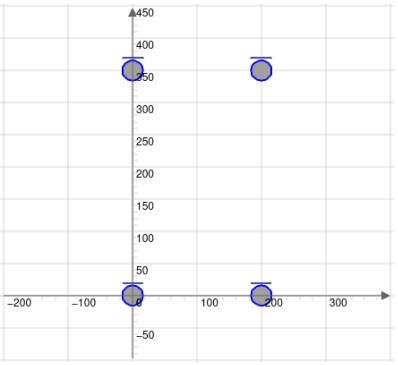




Member 4: LC21

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	Viga reticulada
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: 16.611 Y: 0.000 Z: -45.607 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000





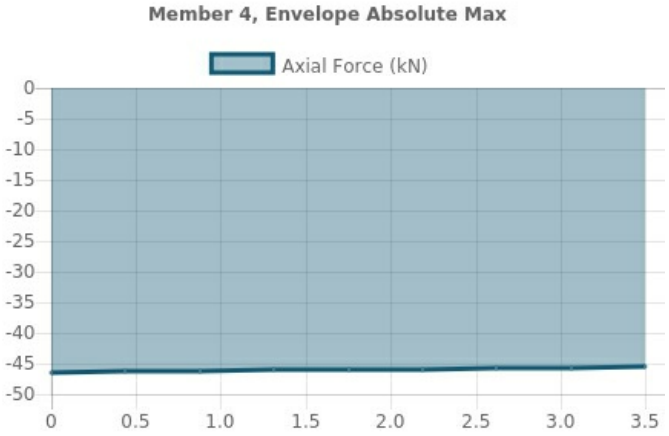
Geometric Properties		
A	3196.444	mm^2
C_z	100	mm
C_y	175	mm

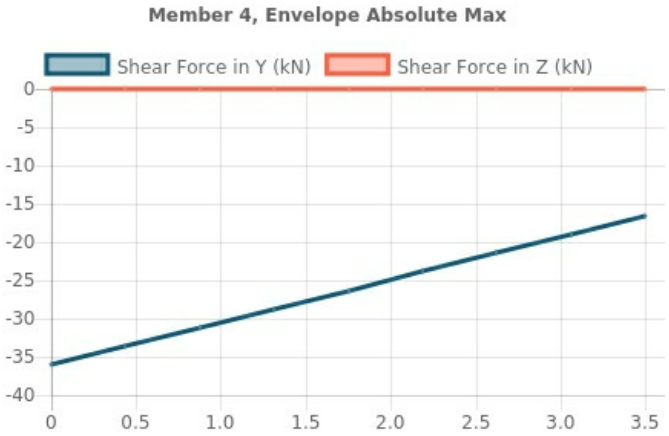
Bending Properties		
I_z	98094356.636	mm^4
I_y	32167704.746	mm^4
α	0	°

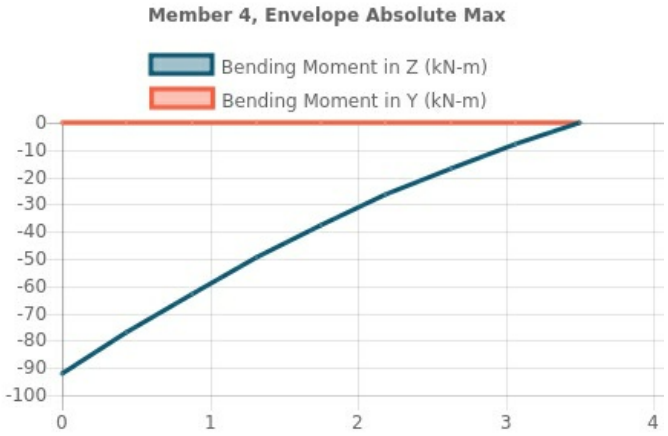
Shear Properties		
A_z	148649.97	mm^2
A_y	24466.667	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	406534.932	mm^4
r	16.003	mm

Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850
Circular	Structural Steel	200000	0.27	7850







Nodal Results

Envelope Min

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-33.026	0.000	-45.607	0.000	0.000	0.000
2	5	-9.964	0.000	-45.607	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	-45.607	-8.548	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	-46.382	-8.548	0.000	0.000	0.000	-29.917
2	2	-40.472	-42.566	0.000	0.000	0.000	92.131
	3	-40.919	4.092	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	3	-40.919	0.851	0.000	0.000	0.000	-52.866
	4	-40.472	-13.715	0.000	0.000	0.000	92.131
4	4	-46.382	-36.036	0.000	0.000	0.000	-29.917
	5	-45.607	-16.611	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Max

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	8.548	0.000	15.499	0.000	0.000	0.000
2	5	16.611	0.000	15.499	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	15.499	16.611	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	14.638	36.036	0.000	0.000	0.000	92.131
2	2	9.962	13.715	0.000	0.000	0.000	92.131
	3	8.505	-0.851	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	3	8.505	-4.092	0.000	0.000	0.000	-52.866
	4	9.962	42.566	0.000	0.000	0.000	92.131
4	4	14.638	4.140	0.000	0.000	0.000	92.131
	5	15.499	9.964	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Absolute Max

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-33.026	0.000	-45.607	0.000	0.000	0.000
2	5	16.611	0.000	-45.607	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	-45.607	16.611	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	-46.382	36.036	0.000	0.000	0.000	92.131
2	2	-40.472	-42.566	0.000	0.000	0.000	92.131
	3	-40.919	4.092	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	3	-40.919	-4.092	0.000	0.000	0.000	-52.866
	4	-40.472	42.566	0.000	0.000	0.000	92.131
4	4	-46.382	-36.036	0.000	0.000	0.000	92.131
	5	-45.607	-16.611	0.000	0.000	0.000	0.000

Member Results

Envelope Min

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	-45.607	-8.548	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.438	-45.703	-8.548	0.000	0.000	0.000	-3.740
1	1	0.875	-45.800	-8.548	0.000	0.000	0.000	-7.479
1	1	1.313	-45.897	-8.548	0.000	0.000	0.000	-11.219
1	1	1.750	-45.994	-8.548	0.000	0.000	0.000	-14.958
1	1	2.188	-46.091	-8.548	0.000	0.000	0.000	-18.698
1	1	2.625	-46.188	-8.548	0.000	0.000	0.000	-22.438
1	1	3.063	-46.285	-8.548	0.000	0.000	0.000	-26.177
1	1	3.500	-46.382	-8.548	0.000	0.000	0.000	-29.917
2	1	0.000	-40.472	-42.566	0.000	0.000	0.000	92.131
2	1	0.942	-40.528	-36.734	0.000	0.000	0.000	54.774
2	1	1.884	-40.584	-30.901	0.000	0.000	0.000	22.912
2	1	2.827	-40.640	-25.069	0.000	0.000	0.000	-3.455
2	1	3.517	-40.681	-20.792	0.000	0.000	0.000	-19.299
2	1	3.769	-40.696	-19.237	0.000	0.000	0.000	-24.327
2	1	4.711	-40.751	-13.405	0.000	0.000	0.000	-39.705
2	1	5.653	-40.807	-7.573	0.000	0.000	0.000	-49.587
2	1	6.595	-40.863	-1.740	0.000	0.000	0.000	-53.974
2	1	7.035	-40.889	0.981	0.000	0.000	0.000	-54.141
2	1	7.537	-40.919	4.092	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	1	0.000	-40.919	0.851	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	1	0.942	-40.863	-0.970	0.000	0.000	0.000	-53.974
3	1	1.884	-40.807	-2.791	0.000	0.000	0.000	-49.587
3	1	2.827	-40.751	-4.612	0.000	0.000	0.000	-39.705
3	1	3.769	-40.696	-6.432	0.000	0.000	0.000	-24.327
3	1	4.711	-40.640	-8.253	0.000	0.000	0.000	-3.455
3	1	5.653	-40.584	-10.074	0.000	0.000	0.000	22.912
3	1	6.595	-40.528	-11.894	0.000	0.000	0.000	54.774
3	1	7.537	-40.472	-13.715	0.000	0.000	0.000	92.131
4	1	0.000	-46.382	-36.036	0.000	0.000	0.000	-29.917
4	1	0.438	-46.285	-33.607	0.000	0.000	0.000	-26.177
4	1	0.875	-46.188	-31.179	0.000	0.000	0.000	-22.438
4	1	1.313	-46.091	-28.751	0.000	0.000	0.000	-18.698
4	1	1.750	-45.994	-26.323	0.000	0.000	0.000	-14.958
4	1	2.188	-45.897	-23.895	0.000	0.000	0.000	-11.219
4	1	2.625	-45.800	-21.467	0.000	0.000	0.000	-7.479
4	1	3.063	-45.703	-19.039	0.000	0.000	0.000	-3.740
4	1	3.500	-45.607	-16.611	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Max

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

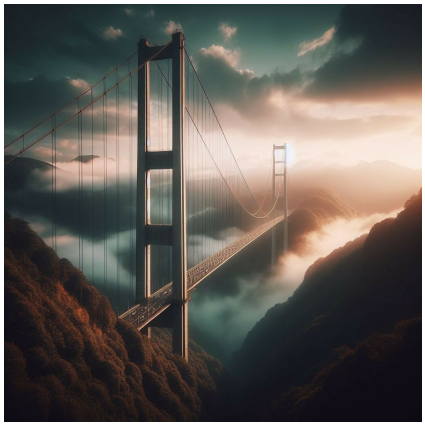
Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	15.499	16.611	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.438	15.392	19.039	0.000	0.000	0.000	7.798
1	1	0.875	15.284	21.467	0.000	0.000	0.000	16.659
1	1	1.313	15.176	23.895	0.000	0.000	0.000	26.582
1	1	1.750	15.069	26.323	0.000	0.000	0.000	37.567
1	1	2.188	14.961	28.751	0.000	0.000	0.000	49.614
1	1	2.625	14.853	31.179	0.000	0.000	0.000	62.724
1	1	3.063	14.746	33.607	0.000	0.000	0.000	76.896
1	1	3.500	14.638	36.036	0.000	0.000	0.000	92.131
2	1	0.000	9.962	13.715	0.000	0.000	0.000	92.131
2	1	0.942	9.780	11.894	0.000	0.000	0.000	54.774
2	1	1.884	9.598	10.074	0.000	0.000	0.000	22.912
2	1	2.827	9.416	8.253	0.000	0.000	0.000	-3.455
2	1	3.517	9.282	6.918	0.000	0.000	0.000	-19.299
2	1	3.769	9.234	6.432	0.000	0.000	0.000	-24.327
2	1	4.711	9.051	4.612	0.000	0.000	0.000	-39.705
2	1	5.653	8.869	2.791	0.000	0.000	0.000	-49.587
2	1	6.595	8.687	0.970	0.000	0.000	0.000	-53.974
2	1	7.035	8.602	0.121	0.000	0.000	0.000	-54.141
2	1	7.537	8.505	-0.851	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	1	0.000	8.505	-4.092	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	1	0.942	8.687	1.740	0.000	0.000	0.000	-53.974
3	1	1.884	8.869	7.573	0.000	0.000	0.000	-49.587
3	1	2.827	9.051	13.405	0.000	0.000	0.000	-39.705
3	1	3.769	9.234	19.237	0.000	0.000	0.000	-24.327
3	1	4.711	9.416	25.069	0.000	0.000	0.000	-3.455
3	1	5.653	9.598	30.901	0.000	0.000	0.000	22.912
3	1	6.595	9.780	36.734	0.000	0.000	0.000	54.774
3	1	7.537	9.962	42.566	0.000	0.000	0.000	92.131
4	1	0.000	14.638	4.140	0.000	0.000	0.000	92.131
4	1	0.438	14.746	4.868	0.000	0.000	0.000	76.896
4	1	0.875	14.853	5.596	0.000	0.000	0.000	62.724
4	1	1.313	14.961	6.324	0.000	0.000	0.000	49.614
4	1	1.750	15.069	7.052	0.000	0.000	0.000	37.567
4	1	2.188	15.176	7.780	0.000	0.000	0.000	26.582
4	1	2.625	15.284	8.508	0.000	0.000	0.000	16.659
4	1	3.063	15.392	9.236	0.000	0.000	0.000	7.798
4	1	3.500	15.499	9.964	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Absolute Max

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

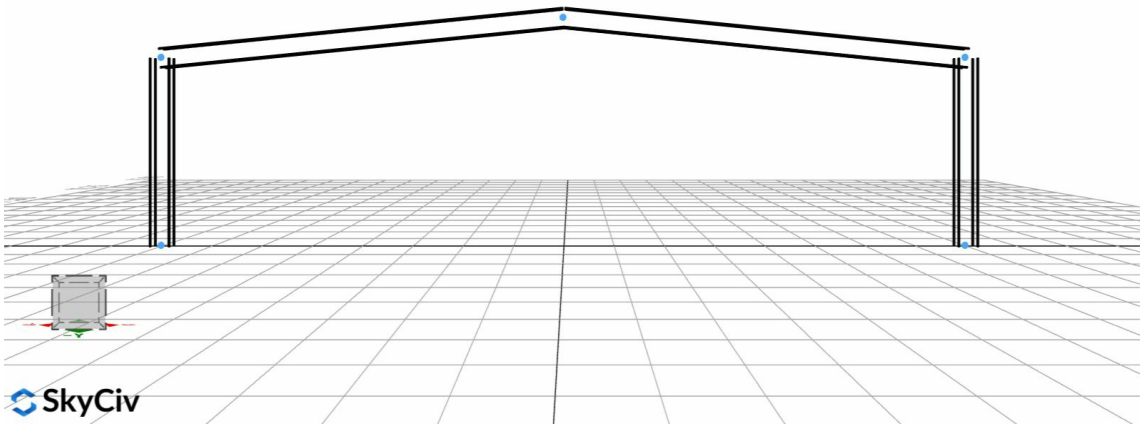
= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	-45.607	16.611	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.438	-45.703	19.039	0.000	0.000	0.000	7.798
1	1	0.875	-45.800	21.467	0.000	0.000	0.000	16.659
1	1	1.313	-45.897	23.895	0.000	0.000	0.000	26.582
1	1	1.750	-45.994	26.323	0.000	0.000	0.000	37.567
1	1	2.188	-46.091	28.751	0.000	0.000	0.000	49.614
1	1	2.625	-46.188	31.179	0.000	0.000	0.000	62.724
1	1	3.063	-46.285	33.607	0.000	0.000	0.000	76.896
1	1	3.500	-46.382	36.036	0.000	0.000	0.000	92.131
2	1	0.000	-40.472	-42.566	0.000	0.000	0.000	92.131
2	1	0.942	-40.528	-36.734	0.000	0.000	0.000	54.774
2	1	1.884	-40.584	-30.901	0.000	0.000	0.000	22.912
2	1	2.827	-40.640	-25.069	0.000	0.000	0.000	-3.455
2	1	3.517	-40.681	-20.792	0.000	0.000	0.000	-19.299
2	1	3.769	-40.696	-19.237	0.000	0.000	0.000	-24.327
2	1	4.711	-40.751	-13.405	0.000	0.000	0.000	-39.705
2	1	5.653	-40.807	-7.573	0.000	0.000	0.000	-49.587
2	1	6.595	-40.863	-1.740	0.000	0.000	0.000	-53.974
2	1	7.035	-40.889	0.981	0.000	0.000	0.000	-54.141
2	1	7.537	-40.919	4.092	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	1	0.000	-40.919	-4.092	0.000	0.000	0.000	-52.866
3	1	0.942	-40.863	1.740	0.000	0.000	0.000	-53.974
3	1	1.884	-40.807	7.573	0.000	0.000	0.000	-49.587
3	1	2.827	-40.751	13.405	0.000	0.000	0.000	-39.705
3	1	3.769	-40.696	19.237	0.000	0.000	0.000	-24.327
3	1	4.711	-40.640	25.069	0.000	0.000	0.000	-3.455
3	1	5.653	-40.584	30.901	0.000	0.000	0.000	22.912
3	1	6.595	-40.528	36.734	0.000	0.000	0.000	54.774
3	1	7.537	-40.472	42.566	0.000	0.000	0.000	92.131
4	1	0.000	-46.382	-36.036	0.000	0.000	0.000	92.131
4	1	0.438	-46.285	-33.607	0.000	0.000	0.000	76.896
4	1	0.875	-46.188	-31.179	0.000	0.000	0.000	62.724
4	1	1.313	-46.091	-28.751	0.000	0.000	0.000	49.614
4	1	1.750	-45.994	-26.323	0.000	0.000	0.000	37.567
4	1	2.188	-45.897	-23.895	0.000	0.000	0.000	26.582
4	1	2.625	-45.800	-21.467	0.000	0.000	0.000	16.659
4	1	3.063	-45.703	-19.039	0.000	0.000	0.000	7.798
4	1	3.500	-45.607	-16.611	0.000	0.000	0.000	0.000



Estructura Reticulada SkyCiv Report

Fri 26 Jul 2024, 12:17AM (GMT-04:00)



File Name: Estructura Reticulada
Software: SkyCiv Structural 3D v6.2.6 (Lic. No.: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg)
Analysis Type: Linear Static Analysis

Included in this Report:

Job Setup
Bill of Materials
Screenshots
Nodal Results
Member Results

Table of Contents

Table of Contents
Job Setup
- NODE COORDINATES
- MEMBERS
- SUPPORTS
- MATERIALS
- SECTIONS
- POINT LOADS
- MEMBER DISTRIBUTED LOADS
- SELF WEIGHT
- LOAD COMBINATIONS

Bill of Materials
- BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS

Screenshots
Nodal Results
- Load Combination #6: Comb s1
  - NODE REACTIONS
- Load Combination #7: Comb s2
  - NODE REACTIONS
- Load Combination #8: Comb s3
  - NODE REACTIONS

Member Results
- Load Combination #6: Comb s1
  - MEMBER DISPLACEMENTS
  - MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS
- Load Combination #7: Comb s2
  - MEMBER DISPLACEMENTS
  - MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS
- Load Combination #8: Comb s3
  - MEMBER DISPLACEMENTS
  - MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS

Job Setup

Estructura Reticulada SkyCiv Report
SkyCiv Structural 3D v6.2.6
Licence Number: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg
Date: Fri 26 Jul 2024, 12:17AM (GMT-04:00)
Analysis Type: LINEAR STATIC ANALYSIS

File Name	Estructura Reticulada
Job Name	Empty
Designer	Empty
Job Description	Empty

Length Units	m
Section Length Units	mm
Force Units	kN
Moment and Torsion Units	kN-m
Pressure Units	kPa
Material Strength Units	MPa
Material Density Units	kg/m^3
Mass Units	kg
Temperature Units	degC
Translation Units	mm
Stress Units	MPa
Nodes	5
Members	4
Plates	0
Meshed Plates	0
Supports	2
Sections	1
Point Loads	1
Distributed Loads	14
Moments	0
Member Prestress Loads	0
Thermal Loads	0
Pressures	0
Area Loads	0
Self Weight	ON
User Defined Nodal Masses	0
Auto Defined Nodal Masses	0
Spectral Loads	0
Member Evaluation Points	9
Extrapolate Plate Results From Gauss Points	YES
General Constraint	RRRRRR
Total Degrees of Freedom	24

NODE COORDINATES (m)

NOTE: Nodes in the plate mesh are not displayed in the table below.

ID	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	3.500
3	7.500	0.000	4.250
4	15.000	0.000	3.500
5	15.000	0.000	0.000

MEMBERS (deg, m, mm, m, kN)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

ID	Node A	Node B	Length	Type	Section ID	Rotation Angle	Node A Fixity	Node B Fixity
1	1	2	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
2	2	3	7.537	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
3	3	4	7.537	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF
4	4	5	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFF

ID	Node A Offsets	Node B Offsets	Offset Axis	Node A Rot Stiff Y	Node A Rot Stiff Z	Node B Rot Stiff Y	Node B Rot Stiff Z	Cable Length	T/C Limit	Mirror	Disable Non-Linear
1	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
2	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
3	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
4	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No

SUPPORTS (kN/m, kN-m/rad)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

B=Both Axes Restraint, N=Negative-Axis Restraint Only, P=Positive-Axis Restraint Only

ID	Node ID	Restraint Code	Direction Code	X Trans Stiffness	Y Trans Stiffness	Z Trans Stiffness	X Rot Stiffness	Y Rot Stiffness	Z Rot Stiffness	Source
1	1	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support
2	5	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support

MATERIALS (MPa, kg/m^3, 10^{-6}/degC)

Shear Modulus is used for members only.
Ex, Ey, Gxy, Gxz, Gyz are used for orthotropic plates only.

ID	Name	Young's Modulus	Shear Modulus	Density	Poisson's Ratio	Thermal Exp. Coeff.	Young's Modulus x	Young's Modulus y	Shear Modulus xy	Shear Modulus xz	Shear Modulus yz	Poisson's Ratio xy
1	Structural Steel	200000.000	Auto	7850.000	0.270	12.000	-	-	-	-	-	Auto

SECTIONS (mm, mm^2, mm^4, deg)

ID	Name	Shape	Material ID	Depth	Width	Shear Area z (STRESS)	Shear Area y (STRESS)	Shear Area z (TIMO)	Shear Area y (TIMO)	Torsion Radius
1	Viga reticulada	Circular	1	382.000	232.000	148649.970	24466.667	-	-	16.003

ID	Centroid y	Centroid z	Area (A)	y-Axis MoI (Iy)	z-Axis MoI (Iz)	Torsion Constant (J)	Principal Angle	Non Prismatic
1	191.000	116.000	3196.444	32167704.746	98094356.636	406534.932	0.000	N

ID	Area Red. Factor	Iy Red. Factor	Iz Red. Factor	Torsion Constant Red. Factor	Shear Area Y Red. Factor	Shear Area Z Red. Factor
1	-	-	-	-	-	-

POINT LOADS (kN)

ID	Load Group	Node	Member	Position (%)	X Magnitude	Y Magnitude	Z Magnitude
1	DEF	2			1.000	0.000	0.000

MEMBER DISTRIBUTED LOADS (kN/m)

ID	Load Group	Start Position (%)	End Position (%)	Member	Axes	X Start/ End	Y Start/ End	Z Start/ End
1	WT	0%	100%	1	Global	4.100	0.000	0.000
						4.100	0.000	0.000
2	WT	0%	46.666666666666664%	2	Global	-0.450	0.000	4.490
						-0.450	0.000	4.490
3	WT	46.666666666666664%	93.33333333333333%	2	Global	-0.290	0.000	2.870
						-0.290	0.000	2.870
4	WT	93.33333333333333%	100%	2	Global	-0.210	0.000	2.070
						-0.210	0.000	2.070
5	WT	0%	100%	3	Global	0.210	0.000	2.070
						0.210	0.000	2.070
6	WT	0%	100%	4	Global	2.080	0.000	0.000
						2.080	0.000	0.000
7	L	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-1.296
						0.000	0.000	-1.296
8	L	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-1.296
						0.000	0.000	-1.296
9	D	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-0.400
						0.000	0.000	-0.400
10	D	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-0.400
						0.000	0.000	-0.400
11	WL	0%	100%	1	Global	-3.700	0.000	0.000
						-3.700	0.000	0.000
12	WL	0%	100%	4	Global	3.700	0.000	0.000
						3.700	0.000	0.000
13	WL	0%	100%	2	Global	-0.450	0.000	4.490
						-0.450	0.000	4.490
14	WL	0%	100%	3	Global	0.450	0.000	4.490
						0.450	0.000	4.490

SELF WEIGHT (g's)

Load Group	X Gravity	Y Gravity	Z Gravity
SW1	0.000	0.000	-1.000

LOAD COMBINATIONS

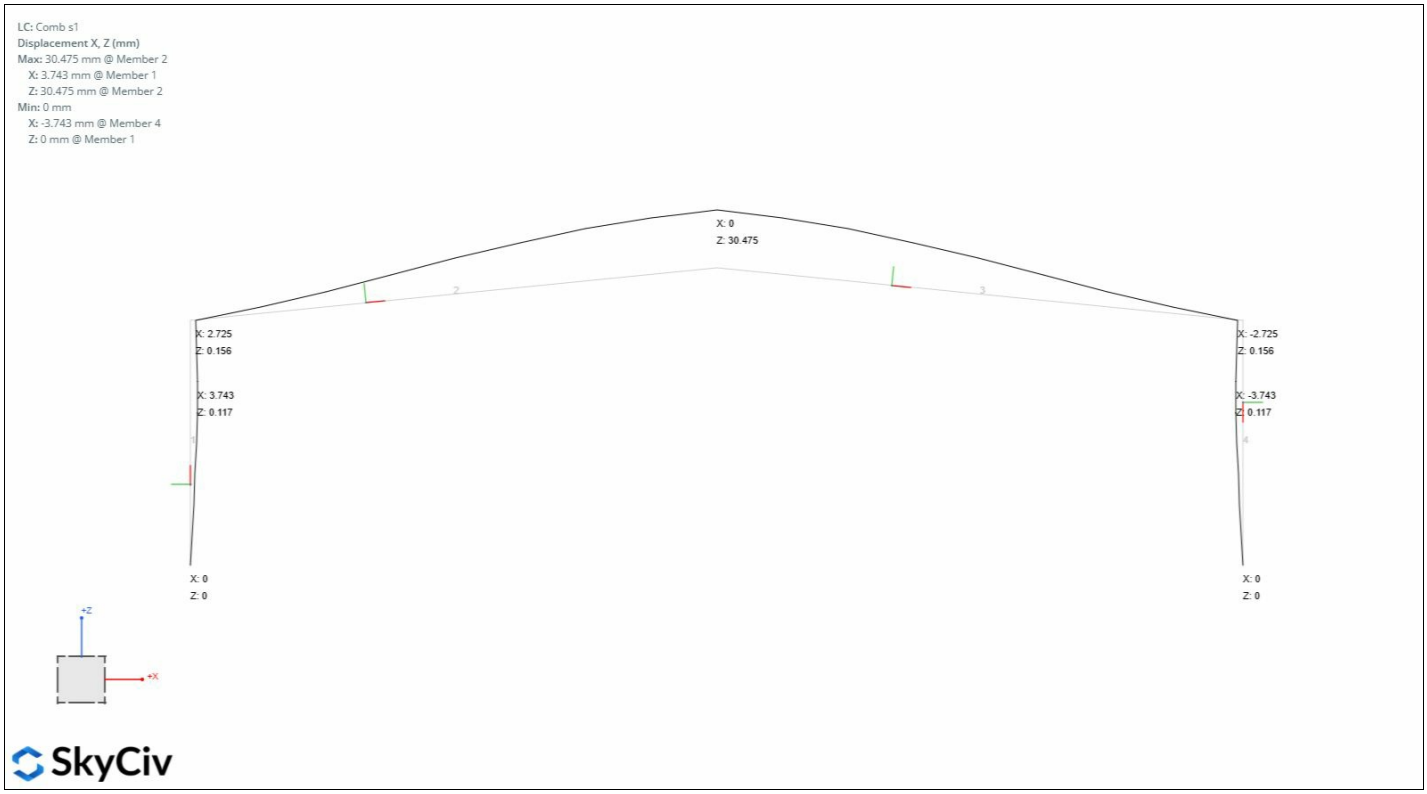
ID	Name	Criteria	D Factor	DEF Factor	L Factor	SW1 Factor	WL Factor	WT Factor
1	Comb 1	Strength	1.400	0	0	1.400	0	0
2	Comb 2	Strength	1.200	0	1.600	1.200	0.800	0
3	Comb 3	Strength	1.200	0	1.600	1.200	0	0.800
4	Comb 4	Strength	1.200	0	0.500	1.200	1.500	0
5	Comb 5	Strength	1.200	0	0.500	1.200	0	1.500
6	Comb s1	Serviceability	1.000	0	0	1.000	1.000	0
7	Comb s2	Serviceability	1.000	0	0	1.000	0	1.000
8	Comb s3	Serviceability	1.000	0	1.000	1.000	0	0
10	Comb 6	Strength	0.900	0	0	0.900	1.500	0
11	Comb 7	Strength	0.900	0	0	0.900	0	1.500
12	def	Strength	0	1.000	0	0	0	0

Bill of Materials

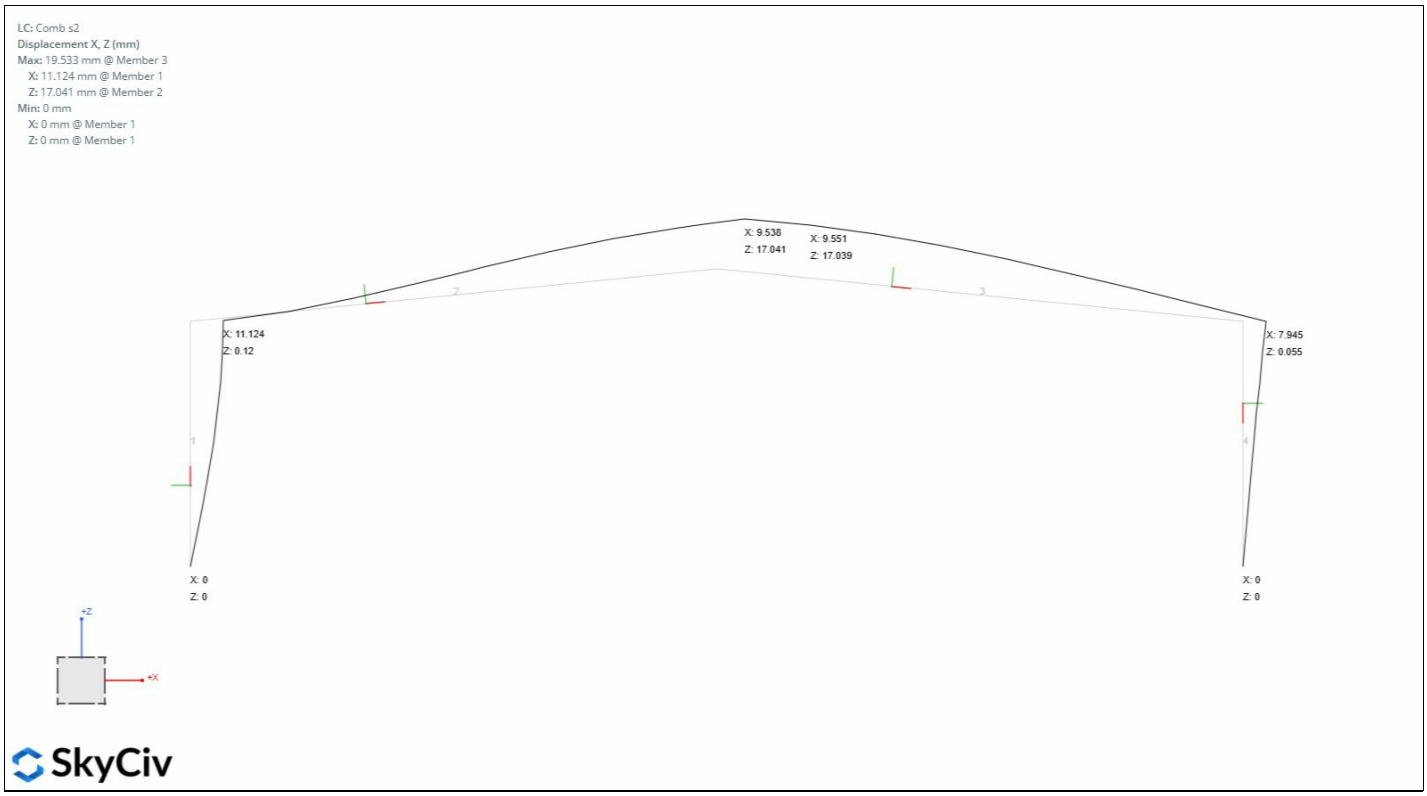
BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS (m, kg)

Section	Material	Quantity	Unit Length	Total Length	Unit Mass	Total Mass
1: Viga reticulada	1: Structural Steel	2	3.500	7.000	87.822	175.645
1: Viga reticulada	1: Structural Steel	2	7.537	15.075	189.129	378.259
						553.903

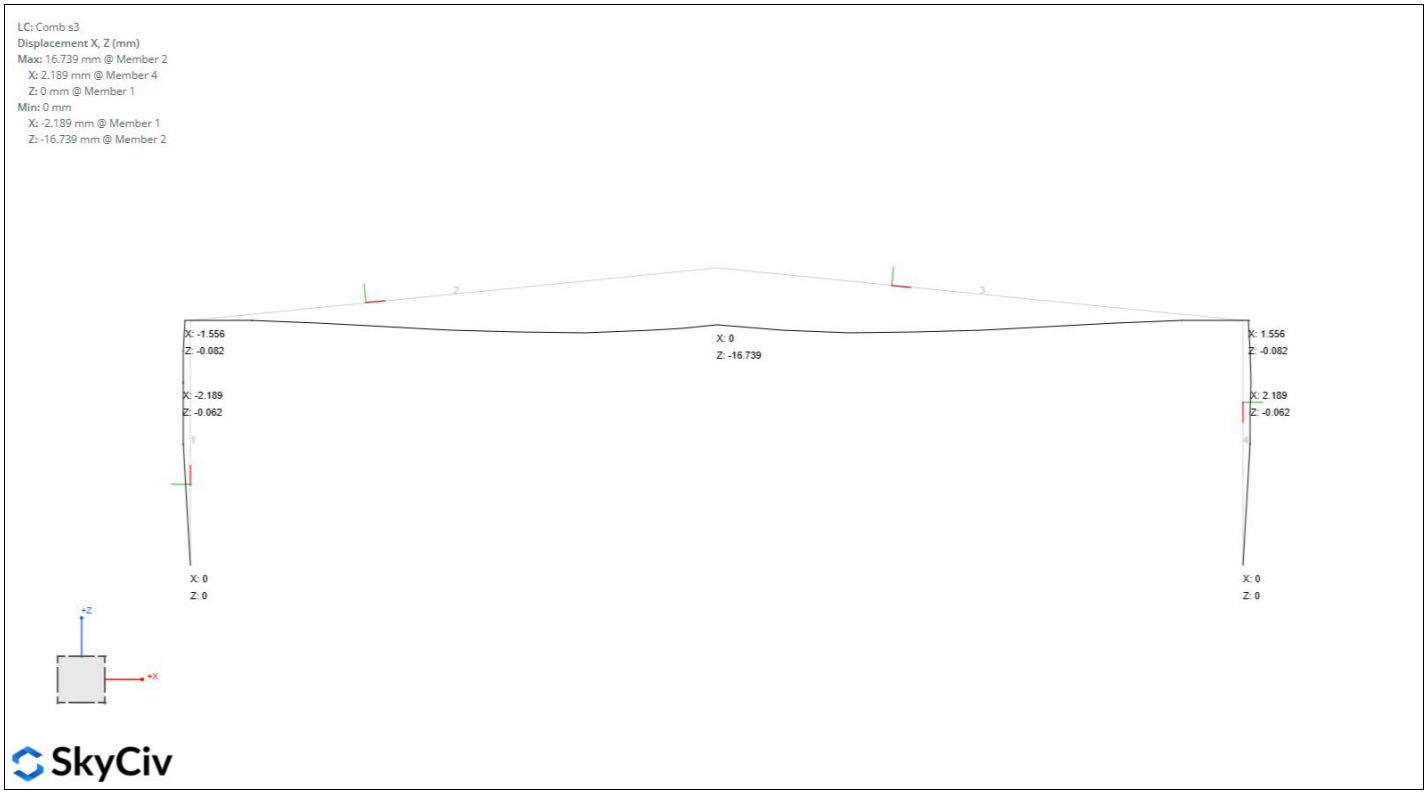
Screenshots



Deformacion modo 1.jpg



Deformacion modo 2.jpg



Deformacion modo 3.jpg

Nodal Results

Load Combination #6: Comb s1 = (D) + (SW1) + (WL)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

L

WT

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-9.936	0.000	-28.112	0.000	0.000	0.000
2	5	9.936	0.000	-28.112	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	0.000	0.000	-56.224			
	Load Sum	0.000	0.000	56.224			
	Equilibrium	0.000	0.000	0.000			

Load Combination #7: Comb s2 = (D) + (SW1) + (WT)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

L

WL

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-20.880	0.000	-21.461	0.000	0.000	0.000
2	5	0.375	0.000	-9.608	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	-20.504	0.000	-31.069			
	Load Sum	20.504	-0.000	31.069			
	Equilibrium	0.000	-0.000	-0.000			

Load Combination #8: Comb s3 = (D) + (L) + (SW1)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

WL

WT

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	8.548	0.000	15.499	0.000	0.000	0.000
2	5	-8.548	0.000	15.499	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	0.000	0.000	30.999			
	Load Sum	0.000	0.000	-30.999			
	Equilibrium	0.000	0.000	0.000			

Member Results

Load Combination #6: Comb s1 = (D) + (SW1) + (WL)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

L

WT

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
1	0.438	0.933	0.000	0.019	0.933	0.000	0.002	0.000
1	0.875	1.820	0.000	0.039	1.820	0.000	0.002	0.000
1	1.313	2.607	0.000	0.058	2.608	0.000	0.002	0.000
1	1.750	3.236	0.000	0.078	3.236	0.000	0.001	0.000
1	2.188	3.639	0.000	0.097	3.640	0.000	0.001	0.000
1	2.625	3.743	0.000	0.117	3.744	0.000	-0.000	0.000
1	3.063	3.467	0.000	0.136	3.470	0.000	-0.001	0.000
1	3.500	2.725	0.000	0.156	2.729	0.000	-0.002	0.000
2	0.000	2.725	0.000	0.156	2.729	0.000	-0.002	0.000
2	0.942	2.436	0.000	3.428	4.205	0.000	-0.004	0.000
2	1.884	1.992	0.000	8.250	8.487	0.000	-0.006	0.000
2	2.827	1.482	0.000	13.728	13.808	0.000	-0.006	0.000
2	3.517	1.110	0.000	17.727	17.762	0.000	-0.006	0.000
2	3.769	0.981	0.000	19.122	19.147	0.000	-0.005	0.000
2	4.711	0.547	0.000	23.846	23.852	0.000	-0.005	0.000
2	5.653	0.223	0.000	27.471	27.472	0.000	-0.003	0.000
2	6.595	0.037	0.000	29.721	29.721	0.000	-0.002	0.000
2	7.035	0.001	0.000	30.260	30.260	0.000	-0.001	0.000
2	7.537	0.000	0.000	30.475	30.475	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	30.475	30.475	0.000	0.000	0.000
3	0.942	-0.037	0.000	29.721	29.721	0.000	0.002	0.000
3	1.884	-0.223	0.000	27.471	27.472	0.000	0.003	0.000
3	2.827	-0.547	0.000	23.846	23.852	0.000	0.005	0.000
3	3.769	-0.981	0.000	19.122	19.147	0.000	0.005	0.000
3	4.711	-1.482	0.000	13.728	13.808	0.000	0.006	0.000
3	5.653	-1.992	0.000	8.250	8.487	0.000	0.006	0.000
3	6.595	-2.436	0.000	3.428	4.205	0.000	0.004	0.000
3	7.537	-2.725	0.000	0.156	2.729	0.000	0.002	0.000
4	0.000	-2.725	0.000	0.156	2.729	0.000	0.002	0.000
4	0.438	-3.467	0.000	0.136	3.470	0.000	0.001	0.000
4	0.875	-3.743	0.000	0.117	3.744	0.000	0.000	0.000
4	1.313	-3.639	0.000	0.097	3.640	0.000	-0.001	0.000
4	1.750	-3.236	0.000	0.078	3.236	0.000	-0.001	0.000
4	2.188	-2.607	0.000	0.058	2.608	0.000	-0.002	0.000
4	2.625	-1.820	0.000	0.039	1.820	0.000	-0.002	0.000
4	3.063	-0.933	0.000	0.019	0.933	0.000	-0.002	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002	0.000

MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Local X Translation	Local Y Translation	Local Z Translation	Local X Rotation	Local Y Rotation	Local Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
1	0.438	0.019	-0.933	0.000	0.000	0.000	-0.002
1	0.875	0.039	-1.820	0.000	0.000	0.000	-0.002
1	1.313	0.058	-2.607	0.000	0.000	0.000	-0.002
1	1.750	0.078	-3.236	0.000	0.000	0.000	-0.001
1	2.188	0.097	-3.639	0.000	0.000	0.000	-0.001
1	2.625	0.117	-3.743	0.000	0.000	0.000	0.000
1	3.063	0.136	-3.467	0.000	0.000	0.000	0.001
1	3.500	0.156	-2.725	0.000	0.000	0.000	0.002
2	0.000	2.727	-0.116	0.000	0.000	0.000	0.002
2	0.942	2.765	3.169	0.000	0.000	0.000	0.004
2	1.884	2.803	8.011	0.000	0.000	0.000	0.006
2	2.827	2.841	13.512	0.000	0.000	0.000	0.006
2	3.517	2.869	17.529	0.000	0.000	0.000	0.006
2	3.769	2.879	18.929	0.000	0.000	0.000	0.005
2	4.711	2.917	23.673	0.000	0.000	0.000	0.005
2	5.653	2.955	27.313	0.000	0.000	0.000	0.003
2	6.595	2.994	29.570	0.000	0.000	0.000	0.002
2	7.035	3.012	30.110	0.000	0.000	0.000	0.001
2	7.537	3.032	30.323	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	-3.032	30.323	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.942	-2.994	29.570	0.000	0.000	0.000	-0.002
3	1.884	-2.955	27.313	0.000	0.000	0.000	-0.003
3	2.827	-2.917	23.673	0.000	0.000	0.000	-0.005
3	3.769	-2.879	18.929	0.000	0.000	0.000	-0.005
3	4.711	-2.841	13.512	0.000	0.000	0.000	-0.006
3	5.653	-2.803	8.011	0.000	0.000	0.000	-0.006
3	6.595	-2.765	3.169	0.000	0.000	0.000	-0.004
3	7.537	-2.727	-0.116	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	0.000	-0.156	-2.725	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	0.438	-0.136	-3.467	0.000	0.000	0.000	-0.001
4	0.875	-0.117	-3.743	0.000	0.000	0.000	-0.000
4	1.313	-0.097	-3.639	0.000	0.000	0.000	0.001
4	1.750	-0.078	-3.236	0.000	0.000	0.000	0.001
4	2.188	-0.058	-2.607	0.000	0.000	0.000	0.002
4	2.625	-0.039	-1.820	0.000	0.000	0.000	0.002
4	3.063	-0.019	-0.933	0.000	0.000	0.000	0.002
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002

Load Combination #7: Comb s2 = (D) + (SW1) + (WT)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

L

WL

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000
1	0.438	2.163	0.000	0.015	2.163	0.000	0.005	0.000
1	0.875	4.242	0.000	0.030	4.242	0.000	0.005	0.000
1	1.313	6.158	0.000	0.044	6.158	0.000	0.004	0.000
1	1.750	7.842	0.000	0.059	7.843	0.000	0.004	0.000
1	2.188	9.232	0.000	0.074	9.232	0.000	0.003	0.000
1	2.625	10.272	0.000	0.089	10.272	0.000	0.002	0.000
1	3.063	10.916	0.000	0.105	10.916	0.000	0.001	0.000
1	3.500	11.124	0.000	0.120	11.125	0.000	-0.000	0.000
2	0.000	11.124	0.000	0.120	11.125	0.000	-0.000	0.000
2	0.942	11.039	0.000	1.099	11.094	0.000	-0.002	0.000
2	1.884	10.821	0.000	3.414	11.347	0.000	-0.003	0.000
2	2.827	10.537	0.000	6.382	12.319	0.000	-0.003	0.000
2	3.517	10.319	0.000	8.661	13.472	0.000	-0.003	0.000
2	3.769	10.241	0.000	9.473	13.951	0.000	-0.003	0.000
2	4.711	9.971	0.000	12.310	15.841	0.000	-0.003	0.000
2	5.653	9.753	0.000	14.621	17.575	0.000	-0.002	0.000
2	6.595	9.606	0.000	16.228	18.858	0.000	-0.001	0.000
2	7.035	9.564	0.000	16.708	19.252	0.000	-0.001	0.000
2	7.537	9.538	0.000	17.041	19.529	0.000	-0.000	0.000
3	0.000	9.538	0.000	17.041	19.529	0.000	-0.000	0.000
3	0.942	9.551	0.000	17.039	19.533	0.000	0.000	0.000
3	1.884	9.482	0.000	16.215	18.784	0.000	0.001	0.000
3	2.827	9.335	0.000	14.605	17.333	0.000	0.002	0.000
3	3.769	9.118	0.000	12.303	15.313	0.000	0.003	0.000
3	4.711	8.847	0.000	9.459	12.952	0.000	0.003	0.000
3	5.653	8.542	0.000	6.283	10.604	0.000	0.003	0.000
3	6.595	8.231	0.000	3.041	8.775	0.000	0.003	0.000
3	7.537	7.945	0.000	0.055	7.945	0.000	0.003	0.000
4	0.000	7.945	0.000	0.055	7.945	0.000	0.003	0.000
4	0.438	6.733	0.000	0.048	6.733	0.000	0.003	0.000
4	0.875	5.627	0.000	0.041	5.627	0.000	0.002	0.000
4	1.313	4.600	0.000	0.034	4.601	0.000	0.002	0.000
4	1.750	3.631	0.000	0.027	3.631	0.000	0.002	0.000
4	2.188	2.700	0.000	0.020	2.700	0.000	0.002	0.000
4	2.625	1.791	0.000	0.013	1.791	0.000	0.002	0.000
4	3.063	0.894	0.000	0.007	0.894	0.000	0.002	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000

MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Local X Translation	Local Y Translation	Local Z Translation	Local X Rotation	Local Y Rotation	Local Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.005
1	0.438	0.015	-2.163	0.000	0.000	0.000	-0.005
1	0.875	0.030	-4.242	0.000	0.000	0.000	-0.005
1	1.313	0.044	-6.158	0.000	0.000	0.000	-0.004
1	1.750	0.059	-7.842	0.000	0.000	0.000	-0.004
1	2.188	0.074	-9.232	0.000	0.000	0.000	-0.003
1	2.625	0.089	-10.272	0.000	0.000	0.000	-0.002
1	3.063	0.105	-10.916	0.000	0.000	0.000	-0.001
1	3.500	0.120	-11.124	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	11.081	-0.988	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.942	11.094	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.002
2	1.884	11.107	2.321	0.000	0.000	0.000	0.003
2	2.827	11.120	5.301	0.000	0.000	0.000	0.003
2	3.517	11.129	7.591	0.000	0.000	0.000	0.003
2	3.769	11.133	8.407	0.000	0.000	0.000	0.003
2	4.711	11.146	11.256	0.000	0.000	0.000	0.003
2	5.653	11.160	13.578	0.000	0.000	0.000	0.002
2	6.595	11.173	15.191	0.000	0.000	0.000	0.001
2	7.035	11.179	15.674	0.000	0.000	0.000	0.001
2	7.537	11.187	16.008	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	7.795	17.906	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.942	7.809	17.905	0.000	0.000	0.000	-0.000
3	1.884	7.822	17.078	0.000	0.000	0.000	-0.001
3	2.827	7.835	15.461	0.000	0.000	0.000	-0.002
3	3.769	7.848	13.149	0.000	0.000	0.000	-0.003
3	4.711	7.862	10.293	0.000	0.000	0.000	-0.003
3	5.653	7.875	7.102	0.000	0.000	0.000	-0.003
3	6.595	7.887	3.845	0.000	0.000	0.000	-0.003
3	7.537	7.900	0.845	0.000	0.000	0.000	-0.003
4	0.000	-0.055	7.945	0.000	0.000	0.000	-0.003
4	0.438	-0.048	6.733	0.000	0.000	0.000	-0.003
4	0.875	-0.041	5.627	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	1.313	-0.034	4.600	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	1.750	-0.027	3.631	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	2.188	-0.020	2.700	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	2.625	-0.013	1.791	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	3.063	-0.007	0.894	0.000	0.000	0.000	-0.002
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002

Load Combination #8: Comb s3 = (D) + (L) + (SW1)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

DEF

WL

WT

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000
1	0.438	-0.578	0.000	-0.011	0.578	0.000	-0.001	0.000
1	0.875	-1.119	0.000	-0.021	1.119	0.000	-0.001	0.000
1	1.313	-1.587	0.000	-0.031	1.587	0.000	-0.001	0.000
1	1.750	-1.946	0.000	-0.042	1.946	0.000	-0.001	0.000
1	2.188	-2.158	0.000	-0.052	2.159	0.000	-0.000	0.000
1	2.625	-2.189	0.000	-0.062	2.190	0.000	0.000	0.000
1	3.063	-2.000	0.000	-0.072	2.001	0.000	0.001	0.000
1	3.500	-1.556	0.000	-0.082	1.558	0.000	0.001	0.000
2	0.000	-1.556	0.000	-0.082	1.558	0.000	0.001	0.000
2	0.942	-1.388	0.000	-1.915	2.365	0.000	0.002	0.000
2	1.884	-1.138	0.000	-4.557	4.697	0.000	0.003	0.000
2	2.827	-0.853	0.000	-7.544	7.592	0.000	0.003	0.000
2	3.517	-0.645	0.000	-9.725	9.746	0.000	0.003	0.000
2	3.769	-0.573	0.000	-10.486	10.501	0.000	0.003	0.000
2	4.711	-0.328	0.000	-13.072	13.076	0.000	0.002	0.000
2	5.653	-0.141	0.000	-15.068	15.069	0.000	0.002	0.000
2	6.595	-0.029	0.000	-16.317	16.317	0.000	0.001	0.000
2	7.035	-0.005	0.000	-16.619	16.619	0.000	0.000	0.000
2	7.537	0.000	0.000	-16.739	16.739	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	-16.739	16.739	0.000	0.000	0.000
3	0.942	0.029	0.000	-16.317	16.317	0.000	-0.001	0.000
3	1.884	0.141	0.000	-15.068	15.069	0.000	-0.002	0.000
3	2.827	0.328	0.000	-13.072	13.076	0.000	-0.002	0.000
3	3.769	0.573	0.000	-10.486	10.501	0.000	-0.003	0.000
3	4.711	0.853	0.000	-7.544	7.592	0.000	-0.003	0.000
3	5.653	1.138	0.000	-4.557	4.697	0.000	-0.003	0.000
3	6.595	1.388	0.000	-1.915	2.365	0.000	-0.002	0.000
3	7.537	1.556	0.000	-0.082	1.558	0.000	-0.001	0.000
4	0.000	1.556	0.000	-0.082	1.558	0.000	-0.001	0.000
4	0.438	2.000	0.000	-0.072	2.001	0.000	-0.001	0.000
4	0.875	2.189	0.000	-0.062	2.190	0.000	-0.000	0.000
4	1.313	2.158	0.000	-0.052	2.159	0.000	0.000	0.000
4	1.750	1.946	0.000	-0.042	1.946	0.000	0.001	0.000
4	2.188	1.587	0.000	-0.031	1.587	0.000	0.001	0.000
4	2.625	1.119	0.000	-0.021	1.119	0.000	0.001	0.000
4	3.063	0.578	0.000	-0.011	0.578	0.000	0.001	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000

MEMBER LOCAL DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Local X Translation	Local Y Translation	Local Z Translation	Local X Rotation	Local Y Rotation	Local Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
1	0.438	-0.011	0.578	0.000	0.000	0.000	0.001
1	0.875	-0.021	1.119	0.000	0.000	0.000	0.001
1	1.313	-0.031	1.587	0.000	0.000	0.000	0.001
1	1.750	-0.042	1.946	0.000	0.000	0.000	0.001
1	2.188	-0.052	2.158	0.000	0.000	0.000	0.000
1	2.625	-0.062	2.189	0.000	0.000	0.000	-0.000
1	3.063	-0.072	2.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
1	3.500	-0.082	1.556	0.000	0.000	0.000	-0.001
2	0.000	-1.557	0.073	0.000	0.000	0.000	-0.001
2	0.942	-1.571	-1.767	0.000	0.000	0.000	-0.002
2	1.884	-1.586	-4.421	0.000	0.000	0.000	-0.003
2	2.827	-1.600	-7.421	0.000	0.000	0.000	-0.003
2	3.517	-1.610	-9.612	0.000	0.000	0.000	-0.003
2	3.769	-1.613	-10.377	0.000	0.000	0.000	-0.003
2	4.711	-1.627	-12.974	0.000	0.000	0.000	-0.002
2	5.653	-1.640	-14.979	0.000	0.000	0.000	-0.002
2	6.595	-1.653	-16.233	0.000	0.000	0.000	-0.001
2	7.035	-1.659	-16.536	0.000	0.000	0.000	-0.000
2	7.537	-1.666	-16.656	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	1.666	-16.656	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.942	1.653	-16.233	0.000	0.000	0.000	0.001
3	1.884	1.640	-14.979	0.000	0.000	0.000	0.002
3	2.827	1.627	-12.974	0.000	0.000	0.000	0.002
3	3.769	1.613	-10.377	0.000	0.000	0.000	0.003
3	4.711	1.600	-7.421	0.000	0.000	0.000	0.003
3	5.653	1.586	-4.421	0.000	0.000	0.000	0.003
3	6.595	1.571	-1.767	0.000	0.000	0.000	0.002
3	7.537	1.557	0.073	0.000	0.000	0.000	0.001
4	0.000	0.082	1.556	0.000	0.000	0.000	0.001
4	0.438	0.072	2.000	0.000	0.000	0.000	0.001
4	0.875	0.062	2.189	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1.313	0.052	2.158	0.000	0.000	0.000	-0.000
4	1.750	0.042	1.946	0.000	0.000	0.000	-0.001
4	2.188	0.031	1.587	0.000	0.000	0.000	-0.001
4	2.625	0.021	1.119	0.000	0.000	0.000	-0.001
4	3.063	0.011	0.578	0.000	0.000	0.000	-0.001
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001

DIMENSIONAMIENTO

Estructura Reticulada

Rodrigo Martos
ANEXOS

::
REPORTE DEL ELEMENTO 1
::

_____
Propiedades del material-Cordones
_____

Material: ACERO ADN420S
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 400.00 MPa

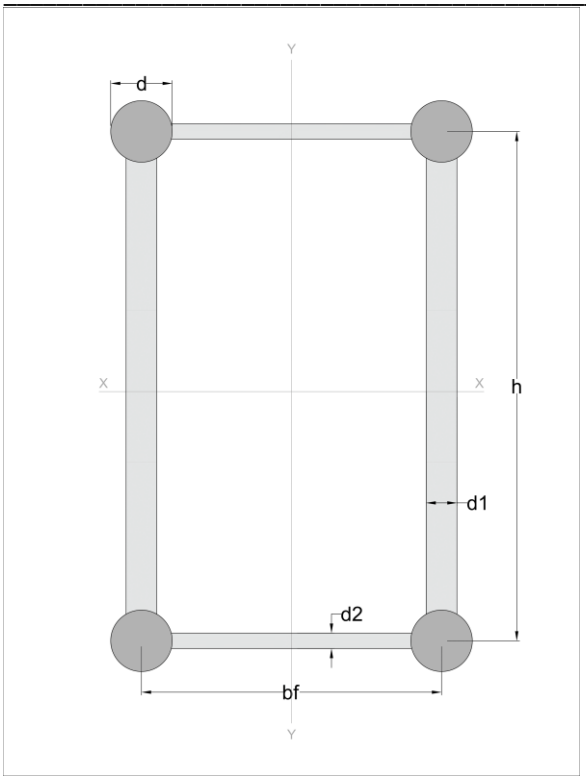
_____
Propiedades del material-Diagonales
_____

Material: ACERO AL220
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 220.00 MPa

_____
Informacion general de la seccion transversal
_____

Tipo de seccion: ::
Designacion: Estructura reticulada

_____
Dimensiones de la seccion transversal
_____



Altura de la seccion armada h: 35.00 cm
Ancho de la seccion armada b: 20.00 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal de las barras de los cordones
_____

Diametro de la barra d: 3.20 cm
Cantidad de barras n: 4.00
Cantidad de barras por cordon respecto al eje fuerte n1x: 2.00
Cantidad de barras por cordon respecto al eje debil n1y: 2.00
Area de una barra A: 8.04 cm^2
Radio de giro de una barra r: 0.80 cm
Inercia de una barra I: 5.15 cm^4
Modulo elastico de una barra Sx: 3.22 cm^3

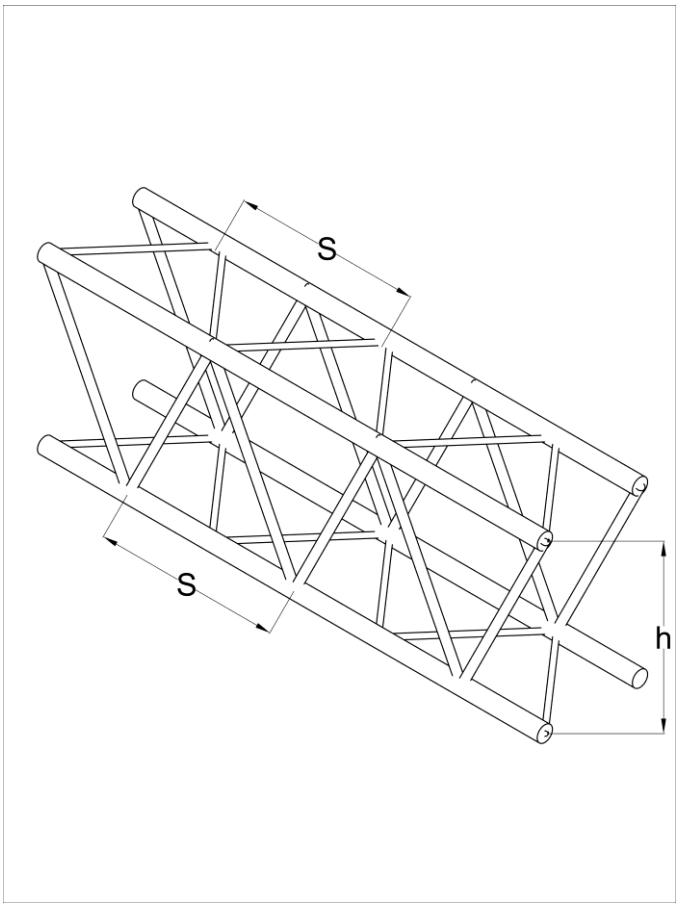
_____
Propiedades de la seccion transversal de las diagonales de la celosia principal
_____

Diametro de una diagonal d1: 1.60 cm
Area de una diagonal A1: 2.01 cm^2
Radio de giro de una diagonal r1: 0.40 cm
Inercia de una diagonal I1: 0.32 cm^4
Modulo elastico de una diagonal Sx1: 0.40 cm^3

_____
Propiedades de la seccion transversal de las diagonales de la celosia secundaria
_____

Diametro de una diagonal d2: 1.00 cm
Area de una diagonal A2: 0.79 cm^2
Radio de giro de una diagonal r2: 0.25 cm
Inercia de una diagonal I2: 0.05 cm^4
Modulo elastico de una diagonal Sx2: 0.10 cm^3

_____
Parametros de diseño de la seccion armada
_____

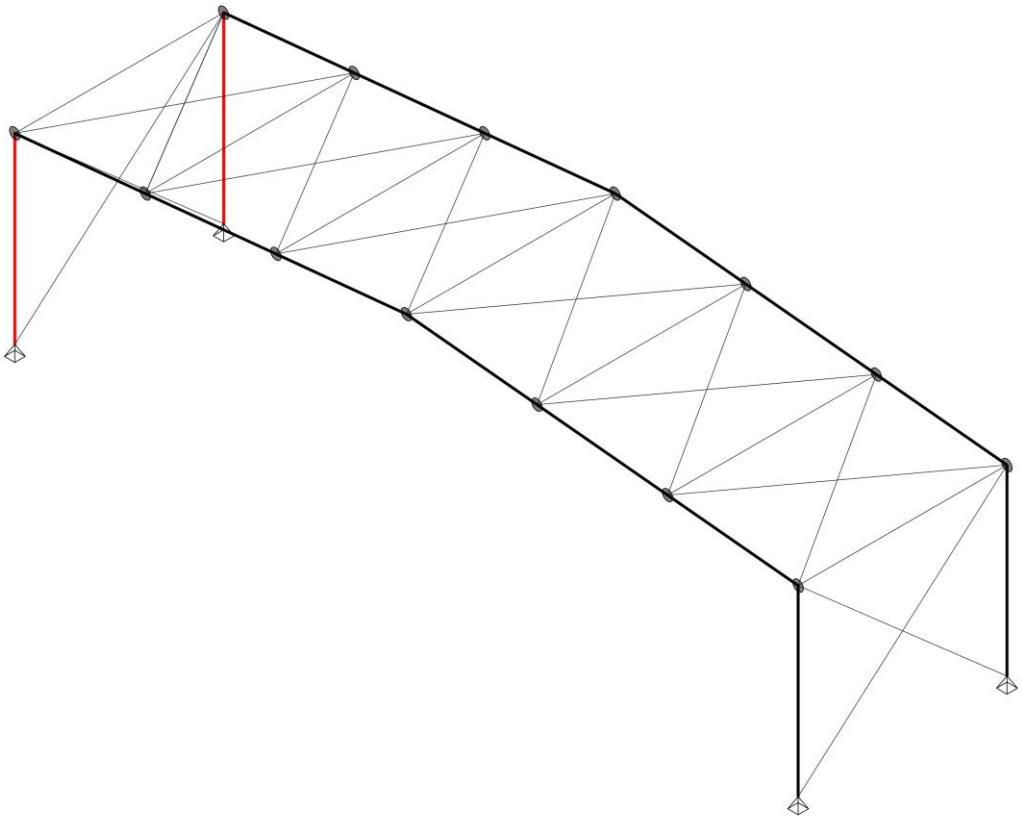


Distancia entre nudos de la celosia s: 35.00 cm
Angulo entre las diagonales de la celosia principal y los cordones α1: 63.43 °
Angulo entre las diagonales de la celosia secundaria y los cordones α2: 48.81 °
Longitud de las diagonales de la celosia principal L1: 39.13 cm
Longitud de las diagonales de la celosia secundaria L2: 26.58 cm
Diametro interior de doblado de las diagonales de la celosia principal di1: 4.00 cm
Fy = 220.00 MPa
d1 <= 1.6 cm
di >= 2.5*d1
4.00 >= 2.5*1.60 = 4.00
VERIFICA
Diametro interior de doblado de las diagonales de la celosia secundaria di2: 4.00 cm
Fy = 220.00 MPa
d2 <= 1.6 cm
di >= 2.5*d2
4.00 >= 2.5*1.00 = 2.50
VERIFICA

Propiedades de la seccion transversal

Area bruta de la seccion transversal Ag: 32.17 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 9852.03 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 3216.99 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 17.50 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 10.00 cm
Modulo de torsion de la seccion transversal J: 319.37 cm^4

Parametros de diseño



Longitud del elemento L: 350.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 350.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 350.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 350.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional de barra de los cordones kc: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional de las diagonales kd: 0.85

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*350.00)/17.50 = 20.00
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*350.00)/10.00 = 35.00
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje fuerte λxm = (λx^2 + λ1^2)^0.5
Valor auxiliar 1 λ1 = π*((2*Ag*L1^3)/(2*A1*s*h))^0.5
λ1 = π*((2*32.17*39.13^3)/(2*2.01*35.00*35.00))^0.5 = 14.86
λxm = (20.00^2 + 14.86^2)^0.5 = 24.91
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil λym = (λy^2 + λ2^2)^0.5
Valor auxiliar 2 λ2 = π*((2*Ag*L2^3)/(2*A2*s*b))^0.5

λ2 = π*((2*32.17*26.58^3)/(2*0.79*35.00*20.00))^0.5 = 23.28
λym = (35.00^2 + 23.28^2)^0.5 = 42.04
Esbeltez global del elemento λ = max([λxm , λym])
λ = max([24.91 , 42.04]) = 42.04

_____
Esbelteces locales
_____

Esbeltez local de una barra del cordon λC = (kc*s)/r
λC = (1.00*35.00)/0.80 = 43.75
Esbeltez local de una diagonal de la celosia principal λD1 = (kd*L1)/r1
λD1 = (0.85*39.13)/0.40 = 83.15
Esbeltez local de una diagonal de la celosia secundaria λD2 = (kd*L2)/r2
λD2 = (0.85*26.58)/0.25 = 90.36

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 1
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 45.57 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 16.98 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 90.39 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 35.54 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 1 ACTUANDO COMO CONJUNTO ESTRUCTURAL
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

(4)Pandeo local de las barras del cordon comprimido segun eje fuerte.
(5)Fluencia de las barras del cordon traccionado segun eje fuerte.
(6)Pandeo local de las barras del cordon comprimido segun eje debil.
(7)Fluencia de las barras del cordon traccionado segun eje debil.
(8)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_4 , Mu_5 , Mu_8])
Mdy = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8])

_____
Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn
_____

(9)Pandeo local de las diagonales de la celosia principal.
(10)Pandeo local de las diagonales de la celosia secundaria.

Vdy = Vu_9
Vdx = Vu_10

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LAS BARRAS COMPONENTES DEL ELEMENTO 1
::

_____
Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx + My/Wy <= 1
_____

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS BARRAS DE LOS CORDONES
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
TnC = Fy*A*(10)^-1 = 400.00*8.04*(10)^-1 = 321.70 kN
TdC = ϕt*TnC = 0.90*321.70 = 289.53 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
Fe = (π^2*E)/λC^2 = (π^2*200000.00)/43.75^2 = 1031.27 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/1031.27)^0.5 = 0.62
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.62 + 0.5*0.62^2 = 0.80
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(0.80 + (0.80^2 - 0.62^2)^0.5) = 0.77
Fcr = ϰ*Fy = 0.77*400.00 = 308.72 MPa
PnC = Fcr*A*(10)^-1 = 308.72*8.04*(10)^-1 = 248.29 kN
PdC = ϕc*PnC = 0.80*248.29 = 198.63 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnC = Fy*Sx*(10)^-3 = 400.00*3.22*(10)^-3 = 1.93 kNm
MdC = ϕb*MnC = 0.90*1.93 = 1.74 kNm

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA PRINCIPAL
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

TnD1 = Fy*A1*(10)^-1 = 220.00*2.01*(10)^-1 = 44.23 kN
TdD1 = ϕt*TnD1 = 0.90*44.23 = 39.81 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

Fe = (π^2*E)/λD1^2 = (π^2*200000.00)/83.15^2 = 285.47 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (220.00/285.47)^0.5 = 0.88
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.88 + 0.5*0.88^2 = 1.05
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(1.05 + (1.05^2 - 0.88^2)^0.5) = 0.61
Fcr = ϰ*Fy = 0.61*220.00 = 134.97 MPa
PnD1 = Fcr*A1*(10)^-1 = 134.97*2.01*(10)^-1 = 27.14 kN
PdD1 = ϕc*PnD1 = 0.85*27.14 = 23.07 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnD1 = Fy*Sx1*(10)^-3 = 220.00*0.40*(10)^-3 = 0.13 kNm
MdD1 = ϕb*MnD1 = 0.90*0.13 = 0.12 kNm

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA SECUNDARIA
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

TnD2 = Fy*A2*(10)^-1 = 220.00*0.79*(10)^-1 = 17.28 kN
TdD2 = ϕt*TnD2 = 0.90*17.28 = 15.55 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

Fe = (π^2*E)/λD2^2 = (π^2*200000.00)/90.36^2 = 241.78 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (220.00/241.78)^0.5 = 0.95
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.95 + 0.5*0.95^2 = 1.14
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(1.14 + (1.14^2 - 0.95^2)^0.5) = 0.57
Fcr = ϰ*Fy = 0.57*220.00 = 124.77 MPa
PnD2 = Fcr*A2*(10)^-1 = 124.77*0.79*(10)^-1 = 9.80 kN
PdD2 = ϕc*PnD2 = 0.85*9.80 = 8.33 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnD2 = Fy*Sx2*(10)^-3 = 220.00*0.10*(10)^-3 = 0.03 kNm
MdD2 = ϕb*MnD2 = 0.90*0.03 = 0.03 kNm

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300
Esbeltez global del elemento λ = 42.04
42.04 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90
Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 400.00*32.17*(10)^-1 = 1286.80 kN
Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*1286.80 = 1158.12 kN

Td = Tu_1 = 1158.12 kN

Tu / Td = 45.57 / 1158.12 = 0.04 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE
Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200
Esbeltez global del elemento λ = 42.04
42.04 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE
Fe = (π^2*E)/λxm^2= (π^2*200000.00)/24.91^2 = 3180.20 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/3180.20)^0.5 = 0.35
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.35)^2)*400.00 = 297.25 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 297.25*32.17*(10)^-1 = 956.26 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*956.26 = 812.82 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
Fe = (π^2*E)/λym^2= (π^2*200000.00)/42.04^2 = 1117.13 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/1117.13)^0.5 = 0.60
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.60)^2)*400.00 = 242.39 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 242.39*32.17*(10)^-1 = 779.77 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*779.77 = 662.81 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3]) = min([812.82 , 662.81]) = 662.81 kN

Pu / Pd = 16.98 / 662.81 = 0.03 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

PANDEO DEL CORDON COMPRIMIDO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_4 = 0.80
Mnx_4 = h*n1x*A*Fcr*(10)^-3 = 35.00*2.00*8.04*308.72*(10)^-3 = 173.80 kNm
Mux_4 = ϕb_4*Mnx_4 = 0.80*173.80 = 139.04 kNm

FLUENCIA DEL CORDON TRACCIONADO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mnx_5 = h*n1x*A*Fy*(10)^-3 = 35.00*2.00*8.04*400.00*(10)^-3 = 225.19 kNm
Mux_5 = ϕb_5*Mnx_5 = 0.90*225.19 = 202.67 kNm

PANDEO DEL CORDON COMPRIMIDO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_6 = 0.80
Mny_6 = b*n1y*A*Fcr*(10)^-3 = 20.00*2.00*8.04*308.72*(10)^-3 = 99.31 kNm
Muy_6 = ϕb_6*Mny_6 = 0.80*99.31 = 79.45 kNm

FLUENCIA DEL CORDON TRACCIONADO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mny_7 = b*n1y*A*Fy*(10)^-3 = 20.00*2.00*8.04*400.00*(10)^-3 = 128.68 kNm
Muy_7 = ϕb_7*Mny_7 = 0.90*128.68 = 115.81 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
ϕb_8 = 0.90

Mny_8 = 150*Cb*b*(1/(kt*Lt))*(J*Ag)^0.5 = 150*1.00*20.00*(1/(1.00*350.00))*(319.37*32.17)^0.5 = 868.82 kNm
Muy_8 = ϕb_8*Mn_8 = 0.90*868.82 = 781.93 kNm

Mdx = min([Mux_4 , Mux_5 , Mu_8]) = min([139.04 , 202.67 , 781.93]) = 139.04 kNm

Mdy = min([Muy_6 , Muy_7 , Mu_8]) = min([79.45 , 115.81 , 781.93]) = 79.45 kNm

Mux / Mdx = 90.39 / 139.04 = 0.65 < 1 VERIFICA

Muy / Mdy = 0.00 / 79.45 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

PANDEO LOCAL DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA PRINCIPAL
ϕs_9 = 0.85
Vny_9 = Fcr*A1*2*sen(α1)*(10)^-1 = 134.97*2.01*2*sen(63.43)*(10)^-1 = 48.54 kN
Vuy_9 = ϕs_9*Vny_9 = 0.85*48.54 = 41.26 kN

PANDEO LOCAL DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA SECUNDARIA
ϕs_10 = 0.85
Vnx_10 = Fcr*A2*2*sen(α2)*(10)^-1 = 124.77*0.79*2*sen(48.81)*(10)^-1 = 14.75 kN
Vux_10 = ϕs_10*Vnx_10 = 0.85*14.75 = 12.54 kN

Vdy = Vuy_9 = 41.26 kN

Vdx = Vux_10 = 12.54 kN

Vuy / Vdy = 35.54 / 41.26 = 0.86 < 1 VERIFICA

Vux / Vdx = 0.00 / 12.54 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Solicitacion axil - Cordon
Tu1 = Tu/n + Mux/(n1x*h)*(10)^2 + Muy/(n1y*b)*(10)^2
Tu1 = 45.57/4.00 + 90.39/(2.00*35.00)*(10)^2 + 0.00/(2.00*20.00)*(10)^2 = 140.52 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia principal
Vu1 = Vuy + 0.008*Tu = 35.54 + 0.008*45.57 = 35.90 kN
Du1 = Vu1/(2*sin(α1)) = 35.90/(2*sin(63.43)) = 20.07 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia secundaria
Vu2 = Vux + 0.008*Tu = 0.00 + 0.008*45.57 = 0.36 kN
Du2 = Vu2/(2*sin(α2)) = 0.36/(2*sin(48.81)) = 0.24 kN

Momentos secundarios
Excentricidad entre la diagonal de la celosia principal y el cordon
es1 = (di + d1)/(2*cos(α1)) - (0.5*d + d1 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d1 = 1.60 cm
di = 4.00 cm
es1 = (4.00 + 1.60)/(2*cos(63.43)) - (0.5*3.20 + 1.60 +0.5*4.00) = 1.06 cm

Excentricidad entre la diagonal de la celosia secundaria y el cordon
es2 = (di + d2)/(2*cos(α2)) - (0.5*d + d2 +0.5*di)

d = 3.20 cm
d2 = 1.00 cm
di = 4.00 cm
es2 = (4.00 + 1.00)/(2*cos(48.81)) - (0.5*3.20 + 1.00 +0.5*4.00) = -0.80 cm
Ms1 = (Vu1*s*es1)/(h)*(10)^2 = (35.90*35.00*1.06)/(35.00)*(10)^2 = 0.38 kNm
Ms2 = (Vu2*s*es2)/(b)*(10)^2 = (0.36*35.00*0.80)/(20.00)*(10)^2 = 0.01 kNm
Momentos sobre el cordon
MxC = (0.5*Ms1)/(1+((d1/d)^4)*(s/L1)) = (0.5*0.38)/(1+((1.60/3.20)^4)*(35.00/39.13)) = 0.18 kNm
MyC = (0.5*Ms2)/(1+((d2/d)^4)*(s/L2)) = (0.5*0.01)/(1+((1.00/3.20)^4)*(35.00/26.58)) = 0.00 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia principal
MD1 = (0.5*Ms1)/(1+((d/d1)^4)*(L1/s)) = (0.5*0.38)/(1+((3.20/1.60)^4)*(39.13/35.00)) = 0.01 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia secundaria
MD2 = (0.5*Ms2)/(1+((d/d2)^4)*(L2/s)) = (0.5*0.01)/(1+((3.20/1.00)^4)*(26.58/35.00)) = 0.00 kNm

Verificacion - Cordon
Tu1/TdC + MxC/MdC + MyC/MdC <= 1
140.52/289.53 + 0.18/1.74 + 0.00/1.74 = 0.59 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia principal
Du1/PdD1 + MD1/MdD1 <= 1
20.07/23.07 + 0.01/0.12 = 0.95 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia secundaria
Du2/PdD2 + MD2/MdD2 <= 1
0.24/8.33 + 0.00/0.03 = 0.03 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Solicitacion axil - Cordon
Pu1 = Pu/n + Msux/(n1x*h)*(10)^2 + Msuy/(n1y*b)*(10)^2
Msux = (1/(1-(Pu/Pcx)))*(Pu*ex*(10)^-2 + Mux)
ex = (kx*Lx)/500 = (1.00*350.00)/500 = 0.70 cm
Pcx = (π^2*E*Ag*(10)^-1)/(λxm^2) = (π^2*200000.00*32.17*(10)^-1)/(24.91^2) = 10230.67 kN
Msux = (1/(1-(16.98/10230.67)))*(16.98*0.70*(10)^-2 + 90.39) = 90.66 kNm
Msuy = (1/(1-(Pu/Pcy)))*(Pu*ey*(10)^-2 + Muy)
ey = (ky*Ly)/500 = (1.00*350.00)/500 = 0.70 cm
Pcy = (π^2*E*Ag*(10)^-1)/(λym^2) = (π^2*200000.00*32.17*(10)^-1)/(42.04^2) = 3593.79 kN
Msuy = (1/(1-(16.98/3593.79)))*(16.98*0.70*(10)^-2 + 0.00) = 0.12 kNm
Pu1 = 16.98/4.00 + 90.66/(2.00*35.00)*(10)^2 + 0.12/(2.00*20.00)*(10)^2 = 134.05 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia principal
β1 = (π/400)*(1/(1-(Pu/Pcx))) = (π/400)*(1/(1-(16.98/10230.67))) = 0.01
Vu1 = Vuy + β1*Pu = 35.54 + 16.98*0.01 = 35.67 kN
Du1 = Vu1/(2*sin(α1)) = 35.67/(2*sin(63.43)) = 19.94 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia secundaria
β2 = (π/400)*(1/(1-(Pu/Pcy))) = (π/400)*(1/(1-(16.98/3593.79))) = 0.01
Vu2 = Vux + β2*Pu = 0.00 + β2*16.98 = 0.13 kN
Du2 = Vu2/(2*sin(α2)) = 0.13/(2*sin(48.81)) = 0.09 kN

Momentos secundarios
Excentricidad entre la diagonal de la celosia principal y el cordon
es1 = (di + d1)/(2*cos(α1)) - (0.5*d + d1 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d1 = 1.60 cm

di = 4.00 cm
es1 = (4.00 + 1.60)/(2*cos(63.43)) - (0.5*3.20 + 1.60 +0.5*4.00) = 1.06 cm

Excentricidad entre la diagonal de la celosia secundaria y el cordon
es2 = (di + d2)/(2*cos(α2)) - (0.5*d + d2 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d2 = 1.00 cm
di = 4.00 cm
es2 = (4.00 + 1.00)/(2*cos(48.81)) - (0.5*3.20 + 1.00 +0.5*4.00) = -0.80 cm
Ms1 = (Vu1*s*es1)/(h)*(10)^2 = (35.67*35.00*1.06)/(35.00)*(10)^2 = 0.38 kNm
Ms2 = (Vu2*s*es2)/(b)*(10)^2 = (0.13*35.00*0.80)/(20.00)*(10)^2 = 0.00 kNm
Momentos sobre el cordon
MxC = (0.5*Ms1)/(1+((d1/d)^4)*(s/L1)) = (0.5*0.38)/(1+((1.60/3.20)^4)*(35.00/39.13)) = 0.18 kNm
MyC = (0.5*Ms2)/(1+((d2/d)^4)*(s/L2)) = (0.5*0.00)/(1+((1.00/3.20)^4)*(35.00/26.58)) = 0.00 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia principal
MD1 = (0.5*Ms1)/(1+((d/d1)^4)*(L1/s)) = (0.5*0.38)/(1+((3.20/1.60)^4)*(39.13/35.00)) = 0.01 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia secundaria
MD2 = (0.5*Ms2)/(1+((d/d2)^4)*(L2/s)) = (0.5*0.00)/(1+((3.20/1.00)^4)*(26.58/35.00)) = 0.00 kNm

Verificacion - Cordon
Pu1/PdC + MxC/MdC + MyC/MdC <= 1
134.05/198.63 + 0.18/1.74 + 0.00/1.74 = 0.78 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia principal
Du1/PdD1 + MD1/MdD1 <= 1
19.94/23.07 + 0.01/0.12 = 0.95 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia secundaria
Du2/PdD2 + MD2/MdD2 <= 1
0.09/8.33 + 0.00/0.03 = 0.01 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 1
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy
0.039	0.026	0.650	0.000	0.000	0.861

	T+M			P+M	
C	D1	D2	C	D1	D2
0.591	0.955	0.030	0.779	0.948	0.011

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 2
::

_____
Propiedades del material-Cordones
_____

Material: ACERO ADN420S
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 400.00 MPa

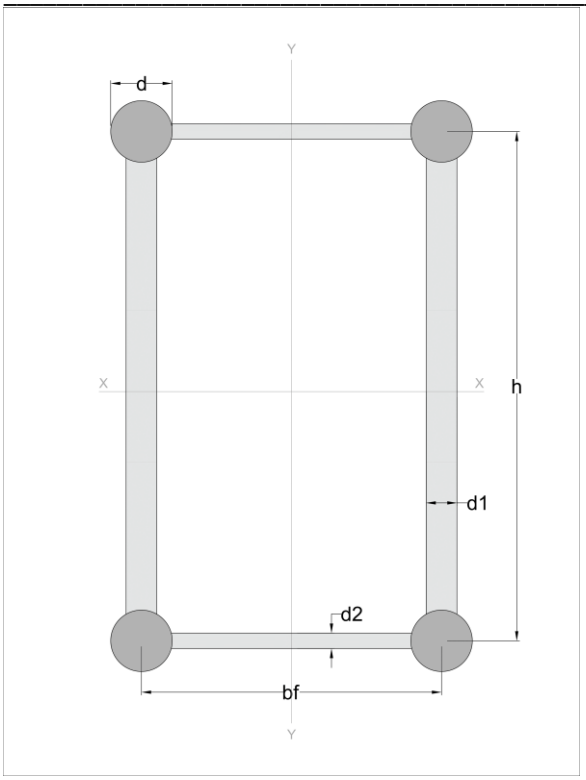
_____
Propiedades del material-Diagonales
_____

Material: ACERO AL220
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 220.00 MPa

_____
Informacion general de la seccion transversal
_____

Tipo de seccion: ::
Designacion: Estructura reticulada

_____
Dimensiones de la seccion transversal
_____



Altura de la seccion armada h: 35.00 cm
Ancho de la seccion armada b: 20.00 cm

Propiedades de la seccion transversal de las barras de los cordones

Diametro de la barra d: 3.20 cm
Cantidad de barras n: 4.00
Cantidad de barras por cordon respecto al eje fuerte n1x: 2.00
Cantidad de barras por cordon respecto al eje debil n1y: 2.00
Area de una barra A: 8.04 cm^2
Radio de giro de una barra r: 0.80 cm
Inercia de una barra I: 5.15 cm^4
Modulo elastico de una barra Sx: 3.22 cm^3

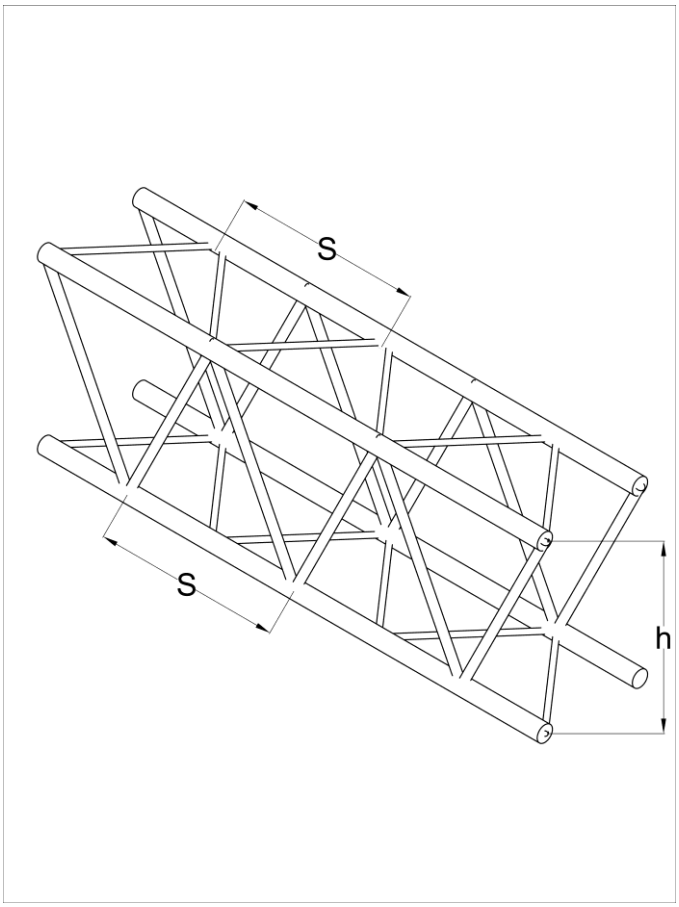
Propiedades de la seccion transversal de las diagonales de la celosia principal

Diametro de una diagonal d1: 2.00 cm
Area de una diagonal A1: 3.14 cm^2
Radio de giro de una diagonal r1: 0.50 cm
Inercia de una diagonal I1: 0.79 cm^4
Modulo elastico de una diagonal Sx1: 0.79 cm^3

Propiedades de la seccion transversal de las diagonales de la celosia secundaria

Diametro de una diagonal d2: 1.00 cm
Area de una diagonal A2: 0.79 cm^2
Radio de giro de una diagonal r2: 0.25 cm
Inercia de una diagonal I2: 0.05 cm^4
Modulo elastico de una diagonal Sx2: 0.10 cm^3

Parametros de diseño de la seccion armada

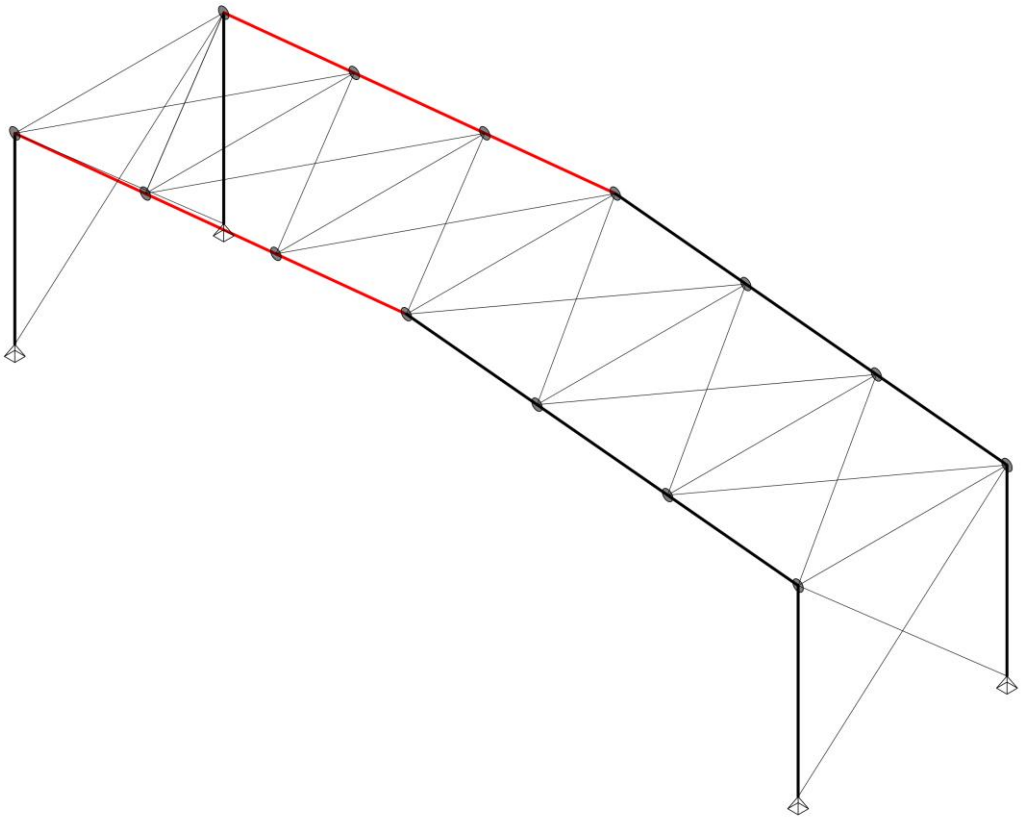


Distancia entre nudos de la celosia s: 35.00 cm
Angulo entre las diagonales de la celosia principal y los cordones α1: 63.43 °
Angulo entre las diagonales de la celosia secundaria y los cordones α2: 48.81 °
Longitud de las diagonales de la celosia principal L1: 39.13 cm
Longitud de las diagonales de la celosia secundaria L2: 26.58 cm
Diametro interior de doblado de las diagonales de la celosia principal di1: 6.00 cm
Fy = 220.00 MPa
d1 > 1.6 cm
di >= 5*d1
6.00 >= 5*2.00 = 10.00
        NO VERIFICA
Diametro interior de doblado de las diagonales de la celosia secundaria di2: 4.00 cm
Fy = 220.00 MPa
d2 <= 1.6 cm
di >= 2.5*d2
4.00 >= 2.5*1.00 = 2.50
        VERIFICA

Propiedades de la seccion transversal

Area bruta de la seccion transversal Ag: 32.17 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 9852.03 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 3216.99 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 17.50 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 10.00 cm
Modulo de torsion de la seccion transversal J: 399.11 cm^4

Parametros de diseño



Longitud del elemento L: 750.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 2
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 2
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 750.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 250.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 250.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional de barra de los cordones kc: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional de las diagonales kd: 0.85

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*750.00)/17.50 = 42.86
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*250.00)/10.00 = 25.00
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje fuerte λxm = (λx^2 + λ1^2)^0.5
Valor auxiliar 1 λ1 = π*((2*Ag*L1^3)/(2*A1*s*h))^0.5
λ1 = π*((2*32.17*39.13^3)/(2*3.14*35.00*35.00))^0.5 = 11.88
λxm = (42.86^2 + 11.88^2)^0.5 = 44.47
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil λym = (λy^2 + λ2^2)^0.5
Valor auxiliar 2 λ2 = π*((2*Ag*L2^3)/(2*A2*s*b))^0.5

λ2 = π*((2*32.17*26.58^3)/(2*0.79*35.00*20.00))^0.5 = 23.28
λym = (25.00^2 + 23.28^2)^0.5 = 34.16
Esbeltez global del elemento λ = max([λxm , λym])
λ = max([44.47 , 34.16]) = 44.47

_____
Esbelteces locales
_____

Esbeltez local de una barra del cordon λC = (kc*s)/r
λC = (1.00*35.00)/0.80 = 43.75
Esbeltez local de una diagonal de la celosia principal λD1 = (kd*L1)/r1
λD1 = (0.85*39.13)/0.50 = 66.52
Esbeltez local de una diagonal de la celosia secundaria λD2 = (kd*L2)/r2
λD2 = (0.85*26.58)/0.25 = 90.36

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 2
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 40.42 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 10.66 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 90.39 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 41.71 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 2 ACTUANDO COMO CONJUNTO ESTRUCTURAL
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

(4)Pandeo local de las barras del cordon comprimido segun eje fuerte.
(5)Fluencia de las barras del cordon traccionado segun eje fuerte.
(6)Pandeo local de las barras del cordon comprimido segun eje debil.
(7)Fluencia de las barras del cordon traccionado segun eje debil.
(8)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_4 , Mu_5 , Mu_8])
Mdy = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8])

_____
Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn
_____

(9)Pandeo local de las diagonales de la celosia principal.
(10)Pandeo local de las diagonales de la celosia secundaria.

Vdy = Vu_9
Vdx = Vu_10

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LAS BARRAS COMPONENTES DEL ELEMENTO 2
::

_____
Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx + My/Wy <= 1
_____

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS BARRAS DE LOS CORDONES
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
TnC = Fy*A*(10)^-1 = 400.00*8.04*(10)^-1 = 321.70 kN
TdC = ϕt*TnC = 0.90*321.70 = 289.53 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
Fe = (π^2*E)/λC^2 = (π^2*200000.00)/43.75^2 = 1031.27 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/1031.27)^0.5 = 0.62
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.62 + 0.5*0.62^2 = 0.80
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(0.80 + (0.80^2 - 0.62^2)^0.5) = 0.77
Fcr = ϰ*Fy = 0.77*400.00 = 308.72 MPa
PnC = Fcr*A*(10)^-1 = 308.72*8.04*(10)^-1 = 248.29 kN
PdC = ϕc*PnC = 0.80*248.29 = 198.63 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnC = Fy*Sx*(10)^-3 = 400.00*3.22*(10)^-3 = 1.93 kNm
MdC = ϕb*MnC = 0.90*1.93 = 1.74 kNm

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA PRINCIPAL
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

TnD1 = Fy*A1*(10)^-1 = 220.00*3.14*(10)^-1 = 69.12 kN
TdD1 = ϕt*TnD1 = 0.90*69.12 = 62.20 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

Fe = (π^2*E)/λD1^2 = (π^2*200000.00)/66.52^2 = 446.05 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (220.00/446.05)^0.5 = 0.70
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.70 + 0.5*0.70^2 = 0.87
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(0.87 + (0.87^2 - 0.70^2)^0.5) = 0.72
Fcr = ϰ*Fy = 0.72*220.00 = 159.12 MPa
PnD1 = Fcr*A1*(10)^-1 = 159.12*3.14*(10)^-1 = 49.99 kN
PdD1 = ϕc*PnD1 = 0.85*49.99 = 42.49 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnD1 = Fy*Sx1*(10)^-3 = 220.00*0.79*(10)^-3 = 0.26 kNm
MdD1 = ϕb*MnD1 = 0.90*0.26 = 0.23 kNm

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA SECUNDARIA
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

TnD2 = Fy*A2*(10)^-1 = 220.00*0.79*(10)^-1 = 17.28 kN
TdD2 = ϕt*TnD2 = 0.90*17.28 = 15.55 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

Fe = (π^2*E)/λD2^2 = (π^2*200000.00)/90.36^2 = 241.78 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (220.00/241.78)^0.5 = 0.95
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.95 + 0.5*0.95^2 = 1.14
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(1.14 + (1.14^2 - 0.95^2)^0.5) = 0.57
Fcr = ϰ*Fy = 0.57*220.00 = 124.77 MPa
PnD2 = Fcr*A2*(10)^-1 = 124.77*0.79*(10)^-1 = 9.80 kN
PdD2 = ϕc*PnD2 = 0.85*9.80 = 8.33 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnD2 = Fy*Sx2*(10)^-3 = 220.00*0.10*(10)^-3 = 0.03 kNm
MdD2 = ϕb*MnD2 = 0.90*0.03 = 0.03 kNm

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300
Esbeltez global del elemento λ = 44.47
44.47 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90
Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 400.00*32.17*(10)^-1 = 1286.80 kN
Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*1286.80 = 1158.12 kN

Td = Tu_1 = 1158.12 kN

Tu / Td = 40.42 / 1158.12 = 0.03 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE
Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200
Esbeltez global del elemento λ = 44.47
44.47 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE
Fe = (π^2*E)/λxm^2= (π^2*200000.00)/44.47^2 = 997.95 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/997.95)^0.5 = 0.63
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.63)^2)*400.00 = 235.45 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 235.45*32.17*(10)^-1 = 757.44 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*757.44 = 643.82 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
Fe = (π^2*E)/λym^2= (π^2*200000.00)/34.16^2 = 1691.50 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/1691.50)^0.5 = 0.49
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.49)^2)*400.00 = 266.24 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 266.24*32.17*(10)^-1 = 856.49 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*856.49 = 728.01 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3]) = min([643.82 , 728.01]) = 643.82 kN

Pu / Pd = 10.66 / 643.82 = 0.02 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

PANDEO DEL CORDON COMPRIMIDO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_4 = 0.80
Mnx_4 = h*n1x*A*Fcr*(10)^-3 = 35.00*2.00*8.04*308.72*(10)^-3 = 173.80 kNm
Mux_4 = ϕb_4*Mnx_4 = 0.80*173.80 = 139.04 kNm

FLUENCIA DEL CORDON TRACCIONADO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mnx_5 = h*n1x*A*Fy*(10)^-3 = 35.00*2.00*8.04*400.00*(10)^-3 = 225.19 kNm
Mux_5 = ϕb_5*Mnx_5 = 0.90*225.19 = 202.67 kNm

PANDEO DEL CORDON COMPRIMIDO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_6 = 0.80
Mny_6 = b*n1y*A*Fcr*(10)^-3 = 20.00*2.00*8.04*308.72*(10)^-3 = 99.31 kNm
Muy_6 = ϕb_6*Mny_6 = 0.80*99.31 = 79.45 kNm

FLUENCIA DEL CORDON TRACCIONADO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mny_7 = b*n1y*A*Fy*(10)^-3 = 20.00*2.00*8.04*400.00*(10)^-3 = 128.68 kNm
Muy_7 = ϕb_7*Mny_7 = 0.90*128.68 = 115.81 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
ϕb_8 = 0.90

Mny_8 = 150*Cb*b*(1/(kt*Lt))*(J*Ag)^0.5 = 150*1.00*20.00*(1/(1.00*250.00))*(399.11*32.17)^0.5 = 1359.73 kNm
Muy_8 = ϕb_8*Mn_8 = 0.90*1359.73 = 1223.76 kNm

Mdx = min([Mux_4 , Mux_5 , Mu_8]) = min([139.04 , 202.67 , 1223.76]) = 139.04 kNm

Mdy = min([Muy_6 , Muy_7 , Mu_8]) = min([79.45 , 115.81 , 1223.76]) = 79.45 kNm

Mux / Mdx = 90.39 / 139.04 = 0.65 < 1 VERIFICA

Muy / Mdy = 0.00 / 79.45 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

PANDEO LOCAL DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA PRINCIPAL
ϕs_9 = 0.85
Vny_9 = Fcr*A1*2*sen(α1)*(10)^-1 = 159.12*3.14*2*sen(63.43)*(10)^-1 = 89.42 kN
Vuy_9 = ϕs_9*Vny_9 = 0.85*89.42 = 76.01 kN

PANDEO LOCAL DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA SECUNDARIA
ϕs_10 = 0.85
Vnx_10 = Fcr*A2*2*sen(α2)*(10)^-1 = 124.77*0.79*2*sen(48.81)*(10)^-1 = 14.75 kN
Vux_10 = ϕs_10*Vnx_10 = 0.85*14.75 = 12.54 kN

Vdy = Vuy_9 = 76.01 kN

Vdx = Vux_10 = 12.54 kN

Vuy / Vdy = 41.71 / 76.01 = 0.55 < 1 VERIFICA

Vux / Vdx = 0.00 / 12.54 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Solicitacion axil - Cordon
Tu1 = Tu/n + Mux/(n1x*h)*(10)^2 + Muy/(n1y*b)*(10)^2
Tu1 = 40.42/4.00 + 90.39/(2.00*35.00)*(10)^2 + 0.00/(2.00*20.00)*(10)^2 = 139.23 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia principal
Vu1 = Vuy + 0.008*Tu = 41.71 + 0.008*40.42 = 42.04 kN
Du1 = Vu1/(2*sin(α1)) = 42.04/(2*sin(63.43)) = 23.50 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia secundaria
Vu2 = Vux + 0.008*Tu = 0.00 + 0.008*40.42 = 0.32 kN
Du2 = Vu2/(2*sin(α2)) = 0.32/(2*sin(48.81)) = 0.21 kN

Momentos secundarios
Excentricidad entre la diagonal de la celosia principal y el cordon
es1 = (di + d1)/(2*cos(α1)) - (0.5*d + d1 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d1 = 2.00 cm
di = 6.00 cm
es1 = (6.00 + 2.00)/(2*cos(63.43)) - (0.5*3.20 + 2.00 +0.5*6.00) = 2.34 cm

Excentricidad entre la diagonal de la celosia secundaria y el cordon
es2 = (di + d2)/(2*cos(α2)) - (0.5*d + d2 +0.5*di)

d = 3.20 cm
d2 = 1.00 cm
di = 4.00 cm
es2 = (4.00 + 1.00)/(2*cos(48.81)) - (0.5*3.20 + 1.00 +0.5*4.00) = -0.80 cm
Ms1 = (Vu1*s*es1)/(h)*(10)^2 = (42.04*35.00*2.34)/(35.00)*(10)^2 = 0.99 kNm
Ms2 = (Vu2*s*es2)/(b)*(10)^2 = (0.32*35.00*0.80)/(20.00)*(10)^2 = 0.00 kNm
Momentos sobre el cordon
MxC = (0.5*Ms1)/(1+((d1/d)^4)*(s/L1)) = (0.5*0.99)/(1+((2.00/3.20)^4)*(35.00/39.13)) = 0.43 kNm
MyC = (0.5*Ms2)/(1+((d2/d)^4)*(s/L2)) = (0.5*0.00)/(1+((1.00/3.20)^4)*(35.00/26.58)) = 0.00 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia principal
MD1 = (0.5*Ms1)/(1+((d/d1)^4)*(L1/s)) = (0.5*0.99)/(1+((3.20/2.00)^4)*(39.13/35.00)) = 0.06 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia secundaria
MD2 = (0.5*Ms2)/(1+((d/d2)^4)*(L2/s)) = (0.5*0.00)/(1+((3.20/1.00)^4)*(26.58/35.00)) = 0.00 kNm

Verificacion - Cordon
Tu1/TdC + MxC/MdC + MyC/MdC <= 1
139.23/289.53 + 0.43/1.74 + 0.00/1.74 = 0.73 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia principal
Du1/PdD1 + MD1/MdD1 <= 1
23.50/42.49 + 0.06/0.23 = 0.81 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia secundaria
Du2/PdD2 + MD2/MdD2 <= 1
0.21/8.33 + 0.00/0.03 = 0.03 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Solicitacion axil - Cordon
Pu1 = Pu/n + Msux/(n1x*h)*(10)^2 + Msuy/(n1y*b)*(10)^2
Msux = (1/(1-(Pu/Pcx)))*(Pu*ex*(10)^-2 + Mux)
ex = (kx*Lx)/500 = (1.00*750.00)/500 = 1.50 cm
Pcx = (π^2*E*Ag*(10)^-1)/(λxm^2) = (π^2*200000.00*32.17*(10)^-1)/(44.47^2) = 3210.39 kN
Msux = (1/(1-(10.66/3210.39)))*(10.66*1.50*(10)^-2 + 90.39) = 90.85 kNm
Msuy = (1/(1-(Pu/Pcy)))*(Pu*ey*(10)^-2 + Muy)
ey = (ky*Ly)/500 = (1.00*250.00)/500 = 0.50 cm
Pcy = (π^2*E*Ag*(10)^-1)/(λym^2) = (π^2*200000.00*32.17*(10)^-1)/(34.16^2) = 5441.55 kN
Msuy = (1/(1-(10.66/5441.55)))*(10.66*0.50*(10)^-2 + 0.00) = 0.05 kNm
Pu1 = 10.66/4.00 + 90.85/(2.00*35.00)*(10)^2 + 0.05/(2.00*20.00)*(10)^2 = 132.58 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia principal
β1 = (π/400)*(1/(1-(Pu/Pcx))) = (π/400)*(1/(1-(10.66/3210.39))) = 0.01
Vu1 = Vuy + β1*Pu = 41.71 + 10.66*0.01 = 41.80 kN
Du1 = Vu1/(2*sin(α1)) = 41.80/(2*sin(63.43)) = 23.36 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia secundaria
β2 = (π/400)*(1/(1-(Pu/Pcy))) = (π/400)*(1/(1-(10.66/5441.55))) = 0.01
Vu2 = Vux + β2*Pu = 0.00 + β2*10.66 = 0.08 kN
Du2 = Vu2/(2*sin(α2)) = 0.08/(2*sin(48.81)) = 0.06 kN

Momentos secundarios
Excentricidad entre la diagonal de la celosia principal y el cordon
es1 = (di + d1)/(2*cos(α1)) - (0.5*d + d1 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d1 = 2.00 cm

di = 6.00 cm
es1 = (6.00 + 2.00)/(2*cos(63.43)) - (0.5*3.20 + 2.00 +0.5*6.00) = 2.34 cm

Excentricidad entre la diagonal de la celosia secundaria y el cordon
es2 = (di + d2)/(2*cos(α2)) - (0.5*d + d2 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d2 = 1.00 cm
di = 4.00 cm
es2 = (4.00 + 1.00)/(2*cos(48.81)) - (0.5*3.20 + 1.00 +0.5*4.00) = -0.80 cm
Ms1 = (Vu1*s*es1)/(h)*(10)^2 = (41.80*35.00*2.34)/(35.00)*(10)^2 = 0.98 kNm
Ms2 = (Vu2*s*es2)/(b)*(10)^2 = (0.08*35.00*0.80)/(20.00)*(10)^2 = 0.00 kNm
Momentos sobre el cordon
MxC = (0.5*Ms1)/(1+((d1/d)^4)*(s/L1)) = (0.5*0.98)/(1+((2.00/3.20)^4)*(35.00/39.13)) = 0.43 kNm
MyC = (0.5*Ms2)/(1+((d2/d)^4)*(s/L2)) = (0.5*0.00)/(1+((1.00/3.20)^4)*(35.00/26.58)) = 0.00 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia principal
MD1 = (0.5*Ms1)/(1+((d/d1)^4)*(L1/s)) = (0.5*0.98)/(1+((3.20/2.00)^4)*(39.13/35.00)) = 0.06 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia secundaria
MD2 = (0.5*Ms2)/(1+((d/d2)^4)*(L2/s)) = (0.5*0.00)/(1+((3.20/1.00)^4)*(26.58/35.00)) = 0.00 kNm

Verificacion - Cordon
Pu1/PdC + MxC/MdC + MyC/MdC <= 1
132.58/198.63 + 0.43/1.74 + 0.00/1.74 = 0.92 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia principal
Du1/PdD1 + MD1/MdD1 <= 1
23.36/42.49 + 0.06/0.23 = 0.80 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia secundaria
Du2/PdD2 + MD2/MdD2 <= 1
0.06/8.33 + 0.00/0.03 = 0.01 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 2
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy
0.035	0.017	0.650	0.000	0.000	0.549

T+M			P+M		
C	D1	D2	C	D1	D2
0.732	0.807	0.027	0.916	0.802	0.007

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 3
::

_____
Propiedades del material-Cordones
_____

Material: ACERO ADN420S
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 400.00 MPa

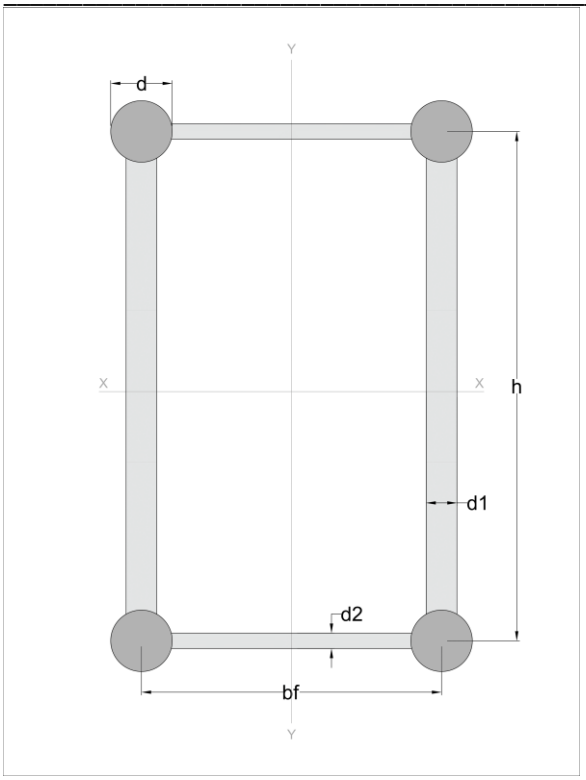
_____
Propiedades del material-Diagonales
_____

Material: ACERO AL220
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 220.00 MPa

_____
Informacion general de la seccion transversal
_____

Tipo de seccion: ::
Designacion: Estructura reticulada

_____
Dimensiones de la seccion transversal
_____



Altura de la seccion armada h: 35.00 cm
Ancho de la seccion armada b: 20.00 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal de las barras de los cordones
_____

Diametro de la barra d: 3.20 cm
Cantidad de barras n: 4.00
Cantidad de barras por cordon respecto al eje fuerte n1x: 2.00
Cantidad de barras por cordon respecto al eje debil n1y: 2.00
Area de una barra A: 8.04 cm^2
Radio de giro de una barra r: 0.80 cm
Inercia de una barra I: 5.15 cm^4
Modulo elastico de una barra Sx: 3.22 cm^3

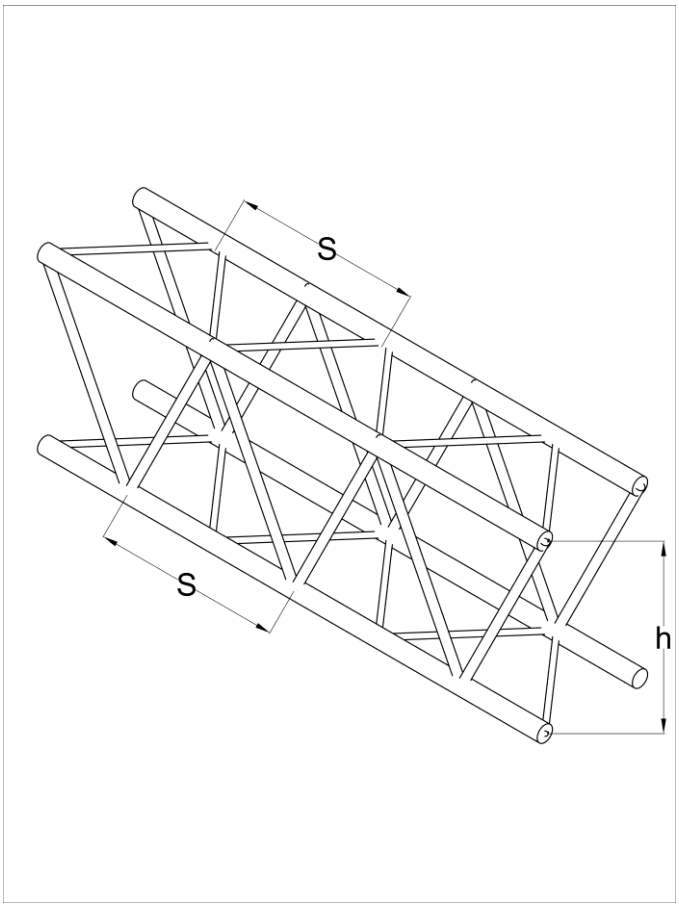
_____
Propiedades de la seccion transversal de las diagonales de la celosia principal
_____

Diametro de una diagonal d1: 2.00 cm
Area de una diagonal A1: 3.14 cm^2
Radio de giro de una diagonal r1: 0.50 cm
Inercia de una diagonal I1: 0.79 cm^4
Modulo elastico de una diagonal Sx1: 0.79 cm^3

_____
Propiedades de la seccion transversal de las diagonales de la celosia secundaria
_____

Diametro de una diagonal d2: 1.00 cm
Area de una diagonal A2: 0.79 cm^2
Radio de giro de una diagonal r2: 0.25 cm
Inercia de una diagonal I2: 0.05 cm^4
Modulo elastico de una diagonal Sx2: 0.10 cm^3

_____
Parametros de diseño de la seccion armada
_____

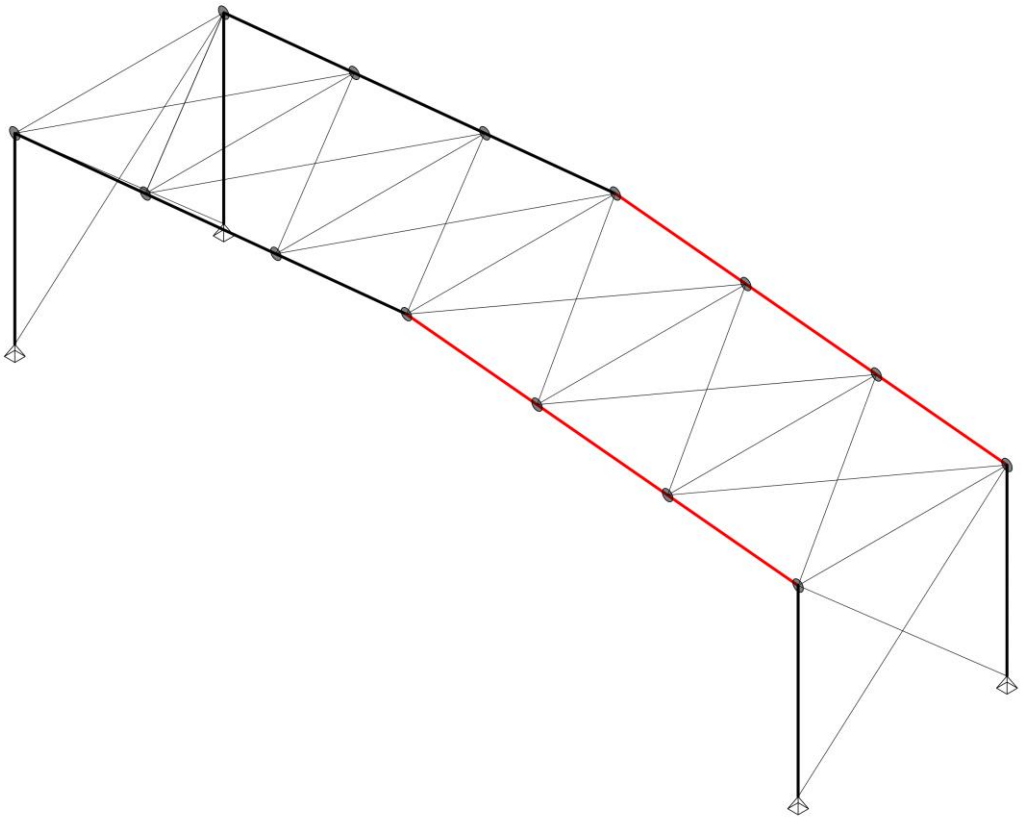


Distancia entre nudos de la celosia s: 35.00 cm
Angulo entre las diagonales de la celosia principal y los cordones α1: 63.43 °
Angulo entre las diagonales de la celosia secundaria y los cordones α2: 48.81 °
Longitud de las diagonales de la celosia principal L1: 39.13 cm
Longitud de las diagonales de la celosia secundaria L2: 26.58 cm
Diametro interior de doblado de las diagonales de la celosia principal di1: 6.00 cm
Fy = 220.00 MPa
d1 > 1.6 cm
di >= 5*d1
6.00 >= 5*2.00 = 10.00
        NO VERIFICA
Diametro interior de doblado de las diagonales de la celosia secundaria di2: 4.00 cm
Fy = 220.00 MPa
d2 <= 1.6 cm
di >= 2.5*d2
4.00 >= 2.5*1.00 = 2.50
        VERIFICA

Propiedades de la seccion transversal

Area bruta de la seccion transversal Ag: 32.17 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 9852.03 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 3216.99 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 17.50 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 10.00 cm
Modulo de torsion de la seccion transversal J: 399.11 cm^4

Parametros de diseño



Longitud del elemento L: 750.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 2
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 2
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 750.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 250.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 250.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional de barra de los cordones kc: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional de las diagonales kd: 0.85

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*750.00)/17.50 = 42.86
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*250.00)/10.00 = 25.00
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje fuerte λxm = (λx^2 + λ1^2)^0.5
Valor auxiliar 1 λ1 = π*((2*Ag*L1^3)/(2*A1*s*h))^0.5
λ1 = π*((2*32.17*39.13^3)/(2*3.14*35.00*35.00))^0.5 = 11.88
λxm = (42.86^2 + 11.88^2)^0.5 = 44.47
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil λym = (λy^2 + λ2^2)^0.5
Valor auxiliar 2 λ2 = π*((2*Ag*L2^3)/(2*A2*s*b))^0.5

λ2 = π*((2*32.17*26.58^3)/(2*0.79*35.00*20.00))^0.5 = 23.28
λym = (25.00^2 + 23.28^2)^0.5 = 34.16
Esbeltez global del elemento λ = max([λxm , λym])
λ = max([44.47 , 34.16]) = 44.47

_____
Esbelteces locales
_____

Esbeltez local de una barra del cordon λC = (kc*s)/r
λC = (1.00*35.00)/0.80 = 43.75
Esbeltez local de una diagonal de la celosia principal λD1 = (kd*L1)/r1
λD1 = (0.85*39.13)/0.50 = 66.52
Esbeltez local de una diagonal de la celosia secundaria λD2 = (kd*L2)/r2
λD2 = (0.85*26.58)/0.25 = 90.36

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 3
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 40.42 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 10.66 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 90.39 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 41.71 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 3 ACTUANDO COMO CONJUNTO ESTRUCTURAL
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

(4)Pandeo local de las barras del cordon comprimido segun eje fuerte.
(5)Fluencia de las barras del cordon traccionado segun eje fuerte.
(6)Pandeo local de las barras del cordon comprimido segun eje debil.
(7)Fluencia de las barras del cordon traccionado segun eje debil.
(8)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_4 , Mu_5 , Mu_8])
Mdy = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8])

_____
Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn
_____

(9)Pandeo local de las diagonales de la celosia principal.
(10)Pandeo local de las diagonales de la celosia secundaria.

Vdy = Vu_9
Vdx = Vu_10

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LAS BARRAS COMPONENTES DEL ELEMENTO 3
::

_____
Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx + My/Wy <= 1
_____

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS BARRAS DE LOS CORDONES
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
TnC = Fy*A*(10)^-1 = 400.00*8.04*(10)^-1 = 321.70 kN
TdC = ϕt*TnC = 0.90*321.70 = 289.53 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
Fe = (π^2*E)/λC^2 = (π^2*200000.00)/43.75^2 = 1031.27 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/1031.27)^0.5 = 0.62
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.62 + 0.5*0.62^2 = 0.80
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(0.80 + (0.80^2 - 0.62^2)^0.5) = 0.77
Fcr = ϰ*Fy = 0.77*400.00 = 308.72 MPa
PnC = Fcr*A*(10)^-1 = 308.72*8.04*(10)^-1 = 248.29 kN
PdC = ϕc*PnC = 0.80*248.29 = 198.63 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnC = Fy*Sx*(10)^-3 = 400.00*3.22*(10)^-3 = 1.93 kNm
MdC = ϕb*MnC = 0.90*1.93 = 1.74 kNm

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA PRINCIPAL
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

TnD1 = Fy*A1*(10)^-1 = 220.00*3.14*(10)^-1 = 69.12 kN
TdD1 = ϕt*TnD1 = 0.90*69.12 = 62.20 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

Fe = (π^2*E)/λD1^2 = (π^2*200000.00)/66.52^2 = 446.05 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (220.00/446.05)^0.5 = 0.70
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.70 + 0.5*0.70^2 = 0.87
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(0.87 + (0.87^2 - 0.70^2)^0.5) = 0.72
Fcr = ϰ*Fy = 0.72*220.00 = 159.12 MPa
PnD1 = Fcr*A1*(10)^-1 = 159.12*3.14*(10)^-1 = 49.99 kN
PdD1 = ϕc*PnD1 = 0.85*49.99 = 42.49 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnD1 = Fy*Sx1*(10)^-3 = 220.00*0.79*(10)^-3 = 0.26 kNm
MdD1 = ϕb*MnD1 = 0.90*0.26 = 0.23 kNm

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA SECUNDARIA
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

TnD2 = Fy*A2*(10)^-1 = 220.00*0.79*(10)^-1 = 17.28 kN
TdD2 = ϕt*TnD2 = 0.90*17.28 = 15.55 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

Fe = (π^2*E)/λD2^2 = (π^2*200000.00)/90.36^2 = 241.78 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (220.00/241.78)^0.5 = 0.95
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.95 + 0.5*0.95^2 = 1.14
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(1.14 + (1.14^2 - 0.95^2)^0.5) = 0.57
Fcr = ϰ*Fy = 0.57*220.00 = 124.77 MPa
PnD2 = Fcr*A2*(10)^-1 = 124.77*0.79*(10)^-1 = 9.80 kN
PdD2 = ϕc*PnD2 = 0.85*9.80 = 8.33 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnD2 = Fy*Sx2*(10)^-3 = 220.00*0.10*(10)^-3 = 0.03 kNm
MdD2 = ϕb*MnD2 = 0.90*0.03 = 0.03 kNm

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300
Esbeltez global del elemento λ = 44.47
44.47 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90
Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 400.00*32.17*(10)^-1 = 1286.80 kN
Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*1286.80 = 1158.12 kN

Td = Tu_1 = 1158.12 kN

Tu / Td = 40.42 / 1158.12 = 0.03 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE
Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200
Esbeltez global del elemento λ = 44.47
44.47 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE
Fe = (π^2*E)/λxm^2= (π^2*200000.00)/44.47^2 = 997.95 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/997.95)^0.5 = 0.63
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.63)^2)*400.00 = 235.45 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 235.45*32.17*(10)^-1 = 757.44 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*757.44 = 643.82 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
Fe = (π^2*E)/λym^2= (π^2*200000.00)/34.16^2 = 1691.50 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/1691.50)^0.5 = 0.49
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.49)^2)*400.00 = 266.24 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 266.24*32.17*(10)^-1 = 856.49 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*856.49 = 728.01 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3]) = min([643.82 , 728.01]) = 643.82 kN

Pu / Pd = 10.66 / 643.82 = 0.02 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

PANDEO DEL CORDON COMPRIMIDO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_4 = 0.80
Mnx_4 = h*n1x*A*Fcr*(10)^-3 = 35.00*2.00*8.04*308.72*(10)^-3 = 173.80 kNm
Mux_4 = ϕb_4*Mnx_4 = 0.80*173.80 = 139.04 kNm

FLUENCIA DEL CORDON TRACCIONADO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mnx_5 = h*n1x*A*Fy*(10)^-3 = 35.00*2.00*8.04*400.00*(10)^-3 = 225.19 kNm
Mux_5 = ϕb_5*Mnx_5 = 0.90*225.19 = 202.67 kNm

PANDEO DEL CORDON COMPRIMIDO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_6 = 0.80
Mny_6 = b*n1y*A*Fcr*(10)^-3 = 20.00*2.00*8.04*308.72*(10)^-3 = 99.31 kNm
Muy_6 = ϕb_6*Mny_6 = 0.80*99.31 = 79.45 kNm

FLUENCIA DEL CORDON TRACCIONADO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mny_7 = b*n1y*A*Fy*(10)^-3 = 20.00*2.00*8.04*400.00*(10)^-3 = 128.68 kNm
Muy_7 = ϕb_7*Mny_7 = 0.90*128.68 = 115.81 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
ϕb_8 = 0.90

Mny_8 = 150*Cb*b*(1/(kt*Lt))*(J*Ag)^0.5 = 150*1.00*20.00*(1/(1.00*250.00))*(399.11*32.17)^0.5 = 1359.73 kNm
Muy_8 = ϕb_8*Mn_8 = 0.90*1359.73 = 1223.76 kNm

Mdx = min([Mux_4 , Mux_5 , Mu_8]) = min([139.04 , 202.67 , 1223.76]) = 139.04 kNm

Mdy = min([Muy_6 , Muy_7 , Mu_8]) = min([79.45 , 115.81 , 1223.76]) = 79.45 kNm

Mux / Mdx = 90.39 / 139.04 = 0.65 < 1 VERIFICA

Muy / Mdy = 0.00 / 79.45 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

PANDEO LOCAL DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA PRINCIPAL
ϕs_9 = 0.85
Vny_9 = Fcr*A1*2*sen(α1)*(10)^-1 = 159.12*3.14*2*sen(63.43)*(10)^-1 = 89.42 kN
Vuy_9 = ϕs_9*Vny_9 = 0.85*89.42 = 76.01 kN

PANDEO LOCAL DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA SECUNDARIA
ϕs_10 = 0.85
Vnx_10 = Fcr*A2*2*sen(α2)*(10)^-1 = 124.77*0.79*2*sen(48.81)*(10)^-1 = 14.75 kN
Vux_10 = ϕs_10*Vnx_10 = 0.85*14.75 = 12.54 kN

Vdy = Vuy_9 = 76.01 kN

Vdx = Vux_10 = 12.54 kN

Vuy / Vdy = 41.71 / 76.01 = 0.55 < 1 VERIFICA

Vux / Vdx = 0.00 / 12.54 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Solicitacion axil - Cordon
Tu1 = Tu/n + Mux/(n1x*h)*(10)^2 + Muy/(n1y*b)*(10)^2
Tu1 = 40.42/4.00 + 90.39/(2.00*35.00)*(10)^2 + 0.00/(2.00*20.00)*(10)^2 = 139.23 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia principal
Vu1 = Vuy + 0.008*Tu = 41.71 + 0.008*40.42 = 42.04 kN
Du1 = Vu1/(2*sin(α1)) = 42.04/(2*sin(63.43)) = 23.50 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia secundaria
Vu2 = Vux + 0.008*Tu = 0.00 + 0.008*40.42 = 0.32 kN
Du2 = Vu2/(2*sin(α2)) = 0.32/(2*sin(48.81)) = 0.21 kN

Momentos secundarios
Excentricidad entre la diagonal de la celosia principal y el cordon
es1 = (di + d1)/(2*cos(α1)) - (0.5*d + d1 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d1 = 2.00 cm
di = 6.00 cm
es1 = (6.00 + 2.00)/(2*cos(63.43)) - (0.5*3.20 + 2.00 +0.5*6.00) = 2.34 cm

Excentricidad entre la diagonal de la celosia secundaria y el cordon
es2 = (di + d2)/(2*cos(α2)) - (0.5*d + d2 +0.5*di)

d = 3.20 cm
d2 = 1.00 cm
di = 4.00 cm
es2 = (4.00 + 1.00)/(2*cos(48.81)) - (0.5*3.20 + 1.00 +0.5*4.00) = -0.80 cm
Ms1 = (Vu1*s*es1)/(h)*(10)^2 = (42.04*35.00*2.34)/(35.00)*(10)^2 = 0.99 kNm
Ms2 = (Vu2*s*es2)/(b)*(10)^2 = (0.32*35.00*0.80)/(20.00)*(10)^2 = 0.00 kNm
Momentos sobre el cordon
MxC = (0.5*Ms1)/(1+((d1/d)^4)*(s/L1)) = (0.5*0.99)/(1+((2.00/3.20)^4)*(35.00/39.13)) = 0.43 kNm
MyC = (0.5*Ms2)/(1+((d2/d)^4)*(s/L2)) = (0.5*0.00)/(1+((1.00/3.20)^4)*(35.00/26.58)) = 0.00 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia principal
MD1 = (0.5*Ms1)/(1+((d/d1)^4)*(L1/s)) = (0.5*0.99)/(1+((3.20/2.00)^4)*(39.13/35.00)) = 0.06 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia secundaria
MD2 = (0.5*Ms2)/(1+((d/d2)^4)*(L2/s)) = (0.5*0.00)/(1+((3.20/1.00)^4)*(26.58/35.00)) = 0.00 kNm

Verificacion - Cordon
Tu1/TdC + MxC/MdC + MyC/MdC <= 1
139.23/289.53 + 0.43/1.74 + 0.00/1.74 = 0.73 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia principal
Du1/PdD1 + MD1/MdD1 <= 1
23.50/42.49 + 0.06/0.23 = 0.81 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia secundaria
Du2/PdD2 + MD2/MdD2 <= 1
0.21/8.33 + 0.00/0.03 = 0.03 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Solicitacion axil - Cordon
Pu1 = Pu/n + Msux/(n1x*h)*(10)^2 + Msuy/(n1y*b)*(10)^2
Msux = (1/(1-(Pu/Pcx)))*(Pu*ex*(10)^-2 + Mux)
ex = (kx*Lx)/500 = (1.00*750.00)/500 = 1.50 cm
Pcx = (π^2*E*Ag*(10)^-1)/(λxm^2) = (π^2*200000.00*32.17*(10)^-1)/(44.47^2) = 3210.39 kN
Msux = (1/(1-(10.66/3210.39)))*(10.66*1.50*(10)^-2 + 90.39) = 90.85 kNm
Msuy = (1/(1-(Pu/Pcy)))*(Pu*ey*(10)^-2 + Muy)
ey = (ky*Ly)/500 = (1.00*250.00)/500 = 0.50 cm
Pcy = (π^2*E*Ag*(10)^-1)/(λym^2) = (π^2*200000.00*32.17*(10)^-1)/(34.16^2) = 5441.55 kN
Msuy = (1/(1-(10.66/5441.55)))*(10.66*0.50*(10)^-2 + 0.00) = 0.05 kNm
Pu1 = 10.66/4.00 + 90.85/(2.00*35.00)*(10)^2 + 0.05/(2.00*20.00)*(10)^2 = 132.58 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia principal
β1 = (π/400)*(1/(1-(Pu/Pcx))) = (π/400)*(1/(1-(10.66/3210.39))) = 0.01
Vu1 = Vuy + β1*Pu = 41.71 + 10.66*0.01 = 41.80 kN
Du1 = Vu1/(2*sin(α1)) = 41.80/(2*sin(63.43)) = 23.36 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia secundaria
β2 = (π/400)*(1/(1-(Pu/Pcy))) = (π/400)*(1/(1-(10.66/5441.55))) = 0.01
Vu2 = Vux + β2*Pu = 0.00 + β2*10.66 = 0.08 kN
Du2 = Vu2/(2*sin(α2)) = 0.08/(2*sin(48.81)) = 0.06 kN

Momentos secundarios
Excentricidad entre la diagonal de la celosia principal y el cordon
es1 = (di + d1)/(2*cos(α1)) - (0.5*d + d1 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d1 = 2.00 cm

di = 6.00 cm
es1 = (6.00 + 2.00)/(2*cos(63.43)) - (0.5*3.20 + 2.00 +0.5*6.00) = 2.34 cm

Excentricidad entre la diagonal de la celosia secundaria y el cordon
es2 = (di + d2)/(2*cos(α2)) - (0.5*d + d2 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d2 = 1.00 cm
di = 4.00 cm
es2 = (4.00 + 1.00)/(2*cos(48.81)) - (0.5*3.20 + 1.00 +0.5*4.00) = -0.80 cm
Ms1 = (Vu1*s*es1)/(h)*(10)^2 = (41.80*35.00*2.34)/(35.00)*(10)^2 = 0.98 kNm
Ms2 = (Vu2*s*es2)/(b)*(10)^2 = (0.08*35.00*0.80)/(20.00)*(10)^2 = 0.00 kNm
Momentos sobre el cordon
MxC = (0.5*Ms1)/(1+((d1/d)^4)*(s/L1)) = (0.5*0.98)/(1+((2.00/3.20)^4)*(35.00/39.13)) = 0.43 kNm
MyC = (0.5*Ms2)/(1+((d2/d)^4)*(s/L2)) = (0.5*0.00)/(1+((1.00/3.20)^4)*(35.00/26.58)) = 0.00 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia principal
MD1 = (0.5*Ms1)/(1+((d/d1)^4)*(L1/s)) = (0.5*0.98)/(1+((3.20/2.00)^4)*(39.13/35.00)) = 0.06 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia secundaria
MD2 = (0.5*Ms2)/(1+((d/d2)^4)*(L2/s)) = (0.5*0.00)/(1+((3.20/1.00)^4)*(26.58/35.00)) = 0.00 kNm

Verificacion - Cordon
Pu1/PdC + MxC/MdC + MyC/MdC <= 1
132.58/198.63 + 0.43/1.74 + 0.00/1.74 = 0.92 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia principal
Du1/PdD1 + MD1/MdD1 <= 1
23.36/42.49 + 0.06/0.23 = 0.80 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia secundaria
Du2/PdD2 + MD2/MdD2 <= 1
0.06/8.33 + 0.00/0.03 = 0.01 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 3
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy
0.035	0.017	0.650	0.000	0.000	0.549

T+M			P+M		
C	D1	D2	C	D1	D2
0.732	0.807	0.027	0.916	0.802	0.007

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 4
::

_____
Propiedades del material-Cordones
_____

Material: ACERO ADN420S
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 400.00 MPa

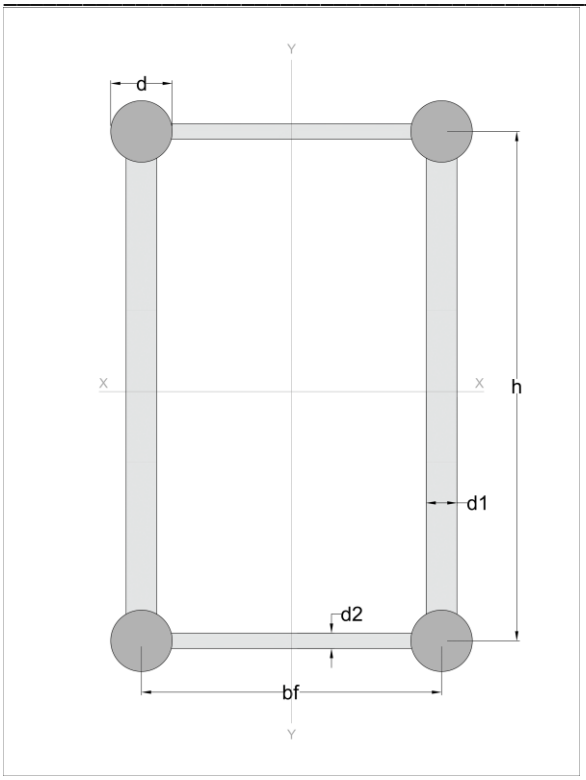
_____
Propiedades del material-Diagonales
_____

Material: ACERO AL220
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 220.00 MPa

_____
Informacion general de la seccion transversal
_____

Tipo de seccion: ::
Designacion: Estructura reticulada

_____
Dimensiones de la seccion transversal
_____



Altura de la seccion armada h: 35.00 cm
Ancho de la seccion armada b: 20.00 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal de las barras de los cordones
_____

Diametro de la barra d: 3.20 cm
Cantidad de barras n: 4.00
Cantidad de barras por cordon respecto al eje fuerte n1x: 2.00
Cantidad de barras por cordon respecto al eje debil n1y: 2.00
Area de una barra A: 8.04 cm^2
Radio de giro de una barra r: 0.80 cm
Inercia de una barra I: 5.15 cm^4
Modulo elastico de una barra Sx: 3.22 cm^3

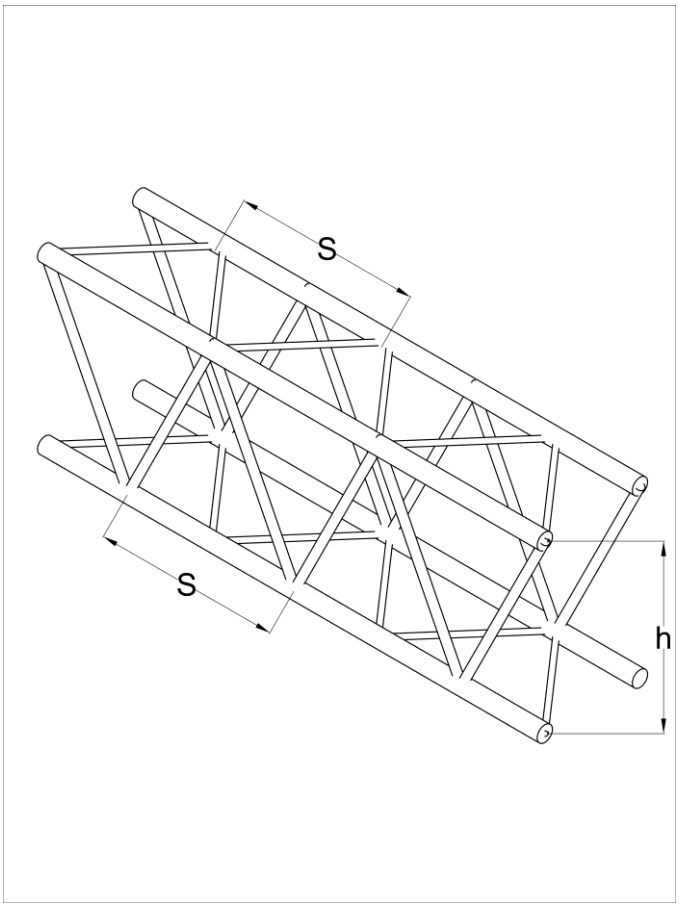
_____
Propiedades de la seccion transversal de las diagonales de la celosia principal
_____

Diametro de una diagonal d1: 1.60 cm
Area de una diagonal A1: 2.01 cm^2
Radio de giro de una diagonal r1: 0.40 cm
Inercia de una diagonal I1: 0.32 cm^4
Modulo elastico de una diagonal Sx1: 0.40 cm^3

_____
Propiedades de la seccion transversal de las diagonales de la celosia secundaria
_____

Diametro de una diagonal d2: 1.00 cm
Area de una diagonal A2: 0.79 cm^2
Radio de giro de una diagonal r2: 0.25 cm
Inercia de una diagonal I2: 0.05 cm^4
Modulo elastico de una diagonal Sx2: 0.10 cm^3

_____
Parametros de diseño de la seccion armada
_____

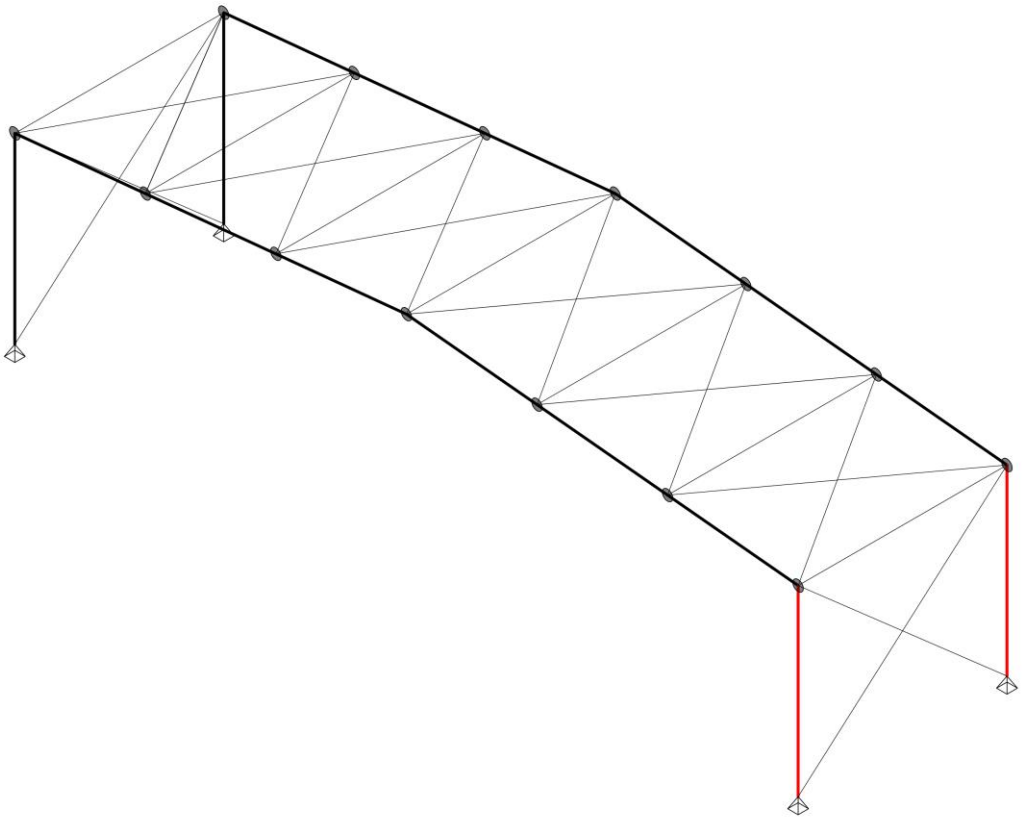


Distancia entre nudos de la celosia s: 35.00 cm
Angulo entre las diagonales de la celosia principal y los cordones α1: 63.43 °
Angulo entre las diagonales de la celosia secundaria y los cordones α2: 48.81 °
Longitud de las diagonales de la celosia principal L1: 39.13 cm
Longitud de las diagonales de la celosia secundaria L2: 26.58 cm
Diametro interior de doblado de las diagonales de la celosia principal di1: 4.00 cm
Fy = 220.00 MPa
d1 <= 1.6 cm
di >= 2.5*d1
4.00 >= 2.5*1.60 = 4.00
VERIFICA
Diametro interior de doblado de las diagonales de la celosia secundaria di2: 4.00 cm
Fy = 220.00 MPa
d2 <= 1.6 cm
di >= 2.5*d2
4.00 >= 2.5*1.00 = 2.50
VERIFICA

Propiedades de la seccion transversal

Area bruta de la seccion transversal Ag: 32.17 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 9852.03 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 3216.99 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 17.50 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 10.00 cm
Modulo de torsion de la seccion transversal J: 319.37 cm^4

Parametros de diseño



Longitud del elemento L: 350.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 350.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 350.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 350.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional de barra de los cordones kc: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional de las diagonales kd: 0.85

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*350.00)/17.50 = 20.00
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*350.00)/10.00 = 35.00
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje fuerte λxm = (λx^2 + λ1^2)^0.5
Valor auxiliar 1 λ1 = π*((2*Ag*L1^3)/(2*A1*s*h))^0.5
λ1 = π*((2*32.17*39.13^3)/(2*2.01*35.00*35.00))^0.5 = 14.86
λxm = (20.00^2 + 14.86^2)^0.5 = 24.91
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil λym = (λy^2 + λ2^2)^0.5
Valor auxiliar 2 λ2 = π*((2*Ag*L2^3)/(2*A2*s*b))^0.5

λ2 = π*((2*32.17*26.58^3)/(2*0.79*35.00*20.00))^0.5 = 23.28
λym = (35.00^2 + 23.28^2)^0.5 = 42.04
Esbeltez global del elemento λ = max([λxm , λym])
λ = max([24.91 , 42.04]) = 42.04

_____
Esbelteces locales
_____

Esbeltez local de una barra del cordon λC = (kc*s)/r
λC = (1.00*35.00)/0.80 = 43.75
Esbeltez local de una diagonal de la celosia principal λD1 = (kd*L1)/r1
λD1 = (0.85*39.13)/0.40 = 83.15
Esbeltez local de una diagonal de la celosia secundaria λD2 = (kd*L2)/r2
λD2 = (0.85*26.58)/0.25 = 90.36

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 4
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 45.57 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 16.98 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 90.39 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 35.54 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 4 ACTUANDO COMO CONJUNTO ESTRUCTURAL
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

(4)Pandeo local de las barras del cordon comprimido segun eje fuerte.
(5)Fluencia de las barras del cordon traccionado segun eje fuerte.
(6)Pandeo local de las barras del cordon comprimido segun eje debil.
(7)Fluencia de las barras del cordon traccionado segun eje debil.
(8)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_4 , Mu_5 , Mu_8])
Mdy = min([Mu_6 , Mu_7 , Mu_8])

_____
Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn
_____

(9)Pandeo local de las diagonales de la celosia principal.
(10)Pandeo local de las diagonales de la celosia secundaria.

Vdy = Vu_9
Vdx = Vu_10

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LAS BARRAS COMPONENTES DEL ELEMENTO 4
::

_____
Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx + My/Wy <= 1
_____

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS BARRAS DE LOS CORDONES
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
TnC = Fy*A*(10)^-1 = 400.00*8.04*(10)^-1 = 321.70 kN
TdC = ϕt*TnC = 0.90*321.70 = 289.53 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
Fe = (π^2*E)/λC^2 = (π^2*200000.00)/43.75^2 = 1031.27 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/1031.27)^0.5 = 0.62
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.62 + 0.5*0.62^2 = 0.80
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(0.80 + (0.80^2 - 0.62^2)^0.5) = 0.77
Fcr = ϰ*Fy = 0.77*400.00 = 308.72 MPa
PnC = Fcr*A*(10)^-1 = 308.72*8.04*(10)^-1 = 248.29 kN
PdC = ϕc*PnC = 0.80*248.29 = 198.63 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnC = Fy*Sx*(10)^-3 = 400.00*3.22*(10)^-3 = 1.93 kNm
MdC = ϕb*MnC = 0.90*1.93 = 1.74 kNm

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA PRINCIPAL
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

TnD1 = Fy*A1*(10)^-1 = 220.00*2.01*(10)^-1 = 44.23 kN
TdD1 = ϕt*TnD1 = 0.90*44.23 = 39.81 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

Fe = (π^2*E)/λD1^2 = (π^2*200000.00)/83.15^2 = 285.47 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (220.00/285.47)^0.5 = 0.88
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.88 + 0.5*0.88^2 = 1.05
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(1.05 + (1.05^2 - 0.88^2)^0.5) = 0.61
Fcr = ϰ*Fy = 0.61*220.00 = 134.97 MPa
PnD1 = Fcr*A1*(10)^-1 = 134.97*2.01*(10)^-1 = 27.14 kN
PdD1 = ϕc*PnD1 = 0.85*27.14 = 23.07 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnD1 = Fy*Sx1*(10)^-3 = 220.00*0.40*(10)^-3 = 0.13 kNm
MdD1 = ϕb*MnD1 = 0.90*0.13 = 0.12 kNm

::
RESISTENCIAS DE DISEÑO DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA SECUNDARIA
::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

TnD2 = Fy*A2*(10)^-1 = 220.00*0.79*(10)^-1 = 17.28 kN
TdD2 = ϕt*TnD2 = 0.90*17.28 = 15.55 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

Fe = (π^2*E)/λD2^2 = (π^2*200000.00)/90.36^2 = 241.78 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (220.00/241.78)^0.5 = 0.95
δ = 0.451 + 0.245*λc + 0.5*λc^2 = 0.451 + 0.245*0.95 + 0.5*0.95^2 = 1.14
ϰ = 1/(δ + (δ^2 - λc^2)^0.5) = 1/(1.14 + (1.14^2 - 0.95^2)^0.5) = 0.57
Fcr = ϰ*Fy = 0.57*220.00 = 124.77 MPa
PnD2 = Fcr*A2*(10)^-1 = 124.77*0.79*(10)^-1 = 9.80 kN
PdD2 = ϕc*PnD2 = 0.85*9.80 = 8.33 kN

RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION

MnD2 = Fy*Sx2*(10)^-3 = 220.00*0.10*(10)^-3 = 0.03 kNm
MdD2 = ϕb*MnD2 = 0.90*0.03 = 0.03 kNm

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION
::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300
Esbeltez global del elemento λ = 42.04
42.04 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90
Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 400.00*32.17*(10)^-1 = 1286.80 kN
Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*1286.80 = 1158.12 kN

Td = Tu_1 = 1158.12 kN

Tu / Td = 45.57 / 1158.12 = 0.04 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION
::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE
Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200
Esbeltez global del elemento λ = 42.04
42.04 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE
Fe = (π^2*E)/λxm^2= (π^2*200000.00)/24.91^2 = 3180.20 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/3180.20)^0.5 = 0.35
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.35)^2)*400.00 = 297.25 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 297.25*32.17*(10)^-1 = 956.26 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*956.26 = 812.82 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
Fe = (π^2*E)/λym^2= (π^2*200000.00)/42.04^2 = 1117.13 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (400.00/1117.13)^0.5 = 0.60
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.60)^2)*400.00 = 242.39 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 242.39*32.17*(10)^-1 = 779.77 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*779.77 = 662.81 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3]) = min([812.82 , 662.81]) = 662.81 kN

Pu / Pd = 16.98 / 662.81 = 0.03 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

PANDEO DEL CORDON COMPRIMIDO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_4 = 0.80
Mnx_4 = h*n1x*A*Fcr*(10)^-3 = 35.00*2.00*8.04*308.72*(10)^-3 = 173.80 kNm
Mux_4 = ϕb_4*Mnx_4 = 0.80*173.80 = 139.04 kNm

FLUENCIA DEL CORDON TRACCIONADO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mnx_5 = h*n1x*A*Fy*(10)^-3 = 35.00*2.00*8.04*400.00*(10)^-3 = 225.19 kNm
Mux_5 = ϕb_5*Mnx_5 = 0.90*225.19 = 202.67 kNm

PANDEO DEL CORDON COMPRIMIDO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_6 = 0.80
Mny_6 = b*n1y*A*Fcr*(10)^-3 = 20.00*2.00*8.04*308.72*(10)^-3 = 99.31 kNm
Muy_6 = ϕb_6*Mny_6 = 0.80*99.31 = 79.45 kNm

FLUENCIA DEL CORDON TRACCIONADO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mny_7 = b*n1y*A*Fy*(10)^-3 = 20.00*2.00*8.04*400.00*(10)^-3 = 128.68 kNm
Muy_7 = ϕb_7*Mny_7 = 0.90*128.68 = 115.81 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
ϕb_8 = 0.90

Mny_8 = 150*Cb*b*(1/(kt*Lt))*(J*Ag)^0.5 = 150*1.00*20.00*(1/(1.00*350.00))*(319.37*32.17)^0.5 = 868.82 kNm
Muy_8 = ϕb_8*Mn_8 = 0.90*868.82 = 781.93 kNm

Mdx = min([Mux_4 , Mux_5 , Mu_8]) = min([139.04 , 202.67 , 781.93]) = 139.04 kNm

Mdy = min([Muy_6 , Muy_7 , Mu_8]) = min([79.45 , 115.81 , 781.93]) = 79.45 kNm

Mux / Mdx = 90.39 / 139.04 = 0.65 < 1 VERIFICA

Muy / Mdy = 0.00 / 79.45 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

PANDEO LOCAL DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA PRINCIPAL
ϕs_9 = 0.85
Vny_9 = Fcr*A1*2*sen(α1)*(10)^-1 = 134.97*2.01*2*sen(63.43)*(10)^-1 = 48.54 kN
Vuy_9 = ϕs_9*Vny_9 = 0.85*48.54 = 41.26 kN

PANDEO LOCAL DE LAS DIAGONALES DE LA CELOSIA SECUNDARIA
ϕs_10 = 0.85
Vnx_10 = Fcr*A2*2*sen(α2)*(10)^-1 = 124.77*0.79*2*sen(48.81)*(10)^-1 = 14.75 kN
Vux_10 = ϕs_10*Vnx_10 = 0.85*14.75 = 12.54 kN

Vdy = Vuy_9 = 41.26 kN

Vdx = Vux_10 = 12.54 kN

Vuy / Vdy = 35.54 / 41.26 = 0.86 < 1 VERIFICA

Vux / Vdx = 0.00 / 12.54 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Solicitacion axil - Cordon
Tu1 = Tu/n + Mux/(n1x*h)*(10)^2 + Muy/(n1y*b)*(10)^2
Tu1 = 45.57/4.00 + 90.39/(2.00*35.00)*(10)^2 + 0.00/(2.00*20.00)*(10)^2 = 140.52 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia principal
Vu1 = Vuy + 0.008*Tu = 35.54 + 0.008*45.57 = 35.90 kN
Du1 = Vu1/(2*sin(α1)) = 35.90/(2*sin(63.43)) = 20.07 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia secundaria
Vu2 = Vux + 0.008*Tu = 0.00 + 0.008*45.57 = 0.36 kN
Du2 = Vu2/(2*sin(α2)) = 0.36/(2*sin(48.81)) = 0.24 kN

Momentos secundarios
Excentricidad entre la diagonal de la celosia principal y el cordon
es1 = (di + d1)/(2*cos(α1)) - (0.5*d + d1 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d1 = 1.60 cm
di = 4.00 cm
es1 = (4.00 + 1.60)/(2*cos(63.43)) - (0.5*3.20 + 1.60 +0.5*4.00) = 1.06 cm

Excentricidad entre la diagonal de la celosia secundaria y el cordon
es2 = (di + d2)/(2*cos(α2)) - (0.5*d + d2 +0.5*di)

d = 3.20 cm
d2 = 1.00 cm
di = 4.00 cm
es2 = (4.00 + 1.00)/(2*cos(48.81)) - (0.5*3.20 + 1.00 +0.5*4.00) = -0.80 cm
Ms1 = (Vu1*s*es1)/(h)*(10)^2 = (35.90*35.00*1.06)/(35.00)*(10)^2 = 0.38 kNm
Ms2 = (Vu2*s*es2)/(b)*(10)^2 = (0.36*35.00*0.80)/(20.00)*(10)^2 = 0.01 kNm
Momentos sobre el cordon
MxC = (0.5*Ms1)/(1+((d1/d)^4)*(s/L1)) = (0.5*0.38)/(1+((1.60/3.20)^4)*(35.00/39.13)) = 0.18 kNm
MyC = (0.5*Ms2)/(1+((d2/d)^4)*(s/L2)) = (0.5*0.01)/(1+((1.00/3.20)^4)*(35.00/26.58)) = 0.00 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia principal
MD1 = (0.5*Ms1)/(1+((d/d1)^4)*(L1/s)) = (0.5*0.38)/(1+((3.20/1.60)^4)*(39.13/35.00)) = 0.01 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia secundaria
MD2 = (0.5*Ms2)/(1+((d/d2)^4)*(L2/s)) = (0.5*0.01)/(1+((3.20/1.00)^4)*(26.58/35.00)) = 0.00 kNm

Verificacion - Cordon
Tu1/TdC + MxC/MdC + MyC/MdC <= 1
140.52/289.53 + 0.18/1.74 + 0.00/1.74 = 0.59 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia principal
Du1/PdD1 + MD1/MdD1 <= 1
20.07/23.07 + 0.01/0.12 = 0.95 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia secundaria
Du2/PdD2 + MD2/MdD2 <= 1
0.24/8.33 + 0.00/0.03 = 0.03 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Solicitacion axil - Cordon
Pu1 = Pu/n + Msux/(n1x*h)*(10)^2 + Msuy/(n1y*b)*(10)^2
Msux = (1/(1-(Pu/Pcx)))*(Pu*ex*(10)^-2 + Mux)
ex = (kx*Lx)/500 = (1.00*350.00)/500 = 0.70 cm
Pcx = (π^2*E*Ag*(10)^-1)/(λxm^2) = (π^2*200000.00*32.17*(10)^-1)/(24.91^2) = 10230.67 kN
Msux = (1/(1-(16.98/10230.67)))*(16.98*0.70*(10)^-2 + 90.39) = 90.66 kNm
Msuy = (1/(1-(Pu/Pcy)))*(Pu*ey*(10)^-2 + Muy)
ey = (ky*Ly)/500 = (1.00*350.00)/500 = 0.70 cm
Pcy = (π^2*E*Ag*(10)^-1)/(λym^2) = (π^2*200000.00*32.17*(10)^-1)/(42.04^2) = 3593.79 kN
Msuy = (1/(1-(16.98/3593.79)))*(16.98*0.70*(10)^-2 + 0.00) = 0.12 kNm
Pu1 = 16.98/4.00 + 90.66/(2.00*35.00)*(10)^2 + 0.12/(2.00*20.00)*(10)^2 = 134.05 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia principal
β1 = (π/400)*(1/(1-(Pu/Pcx))) = (π/400)*(1/(1-(16.98/10230.67))) = 0.01
Vu1 = Vuy + β1*Pu = 35.54 + 16.98*0.01 = 35.67 kN
Du1 = Vu1/(2*sin(α1)) = 35.67/(2*sin(63.43)) = 19.94 kN

Solicitacion axil - Diagonal celosia secundaria
β2 = (π/400)*(1/(1-(Pu/Pcy))) = (π/400)*(1/(1-(16.98/3593.79))) = 0.01
Vu2 = Vux + β2*Pu = 0.00 + β2*16.98 = 0.13 kN
Du2 = Vu2/(2*sin(α2)) = 0.13/(2*sin(48.81)) = 0.09 kN

Momentos secundarios
Excentricidad entre la diagonal de la celosia principal y el cordon
es1 = (di + d1)/(2*cos(α1)) - (0.5*d + d1 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d1 = 1.60 cm

di = 4.00 cm
es1 = (4.00 + 1.60)/(2*cos(63.43)) - (0.5*3.20 + 1.60 +0.5*4.00) = 1.06 cm

Excentricidad entre la diagonal de la celosia secundaria y el cordon
es2 = (di + d2)/(2*cos(α2)) - (0.5*d + d2 +0.5*di)
d = 3.20 cm
d2 = 1.00 cm
di = 4.00 cm
es2 = (4.00 + 1.00)/(2*cos(48.81)) - (0.5*3.20 + 1.00 +0.5*4.00) = -0.80 cm
Ms1 = (Vu1*s*es1)/(h)*(10)^2 = (35.67*35.00*1.06)/(35.00)*(10)^2 = 0.38 kNm
Ms2 = (Vu2*s*es2)/(b)*(10)^2 = (0.13*35.00*0.80)/(20.00)*(10)^2 = 0.00 kNm
Momentos sobre el cordon
MxC = (0.5*Ms1)/(1+((d1/d)^4)*(s/L1)) = (0.5*0.38)/(1+((1.60/3.20)^4)*(35.00/39.13)) = 0.18 kNm
MyC = (0.5*Ms2)/(1+((d2/d)^4)*(s/L2)) = (0.5*0.00)/(1+((1.00/3.20)^4)*(35.00/26.58)) = 0.00 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia principal
MD1 = (0.5*Ms1)/(1+((d/d1)^4)*(L1/s)) = (0.5*0.38)/(1+((3.20/1.60)^4)*(39.13/35.00)) = 0.01 kNm
Momentos sobre la diagonal de la celosia secundaria
MD2 = (0.5*Ms2)/(1+((d/d2)^4)*(L2/s)) = (0.5*0.00)/(1+((3.20/1.00)^4)*(26.58/35.00)) = 0.00 kNm

Verificacion - Cordon
Pu1/PdC + MxC/MdC + MyC/MdC <= 1
134.05/198.63 + 0.18/1.74 + 0.00/1.74 = 0.78 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia principal
Du1/PdD1 + MD1/MdD1 <= 1
19.94/23.07 + 0.01/0.12 = 0.95 <= 1
VERIFICA

Verificacion - Diagonal de la celosia secundaria
Du2/PdD2 + MD2/MdD2 <= 1
0.09/8.33 + 0.00/0.03 = 0.01 <= 1
VERIFICA

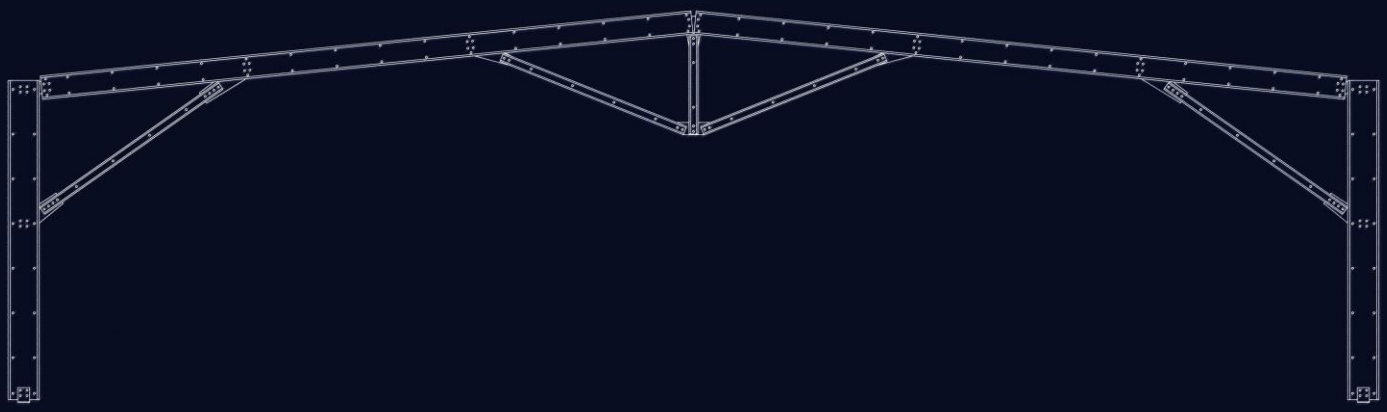
::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 4
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy
0.039	0.026	0.650	0.000	0.000	0.861

	T+M			P+M	
C	D1	D2	C	D1	D2
0.591	0.955	0.030	0.779	0.948	0.011

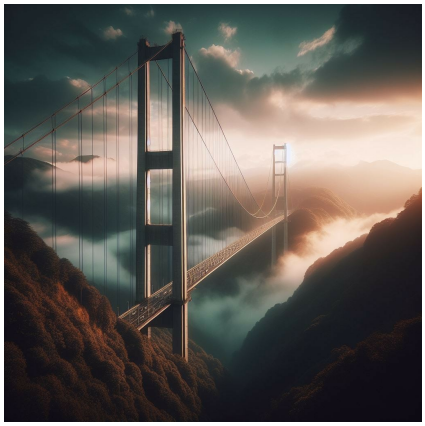
::
VERIFICA
::



ANALISIS ESTRUCTURAL

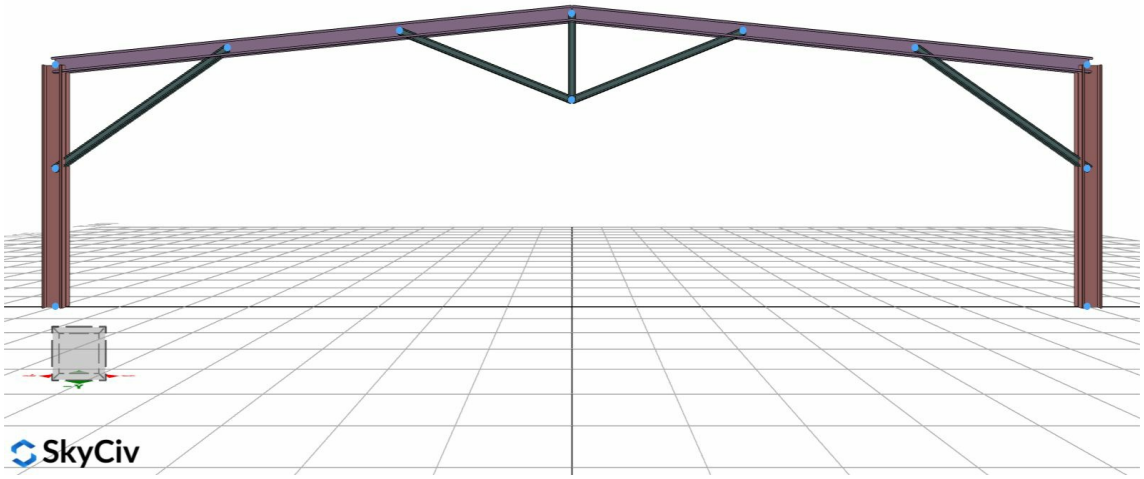
PCF

Rodrigo Martos
ANEXOS



Estructura PCF SkyCiv Report

Fri 01 Mar 2024, 09:36PM (GMT-05:00)



File Name: Estructura PCF
Software: SkyCiv Structural 3D v6.1.9 (Lic. No.: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg)
Analysis Type: Linear Static Analysis

Included in this Report:

Job Setup
Bill of Materials
Screenshots
Single Member Reports
Nodal Results
Member Results

Table of Contents

Table of Contents
Job Setup
- NODE COORDINATES
- MEMBERS
- SUPPORTS
- MATERIALS
- SECTIONS
- MEMBER DISTRIBUTED LOADS
- SELF WEIGHT
- LOAD COMBINATIONS

Bill of Materials
- BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS

Screenshots
Member 1: LC17
Member 1: LC18
Member 1: LC19
Member 2: LC17
Member 2: LC18
Member 2: LC19
Member 3: LC17
Member 3: LC18
Member 3: LC19
Member 4: LC17
Member 4: LC18
Member 4: LC19
Member 11: LC17
Member 11: LC18
Member 11: LC19
Member 12: LC17
Member 12: LC18
Member 12: LC19
Member 13: LC17
Member 13: LC18
Member 13: LC19
Member 14: LC17
Member 14: LC18
Member 14: LC19
Member 15: LC17
Member 15: LC18
Member 15: LC19
Nodal Results
- Envelope Min
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS
- Envelope Max
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS
- Envelope Absolute Max
  - NODE REACTIONS
  - MEMBER END FORCES AND MOMENTS

Member Results
- Envelope Min
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS
- Envelope Max
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS
- Envelope Absolute Max
  - INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS

Job Setup

Estructura PCF SkyCiv Report
SkyCiv Structural 3D v6.1.9
Licence Number: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg
Date: Fri 01 Mar 2024, 09:36PM (GMT-05:00)
Analysis Type: LINEAR STATIC ANALYSIS

File Name	Estructura PCF
Job Name	Empty
Designer	Empty
Job Description	Empty

Length Units	m
Section Length Units	mm
Force Units	kN
Moment and Torsion Units	kN-m
Pressure Units	kPa
Material Strength Units	MPa
Material Density Units	kg/m^3
Mass Units	kg
Temperature Units	degC
Translation Units	mm
Stress Units	MPa
Nodes	12
Members	9
Plates	0
Meshed Plates	0
Supports	2
Sections	3
Point Loads	0
Distributed Loads	14
Moments	0
Member Prestress Loads	0
Thermal Loads	0
Pressures	0
Area Loads	0
Self Weight	ON
User Defined Nodal Masses	0
Auto Defined Nodal Masses	0
Spectral Loads	0
Member Evaluation Points	9
Extrapolate Plate Results From Gauss Points	YES
General Constraint	RRRRRR
Total Degrees of Freedom	66

NODE COORDINATES (m)
NOTE: Nodes in the plate mesh are not displayed in the table below.

ID	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	3.500
3	7.500	0.000	4.250
4	15.000	0.000	3.500
5	15.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	2.000
7	15.000	0.000	2.000
8	2.500	0.000	3.750
9	5.000	0.000	4.000
10	10.000	0.000	4.000
11	12.500	0.000	3.750
12	7.500	0.000	3.000

MEMBERS (deg, m, mm, m, kN)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

ID	Node A	Node B	Length	Type	Section ID	Rotation Angle	Node A Fixity	Node B Fixity
1	1	2	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFR
2	2	3	7.537	Continuous & Normal	2	90.000	FFFFFR	FFFFFR
3	3	4	7.537	Continuous & Normal	2	90.000	FFFFFR	FFFFFR
4	4	5	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFR	FFFFFF
11	6	8	3.052	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR
12	9	12	2.693	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR
13	12	10	2.693	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR
14	11	7	3.052	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR
15	12	3	1.250	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR

ID	Node A Offsets	Node B Offsets	Offset Axis	Node A Rot Stiff Y	Node A Rot Stiff Z	Node B Rot Stiff Y	Node B Rot Stiff Z	Cable Length	T/C Limit	Mirror	Disable Non-Linear
1	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
2	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
3	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
4	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
11	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
12	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
13	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
14	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
15	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No

SUPPORTS (kN/m, kN-m/rad)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

B=Both Axes Restraint, N=Negative-Axis Restraint Only, P=Positive-Axis Restraint Only

ID	Node ID	Restraint Code	Direction Code	X Trans Stiffness	Y Trans Stiffness	Z Trans Stiffness	X Rot Stiffness	Y Rot Stiffness	Z Rot Stiffness	Source
1	1	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support
2	5	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support

MATERIALS (MPa, kg/m^3, 10^{-6}/degC)

Shear Modulus is used for members only.
Ex, Ey, Gxy, Gxz, Gyz are used for orthotropic plates only.

ID	Name	Young's Modulus	Shear Modulus	Density	Poisson's Ratio	Thermal Exp. Coeff.	Young's Modulus x	Young's Modulus y	Shear Modulus xy	Shear Modulus xz	Shear Modulus yz	Poisson's Ratio xy
1	Structural Steel	200000.000	Auto	7850.000	0.270	12.000	-	-	-	-	-	Auto

SECTIONS (mm, mm^2, mm^4, deg)

ID	Name	Shape	Material ID	Depth	Width	Shear Area z (STRESS)	Shear Area y (STRESS)	Shear Area z (TIMO)	Shear Area y (TIMO)	Torsion Radius
1	350x100x25x2.5	Double Lipped Channel	1	350.000	203.200	40.533	1523.519	-	-	2.978
2	260x80x20x2.5	Double Lipped Channel	1	260.000	163.200	155.629	1118.737	-	-	2.977
3	100x40x15x2	Double Lipped Channel	1	100.000	83.200	40.488	312.737	-	-	2.380

ID	Centroid y	Centroid z	Area (A)	y-Axis MoI (Iy)	z-Axis MoI (Iz)	Torsion Constant (J)	Principal Angle	Non Prismatic
1	175.000	101.600	2914.798	5596871.377	52087874.923	6068.528	0.000	N
2	130.000	81.600	2214.798	2836330.311	22052851.752	4608.146	0.000	N
3	50.000	41.600	785.479	347027.891	1188588.683	1043.191	0.000	N

ID	Area Red. Factor	Iy Red. Factor	Iz Red. Factor	Torsion Constant Red. Factor	Shear Area Y Red. Factor	Shear Area Z Red. Factor
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-

MEMBER DISTRIBUTED LOADS (kN/m)

ID	Load Group	Start Position (%)	End Position (%)	Member	Axes	X Start/ End	Y Start/ End	Z Start/ End
1	WT	0%	100%	1	Global	4.100	0.000	0.000
						4.100	0.000	0.000
2	WT	0%	46.666666666666664%	2	Global	-0.450	0.000	4.490
						-0.450	0.000	4.490
3	WT	46.666666666666664%	93.33333333333333%	2	Global	-0.290	0.000	2.870
						-0.290	0.000	2.870
4	WT	93.33333333333333%	100%	2	Global	-0.210	0.000	2.070
						-0.210	0.000	2.070
5	WT	0%	100%	3	Global	0.210	0.000	2.070
						0.210	0.000	2.070
6	WT	0%	100%	4	Global	2.080	0.000	0.000
						2.080	0.000	0.000
7	L	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-1.296
						0.000	0.000	-1.296
8	L	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-1.296
						0.000	0.000	-1.296
9	D	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-0.400
						0.000	0.000	-0.400
10	D	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-0.400
						0.000	0.000	-0.400
11	WL	0%	100%	1	Global	-3.700	0.000	0.000
						-3.700	0.000	0.000
12	WL	0%	100%	4	Global	3.700	0.000	0.000
						3.700	0.000	0.000
13	WL	0%	100%	2	Global	-0.450	0.000	4.490
						-0.450	0.000	4.490
14	WL	0%	100%	3	Global	0.450	0.000	4.490
						0.450	0.000	4.490

SELF WEIGHT (g's)

Load Group	X Gravity	Y Gravity	Z Gravity
SW1	0.000	0.000	-1.000

LOAD COMBINATIONS

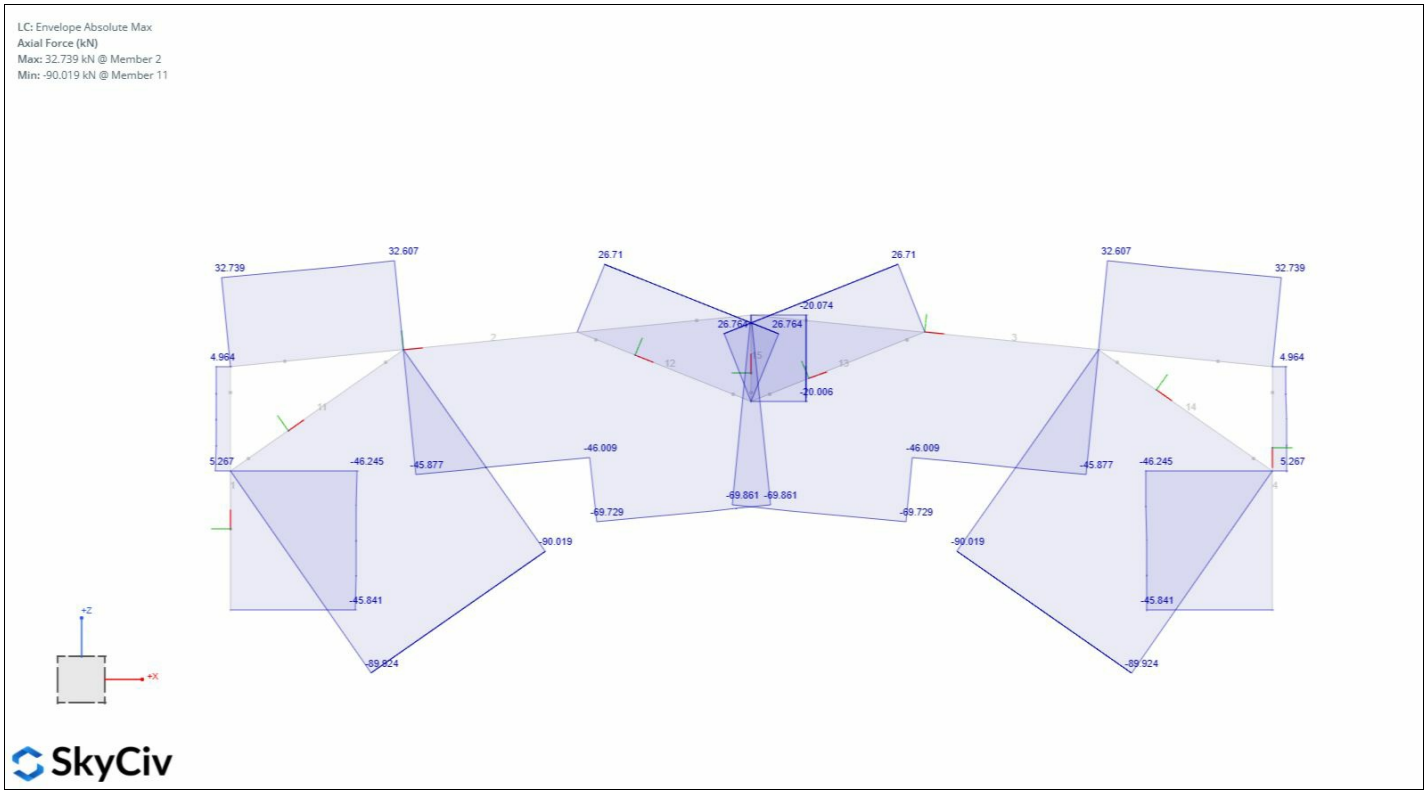
ID	Name	Criteria	D Factor	L Factor	SW1 Factor	WL Factor	WT Factor
1	Comb 1	Strength	1.400	0	1.400	0	0
2	Comb 2	Strength	1.200	1.600	1.200	0.800	0
3	Comb 3	Strength	1.200	1.600	1.200	0	0.800
4	Comb 4	Strength	1.200	0.500	1.200	1.500	0
5	Comb 5	Strength	1.200	0.500	1.200	0	1.500
6	Comb s1	Serviceability	1.000	0	1.000	1.000	0
7	Comb s2	Serviceability	1.000	0	1.000	0	1.000
8	Comb s3	Serviceability	1.000	1.000	1.000	0	0
10	Comb 6	Strength	0.900	0	0.900	1.500	0
11	Comb 7	Strength	0.900	0	0.900	0	1.500

Bill of Materials

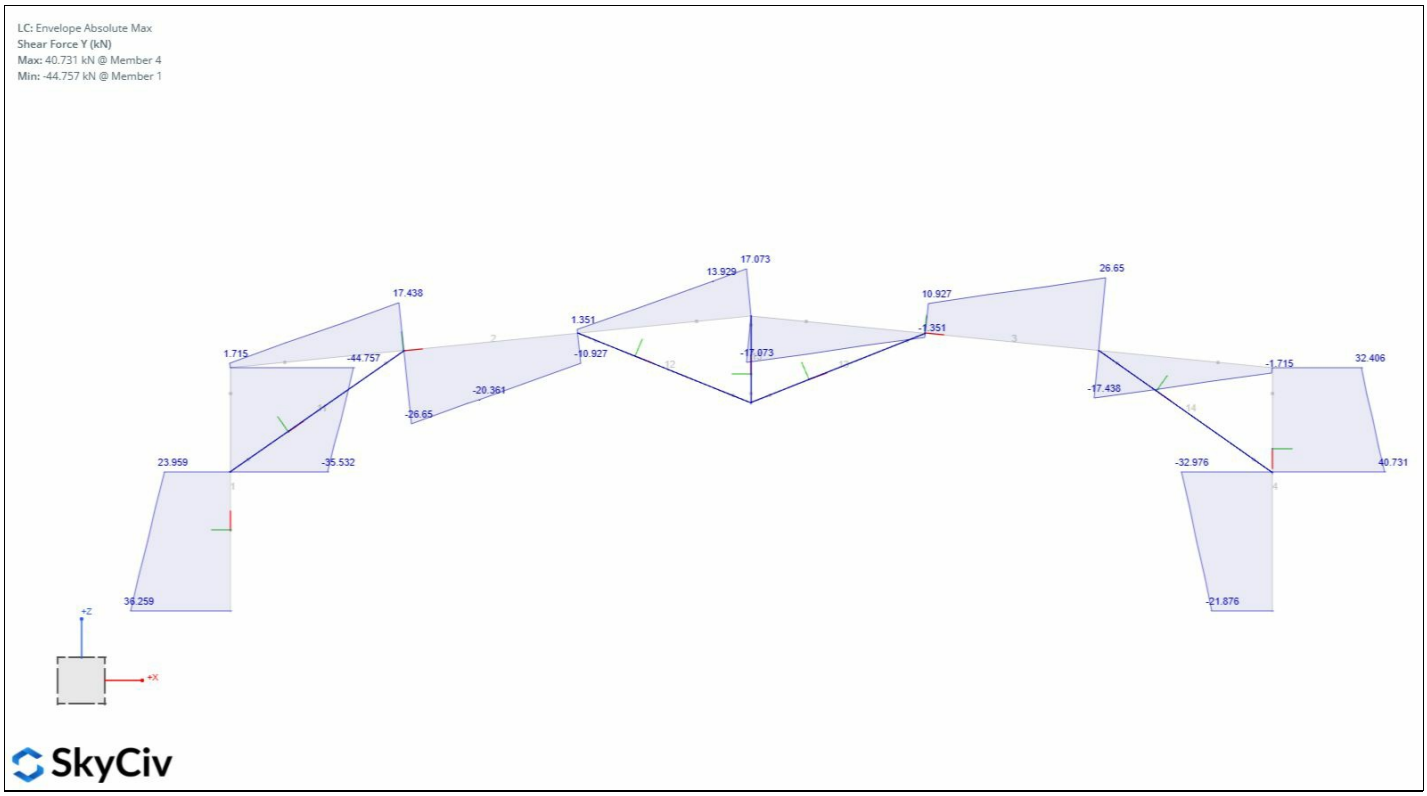
BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS (m, kg)

Section	Material	Quantity	Unit Length	Total Length	Unit Mass	Total Mass
1: 350x100x25x2.5	1: Structural Steel	2	3.500	7.000	80.084	160.168
2: 260x80x20x2.5	1: Structural Steel	2	7.537	15.075	131.047	262.093
3: 100x40x15x2	1: Structural Steel	1	1.250	1.250	7.708	7.708
3: 100x40x15x2	1: Structural Steel	2	3.052	6.103	18.816	37.633
3: 100x40x15x2	1: Structural Steel	2	2.693	5.385	16.602	33.205
						500.807

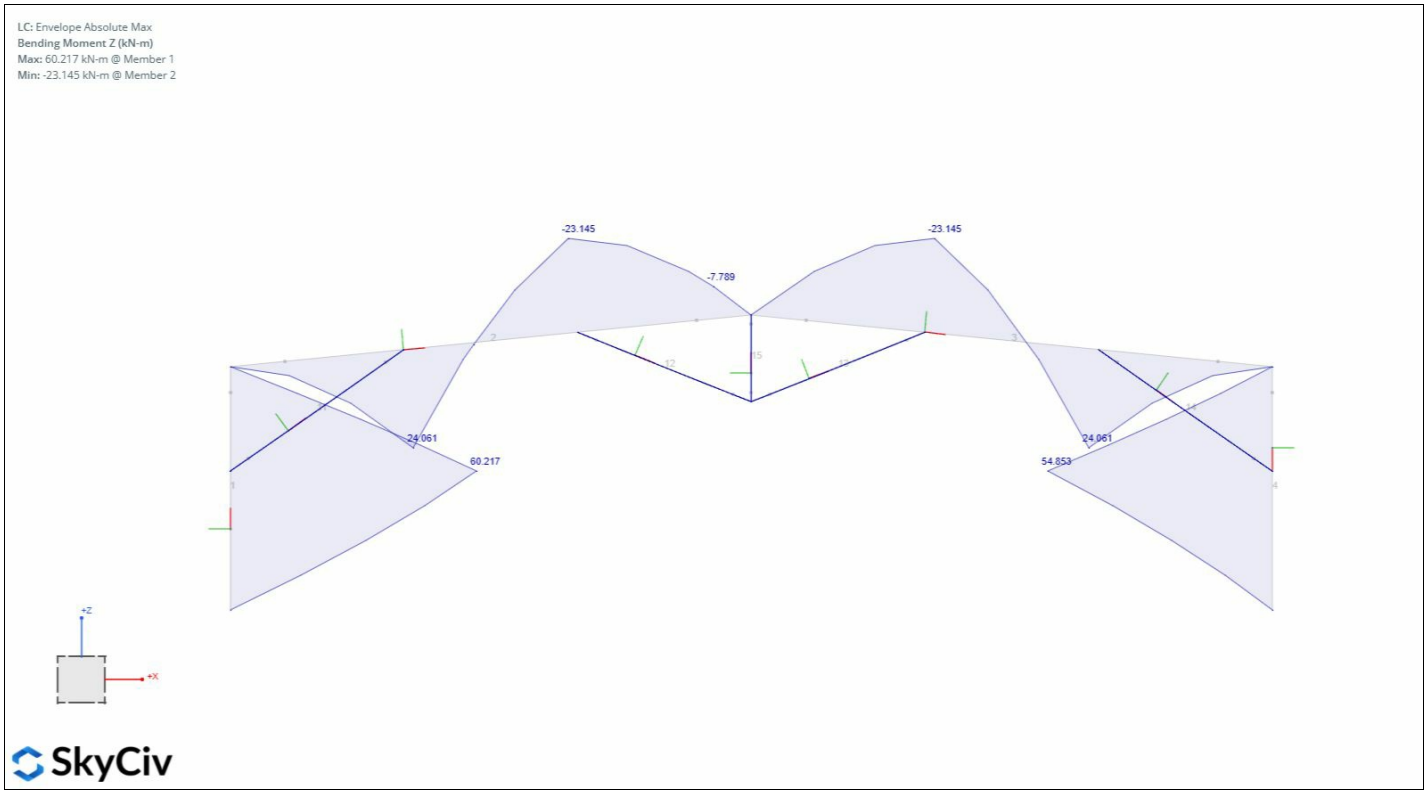
Screenshots



Axial.jpg

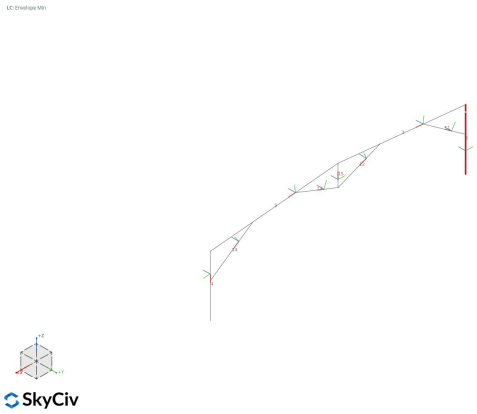


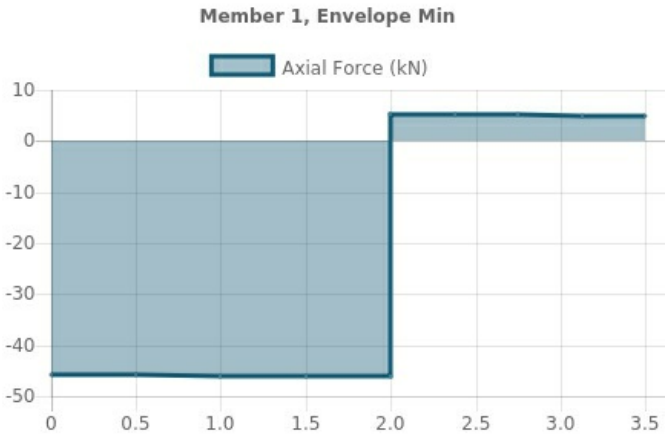
Corte.jpg

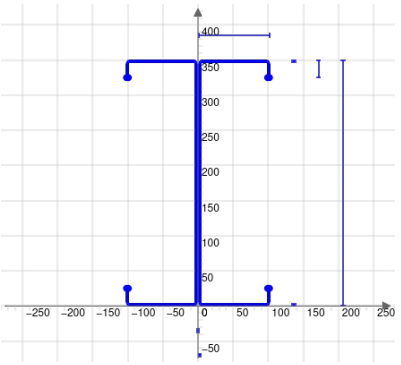

LC: Envelope Absolute Max
Bending Moment Z (kN-m)
Max: 60.217 kN-m @ Member 1
Min: -23.145 kN-m @ Member 2
-23.145
-7.789
-23.145
24.061
60.217
24.061
54.853
+Z
+X
SkyCiv
Momento.jpg

Member 1: LC17

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	350x100x25x2.5
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: -36.259 Y: -0.000 Z: -45.841 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







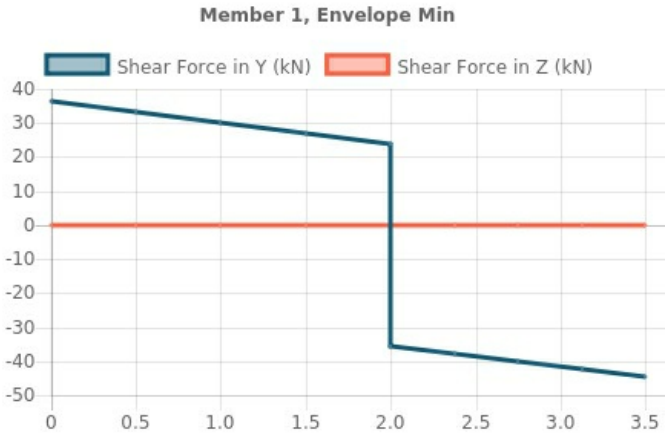
Geometric Properties		
A	2914.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	175	mm

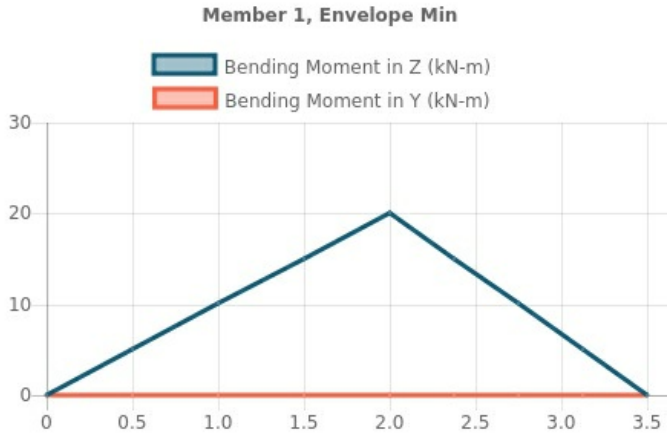
Bending Properties		
I_z	52087874.923	mm^4
I_y	5596871.377	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.533	mm^2
A_y	1523.519	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	6068.528	mm^4
r	2.978	mm

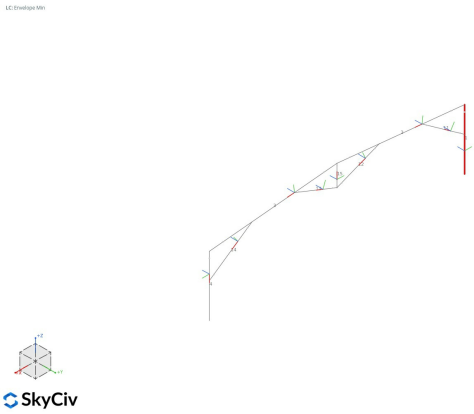
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

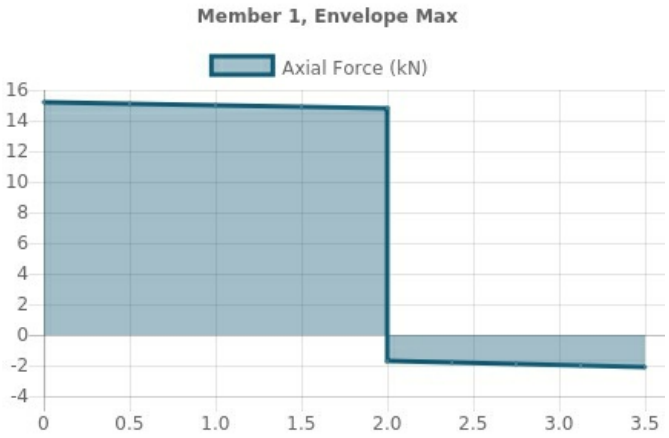


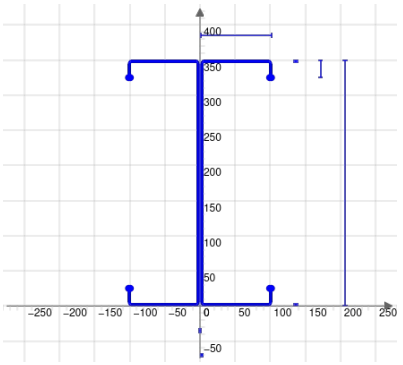


Member 1: LC18

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	350x100x25x2.5
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: 10.054 Y: -0.000 Z: 15.239 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







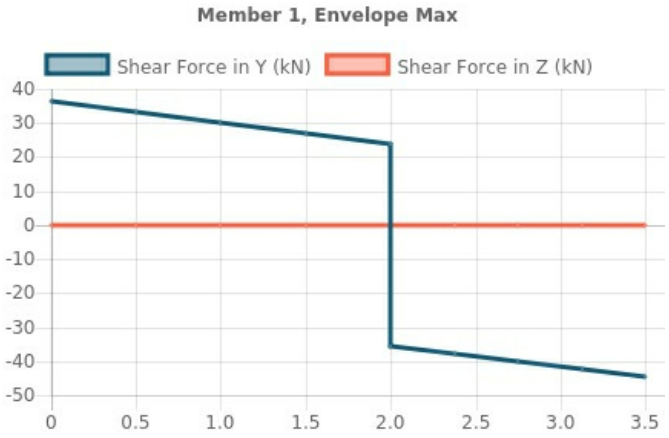
Geometric Properties		
A	2914.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	175	mm

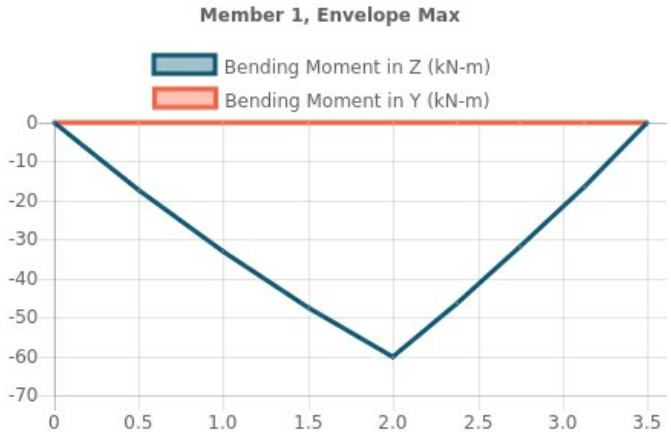
Bending Properties		
I_z	52087874.923	mm^4
I_y	5596871.377	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.533	mm^2
A_y	1523.519	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	6068.528	mm^4
r	2.978	mm

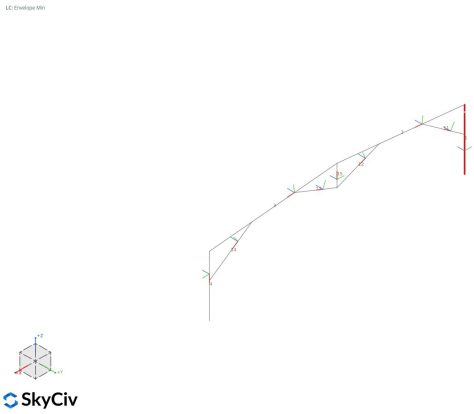
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

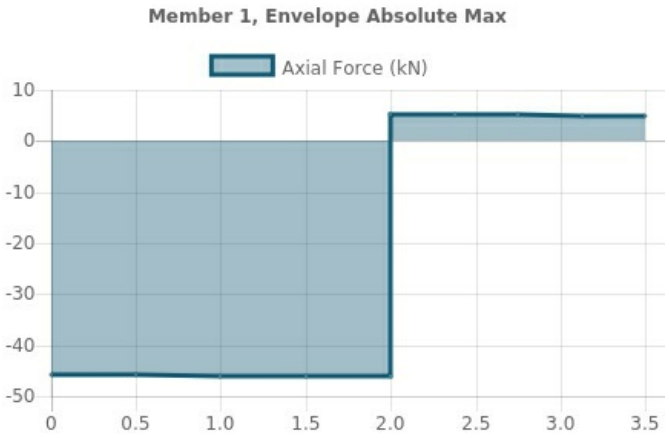


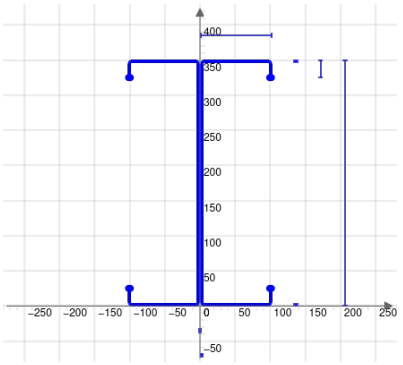


Member 1: LC19

Member Summary Table	
Member Number	1
Node A	1 (0, 0, 0)
Node B	2 (0, 0, 3.5)
Member Length	3.500 m
Section Name	350x100x25x2.5
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFF
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	X: -36.259 Y: -0.000 Z: -45.841 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







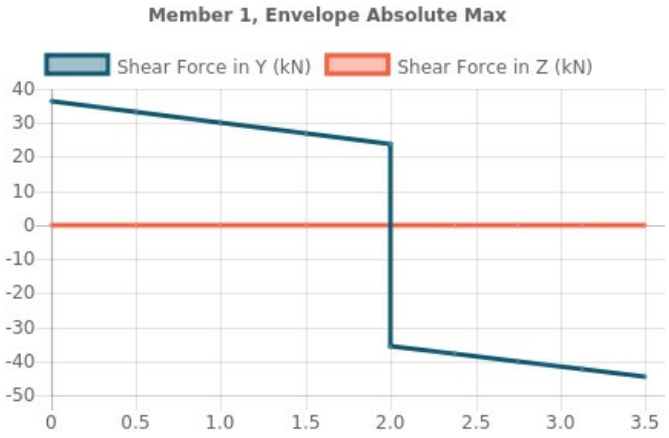
Geometric Properties		
A	2914.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	175	mm

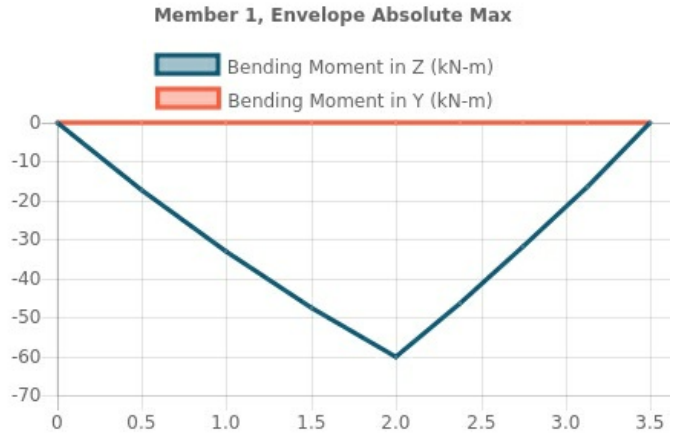
Bending Properties		
I_z	52087874.923	mm^4
I_y	5596871.377	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.533	mm^2
A_y	1523.519	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	6068.528	mm^4
r	2.978	mm

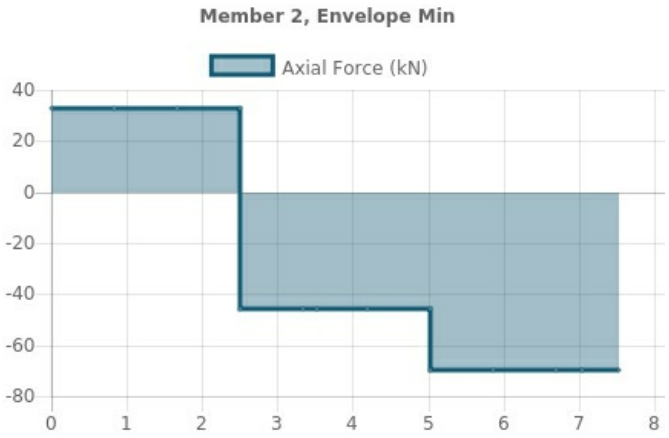
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

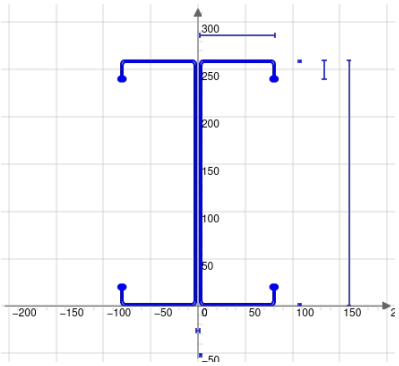




Member 2: LC17

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	260x80x20x2.5
Section No	2
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





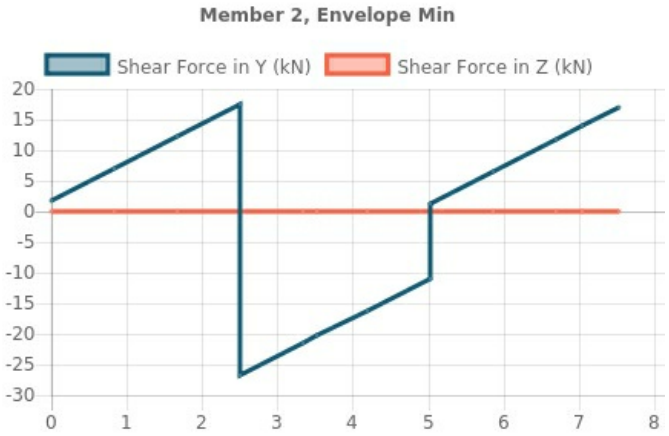
Geometric Properties		
A	2214.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	130	mm

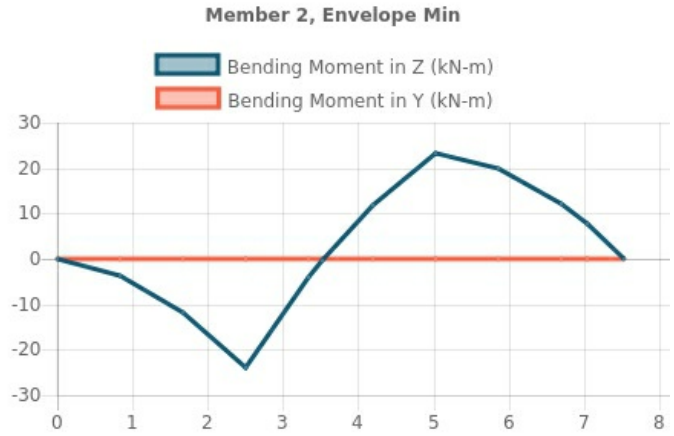
Bending Properties		
I_z	22052851.752	mm^4
I_y	2836330.311	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	155.629	mm^2
A_y	1118.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	4608.146	mm^4
r	2.977	mm

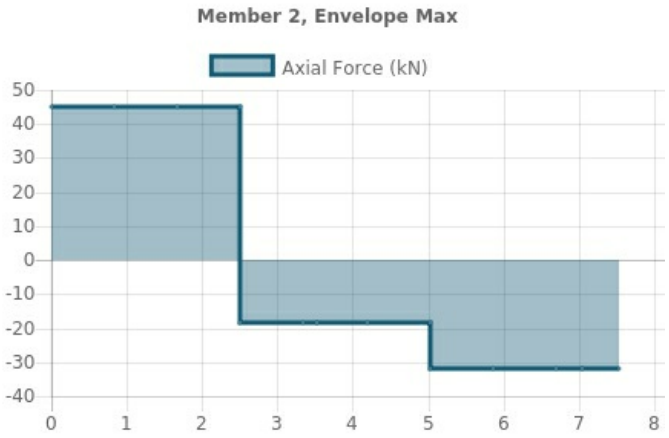
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

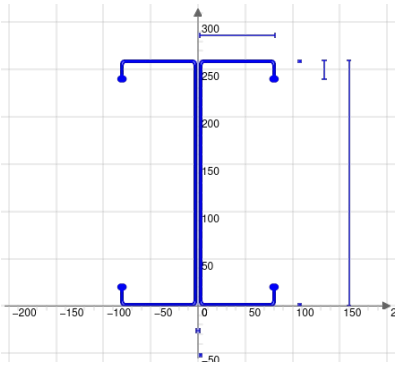




Member 2: LC18

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	260x80x20x2.5
Section No	2
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





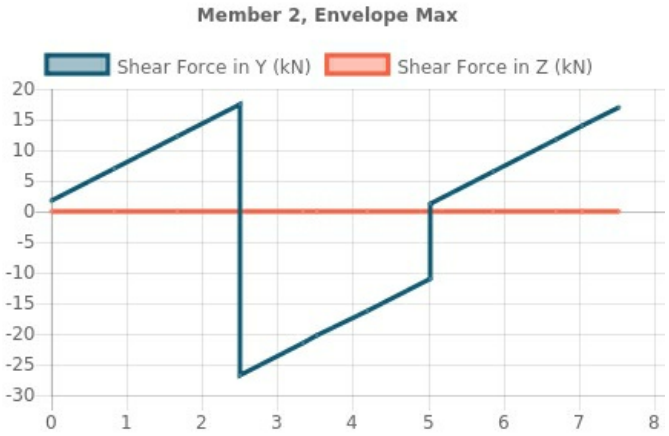
Geometric Properties		
A	2214.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	130	mm

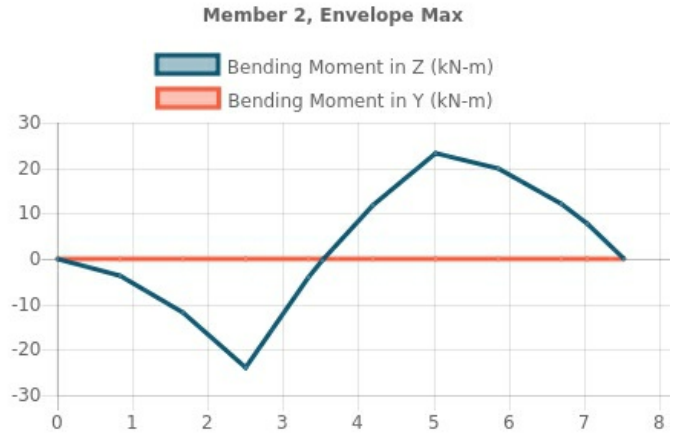
Bending Properties		
I_z	22052851.752	mm^4
I_y	2836330.311	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	155.629	mm^2
A_y	1118.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	4608.146	mm^4
r	2.977	mm

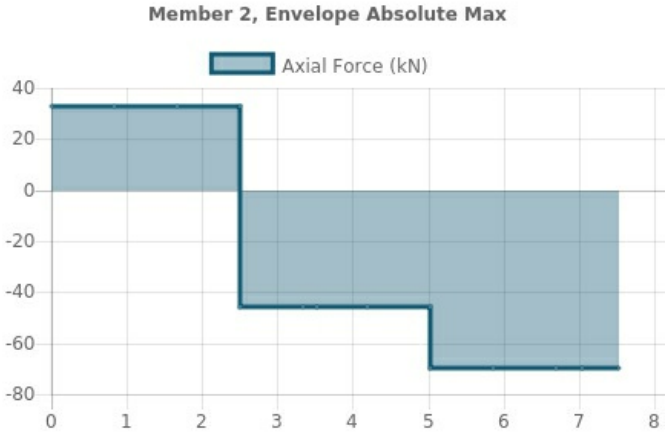
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

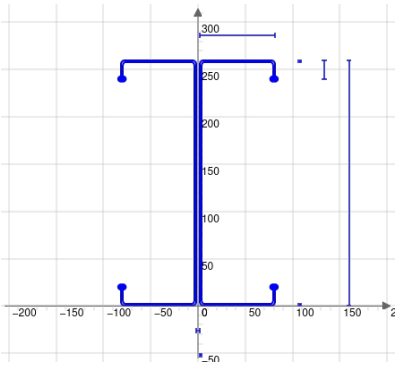




Member 2: LC19

Member Summary Table	
Member Number	2
Node A	2 (0, 0, 3.5)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	7.537 m
Section Name	260x80x20x2.5
Section No	2
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





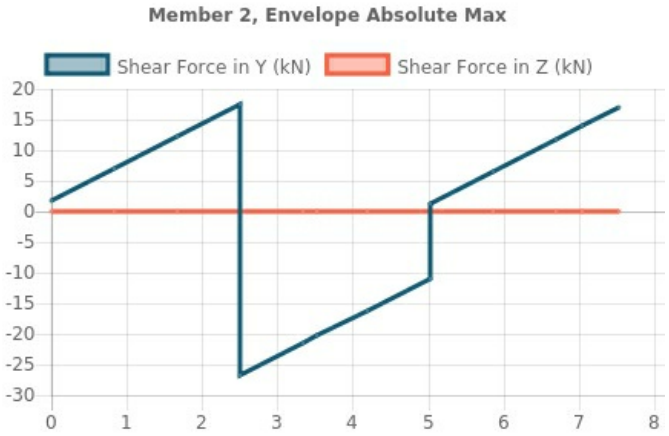
Geometric Properties		
A	2214.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	130	mm

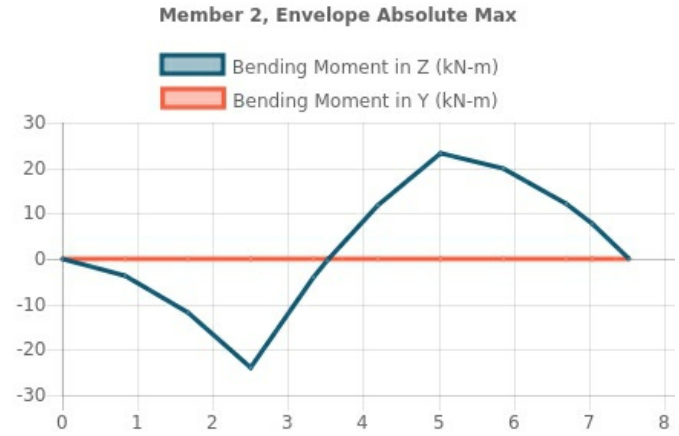
Bending Properties		
I_z	22052851.752	mm^4
I_y	2836330.311	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	155.629	mm^2
A_y	1118.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	4608.146	mm^4
r	2.977	mm

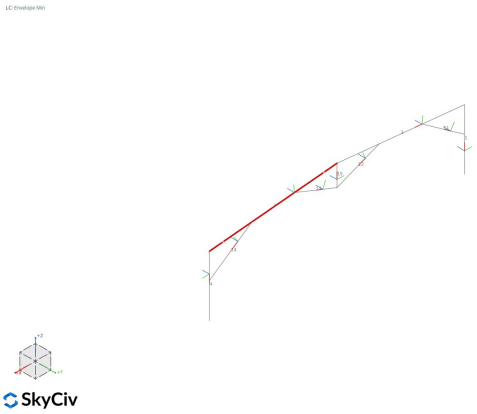
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

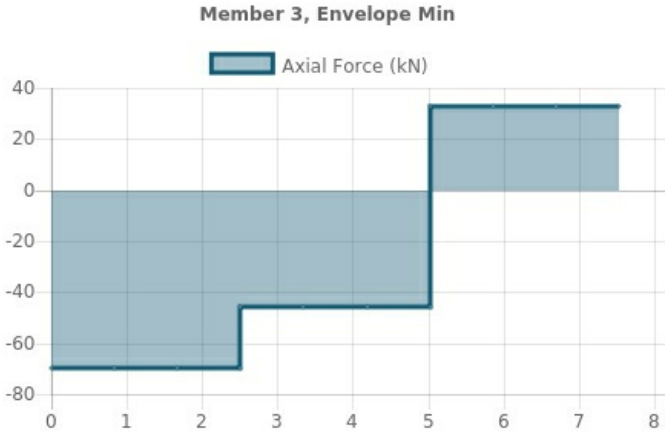


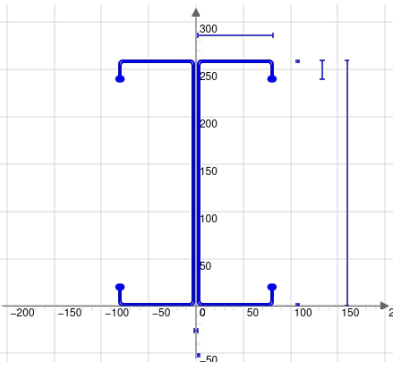


Member 3: LC17

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	260x80x20x2.5
Section No	2
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







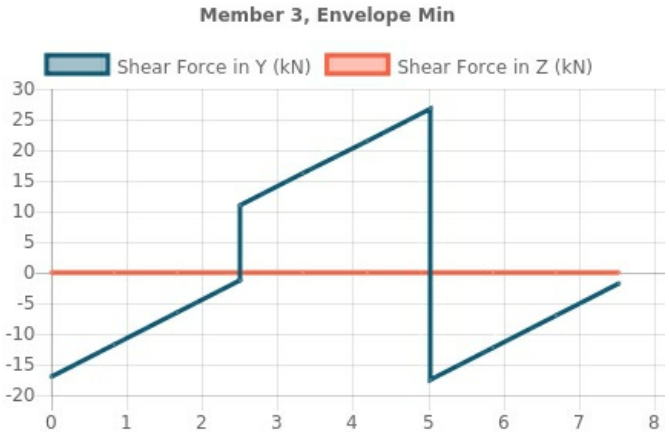
Geometric Properties		
A	2214.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	130	mm

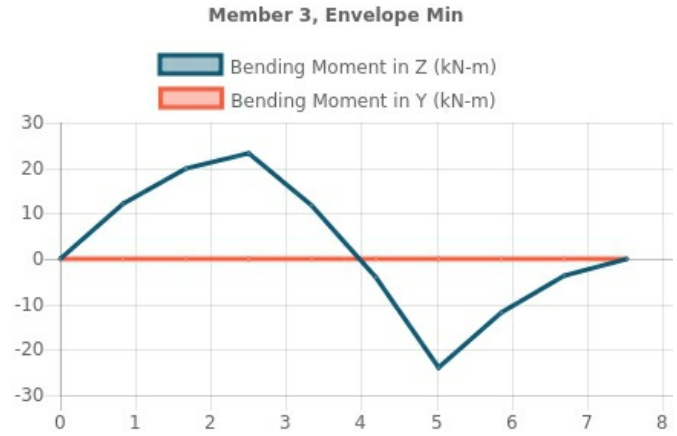
Bending Properties		
I_z	22052851.752	mm^4
I_y	2836330.311	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	155.629	mm^2
A_y	1118.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	4608.146	mm^4
r	2.977	mm

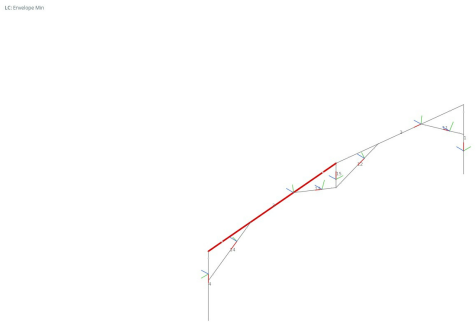
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

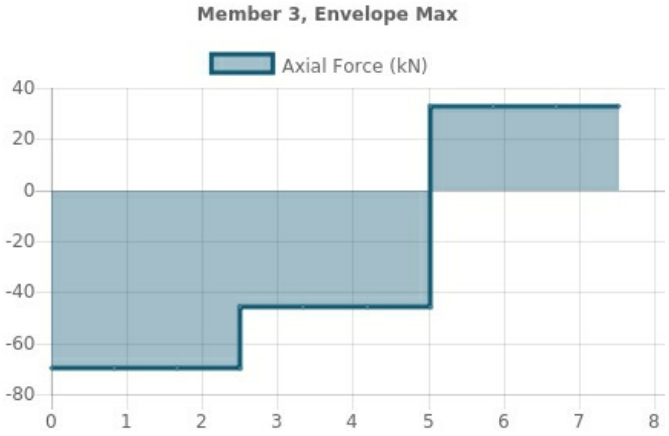


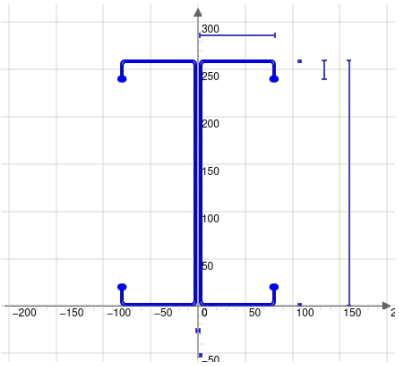


Member 3: LC18

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	260x80x20x2.5
Section No	2
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







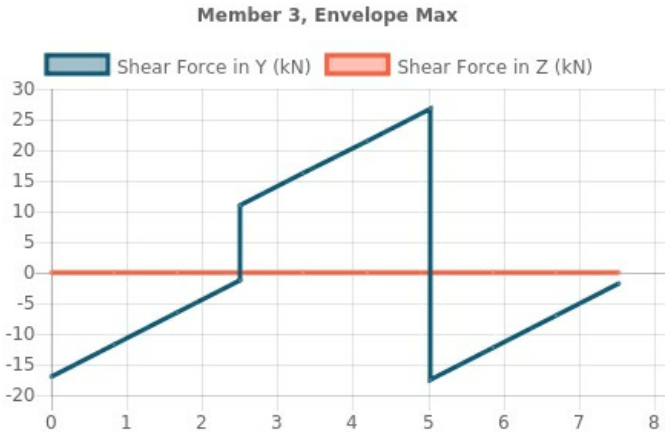
Geometric Properties		
A	2214.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	130	mm

Bending Properties		
I_z	22052851.752	mm^4
I_y	2836330.311	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	155.629	mm^2
A_y	1118.737	mm^2
	mm	
	mm	

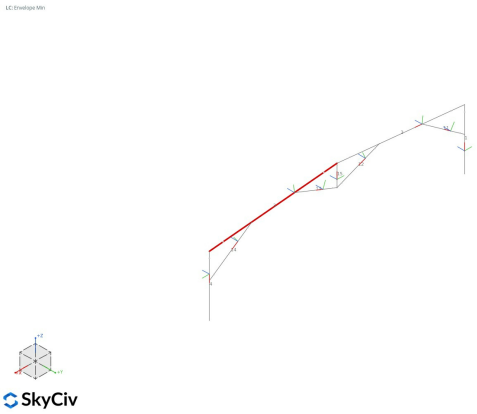
Torsion Properties		
J	4608.146	mm^4
r	2.977	mm

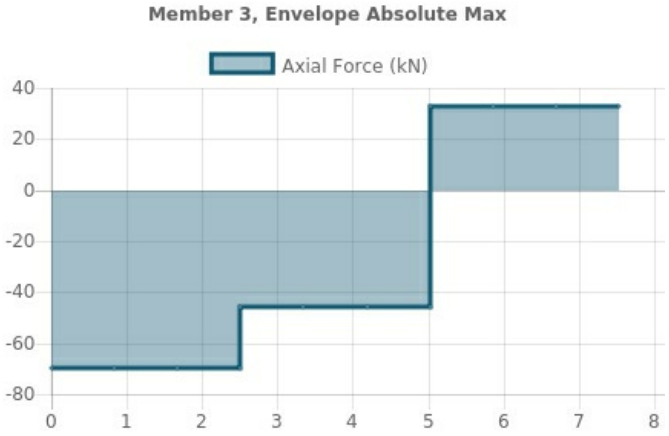
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

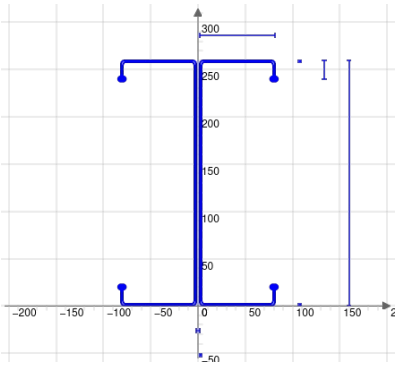


Member 3: LC19

Member Summary Table	
Member Number	3
Node A	3 (7.5, 0, 4.25)
Node B	4 (15, 0, 3.5)
Member Length	7.537 m
Section Name	260x80x20x2.5
Section No	2
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







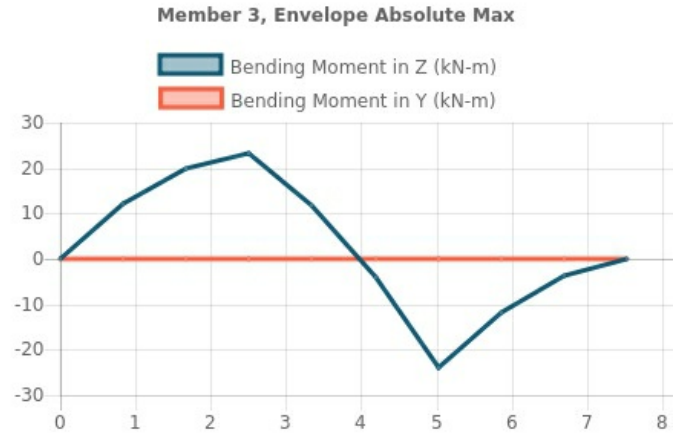
Geometric Properties		
A	2214.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	130	mm

Bending Properties		
I_z	22052851.752	mm^4
I_y	2836330.311	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	155.629	mm^2
A_y	1118.737	mm^2
	mm	
	mm	

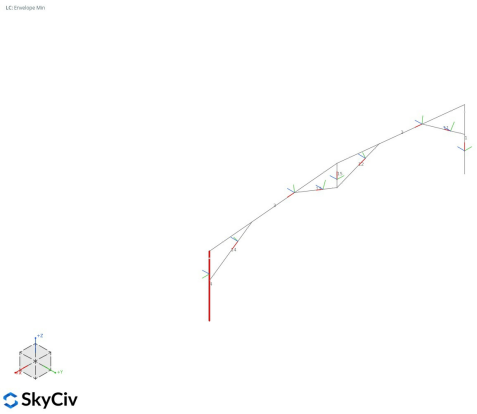
Torsion Properties		
J	4608.146	mm^4
r	2.977	mm

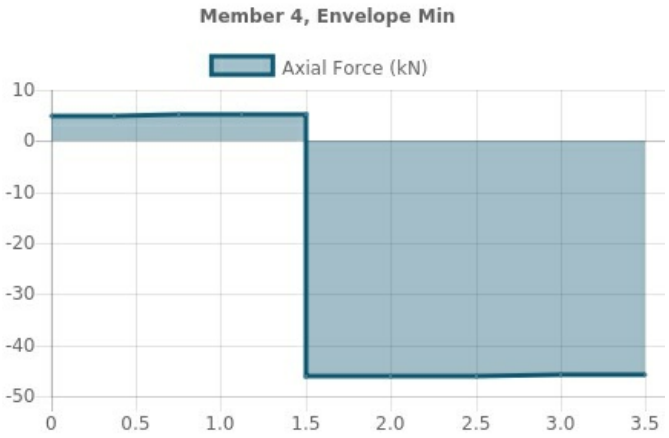
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

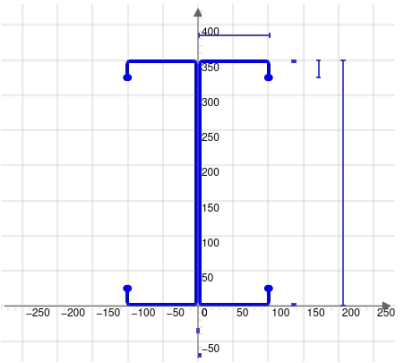


Member 4: LC17

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	350x100x25x2.5
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: -10.298 Y: -0.000 Z: -45.841 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000







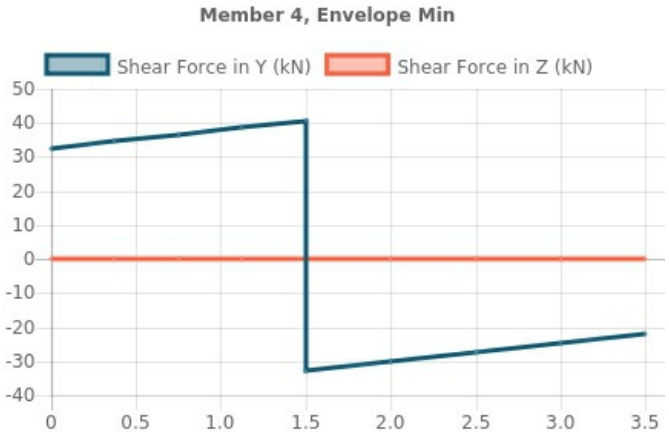
Geometric Properties		
A	2914.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	175	mm

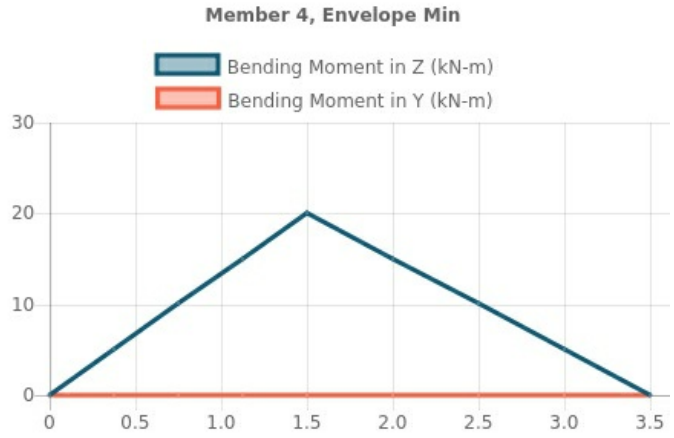
Bending Properties		
I_z	52087874.923	mm^4
I_y	5596871.377	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.533	mm^2
A_y	1523.519	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	6068.528	mm^4
r	2.978	mm

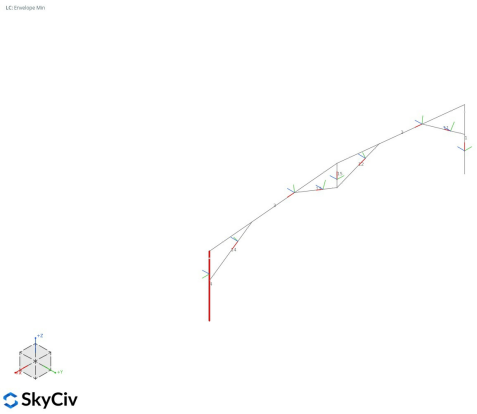
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

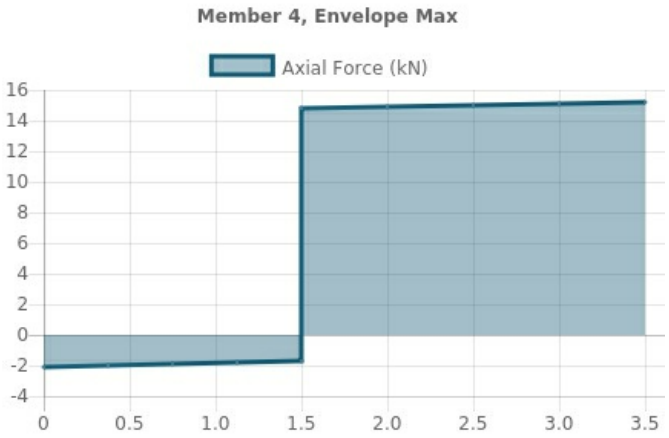


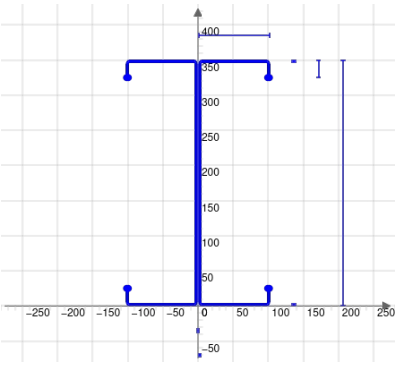


Member 4: LC18

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	350x100x25x2.5
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: 21.876 Y: -0.000 Z: 15.239 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000







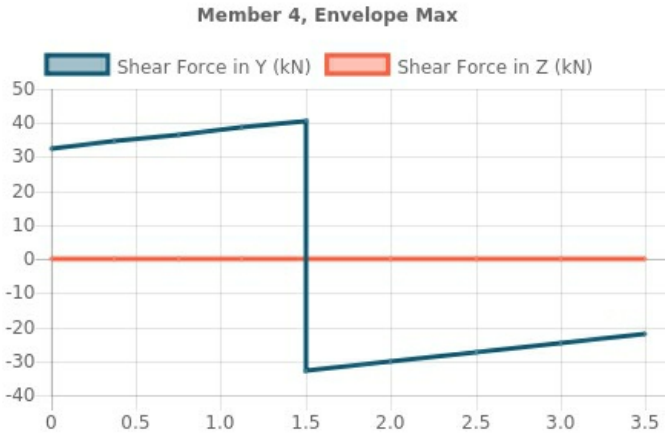
Geometric Properties		
A	2914.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	175	mm

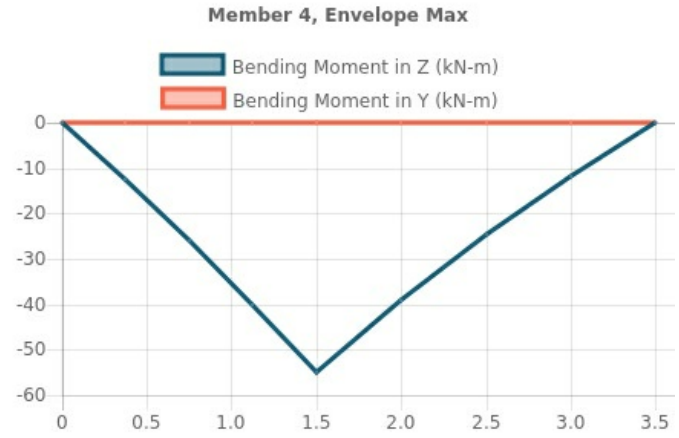
Bending Properties		
I_z	52087874.923	mm^4
I_y	5596871.377	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.533	mm^2
A_y	1523.519	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	6068.528	mm^4
r	2.978	mm

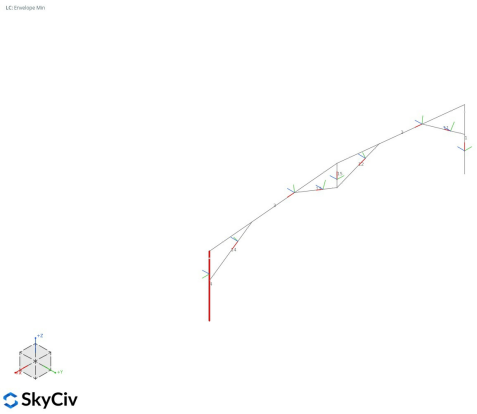
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

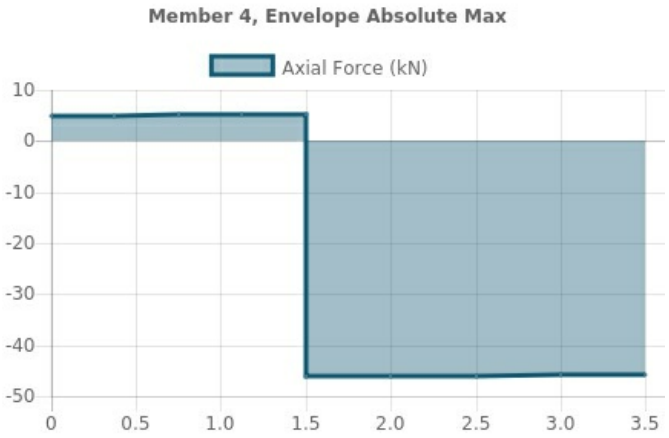


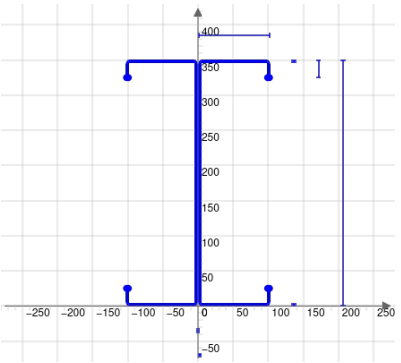


Member 4: LC19

Member Summary Table	
Member Number	4
Node A	4 (15, 0, 3.5)
Node B	5 (15, 0, 0)
Member Length	3.500 m
Section Name	350x100x25x2.5
Section No	1
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFFR
Fixity B	FFFFFF
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	X: 21.876 Y: -0.000 Z: -45.841 Mx: 0.000 My: 0.000 Mz: 0.000







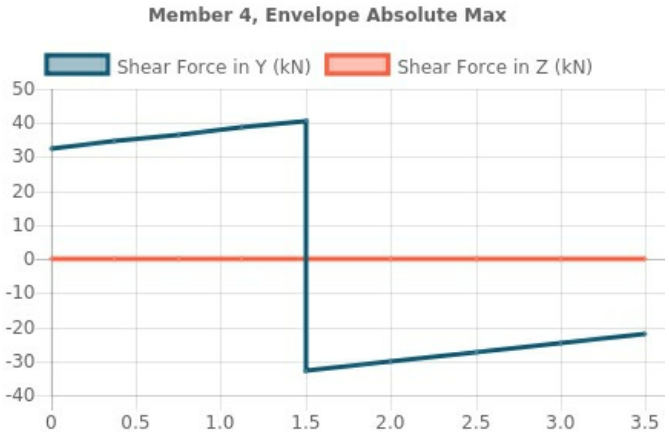
Geometric Properties		
A	2914.798	mm^2
C_z	0	mm
C_y	175	mm

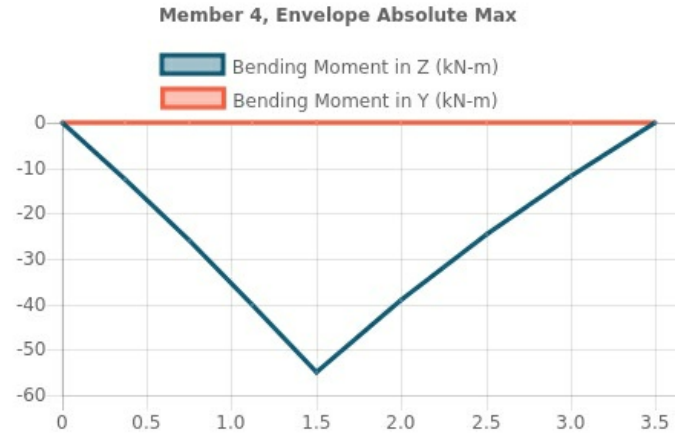
Bending Properties		
I_z	52087874.923	mm^4
I_y	5596871.377	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.533	mm^2
A_y	1523.519	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	6068.528	mm^4
r	2.978	mm

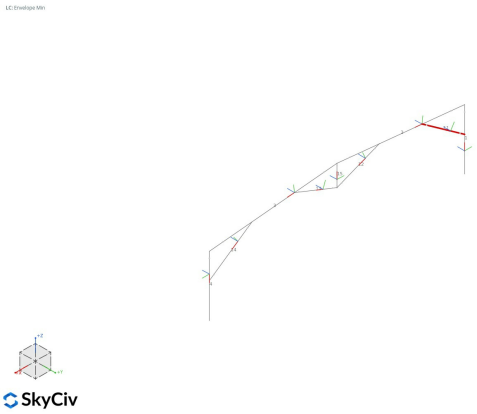
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

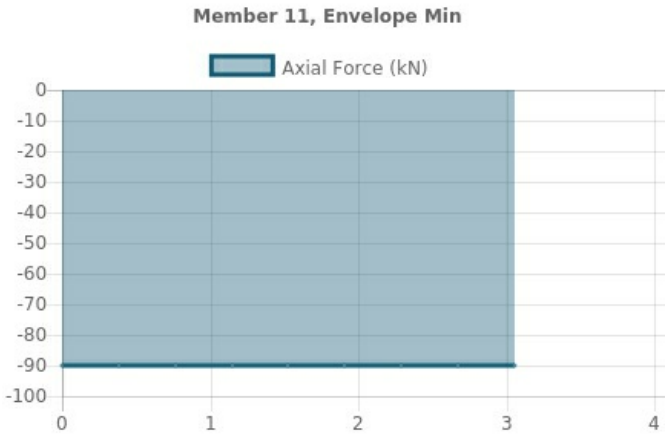


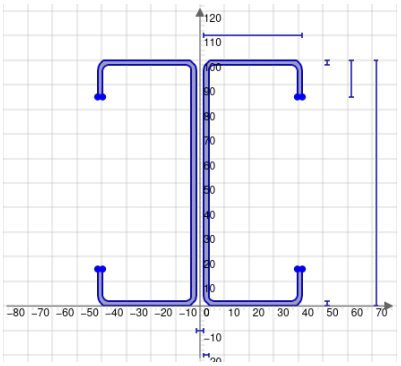


Member 11: LC17

Member Summary Table	
Member Number	11
Node A	6 (0, 0, 2)
Node B	8 (2.5, 0, 3.75)
Member Length	3.052 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







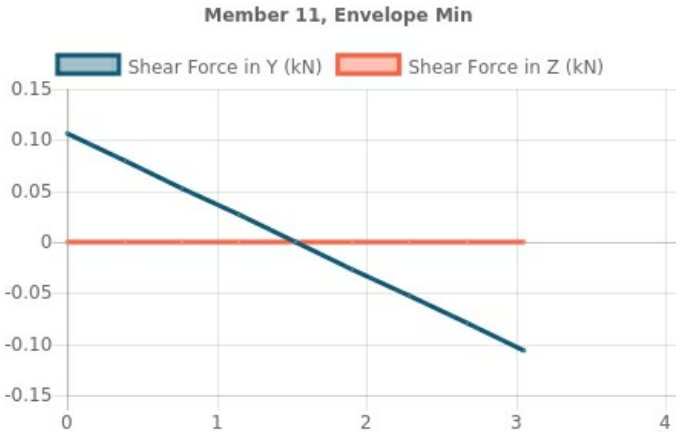
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

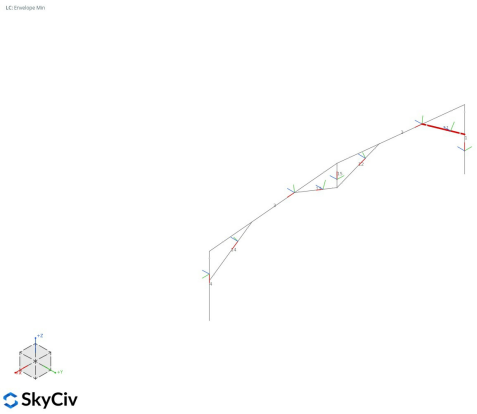
Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

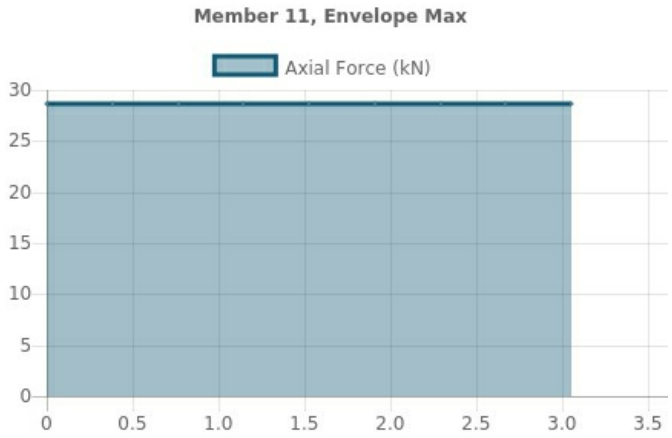
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

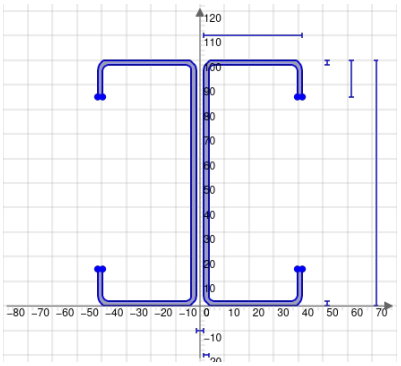


Member 11: LC18

Member Summary Table	
Member Number	11
Node A	6 (0, 0, 2)
Node B	8 (2.5, 0, 3.75)
Member Length	3.052 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







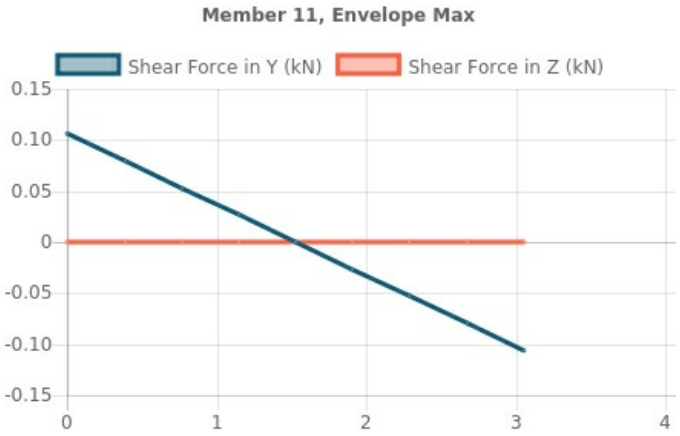
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

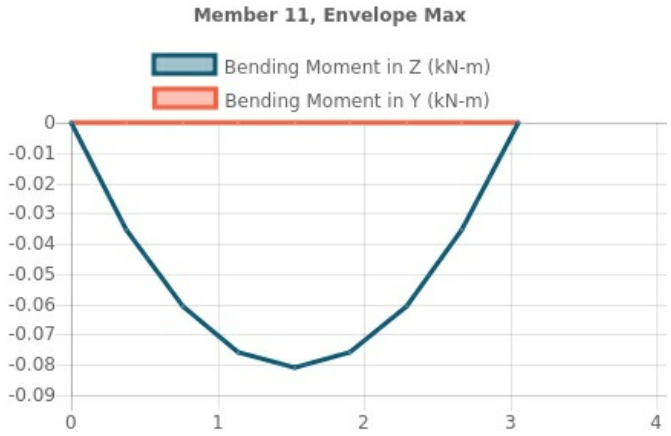
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

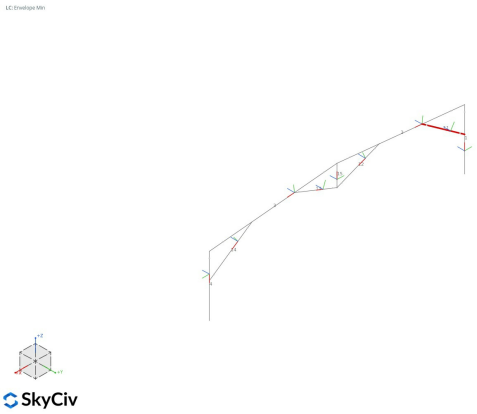
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

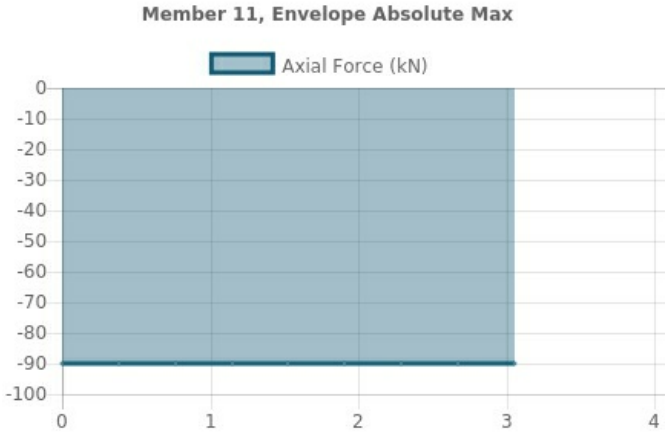


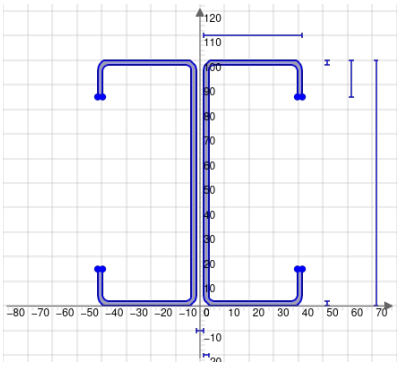


Member 11: LC19

Member Summary Table	
Member Number	11
Node A	6 (0, 0, 2)
Node B	8 (2.5, 0, 3.75)
Member Length	3.052 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







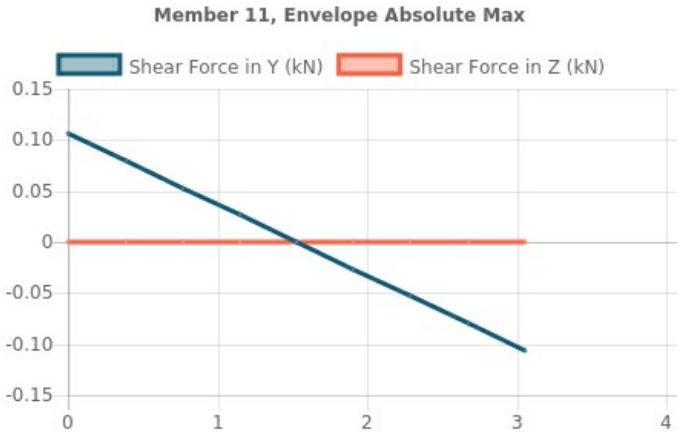
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

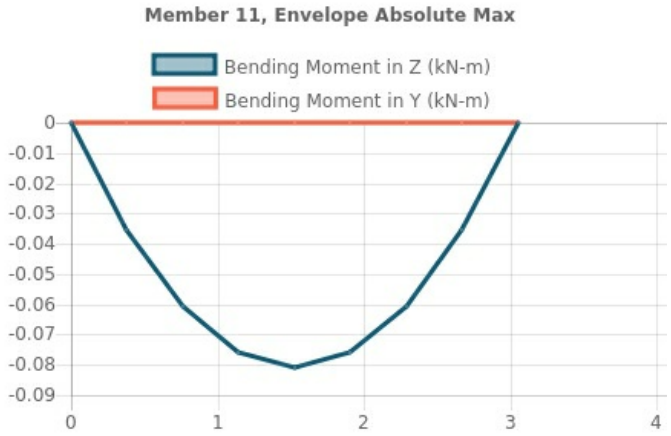
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

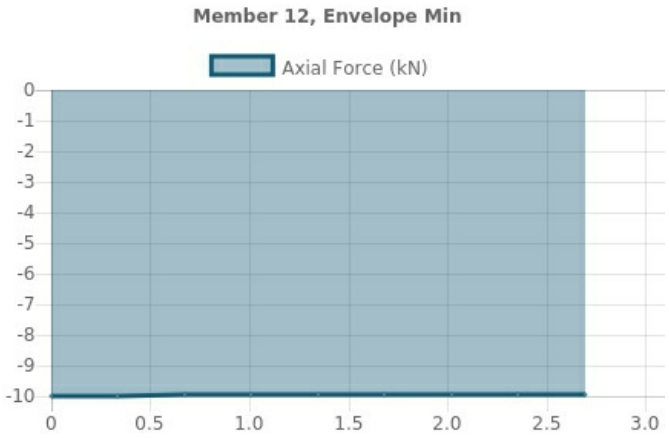
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

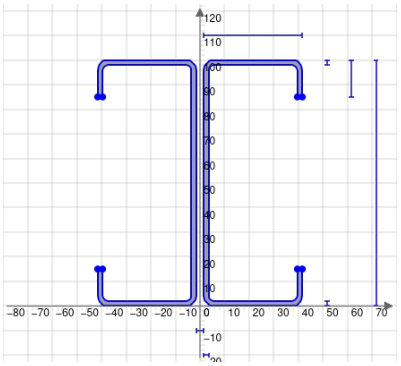




Member 12: LC17

Member Summary Table	
Member Number	12
Node A	9 (5, 0, 4)
Node B	12 (7.5, 0, 3)
Member Length	2.693 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





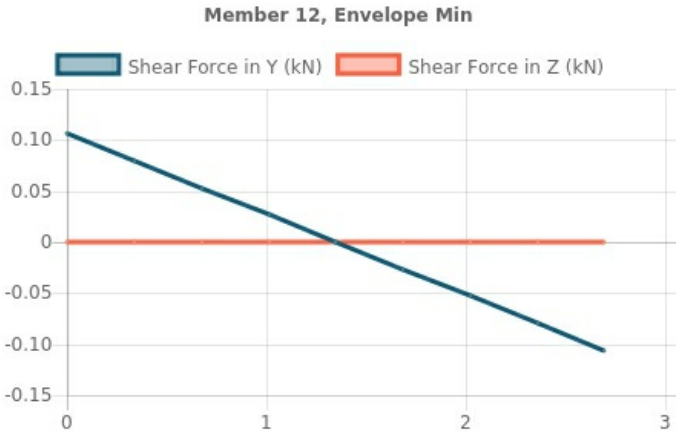
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

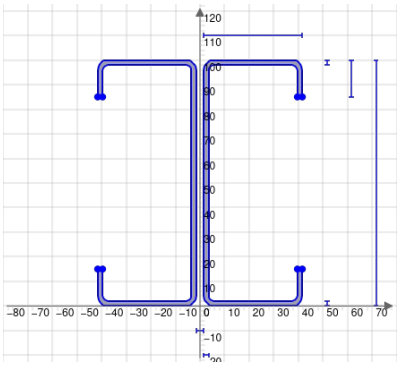
Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850



Member 12: LC18

Member Summary Table	
Member Number	12
Node A	9 (5, 0, 4)
Node B	12 (7.5, 0, 3)
Member Length	2.693 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location



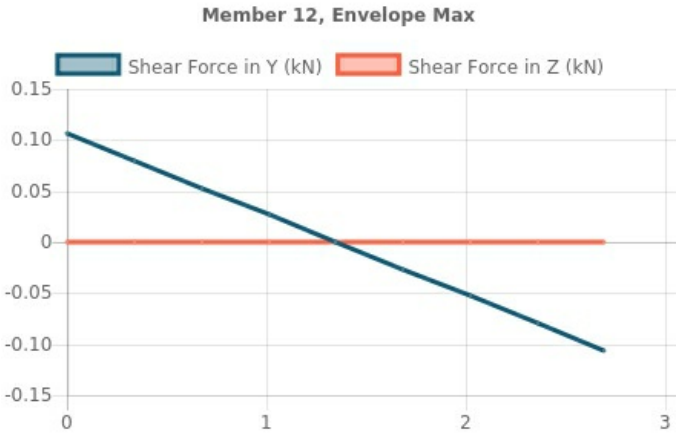
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

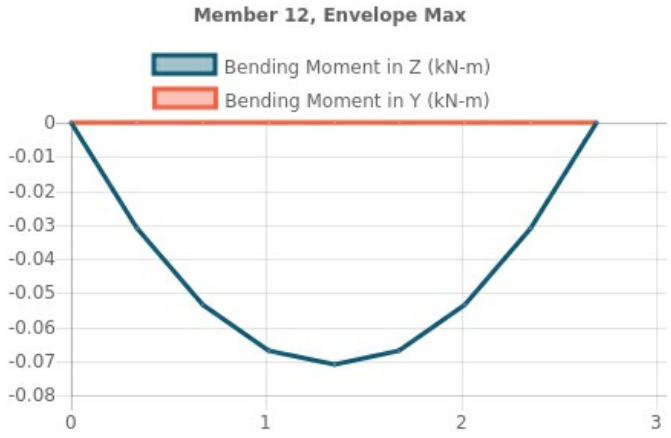
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

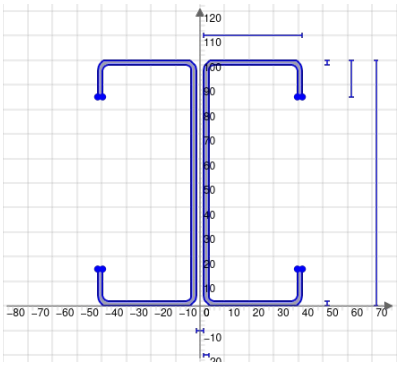
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850





Member 12: LC19

Member Summary Table	
Member Number	12
Node A	9 (5, 0, 4)
Node B	12 (7.5, 0, 3)
Member Length	2.693 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location



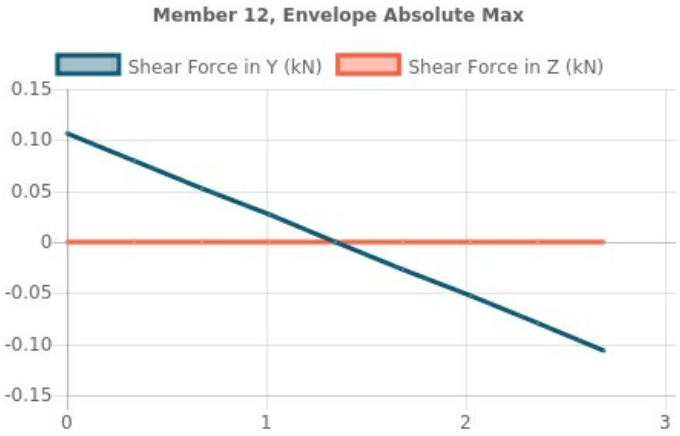
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

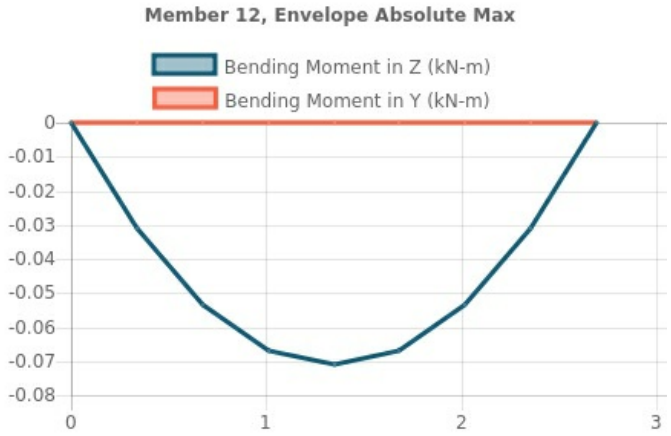
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

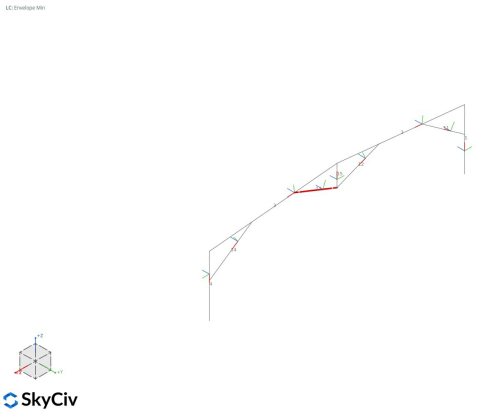
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

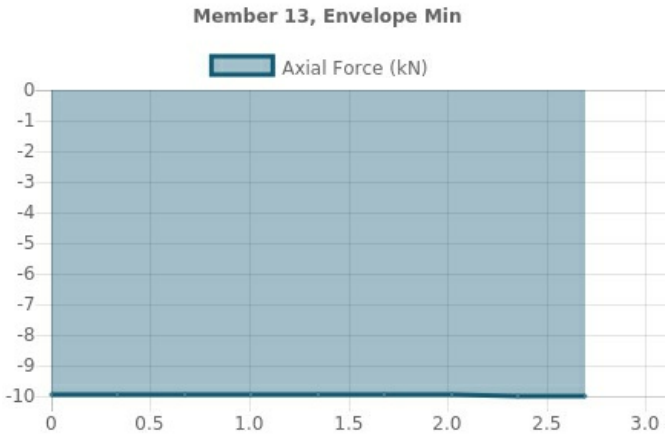


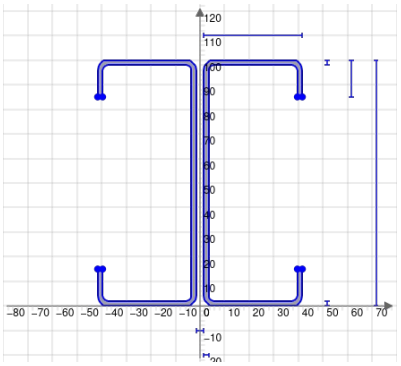


Member 13: LC17

Member Summary Table	
Member Number	13
Node A	12 (7.5, 0, 3)
Node B	10 (10, 0, 4)
Member Length	2.693 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







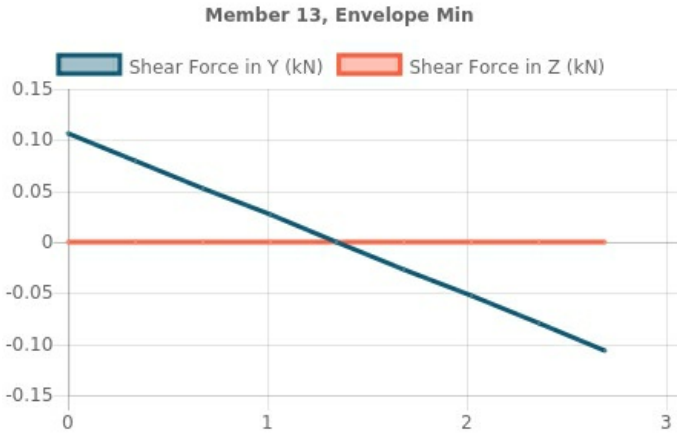
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

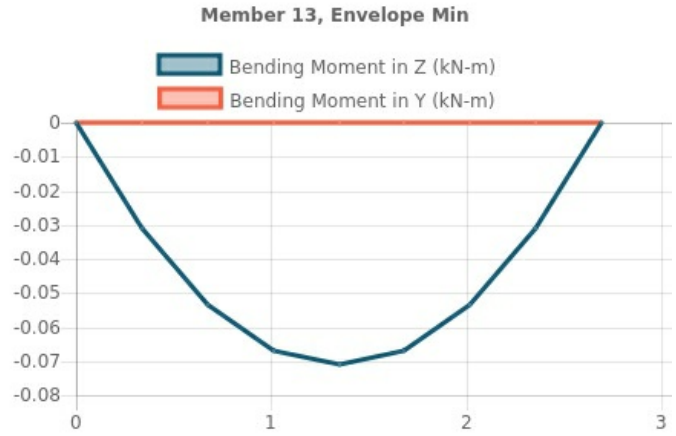
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

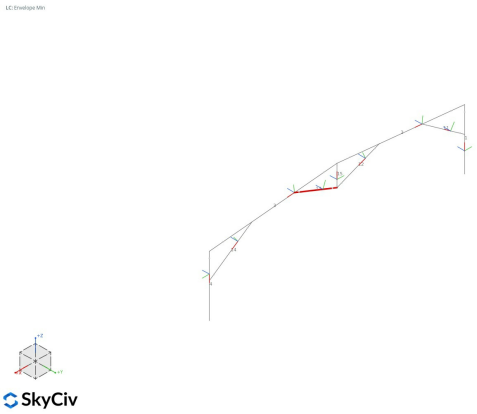
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

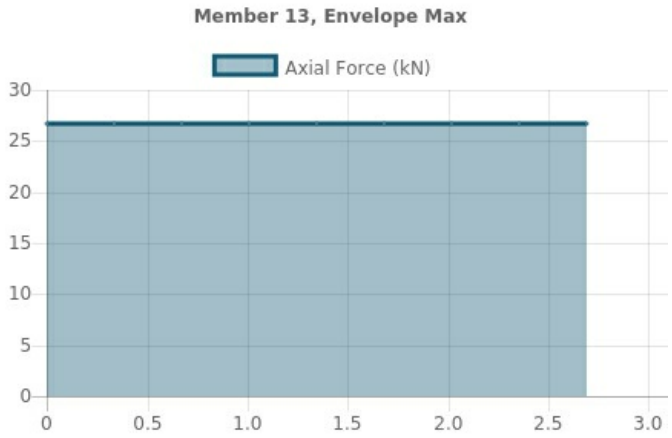


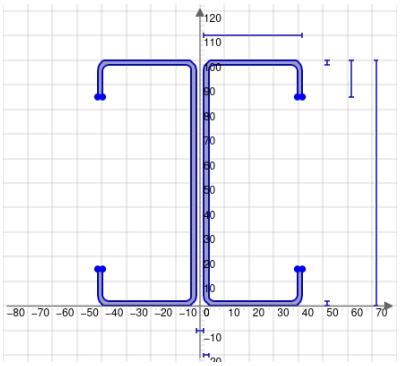


Member 13: LC18

Member Summary Table	
Member Number	13
Node A	12 (7.5, 0, 3)
Node B	10 (10, 0, 4)
Member Length	2.693 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







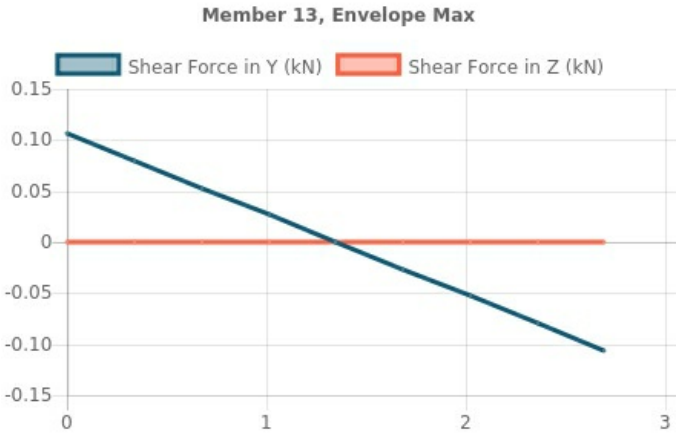
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

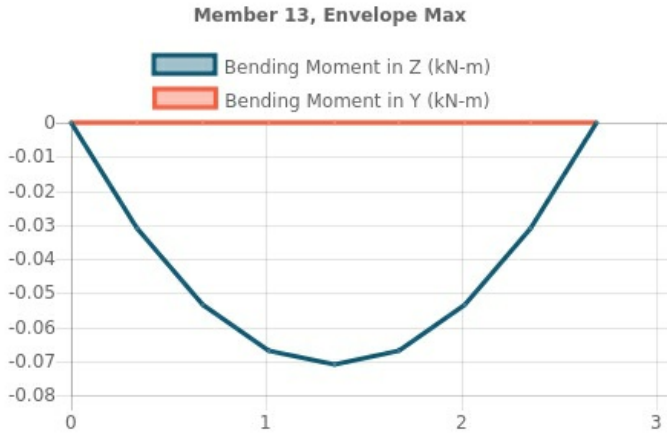
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

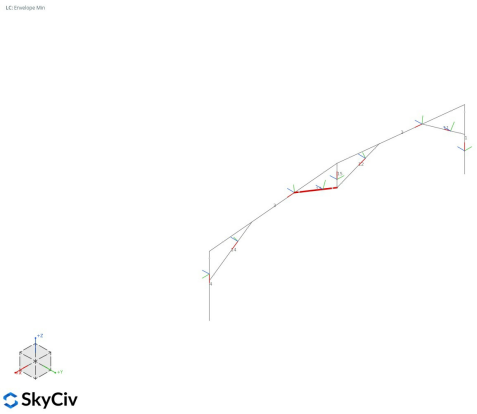
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

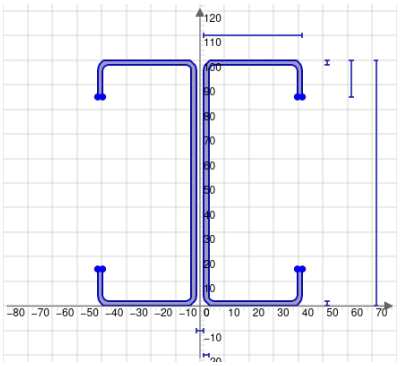




Member 13: LC19

Member Summary Table	
Member Number	13
Node A	12 (7.5, 0, 3)
Node B	10 (10, 0, 4)
Member Length	2.693 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





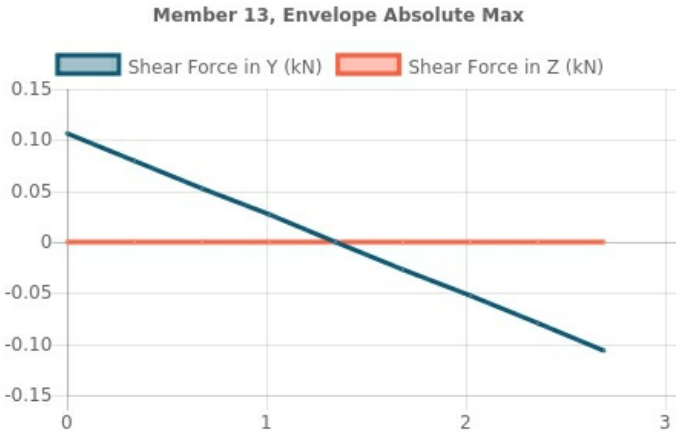
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

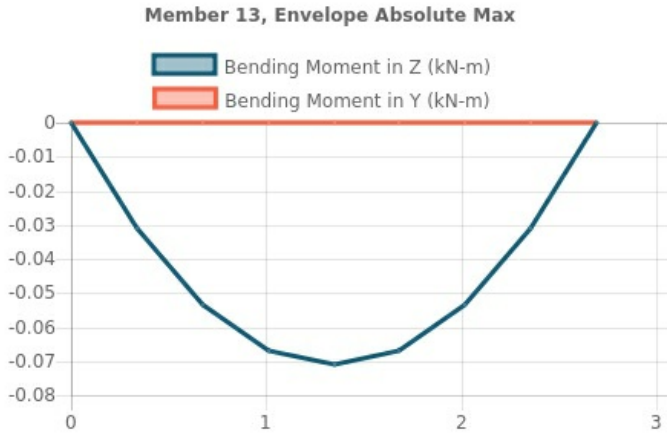
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

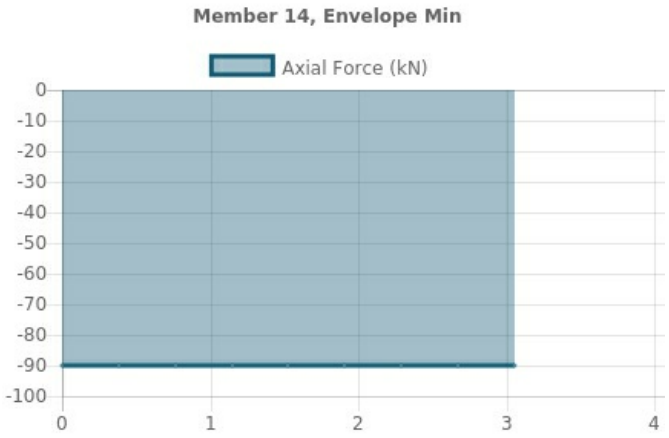
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

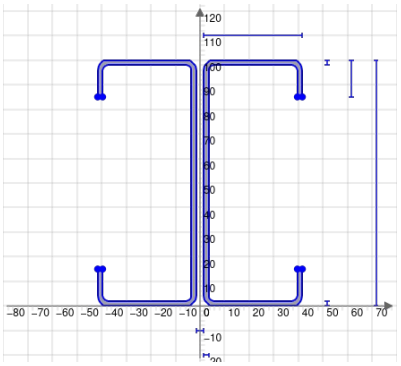




Member 14: LC17

Member Summary Table	
Member Number	14
Node A	11 (12.5, 0, 3.75)
Node B	7 (15, 0, 2)
Member Length	3.052 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





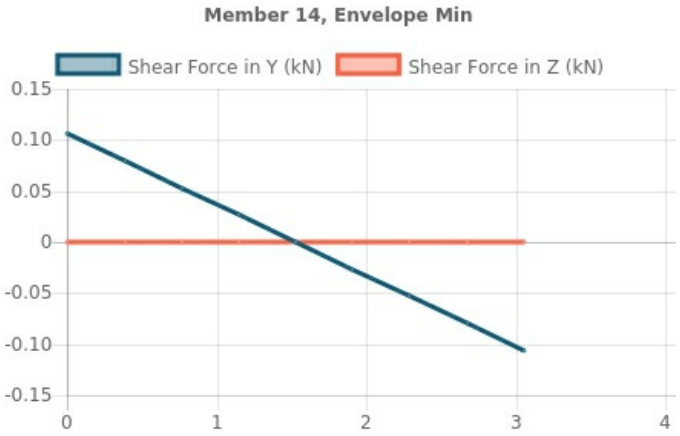
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

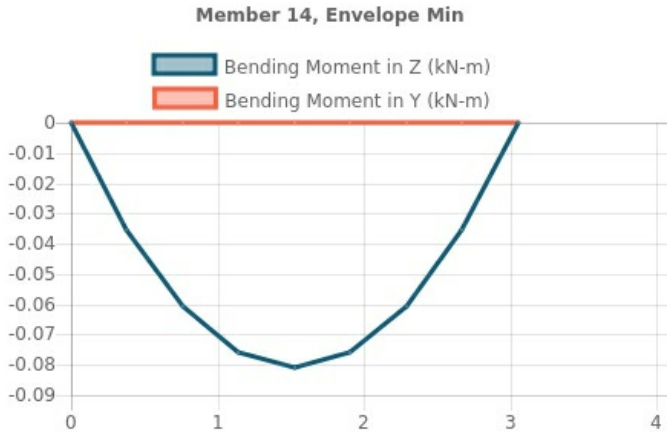
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

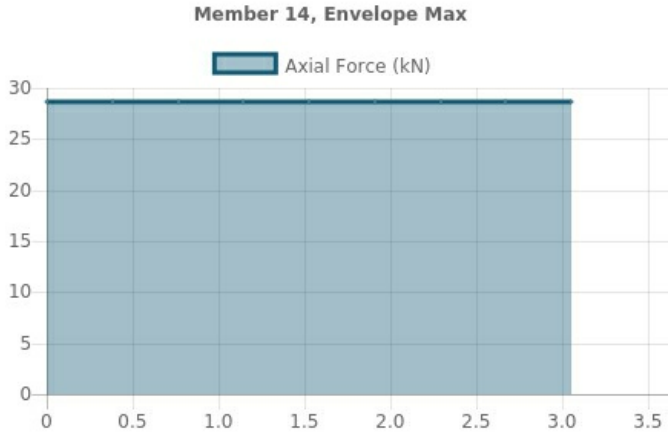
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m³)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

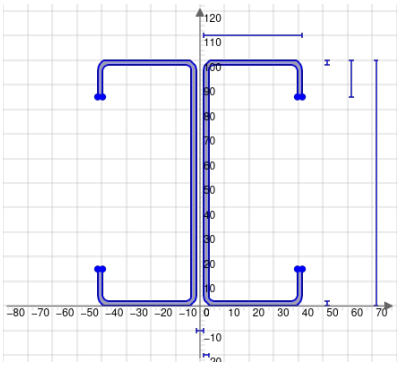




Member 14: LC18

Member Summary Table	
Member Number	14
Node A	11 (12.5, 0, 3.75)
Node B	7 (15, 0, 2)
Member Length	3.052 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





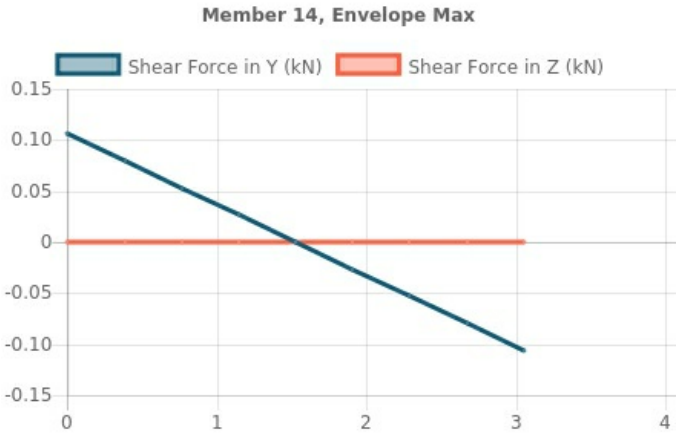
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

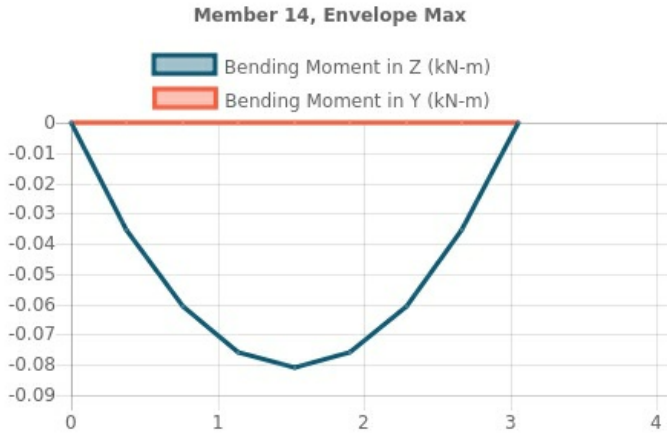
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

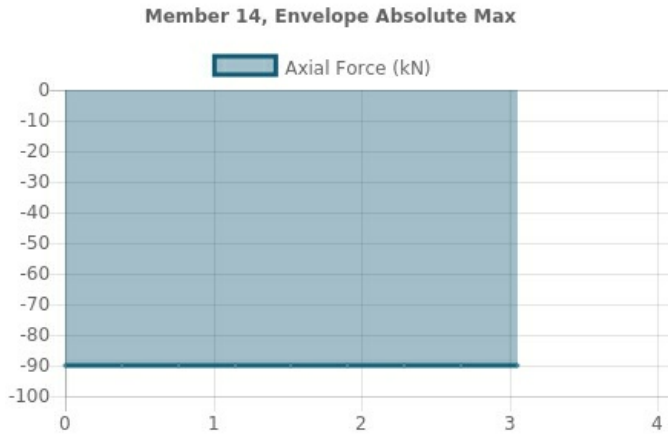
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

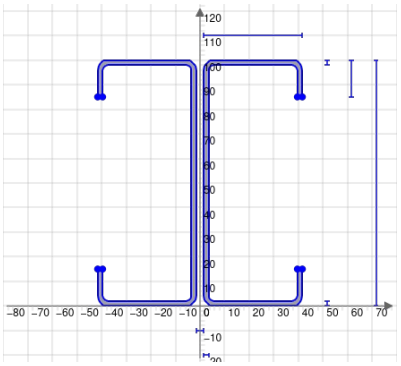




Member 14: LC19

Member Summary Table	
Member Number	14
Node A	11 (12.5, 0, 3.75)
Node B	7 (15, 0, 2)
Member Length	3.052 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





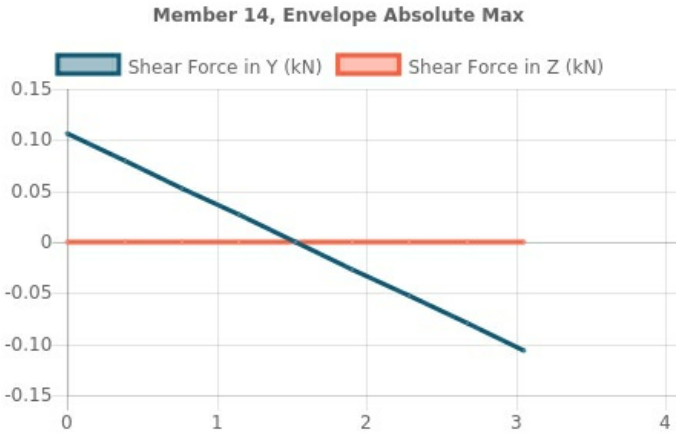
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

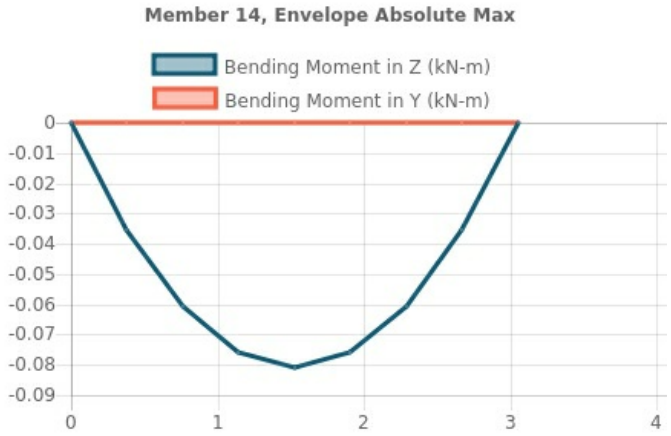
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

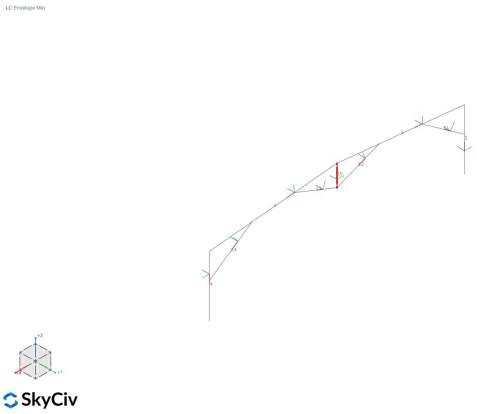
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

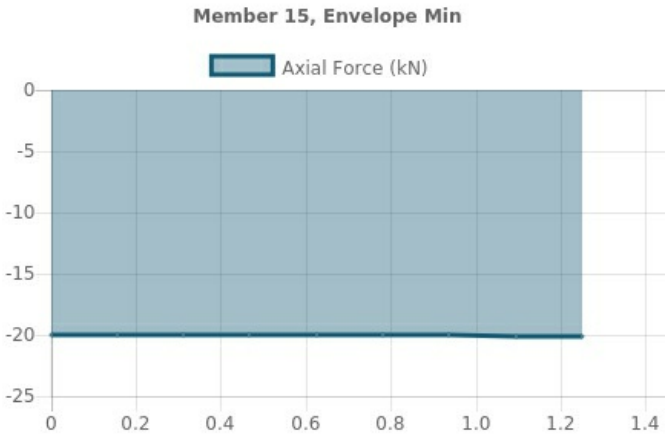


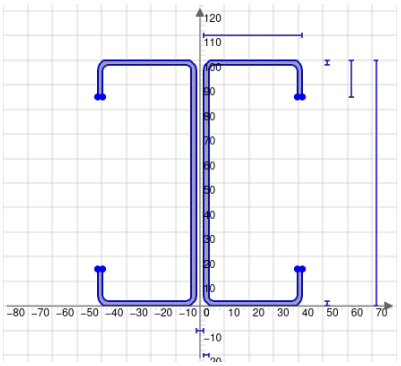


Member 15: LC17

Member Summary Table	
Member Number	15
Node A	12 (7.5, 0, 3)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	1.250 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







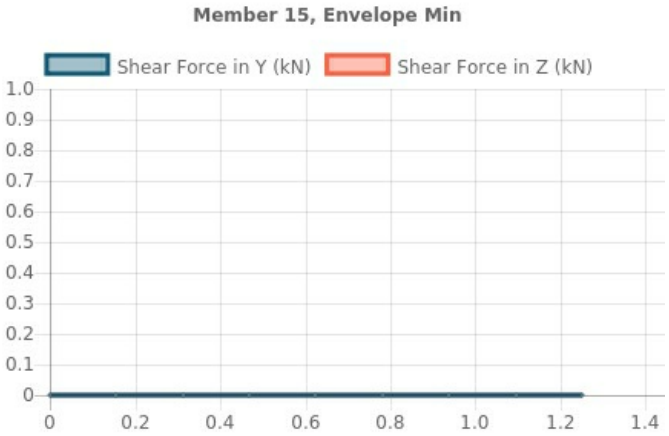
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

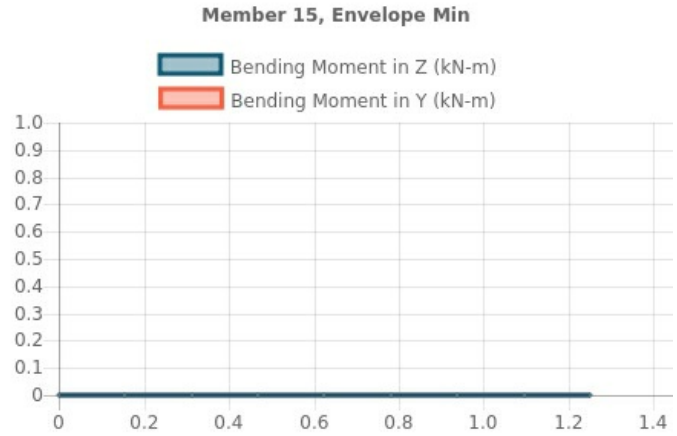
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

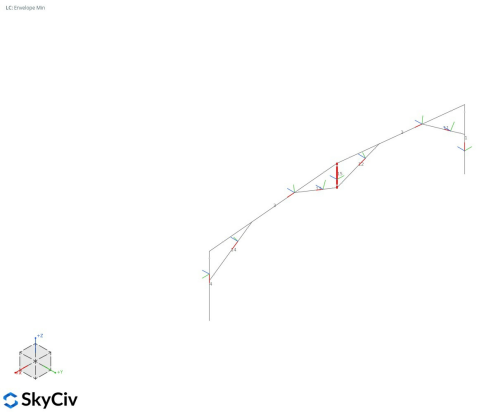
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

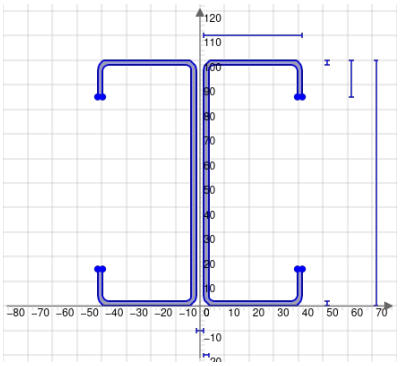




Member 15: LC18

Member Summary Table	
Member Number	15
Node A	12 (7.5, 0, 3)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	1.250 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location





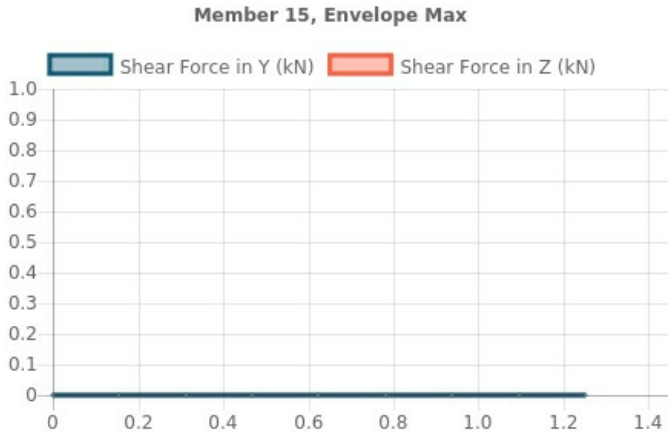
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

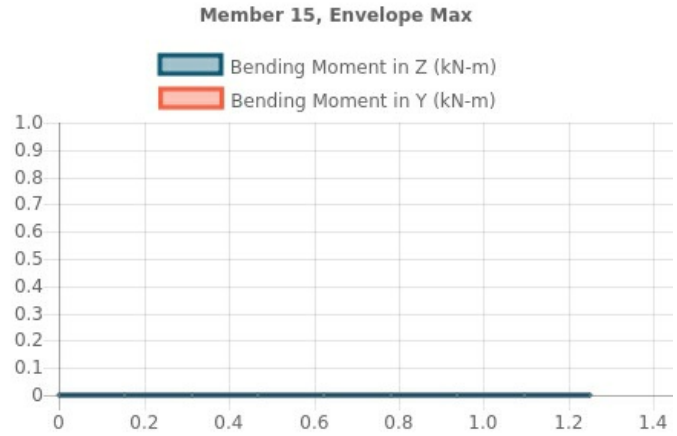
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

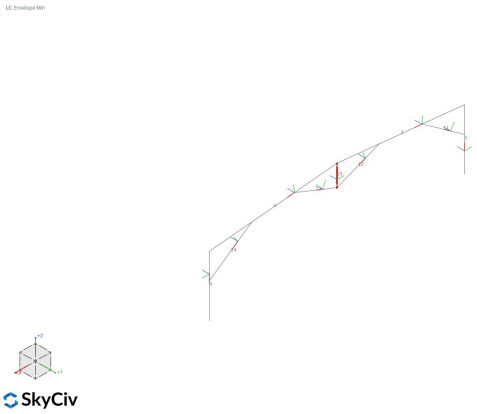
Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850

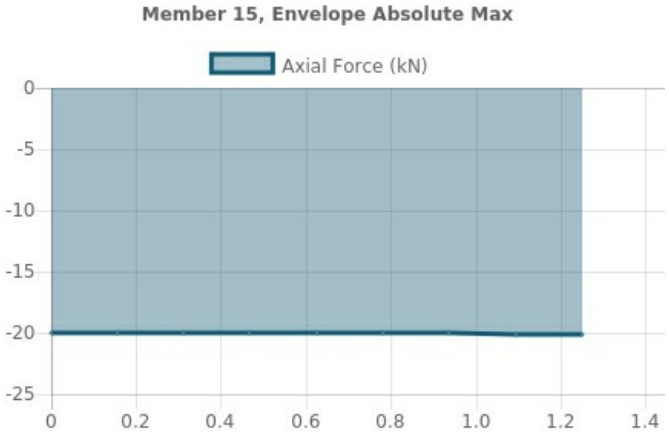


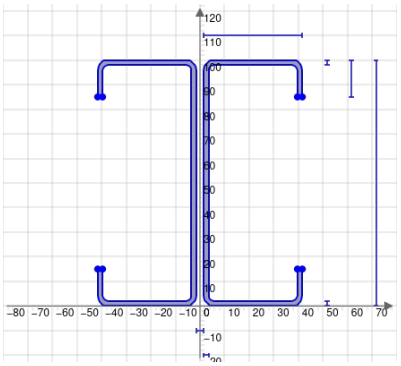


Member 15: LC19

Member Summary Table	
Member Number	15
Node A	12 (7.5, 0, 3)
Node B	3 (7.5, 0, 4.25)
Member Length	1.250 m
Section Name	100x40x15x2
Section No	3
Member Rotation	90 degrees
Fixity A	FFFFRR
Fixity B	FFFFRR
Buckling	Not Analysed
Reaction A (kN,kN-m)	No Support at this Location
Reaction B (kN,kN-m)	No Support at this Location







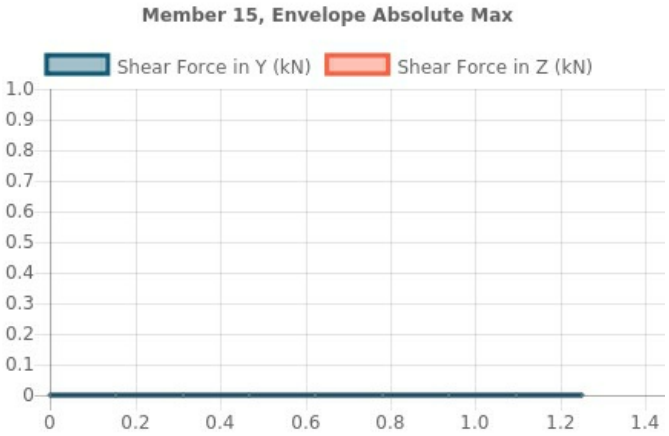
Geometric Properties		
A	785.479	mm^2
C_z	0	mm
C_y	50	mm

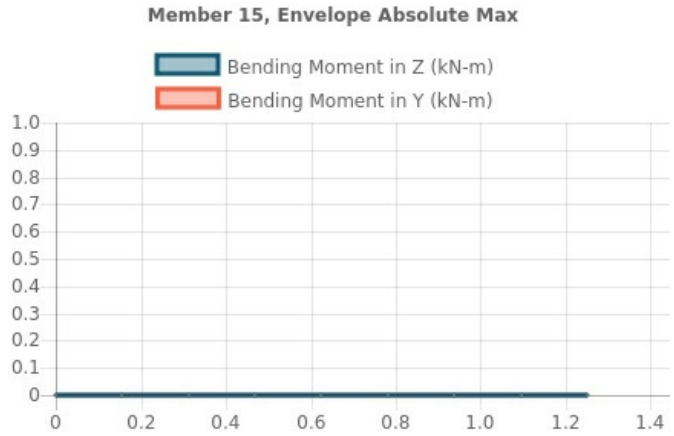
Bending Properties		
I_z	1188588.683	mm^4
I_y	347027.891	mm^4
α	0	°

Shear Properties		
A_z	40.488	mm^2
A_y	312.737	mm^2
	mm	
	mm	

Torsion Properties		
J	1043.191	mm^4
r	2.38	mm

Shape	Material	E (MPa)	v	ρ (kg/m^3)
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850
Double Lipped Channel	Structural Steel	200000	0.27	7850





Nodal Results

Envelope Min

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-36.259	-0.000	-45.841	0.000	0.000	0.000
2	5	-10.298	-0.000	-45.841	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	-45.841	36.259	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	4.964	-44.757	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	32.739	1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	-69.861	17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	3	-69.861	-17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
	4	32.739	-1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
4	4	4.964	32.406	0.000	0.000	0.000	0.000
	5	-45.841	-21.876	0.000	0.000	0.000	0.000
11	6	-89.924	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	8	-90.019	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	9	-9.989	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	12	-9.928	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	12	-9.928	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	10	-9.989	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
14	11	-90.019	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	7	-89.924	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
15	12	-20.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	-20.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Max

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	10.054	-0.000	15.239	0.000	0.000	0.000
2	5	21.876	-0.000	15.239	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	15.239	36.259	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	-2.061	-44.757	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	45.032	1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	-31.981	17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	3	-69.861	-17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
	4	32.739	-1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
4	4	-2.061	32.406	0.000	0.000	0.000	0.000
	5	15.239	-21.876	0.000	0.000	0.000	0.000
11	6	28.690	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	8	28.584	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	9	26.710	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	12	26.764	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	12	26.764	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	10	26.710	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
14	11	28.584	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	7	28.690	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
15	12	7.234	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	7.159	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Absolute Max

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-36.259	-0.000	-45.841	0.000	0.000	0.000
2	5	21.876	-0.000	-45.841	0.000	0.000	0.000

MEMBER END FORCES AND MOMENTS (kN, kN-m)

Member	Node	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	-45.841	36.259	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	4.964	-44.757	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	32.739	1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	-69.861	17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	3	-69.861	-17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
	4	32.739	-1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
4	4	4.964	32.406	0.000	0.000	0.000	0.000
	5	-45.841	-21.876	0.000	0.000	0.000	0.000
11	6	-89.924	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	8	-90.019	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	9	26.710	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	12	26.764	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	12	26.764	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	10	26.710	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
14	11	-90.019	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
	7	-89.924	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
15	12	-20.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	3	-20.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Member Results

Envelope Min

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	-45.841	36.259	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.500	-45.942	33.184	0.000	0.000	0.000	-5.027
1	1	1.000	-46.043	30.109	0.000	0.000	0.000	-10.054
1	1	1.500	-46.144	27.034	0.000	0.000	0.000	-15.082
1	1	2.000	-46.245	-35.532	0.000	0.000	0.000	-20.109
1	1	2.375	5.191	-37.839	0.000	0.000	0.000	-15.082
1	1	2.750	5.116	-40.145	0.000	0.000	0.000	-10.054
1	1	3.125	5.040	-42.451	0.000	0.000	0.000	-5.027
1	1	3.500	4.964	-44.757	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	0.000	32.739	1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	0.837	32.695	6.956	0.000	0.000	0.000	3.631
2	2	1.675	32.651	12.197	0.000	0.000	0.000	11.651
2	2	2.512	-45.877	-26.650	0.000	0.000	0.000	24.061
2	2	3.350	-45.921	-21.409	0.000	0.000	0.000	3.936
2	2	3.517	-45.930	-20.361	0.000	0.000	0.000	0.438
2	2	4.187	-45.965	-16.168	0.000	0.000	0.000	-11.799
2	2	5.025	-69.729	-10.927	0.000	0.000	0.000	-23.145
2	2	5.862	-69.773	6.591	0.000	0.000	0.000	-19.819
2	2	6.700	-69.817	11.832	0.000	0.000	0.000	-12.104
2	2	7.035	-69.835	13.929	0.000	0.000	0.000	-7.789
2	2	7.537	-69.861	17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	0.000	-69.861	-17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	0.837	-69.817	-11.832	0.000	0.000	0.000	-12.104
3	2	1.675	-69.773	-6.591	0.000	0.000	0.000	-19.819
3	2	2.512	-69.729	10.927	0.000	0.000	0.000	-23.145
3	2	3.350	-45.965	16.168	0.000	0.000	0.000	-11.799
3	2	4.187	-45.921	21.409	0.000	0.000	0.000	3.936
3	2	5.025	-45.877	26.650	0.000	0.000	0.000	24.061
3	2	5.862	32.651	-12.197	0.000	0.000	0.000	11.651
3	2	6.700	32.695	-6.956	0.000	0.000	0.000	3.631
3	2	7.537	32.739	-1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	0.000	4.964	32.406	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	0.375	5.040	34.487	0.000	0.000	0.000	-5.027
4	1	0.750	5.116	36.568	0.000	0.000	0.000	-10.054
4	1	1.125	5.191	38.650	0.000	0.000	0.000	-15.082
4	1	1.500	-46.245	40.731	0.000	0.000	0.000	-20.109
4	1	2.000	-46.144	-30.201	0.000	0.000	0.000	-15.082
4	1	2.500	-46.043	-27.426	0.000	0.000	0.000	-10.054
4	1	3.000	-45.942	-24.651	0.000	0.000	0.000	-5.027
4	1	3.500	-45.841	-21.876	0.000	0.000	0.000	0.000
11	3	0.000	-89.924	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
11	3	0.381	-89.935	0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
11	3	0.763	-89.947	0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
11	3	1.144	-89.959	0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
11	3	1.526	-89.971	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
11	3	1.907	-89.983	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
11	3	2.289	-89.995	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
11	3	2.670	-90.007	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
11	3	3.052	-90.019	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	3	0.000	-9.989	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	3	0.337	-9.981	0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
12	3	0.673	-9.974	0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
12	3	1.010	-9.966	0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
12	3	1.346	-9.959	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071
12	3	1.683	-9.951	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
12	3	2.019	-9.943	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
12	3	2.356	-9.936	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
12	3	2.693	-9.928	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	3	0.000	-9.928	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	3	0.337	-9.936	0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
13	3	0.673	-9.943	0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
13	3	1.010	-9.951	0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
13	3	1.346	-9.959	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071
13	3	1.683	-9.966	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
13	3	2.019	-9.974	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
13	3	2.356	-9.981	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
13	3	2.693	-9.989	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000

14	3	0.000	-90.019	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
14	3	0.381	-90.007	0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
14	3	0.763	-89.995	0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
14	3	1.144	-89.983	0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
14	3	1.526	-89.971	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
14	3	1.907	-89.959	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
14	3	2.289	-89.947	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
14	3	2.670	-89.935	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
14	3	3.052	-89.924	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.000	-20.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.156	-20.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.313	-20.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.469	-20.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.625	-20.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.781	-20.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.938	-20.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	1.094	-20.066	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	1.250	-20.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Envelope Max

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	15.239	36.259	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.500	15.127	33.184	0.000	0.000	0.000	17.361
1	1	1.000	15.015	30.109	0.000	0.000	0.000	33.184
1	1	1.500	14.902	27.034	0.000	0.000	0.000	47.469
1	1	2.000	14.790	-35.532	0.000	0.000	0.000	60.217
1	1	2.375	-1.808	-37.839	0.000	0.000	0.000	46.460
1	1	2.750	-1.892	-40.145	0.000	0.000	0.000	31.838
1	1	3.125	-1.977	-42.451	0.000	0.000	0.000	16.352
1	1	3.500	-2.061	-44.757	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	0.000	45.032	1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	0.837	44.988	6.956	0.000	0.000	0.000	3.631
2	2	1.675	44.944	12.197	0.000	0.000	0.000	11.651
2	2	2.512	44.900	-26.650	0.000	0.000	0.000	24.061
2	2	3.350	-18.492	-21.409	0.000	0.000	0.000	3.936
2	2	3.517	-18.501	-20.361	0.000	0.000	0.000	0.438
2	2	4.187	-18.538	-16.168	0.000	0.000	0.000	-11.799
2	2	5.025	-31.841	-10.927	0.000	0.000	0.000	-23.145
2	2	5.862	-31.888	6.591	0.000	0.000	0.000	-19.819
2	2	6.700	-31.934	11.832	0.000	0.000	0.000	-12.104
2	2	7.035	-31.953	13.929	0.000	0.000	0.000	-7.789
2	2	7.537	-31.981	17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	0.000	-69.861	-17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	0.837	-69.817	-11.832	0.000	0.000	0.000	-12.104
3	2	1.675	-69.773	-6.591	0.000	0.000	0.000	-19.819
3	2	2.512	-69.729	10.927	0.000	0.000	0.000	-23.145
3	2	3.350	-45.965	16.168	0.000	0.000	0.000	-11.799
3	2	4.187	-45.921	21.409	0.000	0.000	0.000	3.936
3	2	5.025	-45.877	26.650	0.000	0.000	0.000	24.061
3	2	5.862	32.651	-12.197	0.000	0.000	0.000	11.651
3	2	6.700	32.695	-6.956	0.000	0.000	0.000	3.631
3	2	7.537	32.739	-1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	0.000	-2.061	32.406	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	0.375	-1.977	34.487	0.000	0.000	0.000	12.542
4	1	0.750	-1.892	36.568	0.000	0.000	0.000	25.865
4	1	1.125	-1.808	38.650	0.000	0.000	0.000	39.969
4	1	1.500	14.790	40.731	0.000	0.000	0.000	54.853
4	1	2.000	14.902	-30.201	0.000	0.000	0.000	39.058
4	1	2.500	15.015	-27.426	0.000	0.000	0.000	24.651
4	1	3.000	15.127	-24.651	0.000	0.000	0.000	11.632
4	1	3.500	15.239	-21.876	0.000	0.000	0.000	0.000
11	3	0.000	28.690	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
11	3	0.381	28.676	0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
11	3	0.763	28.663	0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
11	3	1.144	28.650	0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
11	3	1.526	28.637	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
11	3	1.907	28.624	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
11	3	2.289	28.610	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
11	3	2.670	28.597	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
11	3	3.052	28.584	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	3	0.000	26.710	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	3	0.337	26.716	0.079	0.000	0.000	0.000	0.031

12	3	0.673	26.723	0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
12	3	1.010	26.730	0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
12	3	1.346	26.737	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071
12	3	1.683	26.744	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
12	3	2.019	26.750	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
12	3	2.356	26.757	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
12	3	2.693	26.764	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	3	0.000	26.764	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	3	0.337	26.757	0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
13	3	0.673	26.750	0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
13	3	1.010	26.744	0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
13	3	1.346	26.737	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071
13	3	1.683	26.730	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
13	3	2.019	26.723	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
13	3	2.356	26.716	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
13	3	2.693	26.710	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
14	3	0.000	28.584	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
14	3	0.381	28.597	0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
14	3	0.763	28.610	0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
14	3	1.144	28.624	0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
14	3	1.526	28.637	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
14	3	1.907	28.650	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
14	3	2.289	28.663	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
14	3	2.670	28.676	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
14	3	3.052	28.690	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.000	7.234	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.156	7.225	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.313	7.215	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.469	7.206	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.625	7.196	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.781	7.187	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.938	7.178	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	1.094	7.168	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	1.250	7.159	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

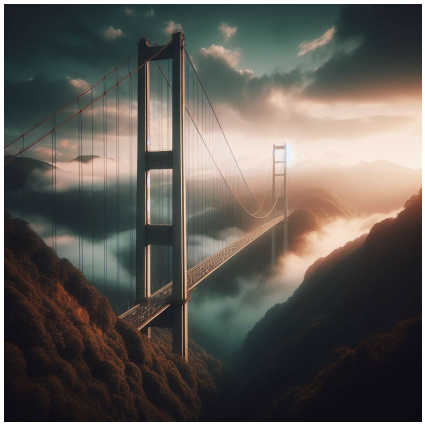
Envelope Absolute Max

INTERNAL MEMBER FORCES AND MOMENTS (m, kN, kN-m)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

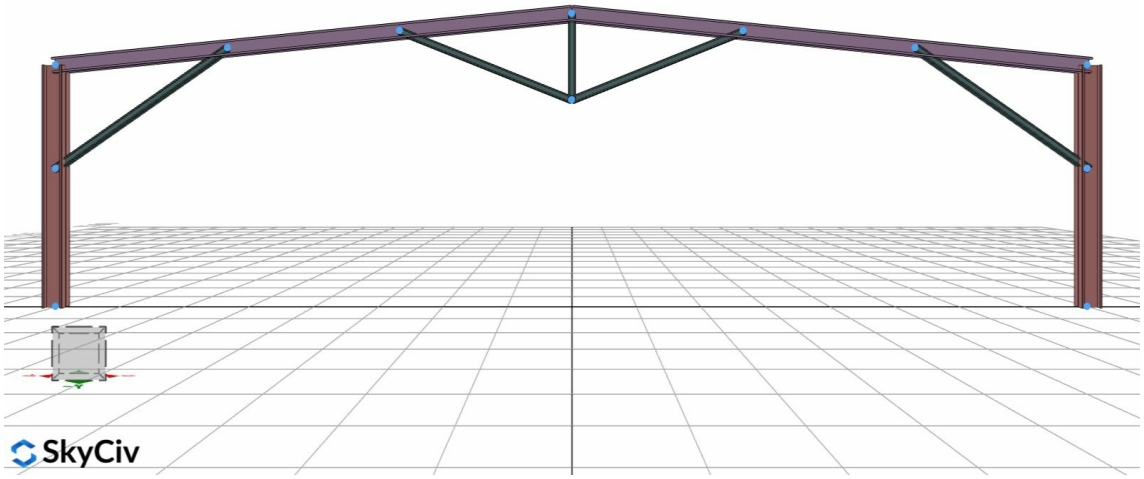
Member	Section	Station Location	Axial Force	Y Shear	Z Shear	X Torsion	Y Moment	Z Moment
1	1	0.000	-45.841	36.259	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1	0.500	-45.942	33.184	0.000	0.000	0.000	17.361
1	1	1.000	-46.043	30.109	0.000	0.000	0.000	33.184
1	1	1.500	-46.144	27.034	0.000	0.000	0.000	47.469
1	1	2.000	-46.245	-35.532	0.000	0.000	0.000	60.217
1	1	2.375	5.191	-37.839	0.000	0.000	0.000	46.460
1	1	2.750	5.116	-40.145	0.000	0.000	0.000	31.838
1	1	3.125	5.040	-42.451	0.000	0.000	0.000	16.352
1	1	3.500	4.964	-44.757	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	0.000	32.739	1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2	0.837	32.695	6.956	0.000	0.000	0.000	3.631
2	2	1.675	32.651	12.197	0.000	0.000	0.000	11.651
2	2	2.512	-45.877	-26.650	0.000	0.000	0.000	24.061
2	2	3.350	-45.921	-21.409	0.000	0.000	0.000	3.936
2	2	3.517	-45.930	-20.361	0.000	0.000	0.000	0.438
2	2	4.187	-45.965	-16.168	0.000	0.000	0.000	-11.799
2	2	5.025	-69.729	-10.927	0.000	0.000	0.000	-23.145
2	2	5.862	-69.773	6.591	0.000	0.000	0.000	-19.819
2	2	6.700	-69.817	11.832	0.000	0.000	0.000	-12.104
2	2	7.035	-69.835	13.929	0.000	0.000	0.000	-7.789
2	2	7.537	-69.861	17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	0.000	-69.861	-17.073	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2	0.837	-69.817	-11.832	0.000	0.000	0.000	-12.104
3	2	1.675	-69.773	-6.591	0.000	0.000	0.000	-19.819
3	2	2.512	-69.729	10.927	0.000	0.000	0.000	-23.145
3	2	3.350	-45.965	16.168	0.000	0.000	0.000	-11.799
3	2	4.187	-45.921	21.409	0.000	0.000	0.000	3.936
3	2	5.025	-45.877	26.650	0.000	0.000	0.000	24.061
3	2	5.862	32.651	-12.197	0.000	0.000	0.000	11.651
3	2	6.700	32.695	-6.956	0.000	0.000	0.000	3.631
3	2	7.537	32.739	-1.715	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	0.000	4.964	32.406	0.000	0.000	0.000	0.000
4	1	0.375	5.040	34.487	0.000	0.000	0.000	12.542
4	1	0.750	5.116	36.568	0.000	0.000	0.000	25.865
4	1	1.125	5.191	38.650	0.000	0.000	0.000	39.969

4	1	1.500	-46.245	40.731	0.000	0.000	0.000	54.853
4	1	2.000	-46.144	-30.201	0.000	0.000	0.000	39.058
4	1	2.500	-46.043	-27.426	0.000	0.000	0.000	24.651
4	1	3.000	-45.942	-24.651	0.000	0.000	0.000	11.632
4	1	3.500	-45.841	-21.876	0.000	0.000	0.000	0.000
11	3	0.000	-89.924	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
11	3	0.381	-89.935	0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
11	3	0.763	-89.947	0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
11	3	1.144	-89.959	0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
11	3	1.526	-89.971	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
11	3	1.907	-89.983	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
11	3	2.289	-89.995	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
11	3	2.670	-90.007	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
11	3	3.052	-90.019	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	3	0.000	26.710	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
12	3	0.337	26.716	0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
12	3	0.673	26.723	0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
12	3	1.010	26.730	0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
12	3	1.346	26.737	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071
12	3	1.683	26.744	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
12	3	2.019	26.750	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
12	3	2.356	26.757	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
12	3	2.693	26.764	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	3	0.000	26.764	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
13	3	0.337	26.757	0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
13	3	0.673	26.750	0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
13	3	1.010	26.744	0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
13	3	1.346	26.737	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071
13	3	1.683	26.730	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.067
13	3	2.019	26.723	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.053
13	3	2.356	26.716	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.031
13	3	2.693	26.710	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
14	3	0.000	-90.019	0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
14	3	0.381	-90.007	0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
14	3	0.763	-89.995	0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
14	3	1.144	-89.983	0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
14	3	1.526	-89.971	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
14	3	1.907	-89.959	-0.026	0.000	0.000	0.000	0.076
14	3	2.289	-89.947	-0.053	0.000	0.000	0.000	0.061
14	3	2.670	-89.935	-0.079	0.000	0.000	0.000	0.035
14	3	3.052	-89.924	-0.106	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.000	-20.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.156	-20.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.313	-20.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.469	-20.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.625	-20.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.781	-20.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	0.938	-20.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	1.094	-20.066	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	3	1.250	-20.074	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Estructura PCF SkyCiv Report

Fri 01 Mar 2024, 09:39PM (GMT-05:00)



File Name: Estructura PCF
Software: SkyCiv Structural 3D v6.1.9 (Lic. No.: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg)
Analysis Type: Linear Static Analysis

Included in this Report:

Job Setup
Bill of Materials
Screenshots
Nodal Results
Member Results

Table of Contents

Table of Contents
Job Setup
- NODE COORDINATES
- MEMBERS
- SUPPORTS
- MATERIALS
- SECTIONS
- MEMBER DISTRIBUTED LOADS
- SELF WEIGHT
- LOAD COMBINATIONS

Bill of Materials
- BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS

Screenshots
Nodal Results
- Load Combination #6: Comb s1
  - NODE REACTIONS
  - NODAL DISPLACEMENTS
- Load Combination #7: Comb s2
  - NODE REACTIONS
  - NODAL DISPLACEMENTS
- Load Combination #8: Comb s3
  - NODE REACTIONS
  - NODAL DISPLACEMENTS

Member Results
- Load Combination #6: Comb s1
  - MEMBER DISPLACEMENTS
- Load Combination #7: Comb s2
  - MEMBER DISPLACEMENTS
- Load Combination #8: Comb s3
  - MEMBER DISPLACEMENTS

Job Setup

Estructura PCF SkyCiv Report
SkyCiv Structural 3D v6.1.9
Licence Number: 1LBVqGH4tY4w7B6tw7YHRhzg
Date: Fri 01 Mar 2024, 09:39PM (GMT-05:00)
Analysis Type: LINEAR STATIC ANALYSIS

File Name	Estructura PCF
Job Name	Empty
Designer	Empty
Job Description	Empty

Length Units	m
Section Length Units	mm
Force Units	kN
Moment and Torsion Units	kN-m
Pressure Units	kPa
Material Strength Units	MPa
Material Density Units	kg/m^3
Mass Units	kg
Temperature Units	degC
Translation Units	mm
Stress Units	MPa
Nodes	12
Members	9
Plates	0
Meshed Plates	0
Supports	2
Sections	3
Point Loads	0
Distributed Loads	14
Moments	0
Member Prestress Loads	0
Thermal Loads	0
Pressures	0
Area Loads	0
Self Weight	ON
User Defined Nodal Masses	0
Auto Defined Nodal Masses	0
Spectral Loads	0
Member Evaluation Points	9
Extrapolate Plate Results From Gauss Points	YES
General Constraint	RRRRRR
Total Degrees of Freedom	66

NODE COORDINATES (m)
NOTE: Nodes in the plate mesh are not displayed in the table below.

ID	X Coordinate	Y Coordinate	Z Coordinate
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	3.500
3	7.500	0.000	4.250
4	15.000	0.000	3.500
5	15.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	2.000
7	15.000	0.000	2.000
8	2.500	0.000	3.750
9	5.000	0.000	4.000
10	10.000	0.000	4.000
11	12.500	0.000	3.750
12	7.500	0.000	3.000

MEMBERS (deg, m, mm, m, kN)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

ID	Node A	Node B	Length	Type	Section ID	Rotation Angle	Node A Fixity	Node B Fixity
1	1	2	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFF	FFFFFR
2	2	3	7.537	Continuous & Normal	2	90.000	FFFFFR	FFFFFR
3	3	4	7.537	Continuous & Normal	2	90.000	FFFFFR	FFFFFR
4	4	5	3.500	Continuous & Normal	1	90.000	FFFFFR	FFFFFF
11	6	8	3.052	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR
12	9	12	2.693	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR
13	12	10	2.693	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR
14	11	7	3.052	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR
15	12	3	1.250	Continuous & Normal	3	90.000	FFFFRR	FFFFRR

ID	Node A Offsets	Node B Offsets	Offset Axis	Node A Rot Stiff Y	Node A Rot Stiff Z	Node B Rot Stiff Y	Node B Rot Stiff Z	Cable Length	T/C Limit	Mirror	Disable Non-Linear
1	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
2	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
3	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
4	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
11	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
12	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
13	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
14	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No
15	0, 0, 0	0, 0, 0	Local	-	-	-	-	-	-	No	No

SUPPORTS (kN/m, kN-m/rad)

F=Fixed, R=Released, S=Spring

B=Both Axes Restraint, N=Negative-Axis Restraint Only, P=Positive-Axis Restraint Only

ID	Node ID	Restraint Code	Direction Code	X Trans Stiffness	Y Trans Stiffness	Z Trans Stiffness	X Rot Stiffness	Y Rot Stiffness	Z Rot Stiffness	Source
1	1	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support
2	5	FFFRRR	BBBBBB	-	-	-	-	-	-	User Defined Nodal Support

MATERIALS (MPa, kg/m^3, 10^{-6}/degC)

Shear Modulus is used for members only.
Ex, Ey, Gxy, Gxz, Gyz are used for orthotropic plates only.

ID	Name	Young's Modulus	Shear Modulus	Density	Poisson's Ratio	Thermal Exp. Coeff.	Young's Modulus x	Young's Modulus y	Shear Modulus xy	Shear Modulus xz	Shear Modulus yz	Poisson's Ratio xy
1	Structural Steel	200000.000	Auto	7850.000	0.270	12.000	-	-	-	-	-	Auto

SECTIONS (mm, mm^2, mm^4, deg)

ID	Name	Shape	Material ID	Depth	Width	Shear Area z (STRESS)	Shear Area y (STRESS)	Shear Area z (TIMO)	Shear Area y (TIMO)	Torsion Radius
1	350x100x25x2.5	Double Lipped Channel	1	350.000	203.200	40.533	1523.519	-	-	2.978
2	260x80x20x2.5	Double Lipped Channel	1	260.000	163.200	155.629	1118.737	-	-	2.977
3	100x40x15x2	Double Lipped Channel	1	100.000	83.200	40.488	312.737	-	-	2.380

ID	Centroid y	Centroid z	Area (A)	y-Axis MoI (Iy)	z-Axis MoI (Iz)	Torsion Constant (J)	Principal Angle	Non Prismatic
1	175.000	101.600	2914.798	5596871.377	52087874.923	6068.528	0.000	N
2	130.000	81.600	2214.798	2836330.311	22052851.752	4608.146	0.000	N
3	50.000	41.600	785.479	347027.891	1188588.683	1043.191	0.000	N

ID	Area Red. Factor	Iy Red. Factor	Iz Red. Factor	Torsion Constant Red. Factor	Shear Area Y Red. Factor	Shear Area Z Red. Factor
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-

MEMBER DISTRIBUTED LOADS (kN/m)

ID	Load Group	Start Position (%)	End Position (%)	Member	Axes	X Start/ End	Y Start/ End	Z Start/ End
1	WT	0%	100%	1	Global	4.100	0.000	0.000
						4.100	0.000	0.000
2	WT	0%	46.666666666666664%	2	Global	-0.450	0.000	4.490
						-0.450	0.000	4.490
3	WT	46.666666666666664%	93.33333333333333%	2	Global	-0.290	0.000	2.870
						-0.290	0.000	2.870
4	WT	93.33333333333333%	100%	2	Global	-0.210	0.000	2.070
						-0.210	0.000	2.070
5	WT	0%	100%	3	Global	0.210	0.000	2.070
						0.210	0.000	2.070
6	WT	0%	100%	4	Global	2.080	0.000	0.000
						2.080	0.000	0.000
7	L	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-1.296
						0.000	0.000	-1.296
8	L	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-1.296
						0.000	0.000	-1.296
9	D	0%	100%	2	Global	0.000	0.000	-0.400
						0.000	0.000	-0.400
10	D	0%	100%	3	Global	0.000	0.000	-0.400
						0.000	0.000	-0.400
11	WL	0%	100%	1	Global	-3.700	0.000	0.000
						-3.700	0.000	0.000
12	WL	0%	100%	4	Global	3.700	0.000	0.000
						3.700	0.000	0.000
13	WL	0%	100%	2	Global	-0.450	0.000	4.490
						-0.450	0.000	4.490
14	WL	0%	100%	3	Global	0.450	0.000	4.490
						0.450	0.000	4.490

SELF WEIGHT (g's)

Load Group	X Gravity	Y Gravity	Z Gravity
SW1	0.000	0.000	-1.000

LOAD COMBINATIONS

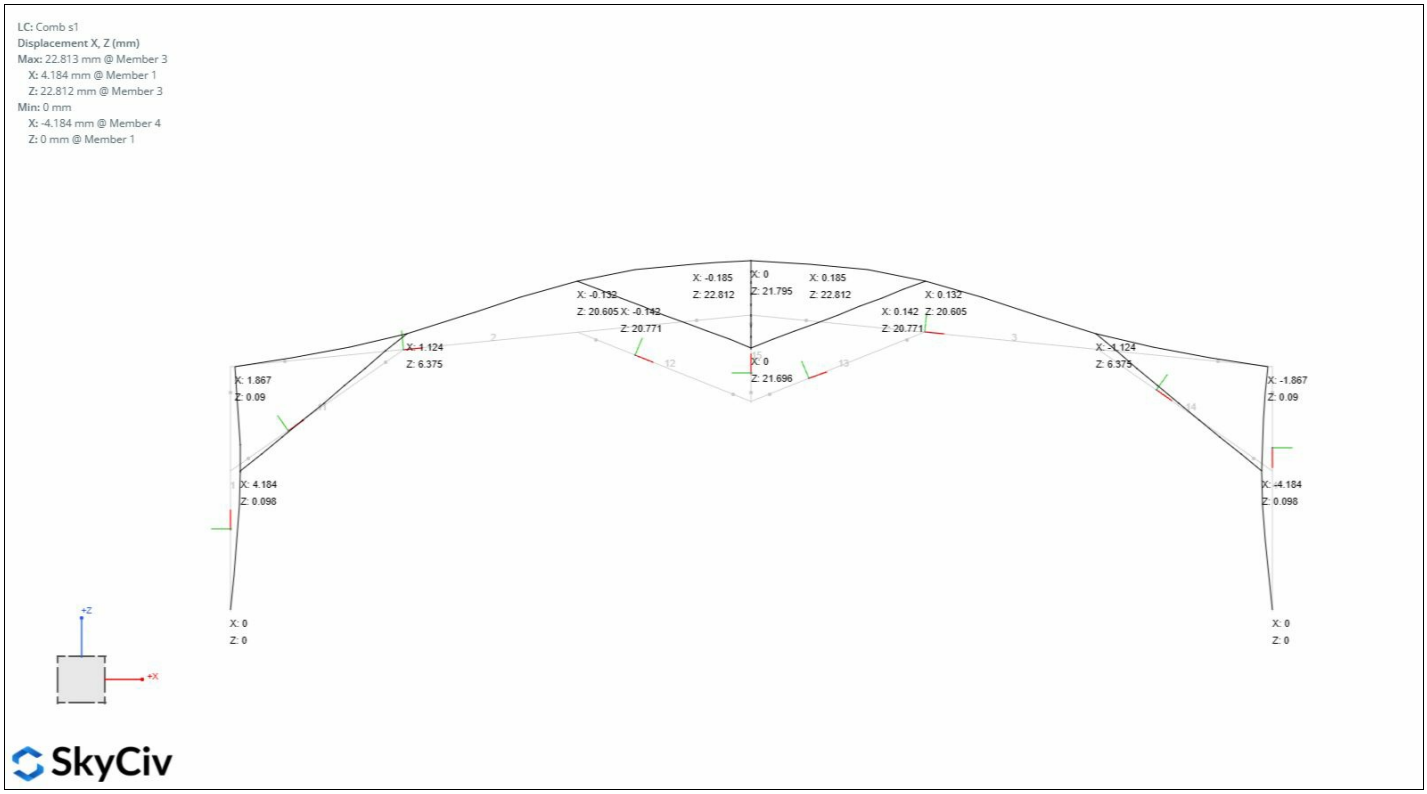
ID	Name	Criteria	D Factor	L Factor	SW1 Factor	WL Factor	WT Factor
1	Comb 1	Strength	1.400	0	1.400	0	0
2	Comb 2	Strength	1.200	1.600	1.200	0.800	0
3	Comb 3	Strength	1.200	1.600	1.200	0	0.800
4	Comb 4	Strength	1.200	0.500	1.200	1.500	0
5	Comb 5	Strength	1.200	0.500	1.200	0	1.500
6	Comb s1	Serviceability	1.000	0	1.000	1.000	0
7	Comb s2	Serviceability	1.000	0	1.000	0	1.000
8	Comb s3	Serviceability	1.000	1.000	1.000	0	0
10	Comb 6	Strength	0.900	0	0.900	1.500	0
11	Comb 7	Strength	0.900	0	0.900	0	1.500

Bill of Materials

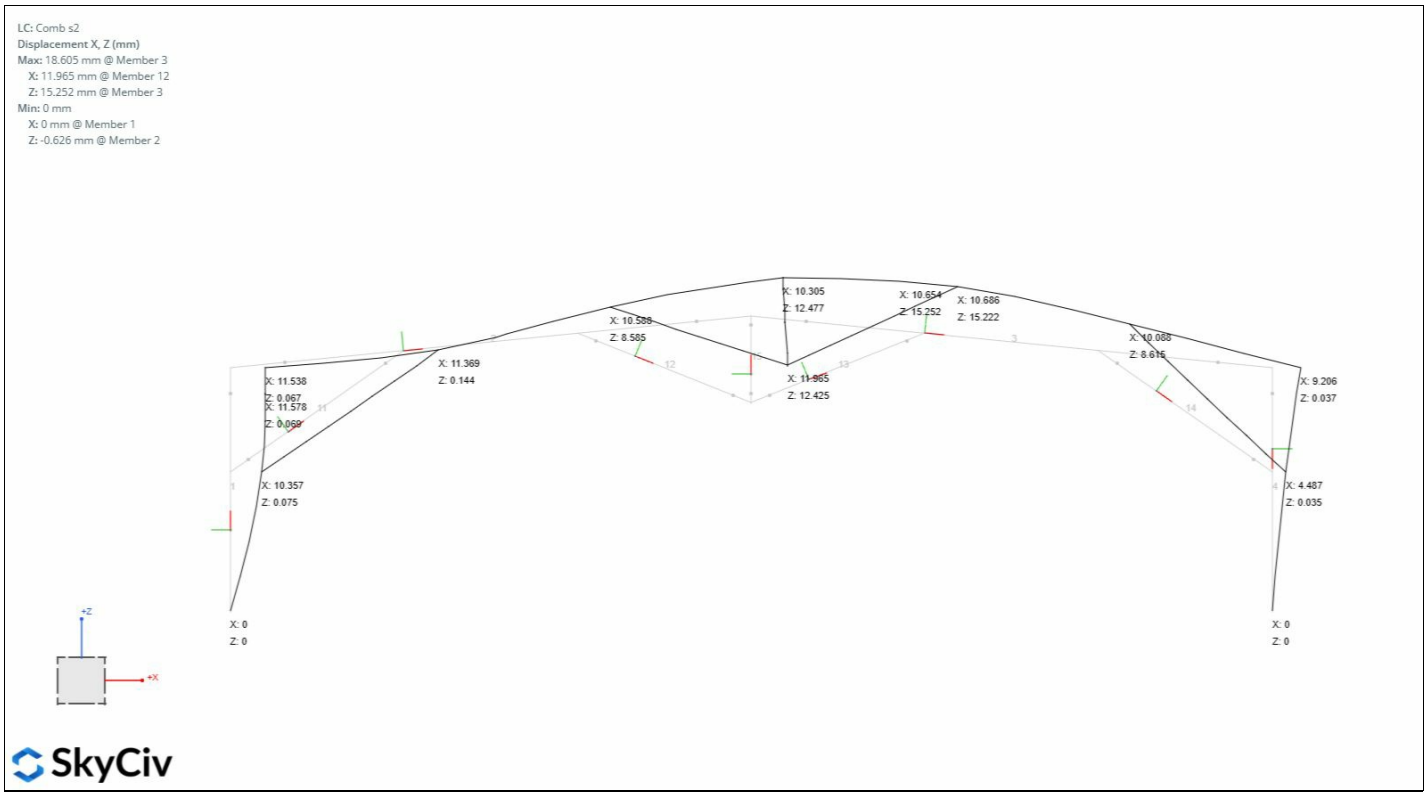
BILL OF MATERIALS FOR MEMBERS (m, kg)

Section	Material	Quantity	Unit Length	Total Length	Unit Mass	Total Mass
1: 350x100x25x2.5	1: Structural Steel	2	3.500	7.000	80.084	160.168
2: 260x80x20x2.5	1: Structural Steel	2	7.537	15.075	131.047	262.093
3: 100x40x15x2	1: Structural Steel	1	1.250	1.250	7.708	7.708
3: 100x40x15x2	1: Structural Steel	2	3.052	6.103	18.816	37.633
3: 100x40x15x2	1: Structural Steel	2	2.693	5.385	16.602	33.205
						500.807

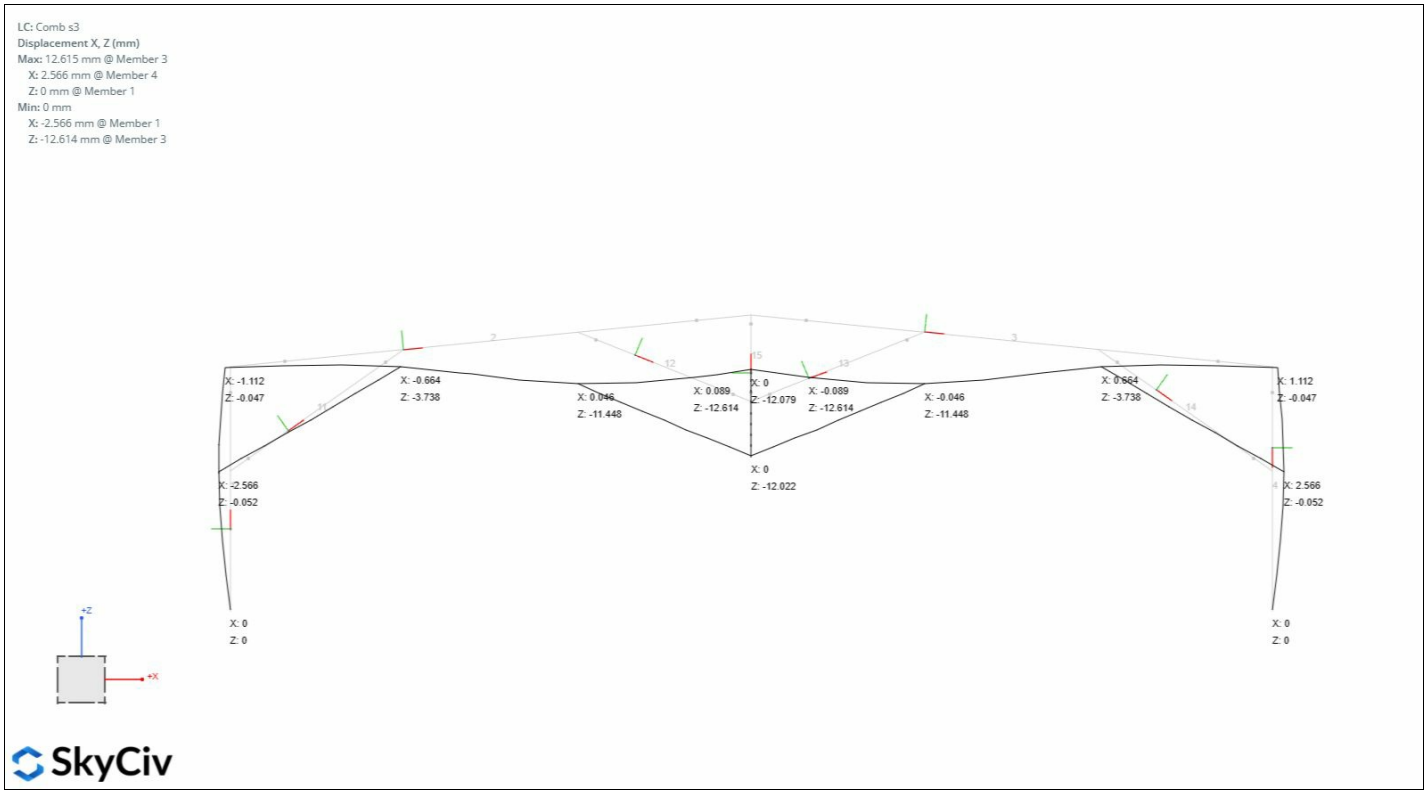
Screenshots



s1.jpg



s2.jpg


LC: Comb s3
Displacement X, Z (mm)
Max: 12.615 mm @ Member 3
X: 2.566 mm @ Member 4
Z: 0 mm @ Member 1
Min: 0 mm
X: -2.566 mm @ Member 1
Z: -12.614 mm @ Member 3
X: -1.112
Z: -0.047
X: -0.664
Z: -3.738
X: 0.046
Z: -11.448
X: 0.089
Z: -12.614
X: 0
Z: -12.079
X: -0.089
Z: -12.614
X: -0.046
Z: -11.448
X: 0.664
Z: -3.738
X: 1.112
Z: -0.047
X: -2.566
Z: -0.052
X: 0
Z: -12.022
X: 2.566
Z: -0.052
X: 0
Z: 0
X: 0
Z: 0
+Z
+X
SkyCiv
s3.jpg

Nodal Results

Load Combination #6: Comb s1 = (D) + (SW1) + (WL)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

L

WT

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-13.287	-0.000	-28.372	0.000	0.000	0.000
2	5	13.287	-0.000	-28.372	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	-0.000	-0.000	-56.745			
	Load Sum	0.000	0.000	56.745			
	Equilibrium	-0.000	-0.000	-0.000			

NODAL DISPLACEMENTS (mm)

Node	X Translation	Y Translation	Z Translation	Total Translation
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1.867	0.000	0.090	1.869
3	0.000	0.000	21.795	21.795
4	-1.867	0.000	0.090	1.869
5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	4.184	0.000	0.098	4.185
7	-4.184	0.000	0.098	4.185
8	1.124	0.000	6.375	6.473
9	-0.132	0.000	20.605	20.606
10	0.132	0.000	20.605	20.606
11	-1.124	0.000	6.375	6.473
12	0.000	0.000	21.696	21.696

Load Combination #7: Comb s2 = (D) + (SW1) + (WT)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

L

WL

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	-22.875	-0.000	-21.721	0.000	0.000	0.000
2	5	2.370	-0.000	-9.869	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	-20.504	-0.000	-31.590			
	Load Sum	20.504	0.000	31.590			
	Equilibrium	0.000	-0.000	-0.000			

NODAL DISPLACEMENTS (mm)

Node	X Translation	Y Translation	Z Translation	Total Translation
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	11.538	-0.000	0.067	11.538
3	10.305	-0.000	12.477	16.183
4	9.206	-0.000	0.037	9.206
5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	10.357	-0.000	0.075	10.358
7	4.487	-0.000	0.035	4.488
8	11.369	-0.000	0.144	11.370
9	10.588	-0.000	8.585	13.631
10	10.686	-0.000	15.222	18.599
11	10.088	-0.000	8.615	13.266
12	11.965	-0.000	12.425	17.249

Load Combination #8: Comb s3 = (D) + (L) + (SW1)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

WL

WT

NODE REACTIONS (kN, kN-m)

Support ID	Node	X Force	Y Force	Z Force	X Moment	Y Moment	Z Moment
1	1	10.054	-0.000	15.239	0.000	0.000	0.000
2	5	-10.054	-0.000	15.239	0.000	0.000	0.000
	Reaction Sum	0.000	-0.000	30.478			
	Load Sum	0.000	-0.000	-30.478			
	Equilibrium	0.000	-0.000	-0.000			

NODAL DISPLACEMENTS (mm)

Node	X Translation	Y Translation	Z Translation	Total Translation
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	-1.112	-0.000	-0.047	1.113
3	-0.000	-0.000	-12.079	12.079
4	1.112	-0.000	-0.047	1.113
5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	-2.566	-0.000	-0.052	2.566
7	2.566	-0.000	-0.052	2.566
8	-0.664	-0.000	-3.738	3.796
9	0.046	-0.000	-11.448	11.448
10	-0.046	-0.000	-11.448	11.448
11	0.664	-0.000	-3.738	3.796
12	-0.000	-0.000	-12.022	12.022

Member Results

Load Combination #6: Comb s1 = (D) + (SW1) + (WL)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

L

WT

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000
1	0.500	1.503	0.000	0.024	1.503	0.000	0.003	0.000
1	1.000	2.833	0.000	0.049	2.834	0.000	0.002	0.000
1	1.500	3.798	0.000	0.073	3.799	0.000	0.001	0.000
1	2.000	4.184	0.000	0.098	4.185	0.000	0.000	0.000
1	2.375	3.989	0.000	0.096	3.990	0.000	-0.001	0.000
1	2.750	3.460	0.000	0.094	3.462	0.000	-0.002	0.000
1	3.125	2.716	0.000	0.092	2.718	0.000	-0.002	0.000
1	3.500	1.867	0.000	0.090	1.869	0.000	-0.002	0.000
2	0.000	1.867	0.000	0.090	1.869	0.000	-0.002	0.000
2	0.837	1.685	0.000	1.528	2.275	0.000	-0.002	0.000
2	1.675	1.464	0.000	3.358	3.664	0.000	-0.003	0.000
2	2.512	1.124	0.000	6.375	6.473	0.000	-0.005	0.000
2	3.350	0.696	0.000	11.209	11.231	0.000	-0.006	0.000
2	3.517	0.600	0.000	12.283	12.298	0.000	-0.006	0.000
2	4.187	0.226	0.000	16.470	16.472	0.000	-0.006	0.000
2	5.025	-0.132	0.000	20.605	20.606	0.000	-0.004	0.000
2	5.862	-0.255	0.000	22.669	22.670	0.000	-0.001	0.000
2	6.700	-0.185	0.000	22.812	22.813	0.000	0.001	0.000
2	7.035	-0.119	0.000	22.488	22.488	0.000	0.001	0.000
2	7.537	0.000	0.000	21.795	21.795	0.000	0.001	0.000
3	0.000	0.000	0.000	21.795	21.795	0.000	-0.001	0.000
3	0.837	0.185	0.000	22.812	22.813	0.000	-0.001	0.000
3	1.675	0.255	0.000	22.669	22.670	0.000	0.001	0.000
3	2.512	0.132	0.000	20.605	20.606	0.000	0.004	0.000
3	3.350	-0.226	0.000	16.470	16.472	0.000	0.006	0.000
3	4.187	-0.696	0.000	11.209	11.231	0.000	0.006	0.000
3	5.025	-1.124	0.000	6.375	6.473	0.000	0.005	0.000
3	5.862	-1.464	0.000	3.358	3.664	0.000	0.003	0.000
3	6.700	-1.685	0.000	1.528	2.275	0.000	0.002	0.000
3	7.537	-1.867	0.000	0.090	1.869	0.000	0.002	0.000
4	0.000	-1.867	0.000	0.090	1.869	0.000	0.002	0.000
4	0.375	-2.716	0.000	0.092	2.718	0.000	0.002	0.000
4	0.750	-3.460	0.000	0.094	3.462	0.000	0.002	0.000
4	1.125	-3.989	0.000	0.096	3.990	0.000	0.001	0.000
4	1.500	-4.184	0.000	0.098	4.185	0.000	-0.000	0.000
4	2.000	-3.798	0.000	0.073	3.799	0.000	-0.001	0.000
4	2.500	-2.833	0.000	0.049	2.834	0.000	-0.002	0.000
4	3.000	-1.503	0.000	0.024	1.503	0.000	-0.003	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.003	0.000
11	0.000	4.184	0.000	0.098	4.185	0.000	-0.002	0.000
11	0.381	3.854	0.000	0.808	3.937	0.000	-0.002	0.000
11	0.763	3.515	0.000	1.530	3.833	0.000	-0.002	0.000
11	1.144	3.161	0.000	2.273	3.894	0.000	-0.002	0.000
11	1.526	2.789	0.000	3.044	4.128	0.000	-0.002	0.000
11	1.907	2.396	0.000	3.843	4.529	0.000	-0.002	0.000
11	2.289	1.985	0.000	4.668	5.073	0.000	-0.002	0.000
11	2.670	1.559	0.000	5.516	5.732	0.000	-0.002	0.000
11	3.052	1.124	0.000	6.375	6.473	0.000	-0.003	0.000
12	0.000	-0.132	0.000	20.605	20.606	0.000	-0.000	0.000
12	0.337	-0.139	0.000	20.683	20.684	0.000	-0.000	0.000
12	0.673	-0.142	0.000	20.771	20.772	0.000	-0.000	0.000
12	1.010	-0.138	0.000	20.875	20.876	0.000	-0.000	0.000
12	1.346	-0.126	0.000	21.001	21.001	0.000	-0.000	0.000
12	1.683	-0.105	0.000	21.148	21.148	0.000	-0.000	0.000
12	2.019	-0.076	0.000	21.317	21.317	0.000	-0.001	0.000
12	2.356	-0.040	0.000	21.502	21.502	0.000	-0.001	0.000
12	2.693	0.000	0.000	21.696	21.696	0.000	-0.001	0.000
13	0.000	0.000	0.000	21.696	21.696	0.000	0.001	0.000
13	0.337	0.040	0.000	21.502	21.502	0.000	0.001	0.000
13	0.673	0.076	0.000	21.317	21.317	0.000	0.001	0.000

13	1.010	0.105	0.000	21.148	21.148	0.000	0.000	0.000
13	1.346	0.126	0.000	21.001	21.001	0.000	0.000	0.000
13	1.683	0.138	0.000	20.875	20.876	0.000	0.000	0.000
13	2.019	0.142	0.000	20.771	20.772	0.000	0.000	0.000
13	2.356	0.139	0.000	20.683	20.684	0.000	0.000	0.000
13	2.693	0.132	0.000	20.605	20.606	0.000	0.000	0.000
14	0.000	-1.124	0.000	6.375	6.473	0.000	0.003	0.000
14	0.381	-1.559	0.000	5.516	5.732	0.000	0.002	0.000
14	0.763	-1.985	0.000	4.668	5.073	0.000	0.002	0.000
14	1.144	-2.396	0.000	3.843	4.529	0.000	0.002	0.000
14	1.526	-2.789	0.000	3.044	4.128	0.000	0.002	0.000
14	1.907	-3.161	0.000	2.273	3.894	0.000	0.002	0.000
14	2.289	-3.515	0.000	1.530	3.833	0.000	0.002	0.000
14	2.670	-3.854	0.000	0.808	3.937	0.000	0.002	0.000
14	3.052	-4.184	0.000	0.098	4.185	0.000	0.002	0.000
15	0.000	0.000	0.000	21.696	21.696	0.000	0.000	0.000
15	0.156	0.000	0.000	21.709	21.709	0.000	0.000	0.000
15	0.313	0.000	0.000	21.721	21.721	0.000	0.000	0.000
15	0.469	0.000	0.000	21.733	21.733	0.000	0.000	0.000
15	0.625	0.000	0.000	21.746	21.746	0.000	0.000	0.000
15	0.781	0.000	0.000	21.758	21.758	0.000	0.000	0.000
15	0.938	0.000	0.000	21.770	21.770	0.000	0.000	0.000
15	1.094	0.000	0.000	21.783	21.783	0.000	0.000	0.000
15	1.250	0.000	0.000	21.795	21.795	0.000	0.000	0.000

Load Combination #7: Comb s2 = (D) + (SW1) + (WT)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

L

WL

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000
1	0.500	3.211	0.000	0.019	3.211	0.000	0.006	0.000
1	1.000	6.162	0.000	0.037	6.162	0.000	0.005	0.000
1	1.500	8.615	0.000	0.056	8.615	0.000	0.004	0.000
1	2.000	10.357	0.000	0.075	10.358	0.000	0.003	0.000
1	2.375	11.114	0.000	0.073	11.115	0.000	0.001	0.000
1	2.750	11.480	0.000	0.071	11.480	0.000	0.001	0.000
1	3.125	11.578	0.000	0.069	11.578	0.000	0.000	0.000
1	3.500	11.538	0.000	0.067	11.538	0.000	-0.000	0.000
2	0.000	11.538	0.000	0.067	11.538	0.000	0.001	0.000
2	0.837	11.533	0.000	-0.422	11.541	0.000	0.001	0.000
2	1.675	11.500	0.000	-0.626	11.517	0.000	-0.000	0.000
2	2.512	11.369	0.000	0.144	11.370	0.000	-0.002	0.000
2	3.350	11.151	0.000	2.536	11.435	0.000	-0.004	0.000
2	3.517	11.095	0.000	3.140	11.530	0.000	-0.004	0.000
2	4.187	10.858	0.000	5.676	12.252	0.000	-0.004	0.000
2	5.025	10.588	0.000	8.585	13.631	0.000	-0.003	0.000
2	5.862	10.417	0.000	10.644	14.893	0.000	-0.002	0.000
2	6.700	10.334	0.000	11.833	15.710	0.000	-0.001	0.000
2	7.035	10.319	0.000	12.130	15.925	0.000	-0.001	0.000
2	7.537	10.305	0.000	12.477	16.183	0.000	-0.001	0.000
3	0.000	10.305	0.000	12.477	16.183	0.000	-0.002	0.000
3	0.837	10.511	0.000	14.179	17.650	0.000	-0.002	0.000
3	1.675	10.654	0.000	15.252	18.605	0.000	-0.001	0.000
3	2.512	10.686	0.000	15.222	18.599	0.000	0.001	0.000
3	3.350	10.572	0.000	13.869	17.439	0.000	0.002	0.000
3	4.187	10.354	0.000	11.485	15.463	0.000	0.003	0.000
3	5.025	10.088	0.000	8.615	13.266	0.000	0.003	0.000
3	5.862	9.798	0.000	5.790	11.381	0.000	0.003	0.000
3	6.700	9.506	0.000	2.955	9.955	0.000	0.003	0.000
3	7.537	9.206	0.000	0.037	9.206	0.000	0.004	0.000
4	0.000	9.206	0.000	0.037	9.206	0.000	0.003	0.000
4	0.375	7.961	0.000	0.036	7.961	0.000	0.003	0.000
4	0.750	6.740	0.000	0.035	6.740	0.000	0.003	0.000
4	1.125	5.571	0.000	0.035	5.571	0.000	0.003	0.000
4	1.500	4.487	0.000	0.035	4.488	0.000	0.003	0.000
4	2.000	3.208	0.000	0.026	3.208	0.000	0.002	0.000
4	2.500	2.072	0.000	0.017	2.072	0.000	0.002	0.000
4	3.000	1.018	0.000	0.009	1.018	0.000	0.002	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000

11	0.000	10.357	0.000	0.075	10.358	0.000	0.000	0.000
11	0.381	10.536	0.000	0.009	10.536	0.000	0.000	0.000
11	0.763	10.706	0.000	-0.045	10.706	0.000	0.000	0.000
11	1.144	10.861	0.000	-0.077	10.862	0.000	0.000	0.000
11	1.526	10.998	0.000	-0.083	10.998	0.000	0.000	0.000
11	1.907	11.114	0.000	-0.060	11.115	0.000	0.000	0.000
11	2.289	11.212	0.000	-0.010	11.212	0.000	0.000	0.000
11	2.670	11.295	0.000	0.061	11.295	0.000	-0.000	0.000
11	3.052	11.369	0.000	0.144	11.370	0.000	-0.000	0.000
12	0.000	10.588	0.000	8.585	13.631	0.000	-0.001	0.000
12	0.337	10.736	0.000	9.006	14.014	0.000	-0.001	0.000
12	0.673	10.889	0.000	9.438	14.410	0.000	-0.001	0.000
12	1.010	11.049	0.000	9.886	14.826	0.000	-0.001	0.000
12	1.346	11.216	0.000	10.355	15.265	0.000	-0.002	0.000
12	1.683	11.393	0.000	10.846	15.730	0.000	-0.002	0.000
12	2.019	11.578	0.000	11.358	16.219	0.000	-0.002	0.000
12	2.356	11.769	0.000	11.887	16.727	0.000	-0.002	0.000
12	2.693	11.965	0.000	12.425	17.249	0.000	-0.002	0.000
13	0.000	11.965	0.000	12.425	17.249	0.000	-0.001	0.000
13	0.337	11.828	0.000	12.716	17.367	0.000	-0.001	0.000
13	0.673	11.688	0.000	13.017	17.494	0.000	-0.001	0.000
13	1.010	11.541	0.000	13.335	17.635	0.000	-0.001	0.000
13	1.346	11.385	0.000	13.673	17.793	0.000	-0.001	0.000
13	1.683	11.221	0.000	14.034	17.969	0.000	-0.001	0.000
13	2.019	11.049	0.000	14.416	18.163	0.000	-0.001	0.000
13	2.356	10.869	0.000	14.814	18.374	0.000	-0.001	0.000
13	2.693	10.686	0.000	15.222	18.599	0.000	-0.001	0.000
14	0.000	10.088	0.000	8.615	13.266	0.000	0.004	0.000
14	0.381	9.336	0.000	7.468	11.955	0.000	0.004	0.000
14	0.763	8.592	0.000	6.333	10.673	0.000	0.004	0.000
14	1.144	7.863	0.000	5.219	9.437	0.000	0.003	0.000
14	1.526	7.153	0.000	4.132	8.261	0.000	0.003	0.000
14	1.907	6.463	0.000	3.074	7.157	0.000	0.003	0.000
14	2.289	5.792	0.000	2.042	6.141	0.000	0.003	0.000
14	2.670	5.135	0.000	1.032	5.238	0.000	0.003	0.000
14	3.052	4.487	0.000	0.035	4.488	0.000	0.003	0.000
15	0.000	11.965	0.000	12.425	17.249	0.000	-0.001	0.000
15	0.156	11.757	0.000	12.431	17.111	0.000	-0.001	0.000
15	0.313	11.550	0.000	12.438	16.973	0.000	-0.001	0.000
15	0.469	11.342	0.000	12.445	16.838	0.000	-0.001	0.000
15	0.625	11.135	0.000	12.451	16.704	0.000	-0.001	0.000
15	0.781	10.928	0.000	12.458	16.571	0.000	-0.001	0.000
15	0.938	10.720	0.000	12.464	16.440	0.000	-0.001	0.000
15	1.094	10.513	0.000	12.471	16.311	0.000	-0.001	0.000
15	1.250	10.305	0.000	12.477	16.183	0.000	-0.001	0.000

Load Combination #8: Comb s3 = (D) + (L) + (SW1)

Zero Factor Load Groups in this Combination:

WL

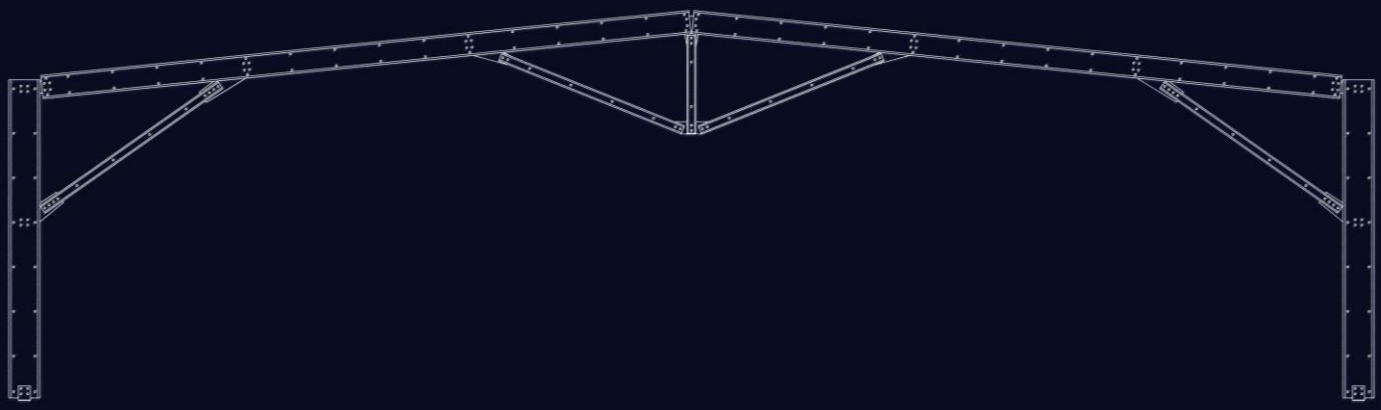
WT

MEMBER DISPLACEMENTS (m, mm, rad)

= Maximum value of a result in the member/plate.
= Minimum value of a result in the member/plate.

Member	Station Location	Global X Translation	Global Y Translation	Global Z Translation	Total Translation	Global X Rotation	Global Y Rotation	Global Z Rotation
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002	0.000
1	0.500	-0.943	0.000	-0.013	0.943	0.000	-0.002	0.000
1	1.000	-1.765	0.000	-0.026	1.766	0.000	-0.001	0.000
1	1.500	-2.346	0.000	-0.039	2.347	0.000	-0.001	0.000
1	2.000	-2.566	0.000	-0.052	2.566	0.000	0.000	0.000
1	2.375	-2.440	0.000	-0.050	2.440	0.000	0.001	0.000
1	2.750	-2.110	0.000	-0.049	2.111	0.000	0.001	0.000
1	3.125	-1.645	0.000	-0.048	1.646	0.000	0.001	0.000
1	3.500	-1.112	0.000	-0.047	1.113	0.000	0.001	0.000
2	0.000	-1.112	0.000	-0.047	1.113	0.000	0.001	0.000
2	0.837	-0.998	0.000	-0.927	1.362	0.000	0.001	0.000
2	1.675	-0.862	0.000	-2.023	2.199	0.000	0.002	0.000
2	2.512	-0.664	0.000	-3.738	3.796	0.000	0.003	0.000
2	3.350	-0.421	0.000	-6.380	6.394	0.000	0.003	0.000
2	3.517	-0.367	0.000	-6.962	6.971	0.000	0.003	0.000
2	4.187	-0.157	0.000	-9.224	9.225	0.000	0.003	0.000
2	5.025	0.046	0.000	-11.448	11.448	0.000	0.002	0.000
2	5.862	0.119	0.000	-12.543	12.544	0.000	0.001	0.000
2	6.700	0.089	0.000	-12.614	12.615	0.000	-0.000	0.000

2	7.035	0.058	0.000	-12.443	12.443	0.000	-0.001	0.000
2	7.537	0.000	0.000	-12.079	12.079	0.000	-0.001	0.000
3	0.000	0.000	0.000	-12.079	12.079	0.000	0.001	0.000
3	0.837	-0.089	0.000	-12.614	12.615	0.000	0.000	0.000
3	1.675	-0.119	0.000	-12.543	12.544	0.000	-0.001	0.000
3	2.512	-0.046	0.000	-11.448	11.448	0.000	-0.002	0.000
3	3.350	0.157	0.000	-9.224	9.225	0.000	-0.003	0.000
3	4.187	0.421	0.000	-6.380	6.394	0.000	-0.003	0.000
3	5.025	0.664	0.000	-3.738	3.796	0.000	-0.003	0.000
3	5.862	0.862	0.000	-2.023	2.199	0.000	-0.002	0.000
3	6.700	0.998	0.000	-0.927	1.362	0.000	-0.001	0.000
3	7.537	1.112	0.000	-0.047	1.113	0.000	-0.001	0.000
4	0.000	1.112	0.000	-0.047	1.113	0.000	-0.001	0.000
4	0.375	1.645	0.000	-0.048	1.646	0.000	-0.001	0.000
4	0.750	2.110	0.000	-0.049	2.111	0.000	-0.001	0.000
4	1.125	2.440	0.000	-0.050	2.440	0.000	-0.001	0.000
4	1.500	2.566	0.000	-0.052	2.566	0.000	-0.000	0.000
4	2.000	2.346	0.000	-0.039	2.347	0.000	0.001	0.000
4	2.500	1.765	0.000	-0.026	1.766	0.000	0.001	0.000
4	3.000	0.943	0.000	-0.013	0.943	0.000	0.002	0.000
4	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
11	0.000	-2.566	0.000	-0.052	2.566	0.000	0.002	0.000
11	0.381	-2.276	0.000	-0.587	2.350	0.000	0.002	0.000
11	0.763	-1.994	0.000	-1.111	2.283	0.000	0.002	0.000
11	1.144	-1.728	0.000	-1.612	2.363	0.000	0.001	0.000
11	1.526	-1.480	0.000	-2.088	2.559	0.000	0.001	0.000
11	1.907	-1.253	0.000	-2.534	2.827	0.000	0.001	0.000
11	2.289	-1.044	0.000	-2.954	3.133	0.000	0.001	0.000
11	2.670	-0.850	0.000	-3.352	3.458	0.000	0.001	0.000
11	3.052	-0.664	0.000	-3.738	3.796	0.000	0.001	0.000
12	0.000	0.046	0.000	-11.448	11.448	0.000	0.000	0.000
12	0.337	0.017	0.000	-11.578	11.578	0.000	0.000	0.000
12	0.673	-0.008	0.000	-11.699	11.699	0.000	0.000	0.000
12	1.010	-0.027	0.000	-11.802	11.802	0.000	0.000	0.000
12	1.346	-0.037	0.000	-11.885	11.885	0.000	0.000	0.000
12	1.683	-0.038	0.000	-11.946	11.946	0.000	0.000	0.000
12	2.019	-0.031	0.000	-11.985	11.986	0.000	0.000	0.000
12	2.356	-0.018	0.000	-12.009	12.009	0.000	0.000	0.000
12	2.693	0.000	0.000	-12.022	12.022	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	-12.022	12.022	0.000	-0.000	0.000
13	0.337	0.018	0.000	-12.009	12.009	0.000	-0.000	0.000
13	0.673	0.031	0.000	-11.985	11.986	0.000	-0.000	0.000
13	1.010	0.038	0.000	-11.946	11.946	0.000	-0.000	0.000
13	1.346	0.037	0.000	-11.885	11.885	0.000	-0.000	0.000
13	1.683	0.027	0.000	-11.802	11.802	0.000	-0.000	0.000
13	2.019	0.008	0.000	-11.699	11.699	0.000	-0.000	0.000
13	2.356	-0.017	0.000	-11.578	11.578	0.000	-0.000	0.000
13	2.693	-0.046	0.000	-11.448	11.448	0.000	-0.000	0.000
14	0.000	0.664	0.000	-3.738	3.796	0.000	-0.001	0.000
14	0.381	0.850	0.000	-3.352	3.458	0.000	-0.001	0.000
14	0.763	1.044	0.000	-2.954	3.133	0.000	-0.001	0.000
14	1.144	1.253	0.000	-2.534	2.827	0.000	-0.001	0.000
14	1.526	1.480	0.000	-2.088	2.559	0.000	-0.001	0.000
14	1.907	1.728	0.000	-1.612	2.363	0.000	-0.001	0.000
14	2.289	1.994	0.000	-1.111	2.283	0.000	-0.002	0.000
14	2.670	2.276	0.000	-0.587	2.350	0.000	-0.002	0.000
14	3.052	2.566	0.000	-0.052	2.566	0.000	-0.002	0.000
15	0.000	0.000	0.000	-12.022	12.022	0.000	0.000	0.000
15	0.156	0.000	0.000	-12.029	12.029	0.000	0.000	0.000
15	0.313	0.000	0.000	-12.036	12.036	0.000	0.000	0.000
15	0.469	0.000	0.000	-12.043	12.043	0.000	0.000	0.000
15	0.625	0.000	0.000	-12.051	12.051	0.000	0.000	0.000
15	0.781	0.000	0.000	-12.058	12.058	0.000	0.000	0.000
15	0.938	0.000	0.000	-12.065	12.065	0.000	0.000	0.000
15	1.094	0.000	0.000	-12.072	12.072	0.000	0.000	0.000
15	1.250	0.000	0.000	-12.079	12.079	0.000	0.000	0.000



DIMENSIONAMIENTO

Estructura PCF

Rodrigo Martos
ANEXOS

::
REPORTE DEL ELEMENTO 1
::

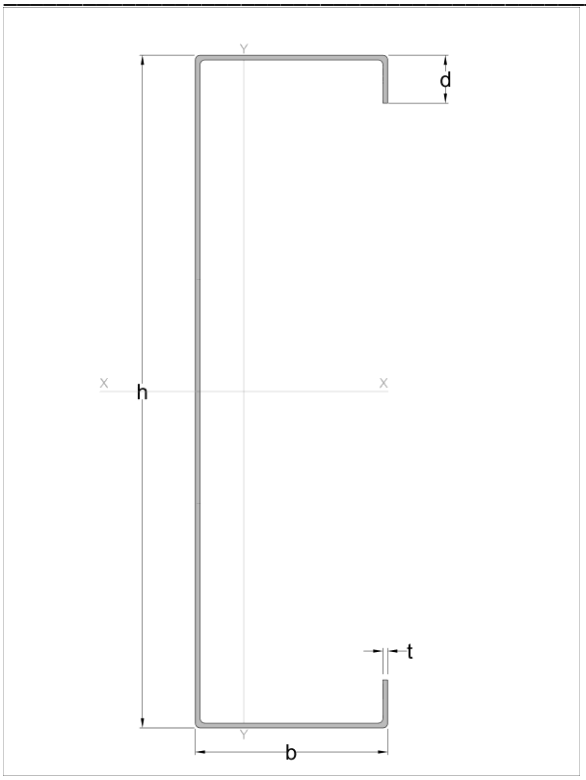
Propiedades del material

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion:][
Designacion: 350x100x25x2.5

Dimensiones de la seccion C



Altura total h: 35.00 cm
Ancho del ala b: 10.00 cm
Labio rigidizador d: 2.50 cm
Espesor t: 0.25 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

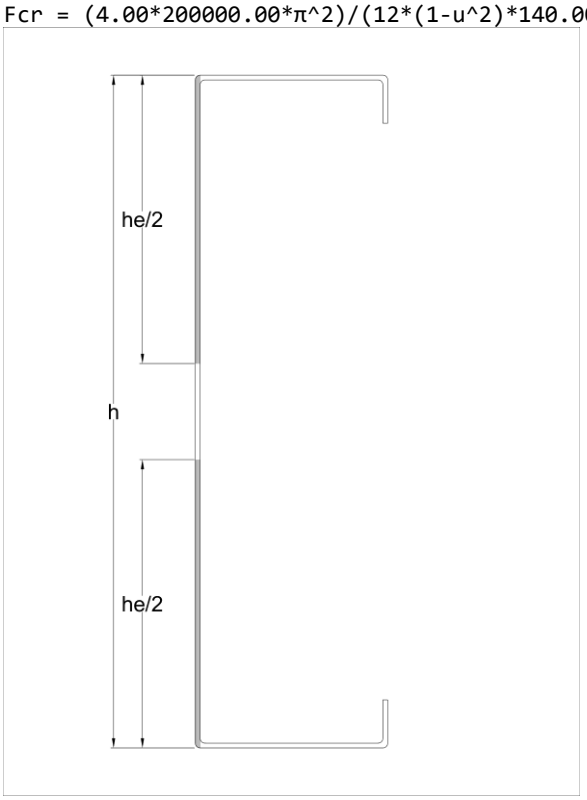
Area bruta Ag: 14.75 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 2733.44 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 187.47 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.61 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.57 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 156.20 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 25.07 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 74.36 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 57414.20 cm^6
Modulo de torsion J: 0.31 cm^4

Esbelteces locales

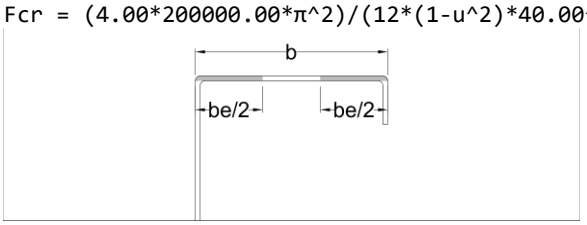
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (35.00)/(0.25) = 140.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (10.00)/(0.25) = 40.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (2.50)/(0.25) = 10.00$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

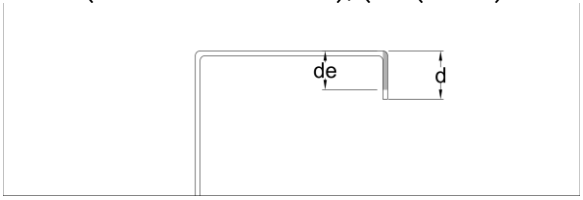
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*140.00^2) = 36.89 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 0.35*35.00 = 12.31 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*40.00^2) = 451.90 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*10.00^2) = 2308.33 MPa

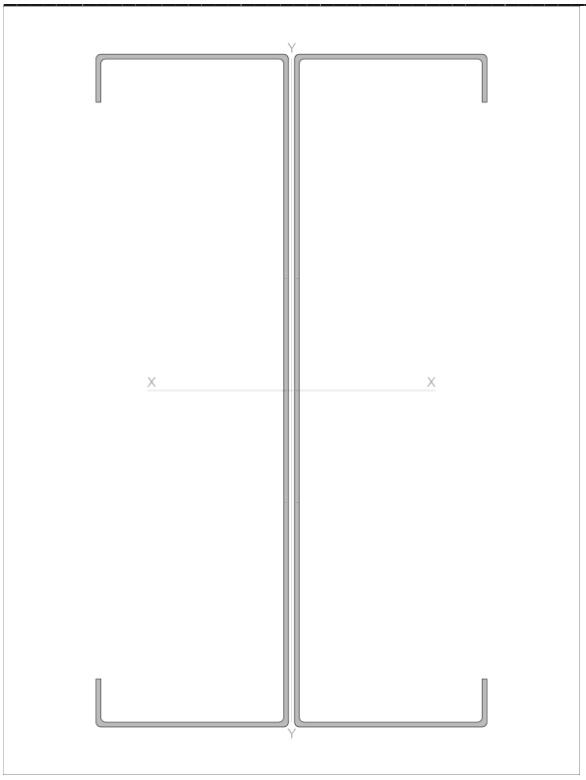


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*2.50 = 2.50 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion

Area bruta Ag: 9.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 1879.06 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 133.58 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 14.39 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.84 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 107.37 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 22.33 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 33.24 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 40909.28 cm^6
Modulo de torsion J: 0.19 cm^4

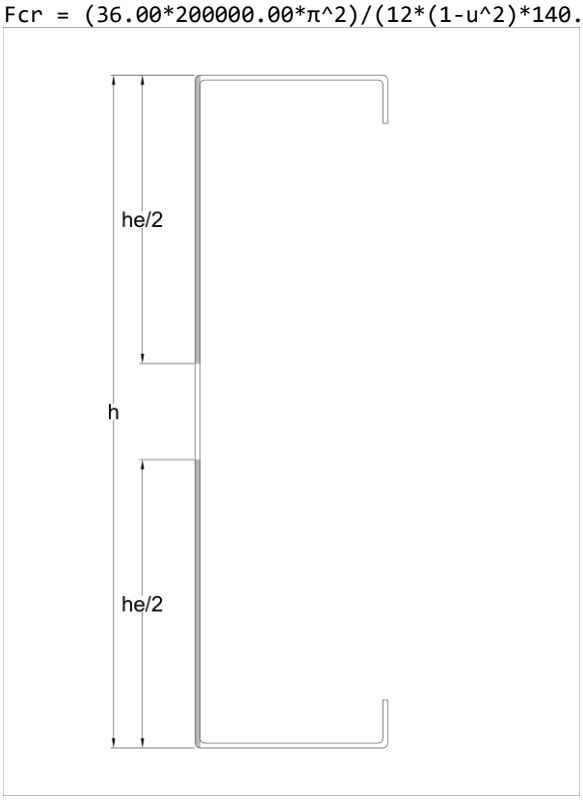
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion



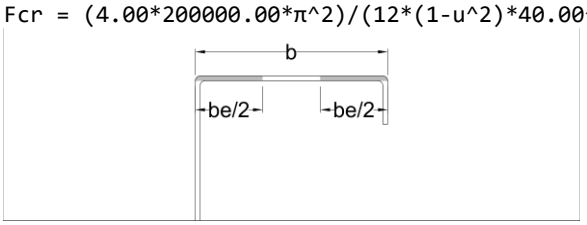
Area bruta Ag: 18.15 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 3758.11 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 560.35 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 14.39 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 5.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 214.75 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 56.04 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 171608.67 cm^6
Modulo de torsion J: 0.39 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

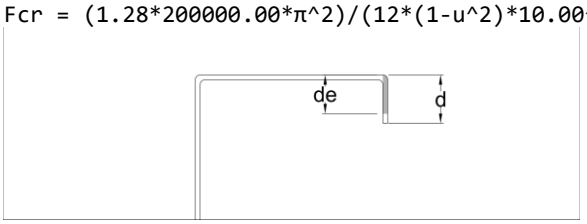
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*140.00^2) = 332.01 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*35.00 = 35.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*40.00^2) = 451.90 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*10.00^2) = 2308.33 MPa

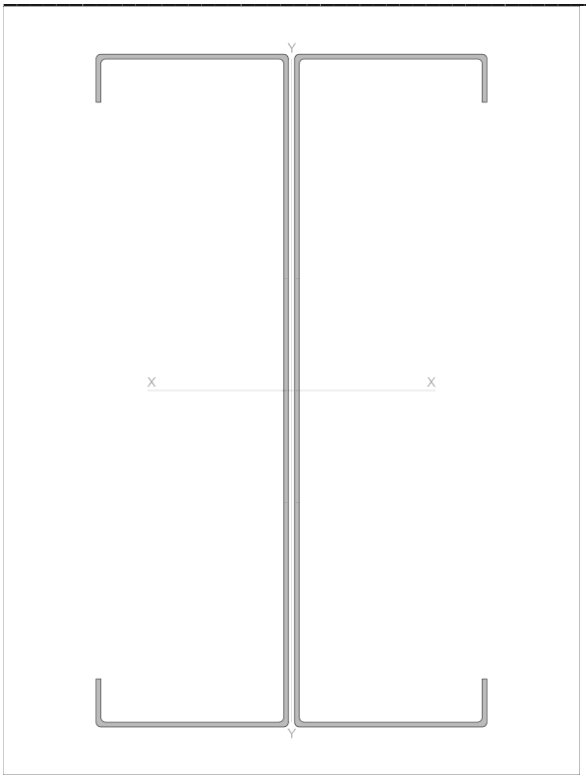


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*2.50 = 2.50 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion
_____

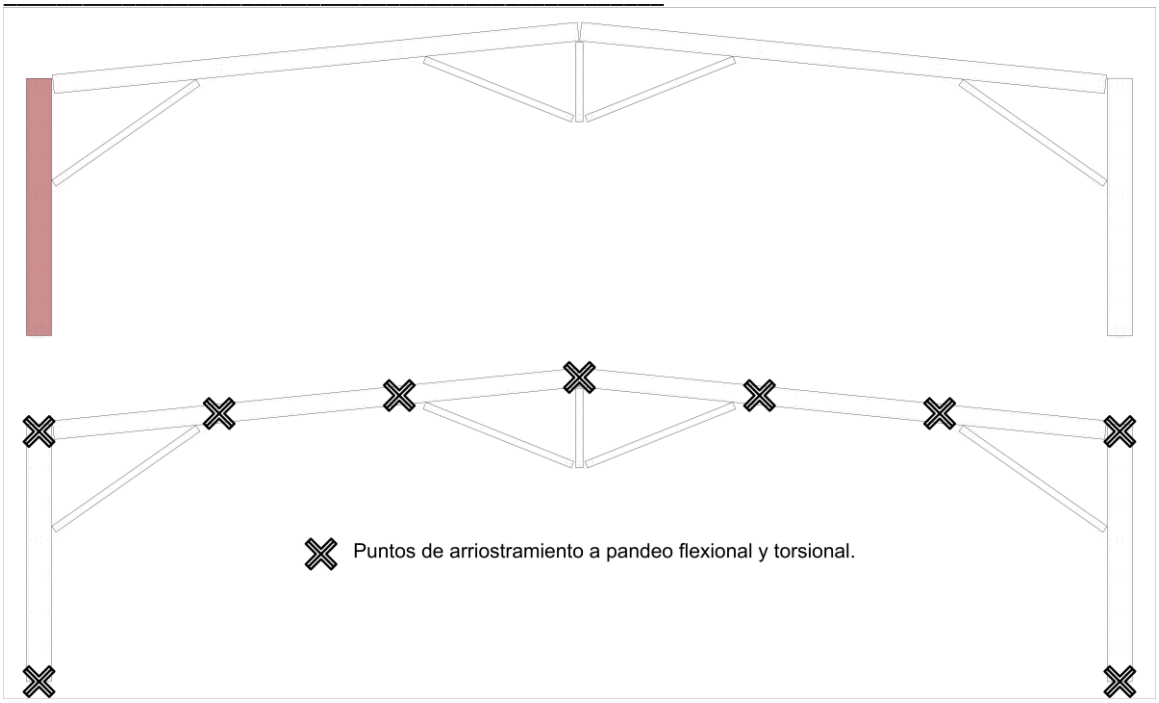
Area bruta Ag: 14.75 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 2733.44 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 187.47 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.61 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.57 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 156.20 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 25.07 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 74.36 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 57414.20 cm^6
Modulo de torsion J: 0.31 cm^4

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion
_____



Area bruta Ag: 29.50 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 5466.88 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 562.46 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.61 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 4.37 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 312.39 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 56.25 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 172254.32 cm^6
Modulo de torsion J: 0.62 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 350.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 350.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 350.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 350.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte $\lambda x = (kx*Lx)/rx$
$\lambda x = (1.00*350.00)/13.61 = 24.33$
Esbeltez del elemento respecto al eje debil $\lambda y = (ky*Ly)/ry$
$\lambda y = (1.00*350.00)/3.57 = 63.00$
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil $\lambda my = ((\lambda y)^2 + (a/ri)^2)^{0.5}$
$\lambda my = ((63.00)^2 + (50.00/3.84)^2)^{0.5} = 64.33$
Esbeltez global del elemento $\lambda = max([\lambda x , \lambda my])$
$\lambda = max([24.33 , 64.33]) = 64.33$

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 1
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 46.24 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 15.24 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 60.22 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 44.76 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 1
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 64.33

64.33 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*29.50*(10)^-1 = 737.50 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*737.50 = 663.75 kN

Td = Tu_1 = 663.75 kN

Tu / Td = 46.24 / 663.75 = 0.07 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 64.33

64.33 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*350.00)/14.39 = 24.33
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/24.33^2 = 3335.68 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/3335.68)^0.5 = 0.27
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.27)^2)*250.00 = 198.80 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 198.80*18.15*(10)^-1 = 360.90 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*360.90 = 306.77 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*350.00)/3.57 = 63.00
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((63.00)^2 + (50.00/3.84)^2)^0.5 = 64.33
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/64.33^2 = 476.95 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/476.95)^0.5 = 0.72
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.72)^2)*250.00 = 136.37 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 136.37*18.15*(10)^-1 = 247.58 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*247.58 = 210.44 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*171608.67)/(1.00*350.00)^2
+ 77000.00*0.39)*(1/(3758.11+560.35)) = 647.26 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/647.26)^0.5 = 0.62
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.62)^2)*250.00 = 148.59 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 148.59*18.15*(10)^-1 = 269.76 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*269.76 = 229.30 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([306.77 , 210.44 , 229.30]) = 210.44 kN

Pu / Pd = 15.24 / 210.44 = 0.07 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*312.39*(10)^-3 = 78.10 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*78.10 = 70.29 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 503.19 cm
Lb = 350.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb <= Lr
350.00 <= 503.19
Mn_6 = Mr = 78.10 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*78.10 = 70.29 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([70.29 , 70.29]) = 70.29 kNm

Mux / Mdx = 60.22 / 70.29 = 0.86 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*56.25*(10)^-3 = 14.06 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*14.06 = 12.66 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 12.66 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 40.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
40.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*10.00*(10)^-1 = 150.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*150.00 = 135.00 kN

Vdx = Vu_8 = 135.00 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 135.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 140.00
1.51*(E*kv/Fy)^0.5 < λw <= 260
98.69 < 140.00 <= 260
Vn_9 = 0.904*E*kv*Av*(1/λw)^2 = 0.904*200000.00*5.34*17.50*(1/140.00)^2 = 862.03 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*862.03 = 775.83 kN

Vdy = Vu_9 = 775.83 kN

Vuy / Vdy = 44.76 / 775.83 = 0.06 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (60.22/70.29)^2 + (44.76/775.83)^2 = 0.74
0.74 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/12.66)^2 + (0.00/135.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
46.24/663.75 + 60.22/70.29 + 0.00/12.66 = 0.93 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
15.24/210.44 + 60.22/70.29 + 0.00/12.66 = 0.93 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 1
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.070	0.072	0.857	0.000	0.000	0.058	0.926	0.929

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 2
::

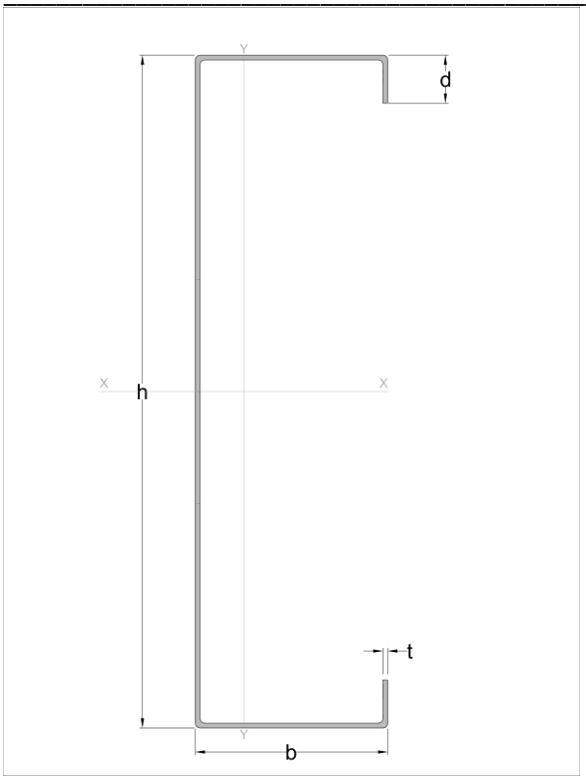
_____
Propiedades del material
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Informacion general de la seccion transversal
_____

Tipo de seccion:][
Designacion: 260x80x20x2.5

_____
Dimensiones de la seccion C
_____



Altura total h: 26.00 cm
Ancho del ala b: 8.00 cm
Labio rigidizador d: 2.00 cm
Espesor t: 0.25 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

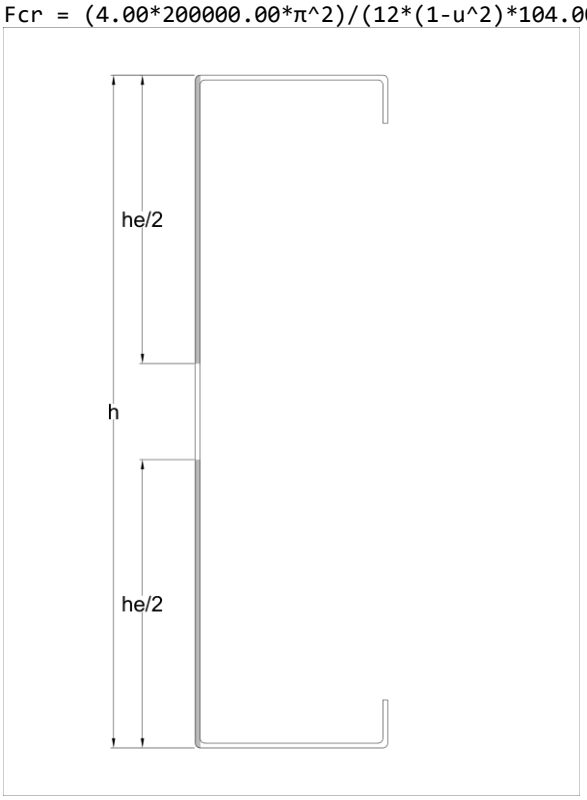
Area bruta Ag: 11.25 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 1173.58 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 92.81 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.21 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.87 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 90.28 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 15.74 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 44.08 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 15684.26 cm^6
Modulo de torsion J: 0.24 cm^4

Esbelteces locales

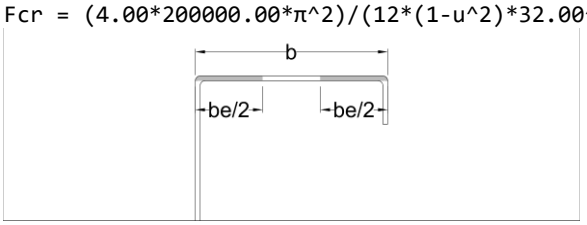
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (26.00)/(0.25) = 104.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (8.00)/(0.25) = 32.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (2.00)/(0.25) = 8.00$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

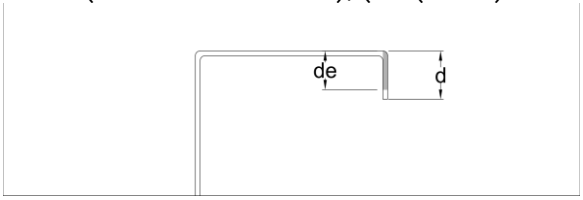
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*104.00^2) = 66.85 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 0.46*26.00 = 11.92 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*32.00^2) = 706.10 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*8.00 = 8.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*8.00^2) = 3606.77 MPa

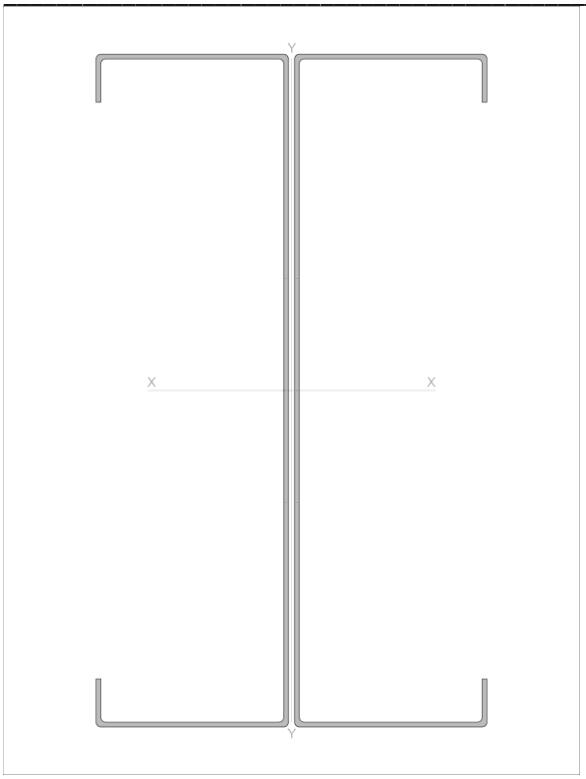


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*2.00 = 2.00 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion
_____

Area bruta Ag: 7.73 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 842.66 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 72.23 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.44 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 64.82 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 14.47 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 24.01 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 12207.17 cm^6
Modulo de torsion J: 0.17 cm^4

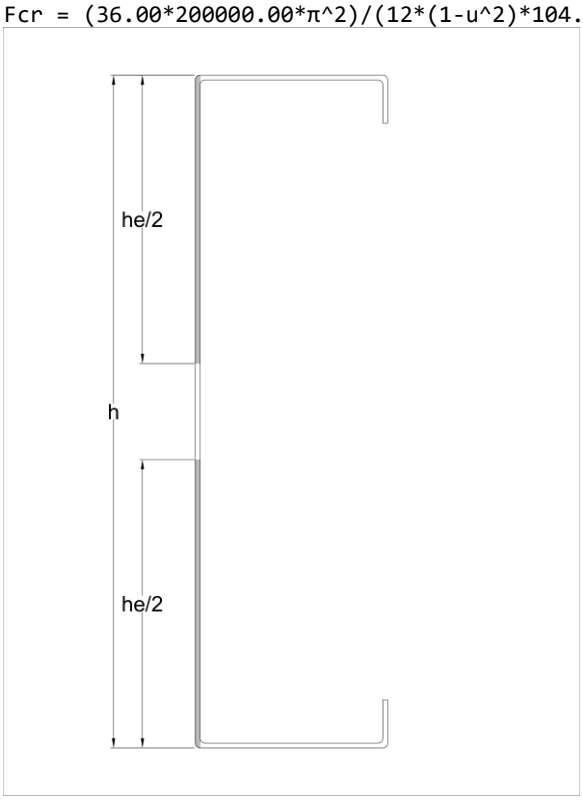
_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion
_____



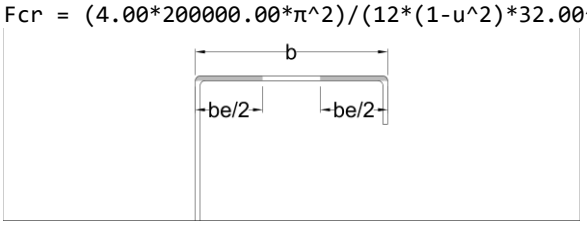
Area bruta Ag: 15.46 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 1685.32 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 284.31 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.44 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 4.29 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 129.64 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 35.54 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 48049.09 cm^6
Modulo de torsion J: 0.33 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

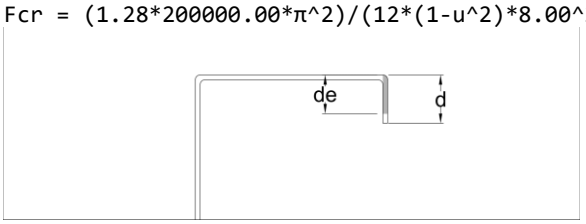
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*104.00^2) = 601.65 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*26.00 = 26.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*32.00^2) = 706.10 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*8.00 = 8.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*8.00^2) = 3606.77 MPa

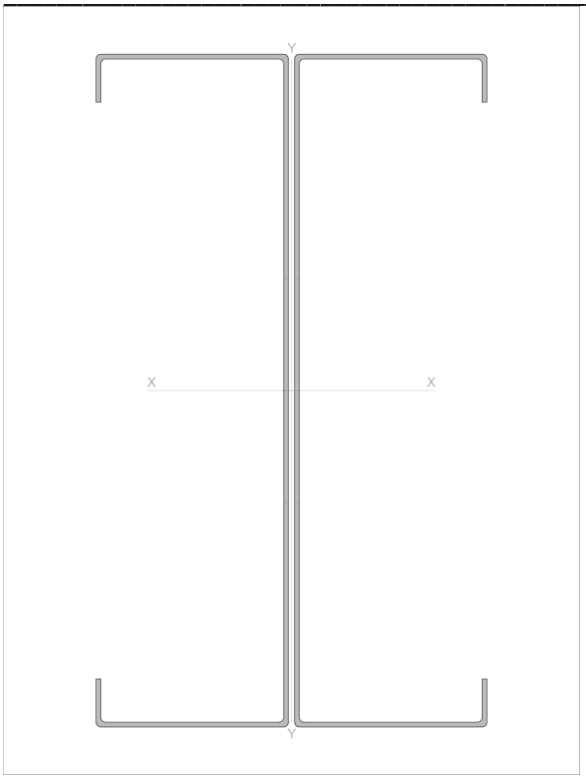


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*2.00 = 2.00 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion
_____

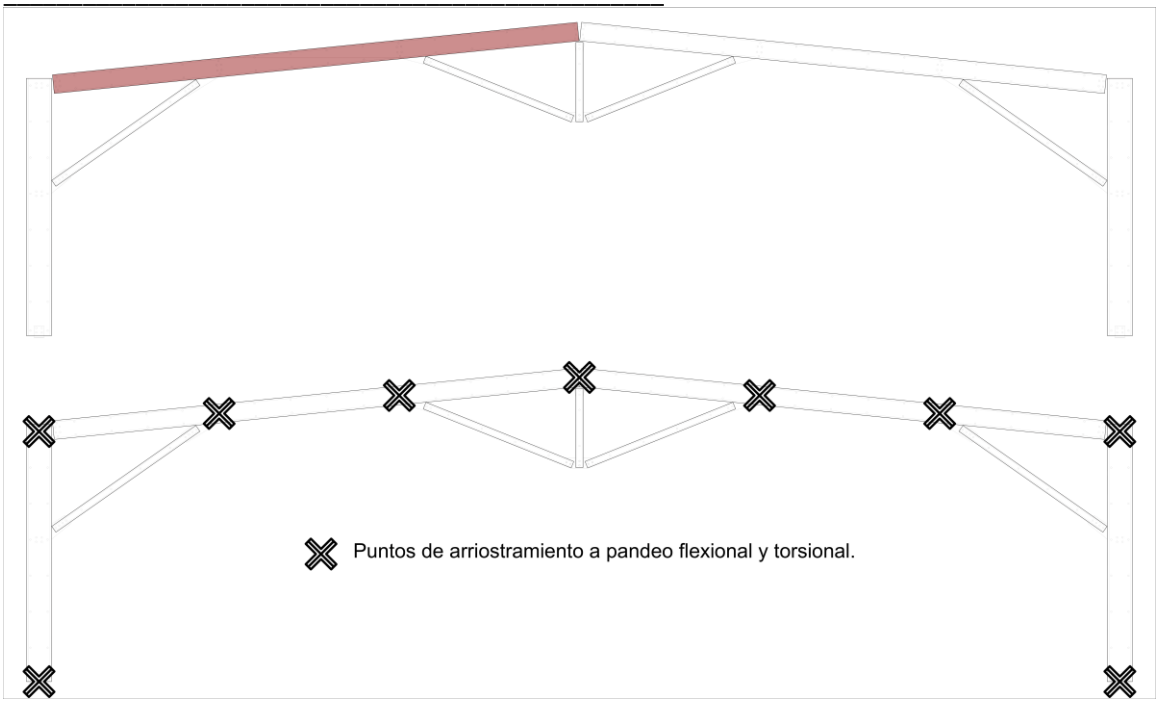
Area bruta Ag: 11.25 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 1173.58 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 92.81 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.21 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.87 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 90.28 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 15.74 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 44.08 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 15684.26 cm^6
Modulo de torsion J: 0.24 cm^4

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion
_____



Area bruta Ag: 22.50 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 2347.17 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 285.36 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.21 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 180.55 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 35.67 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 48226.38 cm^6
Modulo de torsion J: 0.48 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 750.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 2
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 2
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 750.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 250.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 250.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte $\lambda x = (kx*Lx)/rx$
$\lambda x = (1.00*750.00)/10.21 = 71.83$
Esbeltez del elemento respecto al eje debil $\lambda y = (ky*Ly)/ry$
$\lambda y = (1.00*250.00)/2.87 = 58.29$
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil $\lambda my = ((\lambda y)^2 + (a/ri)^2)^{0.5}$
$\lambda my = ((58.29)^2 + (50.00/3.06)^2)^{0.5} = 60.54$
Esbeltez global del elemento $\lambda = max([\lambda x , \lambda my])$
$\lambda = max([71.83 , 60.54]) = 71.83$

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 2
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 69.86 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 45.03 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 24.06 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 26.65 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 2
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 71.83

71.83 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*22.50*(10)^-1 = 562.50 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*562.50 = 506.25 kN

Td = Tu_1 = 506.25 kN

Tu / Td = 69.86 / 506.25 = 0.14 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 71.83

71.83 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*750.00)/10.44 = 71.83
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/71.83^2 = 382.60 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/382.60)^0.5 = 0.81
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.81)^2)*250.00 = 127.08 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 127.08*15.46*(10)^-1 = 196.43 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*196.43 = 166.97 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*250.00)/2.87 = 58.29
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((58.29)^2 + (50.00/3.06)^2)^0.5 = 60.54
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/60.54^2 = 538.51 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/538.51)^0.5 = 0.68
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.68)^2)*250.00 = 141.33 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 141.33*15.46*(10)^-1 = 218.46 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*218.46 = 185.69 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*48049.09)/(1.00*250.00)^2
+ 77000.00*0.33)*(1/(1685.32+284.31)) = 783.46 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/783.46)^0.5 = 0.56
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.56)^2)*250.00 = 155.80 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 155.80*15.46*(10)^-1 = 240.83 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*240.83 = 204.71 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([166.97 , 185.69 , 204.71]) = 166.97 kN

Pu / Pd = 45.03 / 166.97 = 0.27 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*180.55*(10)^-3 = 45.14 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*45.14 = 40.62 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 409.16 cm
Lb = 250.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb <= Lr
250.00 <= 409.16
Mn_6 = Mr = 45.14 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*45.14 = 40.62 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([40.62 , 40.62]) = 40.62 kNm

Mux / Mdx = 24.06 / 40.62 = 0.59 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*35.67*(10)^-3 = 8.92 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*8.92 = 8.03 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 8.03 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 32.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
32.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*8.00*(10)^-1 = 120.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*120.00 = 108.00 kN

Vdx = Vu_8 = 108.00 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 108.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 104.00
1.51*(E*kv/Fy)^0.5 < λw <= 260
98.69 < 104.00 <= 260
Vn_9 = 0.904*E*kv*Av*(1/λw)^2 = 0.904*200000.00*5.34*13.00*(1/104.00)^2 = 1160.42 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*1160.42 = 1044.38 kN

Vdy = Vu_9 = 1044.38 kN

Vuy / Vdy = 26.65 / 1044.38 = 0.03 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (24.06/40.62)^2 + (26.65/1044.38)^2 = 0.35
0.35 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/8.03)^2 + (0.00/108.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
69.86/506.25 + 24.06/40.62 + 0.00/8.03 = 0.73 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
45.03/166.97 + 24.06/40.62 + 0.00/8.03 = 0.86 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 2
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.138	0.270	0.592	0.000	0.000	0.026	0.730	0.862

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 3
::

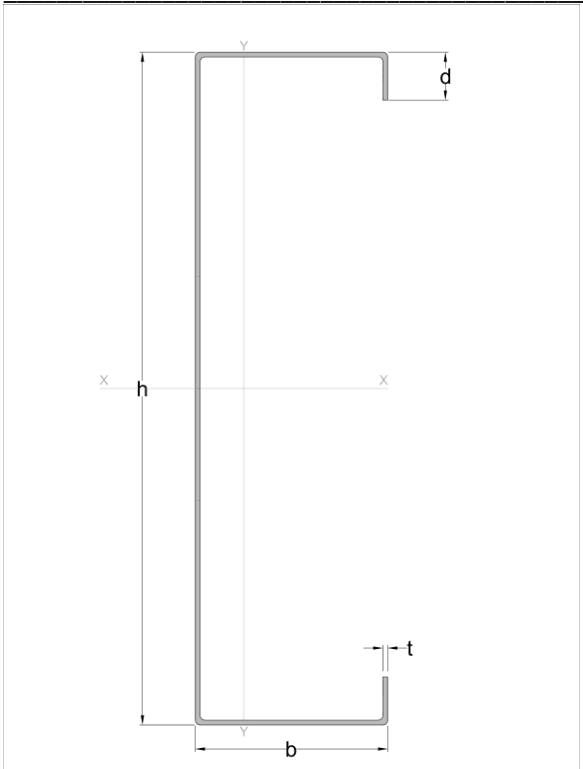
Propiedades del material

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion:][
Designacion: 260x80x20x2.5

Dimensiones de la seccion C



Altura total h: 26.00 cm
Ancho del ala b: 8.00 cm
Labio rigidizador d: 2.00 cm
Espesor t: 0.25 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

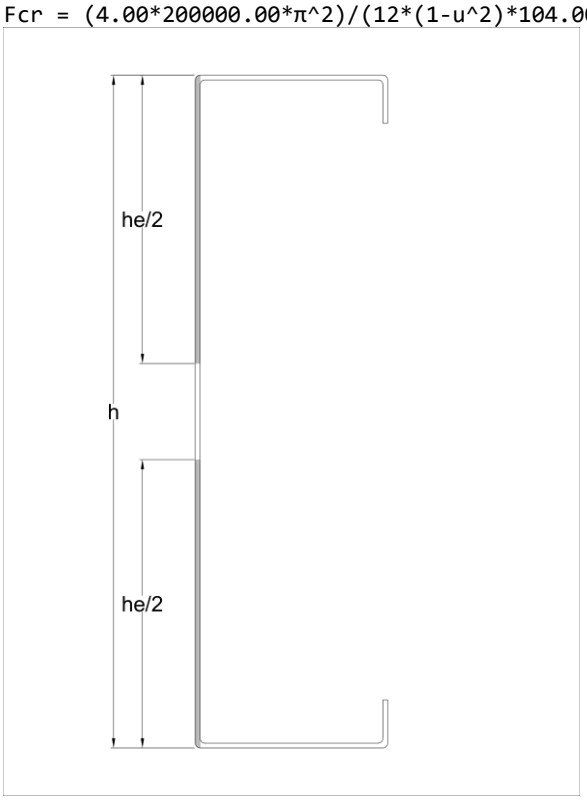
Area bruta Ag: 11.25 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 1173.58 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 92.81 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.21 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.87 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 90.28 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 15.74 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 44.08 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 15684.26 cm^6
Modulo de torsion J: 0.24 cm^4

Esbelteces locales

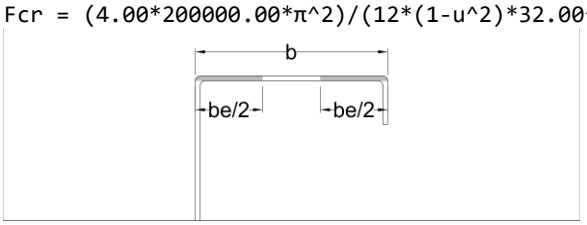
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (26.00)/(0.25) = 104.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (8.00)/(0.25) = 32.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (2.00)/(0.25) = 8.00$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

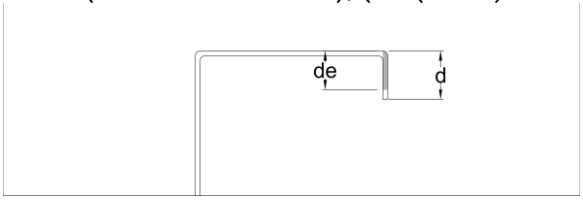
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*104.00^2) = 66.85 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 0.46*26.00 = 11.92 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*32.00^2) = 706.10 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*8.00 = 8.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*8.00^2) = 3606.77 MPa

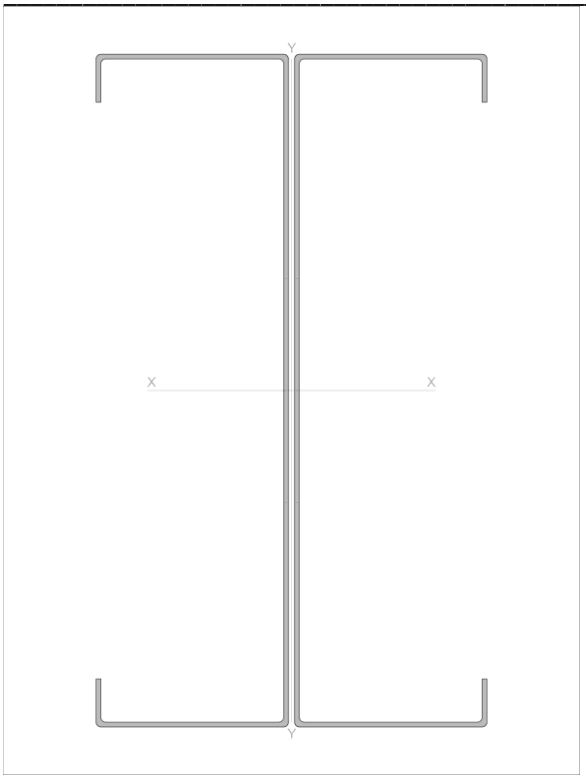


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*2.00 = 2.00 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion
---

Area bruta Ag: 7.73 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 842.66 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 72.23 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.44 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 64.82 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 14.47 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 24.01 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 12207.17 cm^6
Modulo de torsion J: 0.17 cm^4

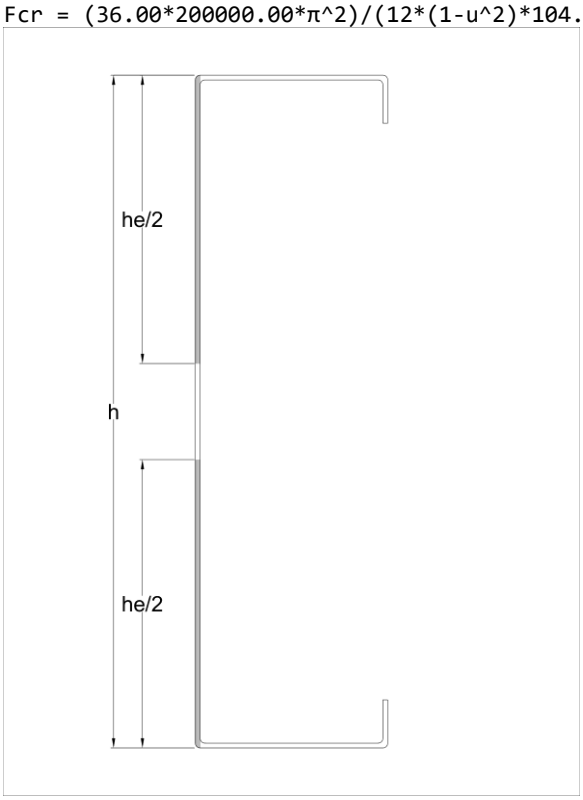
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion
---



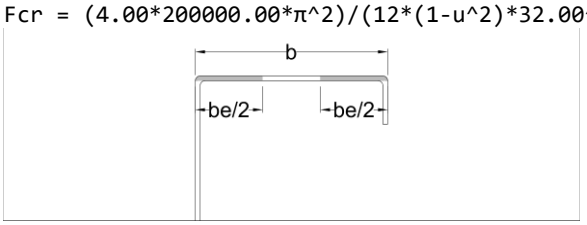
Area bruta Ag: 15.46 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 1685.32 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 284.31 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.44 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 4.29 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 129.64 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 35.54 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 48049.09 cm^6
Modulo de torsion J: 0.33 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

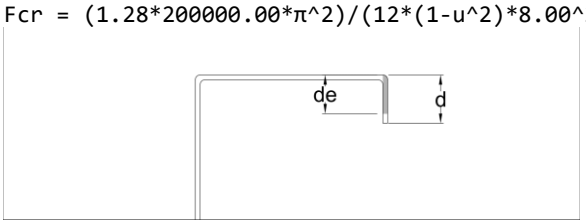
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*104.00^2) = 601.65 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*26.00 = 26.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*32.00^2) = 706.10 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*8.00 = 8.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*8.00^2) = 3606.77 MPa

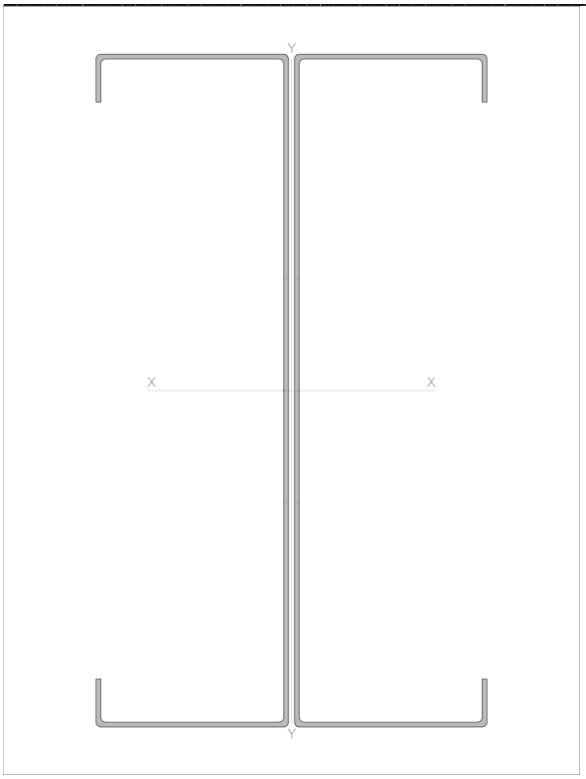


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*2.00 = 2.00 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion
_____

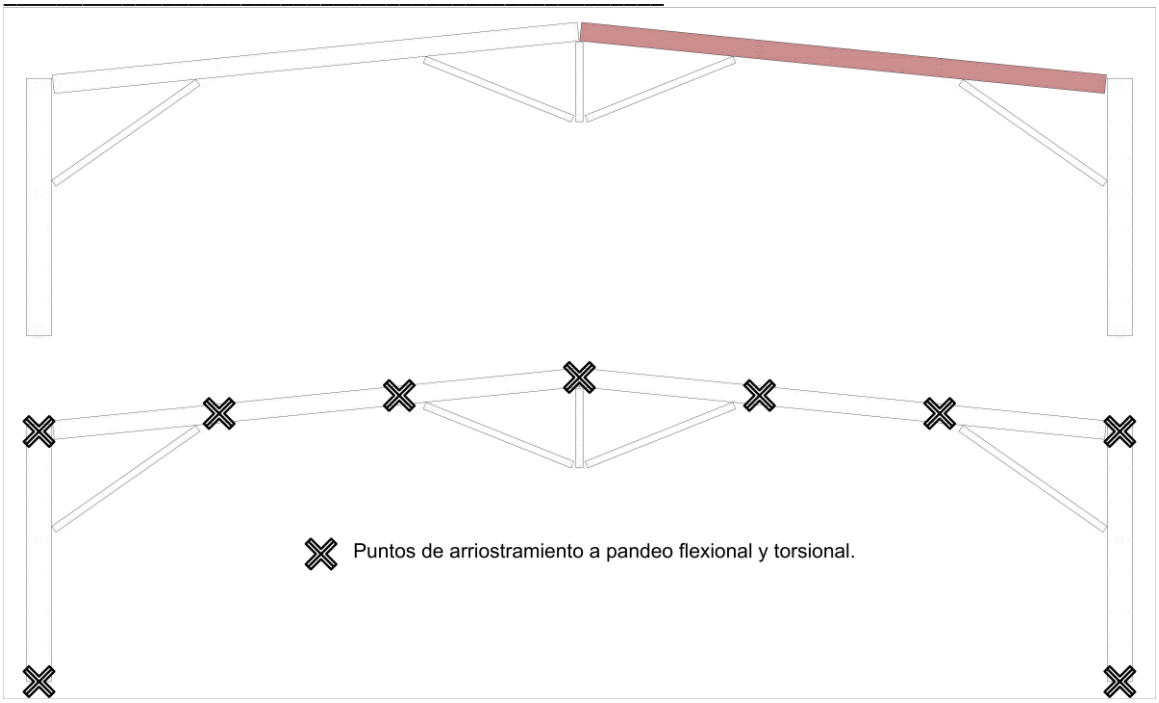
Area bruta Ag: 11.25 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 1173.58 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 92.81 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.21 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.87 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 90.28 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 15.74 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 44.08 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 15684.26 cm^6
Modulo de torsion J: 0.24 cm^4

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion
_____



Area bruta Ag: 22.50 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 2347.17 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 285.36 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 10.21 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 180.55 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 35.67 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 48226.38 cm^6
Modulo de torsion J: 0.48 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 750.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 2
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 2
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 750.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 250.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 250.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte $\lambda x = (kx*Lx)/rx$
$\lambda x = (1.00*750.00)/10.21 = 71.83$
Esbeltez del elemento respecto al eje debil $\lambda y = (ky*Ly)/ry$
$\lambda y = (1.00*250.00)/2.87 = 58.29$
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil $\lambda my = ((\lambda y)^2 + (a/ri)^2)^{0.5}$
$\lambda my = ((58.29)^2 + (50.00/3.06)^2)^{0.5} = 60.54$
Esbeltez global del elemento $\lambda = max([\lambda x , \lambda my])$
$\lambda = max([71.83 , 60.54]) = 71.83$

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 3
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 69.86 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 45.03 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 24.06 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 26.65 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 3
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 71.83

71.83 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*22.50*(10)^-1 = 562.50 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*562.50 = 506.25 kN

Td = Tu_1 = 506.25 kN

Tu / Td = 69.86 / 506.25 = 0.14 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 71.83

71.83 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*750.00)/10.44 = 71.83
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/71.83^2 = 382.60 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/382.60)^0.5 = 0.81
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.81)^2)*250.00 = 127.08 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 127.08*15.46*(10)^-1 = 196.43 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*196.43 = 166.97 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*250.00)/2.87 = 58.29
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((58.29)^2 + (50.00/3.06)^2)^0.5 = 60.54
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/60.54^2 = 538.51 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/538.51)^0.5 = 0.68
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.68)^2)*250.00 = 141.33 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 141.33*15.46*(10)^-1 = 218.46 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*218.46 = 185.69 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*48049.09)/(1.00*250.00)^2
+ 77000.00*0.33)*(1/(1685.32+284.31)) = 783.46 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/783.46)^0.5 = 0.56
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.56)^2)*250.00 = 155.80 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 155.80*15.46*(10)^-1 = 240.83 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*240.83 = 204.71 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([166.97 , 185.69 , 204.71]) = 166.97 kN

Pu / Pd = 45.03 / 166.97 = 0.27 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*180.55*(10)^-3 = 45.14 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*45.14 = 40.62 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 409.16 cm
Lb = 250.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb <= Lr
250.00 <= 409.16
Mn_6 = Mr = 45.14 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*45.14 = 40.62 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([40.62 , 40.62]) = 40.62 kNm

Mux / Mdx = 24.06 / 40.62 = 0.59 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*35.67*(10)^-3 = 8.92 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*8.92 = 8.03 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 8.03 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 32.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
32.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*8.00*(10)^-1 = 120.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*120.00 = 108.00 kN

Vdx = Vu_8 = 108.00 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 108.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 104.00
1.51*(E*kv/Fy)^0.5 < λw <= 260
98.69 < 104.00 <= 260
Vn_9 = 0.904*E*kv*Av*(1/λw)^2 = 0.904*200000.00*5.34*13.00*(1/104.00)^2 = 1160.42 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*1160.42 = 1044.38 kN

Vdy = Vu_9 = 1044.38 kN

Vuy / Vdy = 26.65 / 1044.38 = 0.03 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (24.06/40.62)^2 + (26.65/1044.38)^2 = 0.35
0.35 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/8.03)^2 + (0.00/108.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
69.86/506.25 + 24.06/40.62 + 0.00/8.03 = 0.73 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
45.03/166.97 + 24.06/40.62 + 0.00/8.03 = 0.86 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 3
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.138	0.270	0.592	0.000	0.000	0.026	0.730	0.862

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO 4
::

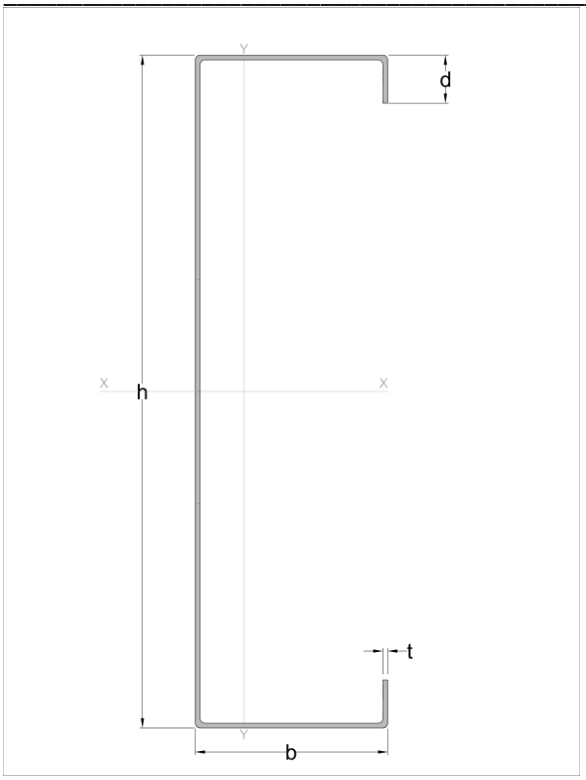
Propiedades del material

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion:][
Designacion: 350x100x25x2.5

Dimensiones de la seccion C



Altura total h: 35.00 cm
Ancho del ala b: 10.00 cm
Labio rigidizador d: 2.50 cm
Espesor t: 0.25 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

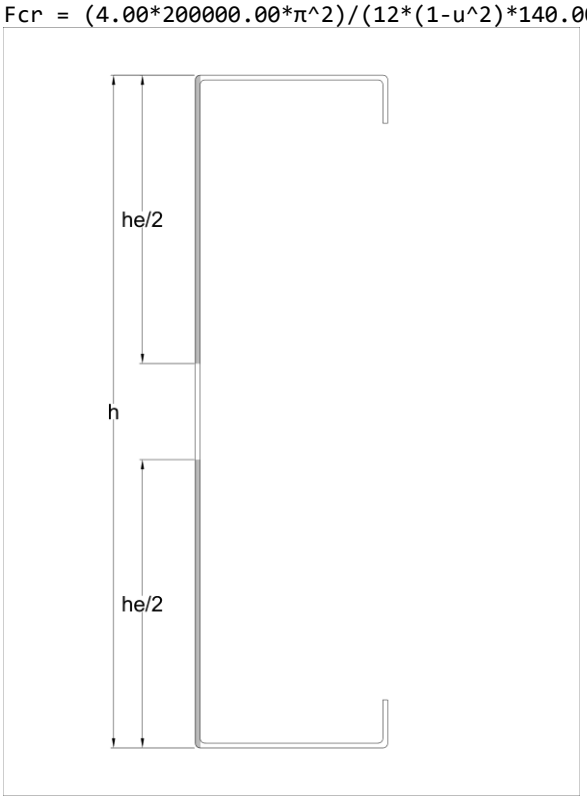
Area bruta Ag: 14.75 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 2733.44 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 187.47 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.61 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.57 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 156.20 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 25.07 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 74.36 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 57414.20 cm^6
Modulo de torsion J: 0.31 cm^4

Esbelteces locales

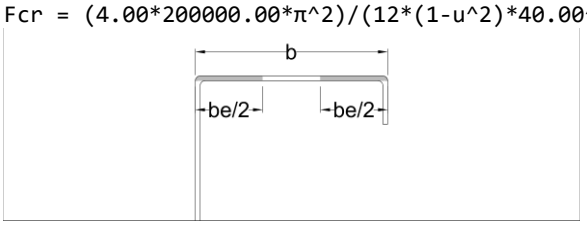
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (35.00)/(0.25) = 140.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (10.00)/(0.25) = 40.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (2.50)/(0.25) = 10.00$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

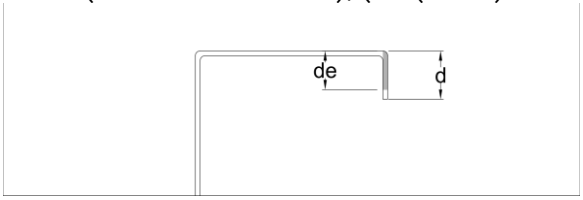
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*140.00^2) = 36.89 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 0.35*35.00 = 12.31 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*40.00^2) = 451.90 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*10.00^2) = 2308.33 MPa



Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*2.50 = 2.50 cm

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion

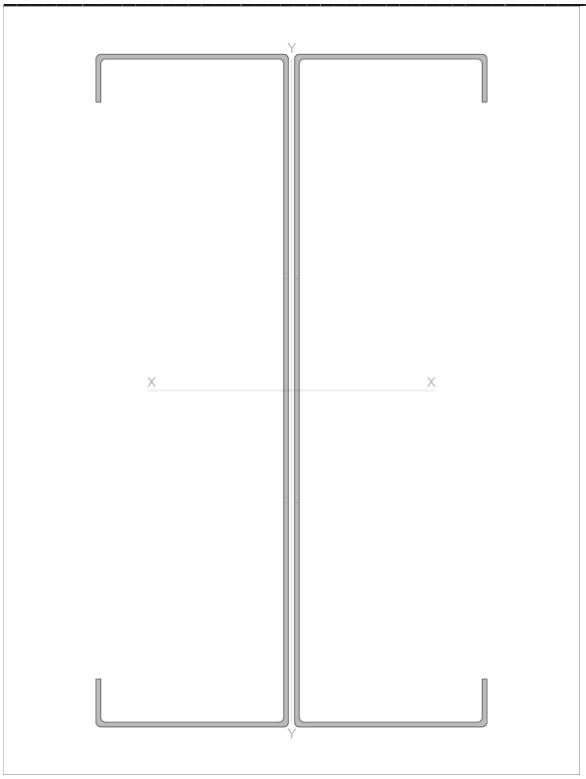
_____

Area bruta Ag: 9.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 1879.06 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 133.58 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 14.39 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.84 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 107.37 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 22.33 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 33.24 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 40909.28 cm^6
Modulo de torsion J: 0.19 cm^4

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion

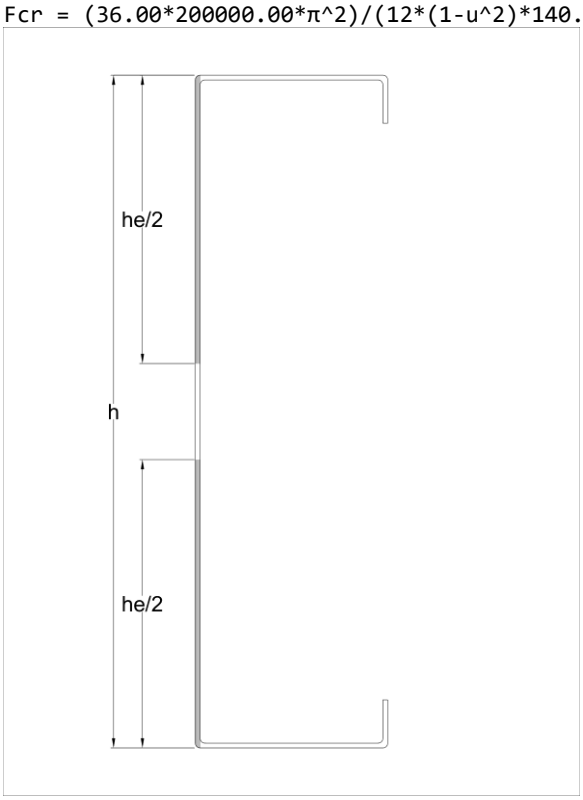
_____



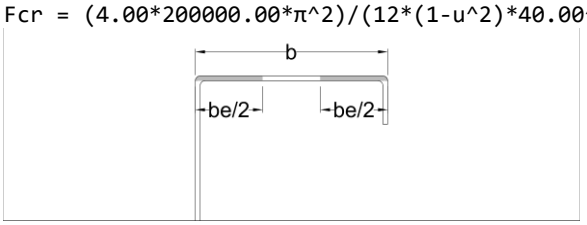
Area bruta Ag: 18.15 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 3758.11 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 560.35 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 14.39 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 5.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 214.75 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 56.04 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 171608.67 cm^6
Modulo de torsion J: 0.39 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

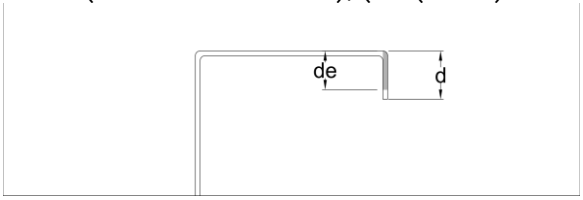
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*140.00^2) = 332.01 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*35.00 = 35.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*40.00^2) = 451.90 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*10.00^2) = 2308.33 MPa

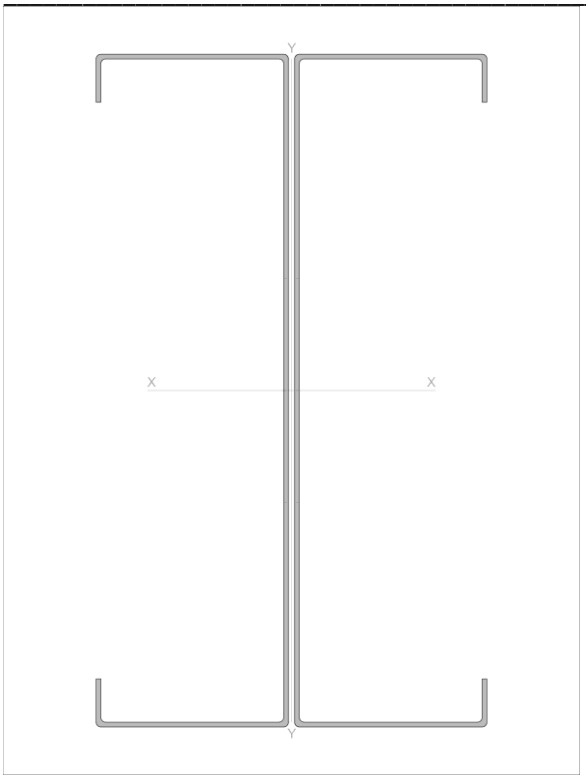


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*2.50 = 2.50 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion
_____

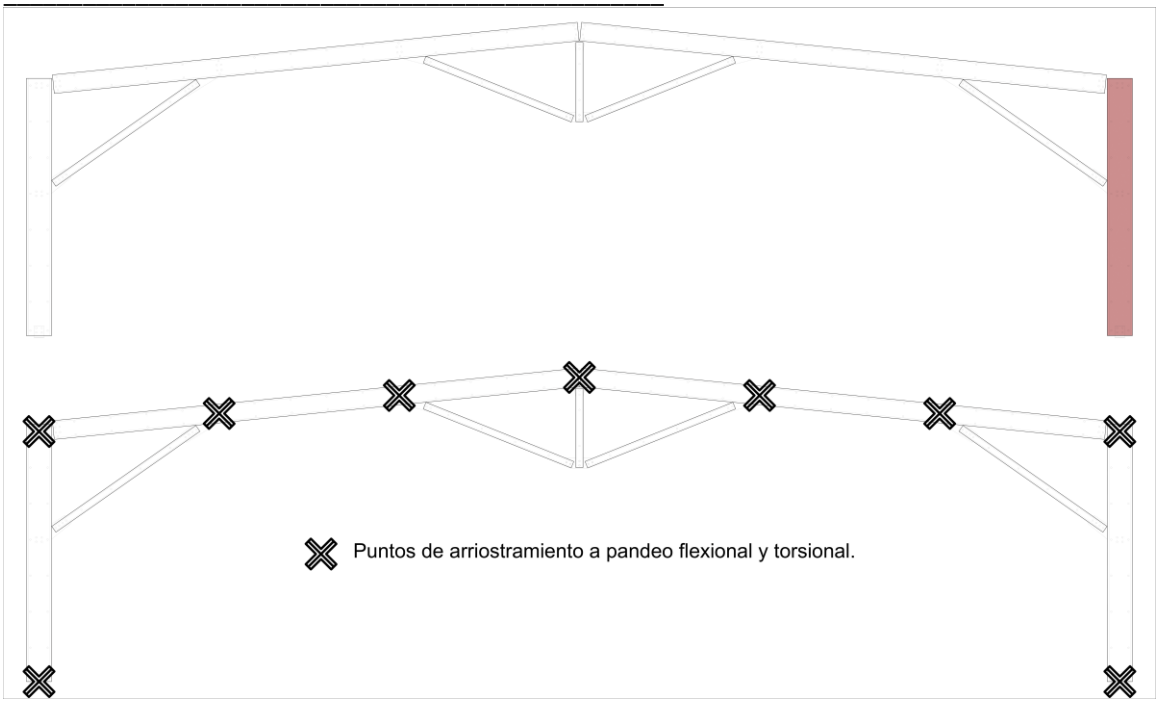
Area bruta Ag: 14.75 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 2733.44 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 187.47 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.61 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 3.57 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 156.20 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 25.07 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 74.36 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 57414.20 cm^6
Modulo de torsion J: 0.31 cm^4

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion
_____



Area bruta Ag: 29.50 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 5466.88 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 562.46 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 13.61 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 4.37 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 312.39 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 56.25 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 172254.32 cm^6
Modulo de torsion J: 0.62 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 350.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 350.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 350.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 350.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte $\lambda x = (kx*Lx)/rx$
$\lambda x = (1.00*350.00)/13.61 = 24.33$
Esbeltez del elemento respecto al eje debil $\lambda y = (ky*Ly)/ry$
$\lambda y = (1.00*350.00)/3.57 = 63.00$
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil $\lambda my = ((\lambda y)^2 + (a/ri)^2)^{0.5}$
$\lambda my = ((63.00)^2 + (50.00/3.84)^2)^{0.5} = 64.33$
Esbeltez global del elemento $\lambda = max([\lambda x , \lambda my])$
$\lambda = max([24.33 , 64.33]) = 64.33$

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO 4
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 46.24 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 15.24 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 60.22 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 44.76 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO 4
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 64.33

64.33 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*29.50*(10)^-1 = 737.50 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*737.50 = 663.75 kN

Td = Tu_1 = 663.75 kN

Tu / Td = 46.24 / 663.75 = 0.07 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 64.33

64.33 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*350.00)/14.39 = 24.33
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/24.33^2 = 3335.68 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/3335.68)^0.5 = 0.27
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.27)^2)*250.00 = 198.80 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 198.80*18.15*(10)^-1 = 360.90 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*360.90 = 306.77 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*350.00)/3.57 = 63.00
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((63.00)^2 + (50.00/3.84)^2)^0.5 = 64.33
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/64.33^2 = 476.95 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/476.95)^0.5 = 0.72
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.72)^2)*250.00 = 136.37 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 136.37*18.15*(10)^-1 = 247.58 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*247.58 = 210.44 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*171608.67)/(1.00*350.00)^2
+ 77000.00*0.39)*(1/(3758.11+560.35)) = 647.26 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/647.26)^0.5 = 0.62
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.62)^2)*250.00 = 148.59 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 148.59*18.15*(10)^-1 = 269.76 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*269.76 = 229.30 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([306.77 , 210.44 , 229.30]) = 210.44 kN

Pu / Pd = 15.24 / 210.44 = 0.07 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*312.39*(10)^-3 = 78.10 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*78.10 = 70.29 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 503.19 cm
Lb = 350.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb <= Lr
350.00 <= 503.19
Mn_6 = Mr = 78.10 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*78.10 = 70.29 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([70.29 , 70.29]) = 70.29 kNm

Mux / Mdx = 60.22 / 70.29 = 0.86 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*56.25*(10)^-3 = 14.06 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*14.06 = 12.66 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 12.66 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 40.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
40.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*10.00*(10)^-1 = 150.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*150.00 = 135.00 kN

Vdx = Vu_8 = 135.00 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 135.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 140.00
1.51*(E*kv/Fy)^0.5 < λw <= 260
98.69 < 140.00 <= 260
Vn_9 = 0.904*E*kv*Av*(1/λw)^2 = 0.904*200000.00*5.34*17.50*(1/140.00)^2 = 862.03 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*862.03 = 775.83 kN

Vdy = Vu_9 = 775.83 kN

Vuy / Vdy = 44.76 / 775.83 = 0.06 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (60.22/70.29)^2 + (44.76/775.83)^2 = 0.74
0.74 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/12.66)^2 + (0.00/135.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
46.24/663.75 + 60.22/70.29 + 0.00/12.66 = 0.93 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
15.24/210.44 + 60.22/70.29 + 0.00/12.66 = 0.93 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO 4
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.070	0.072	0.857	0.000	0.000	0.058	0.926	0.929

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO D1
::

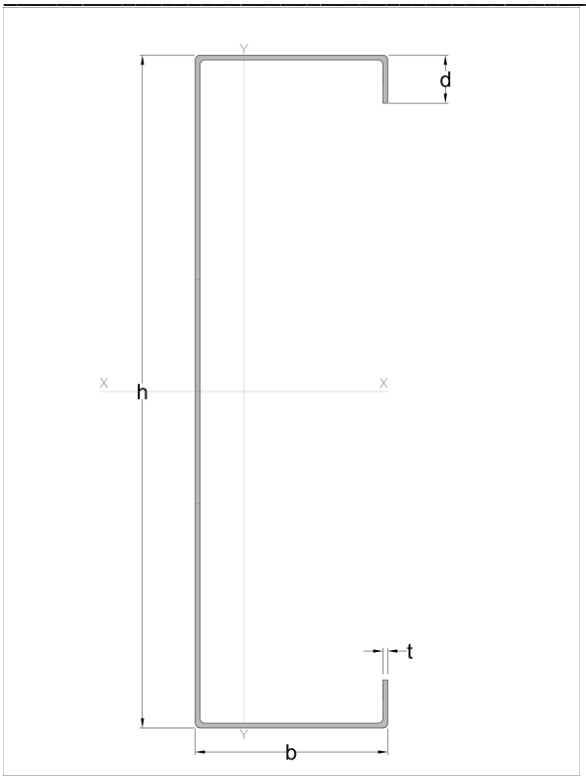
Propiedades del material

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion:][
Designacion: 100x40x15x2

Dimensiones de la seccion C



Altura total h: 10.00 cm
Ancho del ala b: 4.00 cm
Labio rigidizador d: 1.50 cm
Espesor t: 0.20 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

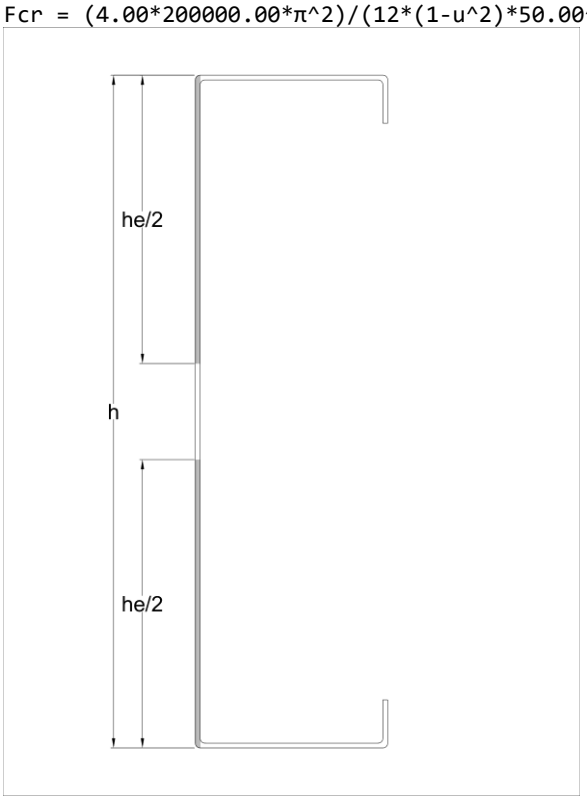
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

Esbelteces locales

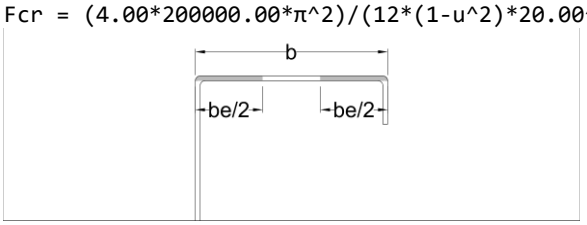
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (10.00)/(0.20) = 50.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (4.00)/(0.20) = 20.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (1.50)/(0.20) = 7.50$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

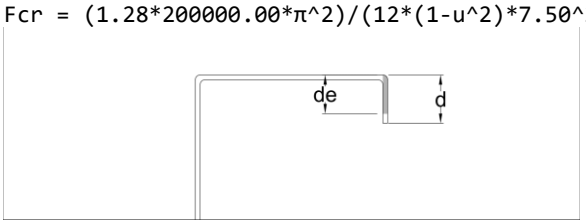
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 289.22 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa



Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion

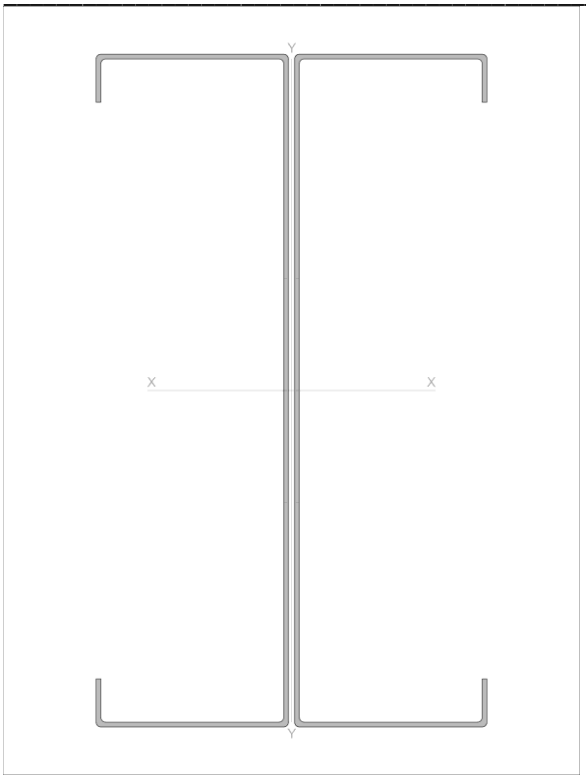
_____

Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion

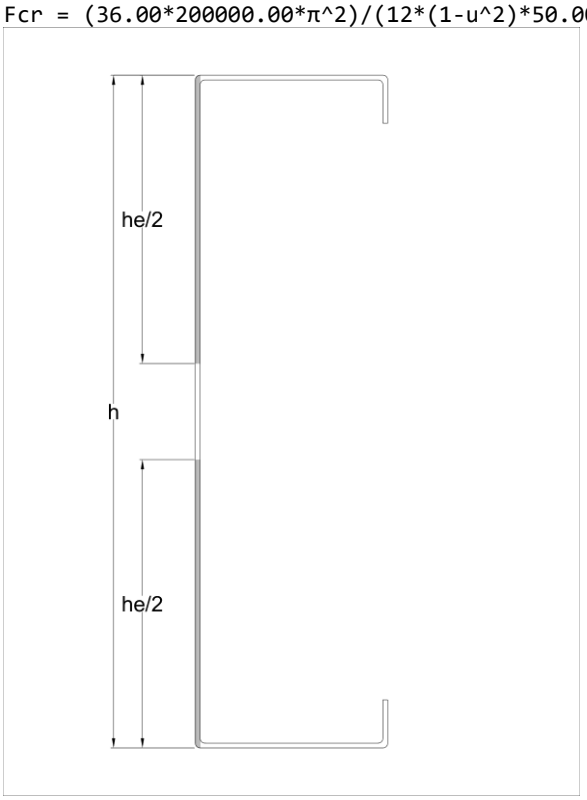
_____



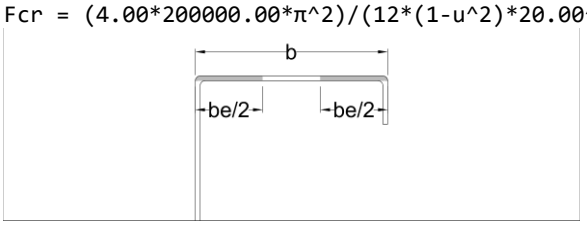
Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

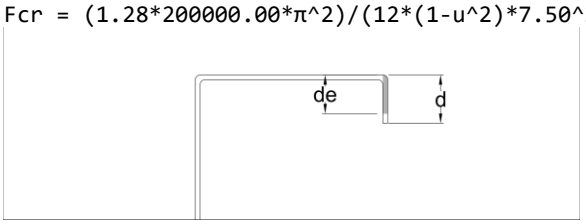
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 2602.97 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa

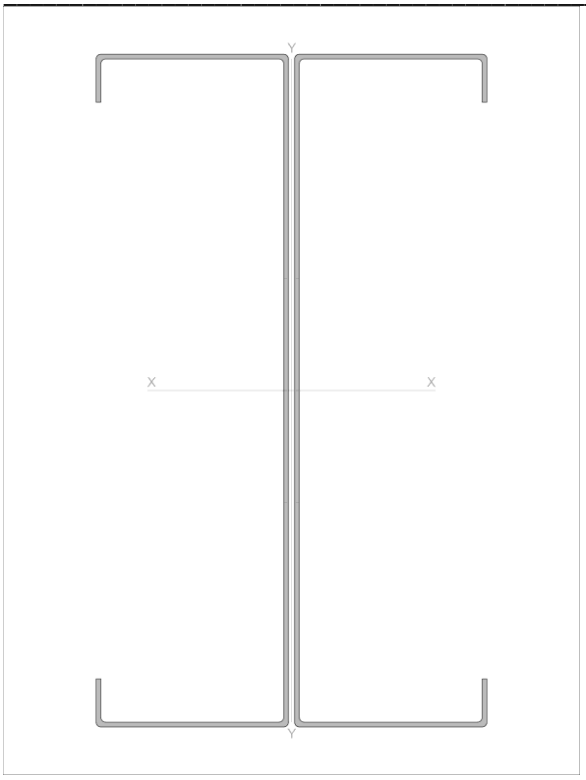


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion
_____

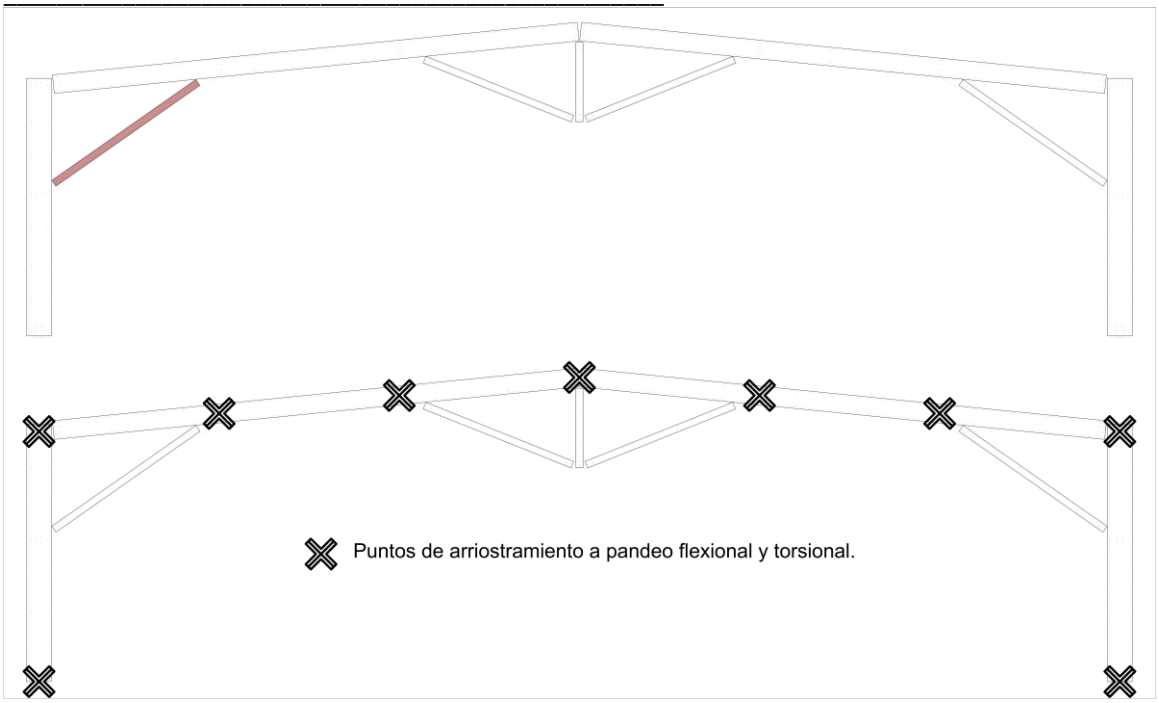
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion
_____



Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 305.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 305.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 305.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 305.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*305.00)/4.04 = 75.44
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*305.00)/1.56 = 148.22
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil λmy = ((λy)^2 + (a/ri)^2)^0.5
λmy = ((148.22)^2 + (50.00/1.56)^2)^0.5 = 151.64
Esbeltez global del elemento λ = max([λx , λmy])
λ = max([75.44 , 151.64]) = 151.64

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO D1
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 90.02 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 28.69 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 0.00 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO D1
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 151.64

151.64 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*8.08*(10)^-1 = 202.00 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*202.00 = 181.80 kN

Td = Tu_1 = 181.80 kN

Tu / Td = 90.02 / 181.80 = 0.50 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 151.64

151.64 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*305.00)/4.04 = 75.44
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/75.44^2 = 346.85 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/346.85)^0.5 = 0.85
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.85)^2)*250.00 = 122.83 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 122.83*8.08*(10)^-1 = 99.24 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*99.24 = 84.36 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*305.00)/1.56 = 148.22
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((148.22)^2 + (50.00/1.56)^2)^0.5 = 151.64
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/151.64^2 = 85.84 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/85.84)^0.5 = 1.71
λc > 1.5
Fcr = (0.877/(λc)^2)*Fy = (0.877/(1.71)^2)*250.00 = 75.28 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 75.28*8.08*(10)^-1 = 60.83 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*60.83 = 51.71 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*855.39)/(1.00*305.00)^2 +
77000.00*0.11)*(1/(132.08+34.22)) = 161.01 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/161.01)^0.5 = 1.25
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.25)^2)*250.00 = 88.09 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 88.09*8.08*(10)^-1 = 71.18 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*71.18 = 60.50 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([84.36 , 51.71 , 60.50]) = 51.71 kN

Pu / Pd = 28.69 / 51.71 = 0.55 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*26.42*(10)^-3 = 6.60 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*6.60 = 5.94 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 241.35 cm
Lb = 305.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb > Lr
305.00 > 241.35
C1 = E*Iy*G*J = 200000.00*34.22*77000.00*0.11 = 59015365162.24
C2 = (E^2)*Iy*Cw = (200000.00^2)*34.22*855.39 = 1170719117696441.50
C3 = (π/Lb)^2 = (π/305.00)^2 = 0.00
Mn_6 = Cb*((C3*C1+(C3^2)*C2)^0.5)*(10)^-3 =
1.00*((0.00*59015365162.24+(0.00^2)*1170719117696441.50)^0.5)*(10)^-3 = 4.41 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*4.41 = 3.97 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([5.94 , 3.97]) = 3.97 kNm

Mux / Mdx = 0.00 / 3.97 = 0.00 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*8.55*(10)^-3 = 2.14 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*2.14 = 1.92 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 1.92 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 20.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
20.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*3.20*(10)^-1 = 48.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*48.00 = 43.20 kN

Vdx = Vu_8 = 43.20 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 43.20 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 50.00
λw <= (E*kv/Fy)^0.5
50.00 <= 65.36
Vn_9 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*4.00*(10)^-1 = 60.00 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*60.00 = 54.00 kN

Vdy = Vu_9 = 54.00 kN

Vuy / Vdy = 0.00 / 54.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (0.00/3.97)^2 + (0.00/54.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/1.92)^2 + (0.00/43.20)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
90.02/181.80 + 0.00/3.97 + 0.00/1.92 = 0.50 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
28.69/51.71 + 0.00/3.97 + 0.00/1.92 = 0.55 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO D1
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.495	0.555	0.000	0.000	0.000	0.000	0.495	0.555

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO D2
::

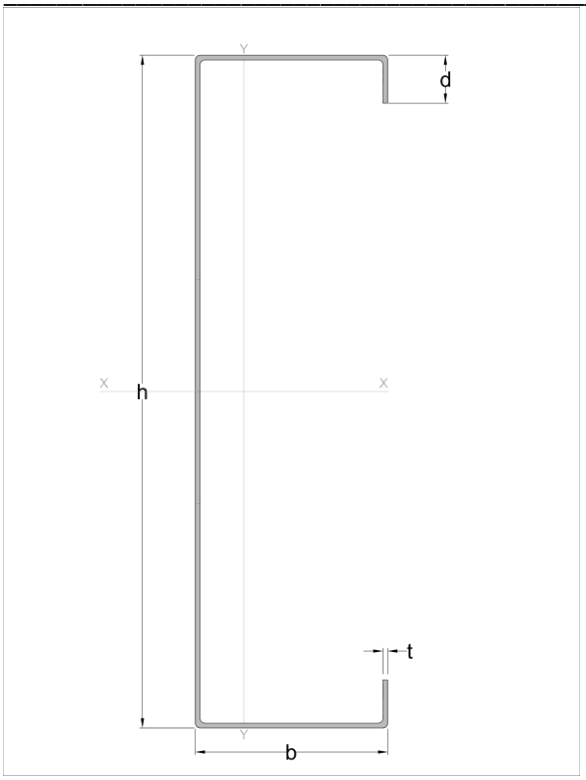
Propiedades del material

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion:][
Designacion: 100x40x15x2

Dimensiones de la seccion C



Altura total h: 10.00 cm
Ancho del ala b: 4.00 cm
Labio rigidizador d: 1.50 cm
Espesor t: 0.20 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

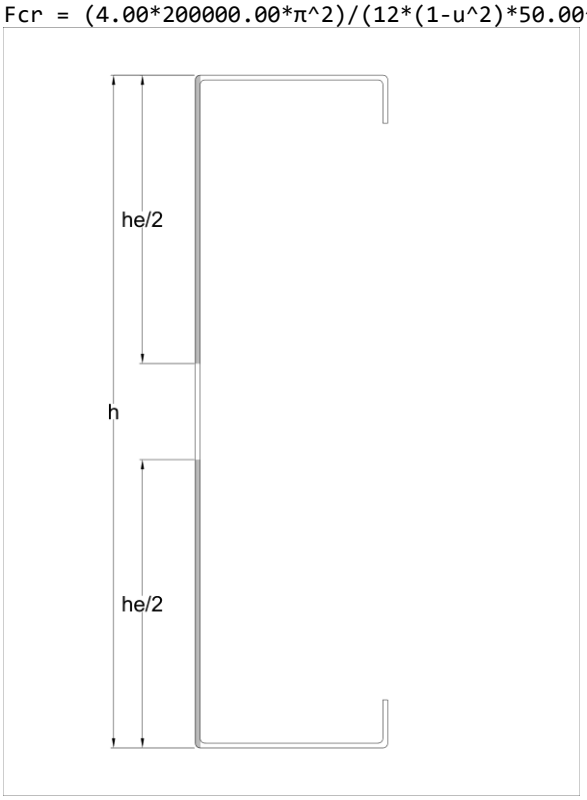
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

Esbelteces locales

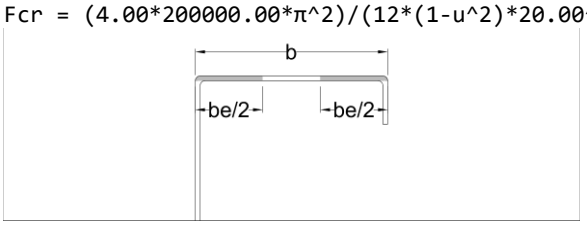
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (10.00)/(0.20) = 50.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (4.00)/(0.20) = 20.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (1.50)/(0.20) = 7.50$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

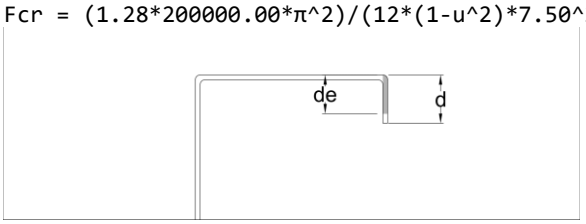
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 289.22 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa



Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion

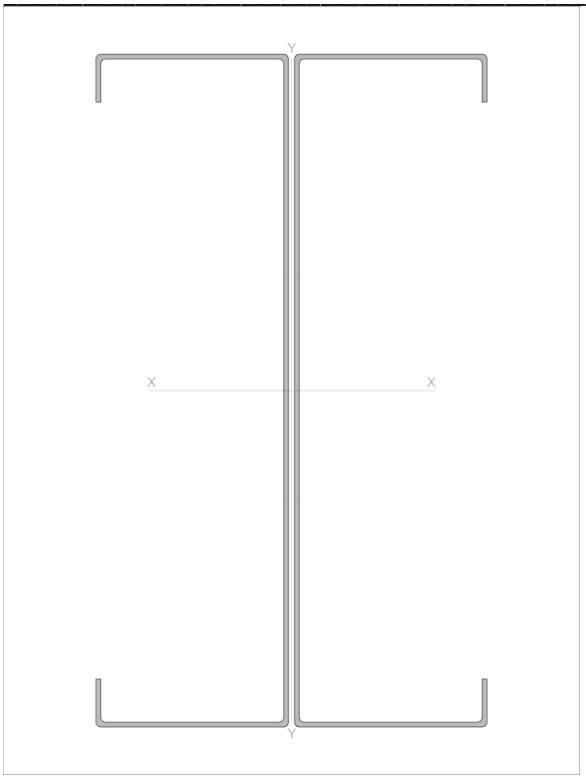
_____

Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion

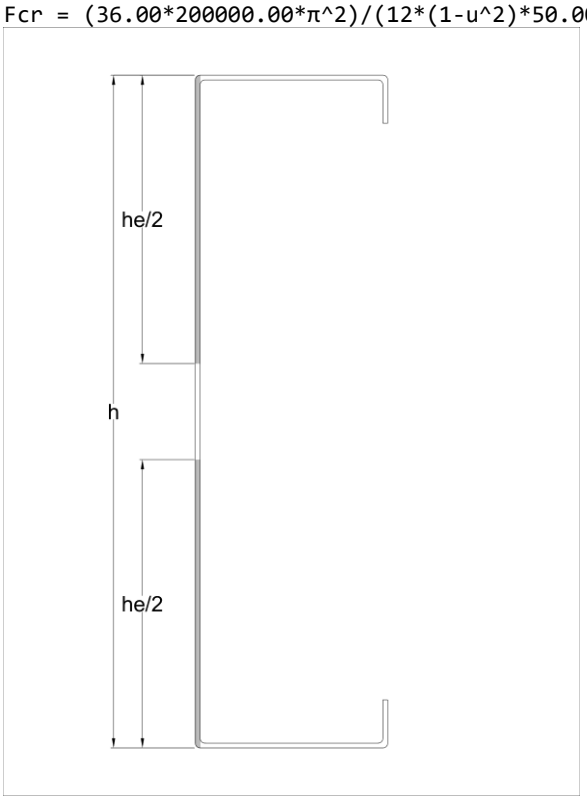
_____



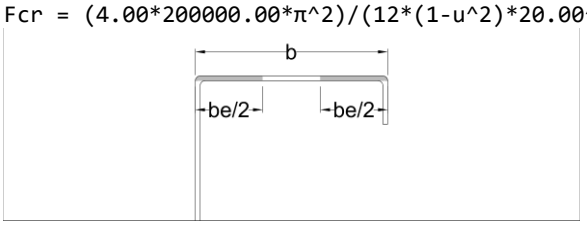
Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

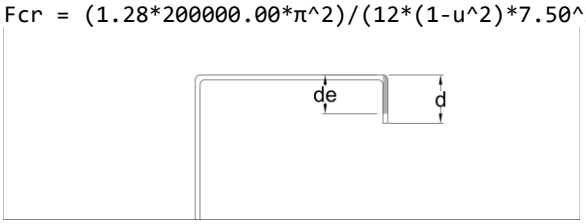
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 2602.97 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa



Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion

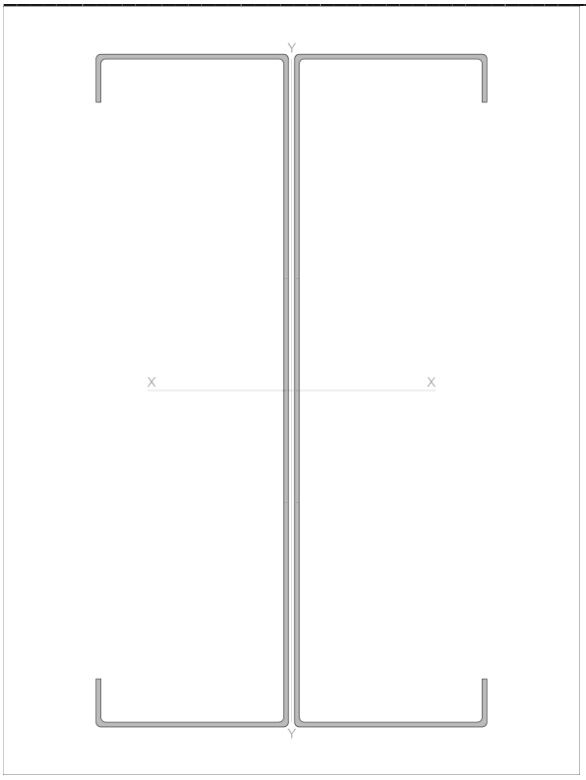
_____

Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____

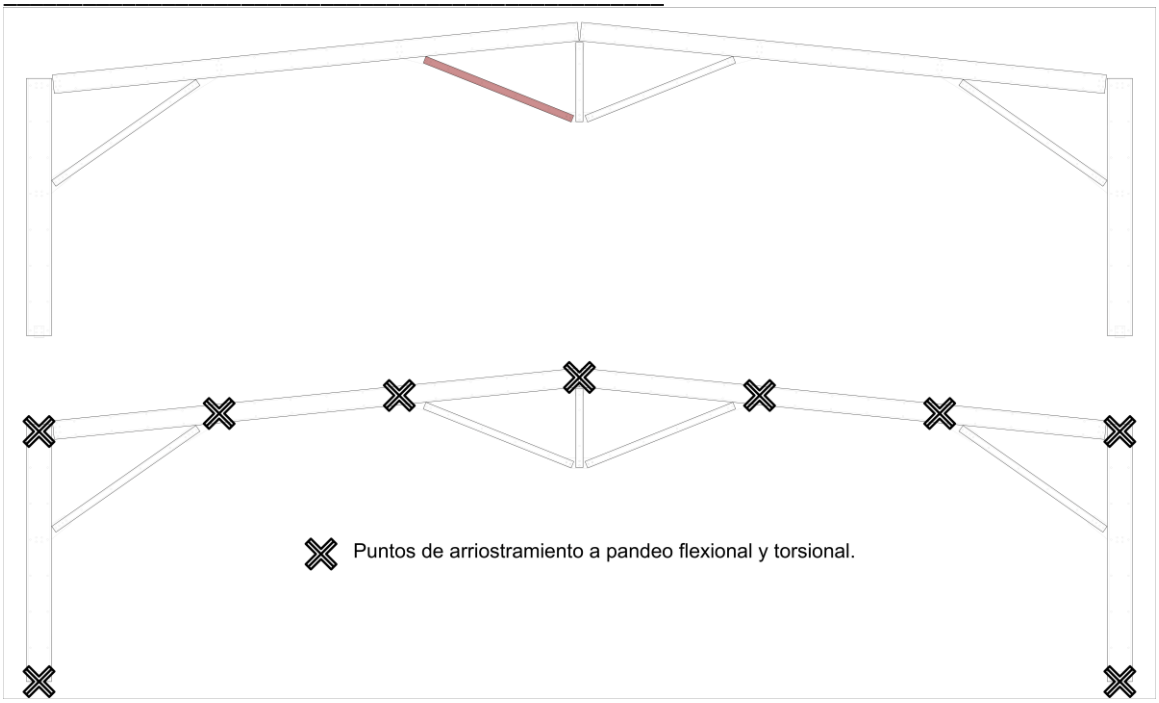
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion

_____



Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 269.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 269.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 269.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 269.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte $\lambda x = (kx*Lx)/rx$
$\lambda x = (1.00*269.00)/4.04 = 66.53$
Esbeltez del elemento respecto al eje debil $\lambda y = (ky*Ly)/ry$
$\lambda y = (1.00*269.00)/1.56 = 130.72$
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil $\lambda my = ((\lambda y)^2 + (a/ri)^2)^{0.5}$
$\lambda my = ((130.72)^2 + (50.00/1.56)^2)^{0.5} = 134.59$
Esbeltez global del elemento $\lambda = max([\lambda x , \lambda my])$
$\lambda = max([66.53 , 134.59]) = 134.59$

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO D2
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 9.99 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 26.76 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 0.00 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO D2
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 134.59

134.59 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*8.08*(10)^-1 = 202.00 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*202.00 = 181.80 kN

Td = Tu_1 = 181.80 kN

Tu / Td = 9.99 / 181.80 = 0.05 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 134.59

134.59 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*269.00)/4.04 = 66.53
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/66.53^2 = 445.90 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/445.90)^0.5 = 0.75
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.75)^2)*250.00 = 133.57 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 133.57*8.08*(10)^-1 = 107.93 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*107.93 = 91.74 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*269.00)/1.56 = 130.72
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((130.72)^2 + (50.00/1.56)^2)^0.5 = 134.59
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/134.59^2 = 108.97 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/108.97)^0.5 = 1.51
λc > 1.5
Fcr = (0.877/(λc)^2)*Fy = (0.877/(1.51)^2)*250.00 = 95.56 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 95.56*8.08*(10)^-1 = 77.22 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*77.22 = 65.63 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*855.39)/(1.00*269.00)^2 +
77000.00*0.11)*(1/(132.08+34.22)) = 192.18 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/192.18)^0.5 = 1.14
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.14)^2)*250.00 = 96.23 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 96.23*8.08*(10)^-1 = 77.75 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*77.75 = 66.09 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([91.74 , 65.63 , 66.09]) = 65.63 kN

Pu / Pd = 26.76 / 65.63 = 0.41 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*26.42*(10)^-3 = 6.60 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*6.60 = 5.94 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 241.35 cm
Lb = 269.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb > Lr
269.00 > 241.35
C1 = E*Iy*G*J = 200000.00*34.22*77000.00*0.11 = 59015365162.24
C2 = (E^2)*Iy*Cw = (200000.00^2)*34.22*855.39 = 1170719117696441.50
C3 = (π/Lb)^2 = (π/269.00)^2 = 0.00
Mn_6 = Cb*((C3*C1+(C3^2)*C2)^0.5)*(10)^-3 =
1.00*((0.00*59015365162.24+(0.00^2)*1170719117696441.50)^0.5)*(10)^-3 = 5.46 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*5.46 = 4.92 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([5.94 , 4.92]) = 4.92 kNm

Mux / Mdx = 0.00 / 4.92 = 0.00 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*8.55*(10)^-3 = 2.14 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*2.14 = 1.92 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 1.92 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 20.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
20.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*3.20*(10)^-1 = 48.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*48.00 = 43.20 kN

Vdx = Vu_8 = 43.20 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 43.20 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 50.00
λw <= (E*kv/Fy)^0.5
50.00 <= 65.36
Vn_9 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*4.00*(10)^-1 = 60.00 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*60.00 = 54.00 kN

Vdy = Vu_9 = 54.00 kN

Vuy / Vdy = 0.00 / 54.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (0.00/4.92)^2 + (0.00/54.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/1.92)^2 + (0.00/43.20)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
9.99/181.80 + 0.00/4.92 + 0.00/1.92 = 0.05 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
26.76/65.63 + 0.00/4.92 + 0.00/1.92 = 0.41 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO D2
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.055	0.408	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.408

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO D3
::

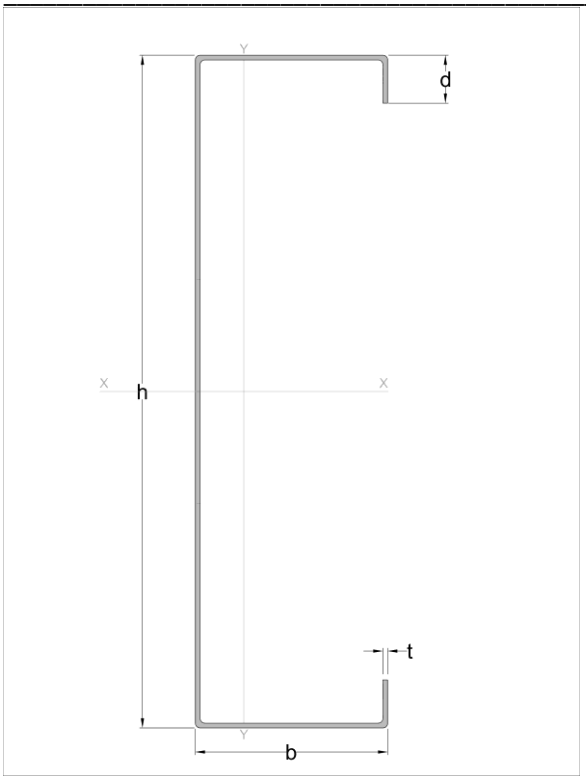
Propiedades del material

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion:][
Designacion: 100x40x15x2

Dimensiones de la seccion C



Altura total h: 10.00 cm
Ancho del ala b: 4.00 cm
Labio rigidizador d: 1.50 cm
Espesor t: 0.20 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

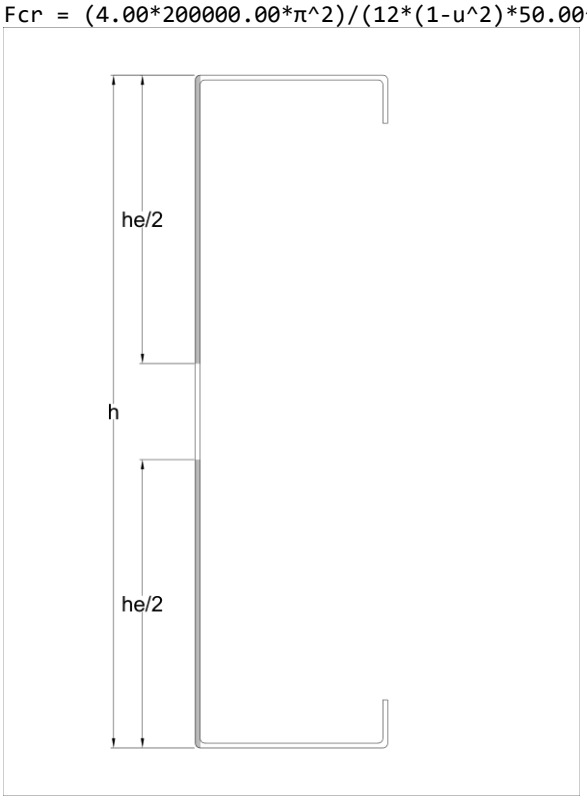
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

Esbelteces locales

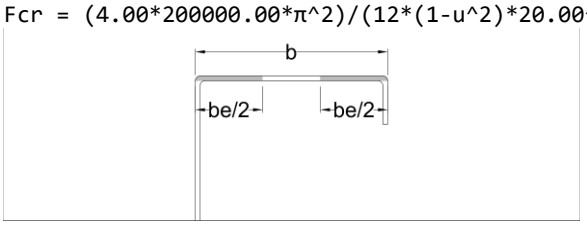
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (10.00)/(0.20) = 50.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (4.00)/(0.20) = 20.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (1.50)/(0.20) = 7.50$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

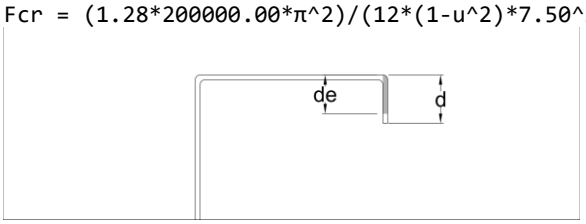
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 289.22 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa



Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion

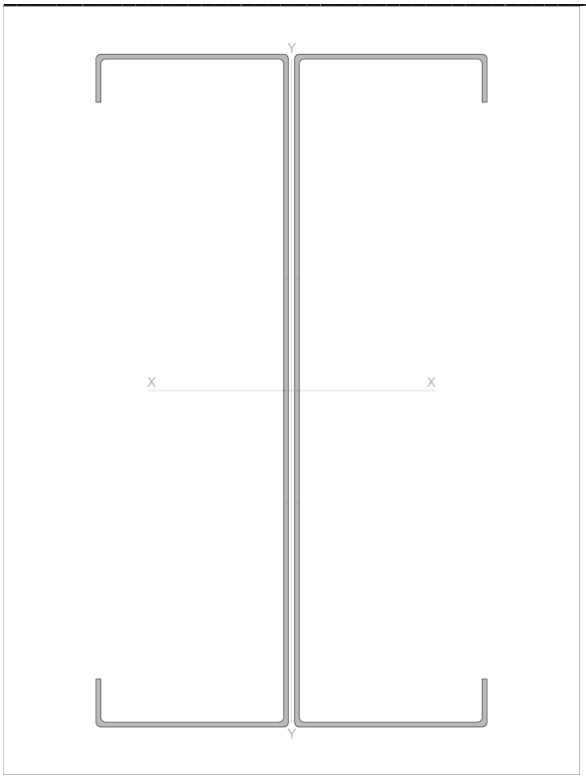
_____

Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion

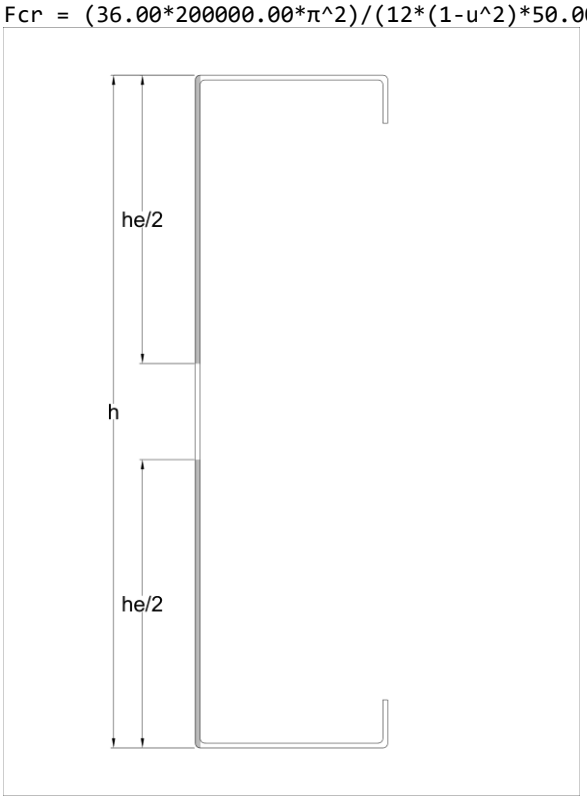
_____



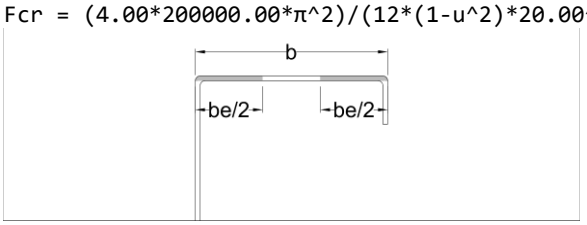
Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

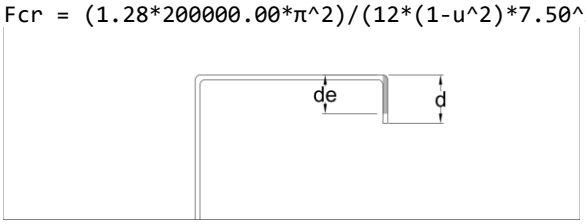
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 2602.97 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa

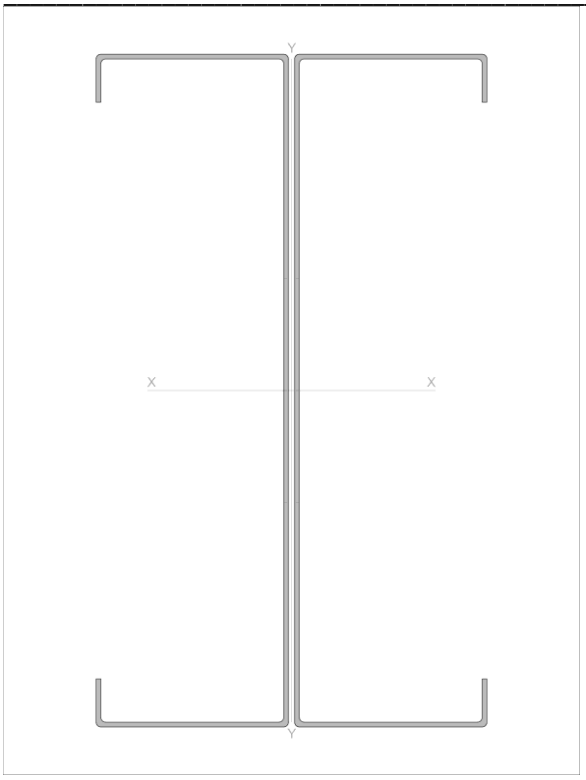


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion
_____

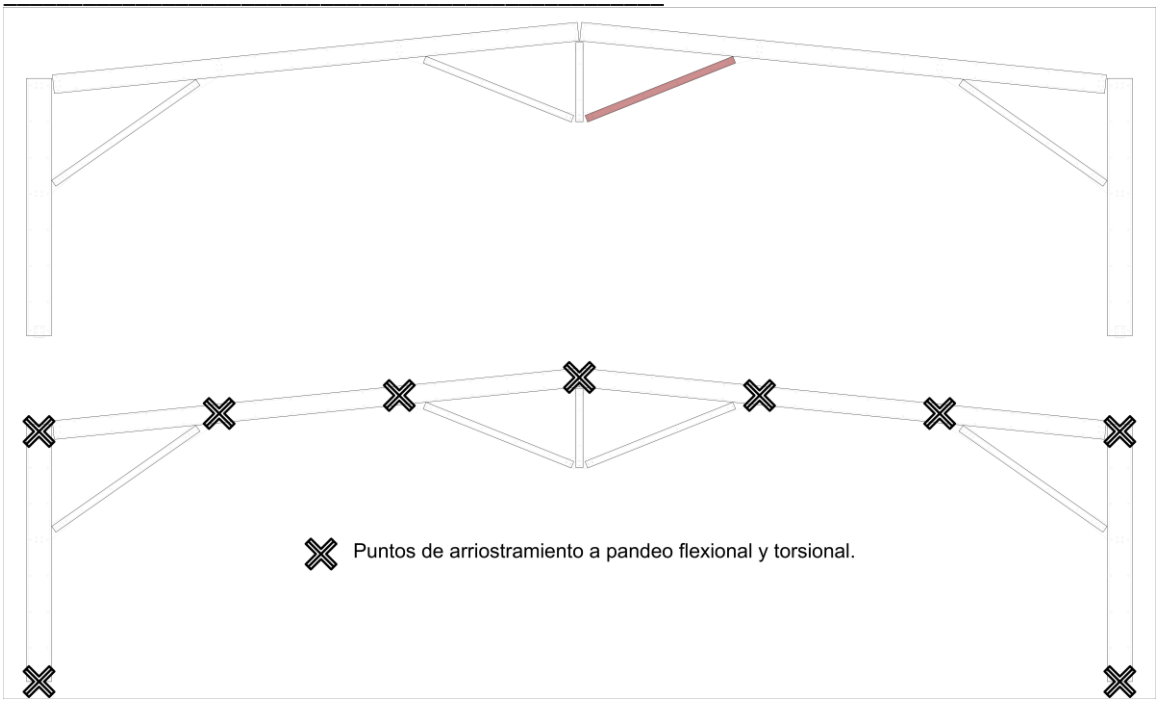
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion
_____



Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 269.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 269.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 269.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 269.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte λx = (kx*Lx)/rx
λx = (1.00*269.00)/4.04 = 66.53
Esbeltez del elemento respecto al eje debil λy = (ky*Ly)/ry
λy = (1.00*269.00)/1.56 = 130.72
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil λmy = ((λy)^2 + (a/ri)^2)^0.5
λmy = ((130.72)^2 + (50.00/1.56)^2)^0.5 = 134.59
Esbeltez global del elemento λ = max([λx , λmy])
λ = max([66.53 , 134.59]) = 134.59

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO D3
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 9.99 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 26.76 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 0.00 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO D3
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 134.59

134.59 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*8.08*(10)^-1 = 202.00 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*202.00 = 181.80 kN

Td = Tu_1 = 181.80 kN

Tu / Td = 9.99 / 181.80 = 0.05 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 134.59

134.59 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*269.00)/4.04 = 66.53
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/66.53^2 = 445.90 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/445.90)^0.5 = 0.75
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.75)^2)*250.00 = 133.57 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 133.57*8.08*(10)^-1 = 107.93 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*107.93 = 91.74 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*269.00)/1.56 = 130.72
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((130.72)^2 + (50.00/1.56)^2)^0.5 = 134.59
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/134.59^2 = 108.97 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/108.97)^0.5 = 1.51
λc > 1.5
Fcr = (0.877/(λc)^2)*Fy = (0.877/(1.51)^2)*250.00 = 95.56 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 95.56*8.08*(10)^-1 = 77.22 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*77.22 = 65.63 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*855.39)/(1.00*269.00)^2 +
77000.00*0.11)*(1/(132.08+34.22)) = 192.18 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/192.18)^0.5 = 1.14
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.14)^2)*250.00 = 96.23 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 96.23*8.08*(10)^-1 = 77.75 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*77.75 = 66.09 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([91.74 , 65.63 , 66.09]) = 65.63 kN

Pu / Pd = 26.76 / 65.63 = 0.41 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*26.42*(10)^-3 = 6.60 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*6.60 = 5.94 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 241.35 cm
Lb = 269.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb > Lr
269.00 > 241.35
C1 = E*Iy*G*J = 200000.00*34.22*77000.00*0.11 = 59015365162.24
C2 = (E^2)*Iy*Cw = (200000.00^2)*34.22*855.39 = 1170719117696441.50
C3 = (π/Lb)^2 = (π/269.00)^2 = 0.00
Mn_6 = Cb*((C3*C1+(C3^2)*C2)^0.5)*(10)^-3 =
1.00*((0.00*59015365162.24+(0.00^2)*1170719117696441.50)^0.5)*(10)^-3 = 5.46 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*5.46 = 4.92 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([5.94 , 4.92]) = 4.92 kNm

Mux / Mdx = 0.00 / 4.92 = 0.00 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*8.55*(10)^-3 = 2.14 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*2.14 = 1.92 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 1.92 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 20.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
20.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*3.20*(10)^-1 = 48.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*48.00 = 43.20 kN

Vdx = Vu_8 = 43.20 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 43.20 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 50.00
λw <= (E*kv/Fy)^0.5
50.00 <= 65.36
Vn_9 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*4.00*(10)^-1 = 60.00 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*60.00 = 54.00 kN

Vdy = Vu_9 = 54.00 kN

Vuy / Vdy = 0.00 / 54.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (0.00/4.92)^2 + (0.00/54.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/1.92)^2 + (0.00/43.20)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
9.99/181.80 + 0.00/4.92 + 0.00/1.92 = 0.05 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
26.76/65.63 + 0.00/4.92 + 0.00/1.92 = 0.41 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO D3
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.055	0.408	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.408

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO D4
::

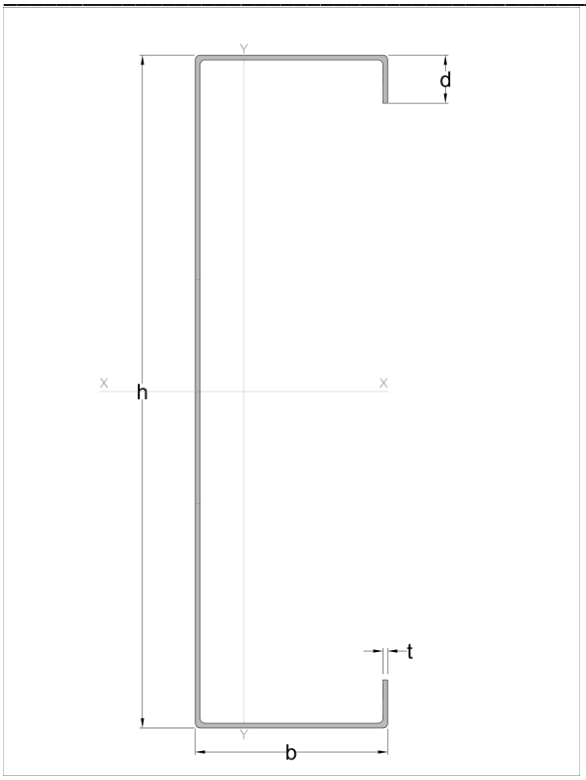
Propiedades del material

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion:][
Designacion: 100x40x15x2

Dimensiones de la seccion C



Altura total h: 10.00 cm
Ancho del ala b: 4.00 cm
Labio rigidizador d: 1.50 cm
Espesor t: 0.20 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

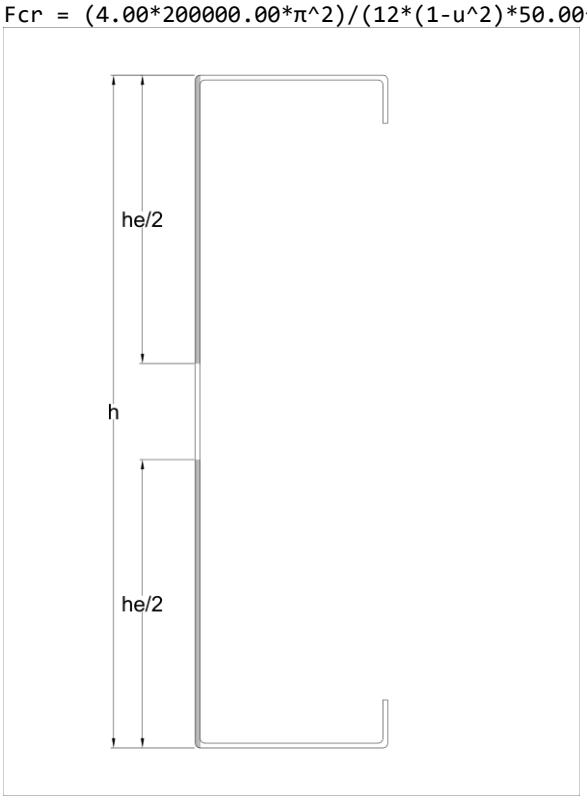
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

Esbelteces locales

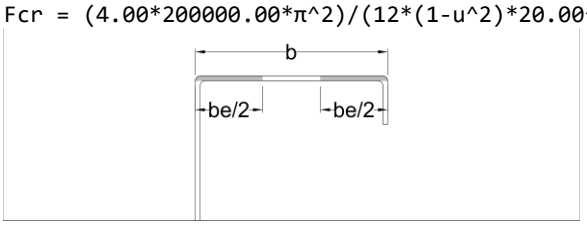
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (10.00)/(0.20) = 50.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (4.00)/(0.20) = 20.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (1.50)/(0.20) = 7.50$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

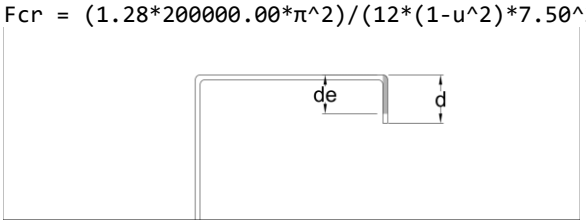
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 289.22 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa



Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion

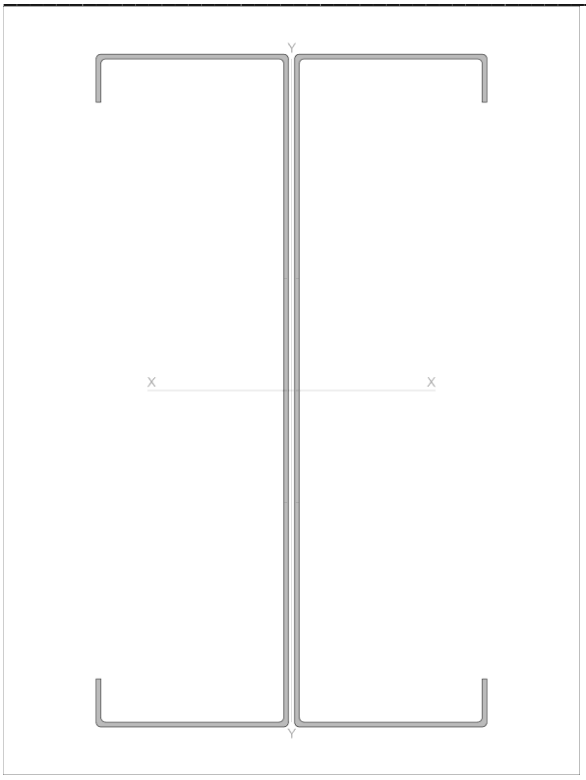
_____

Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion

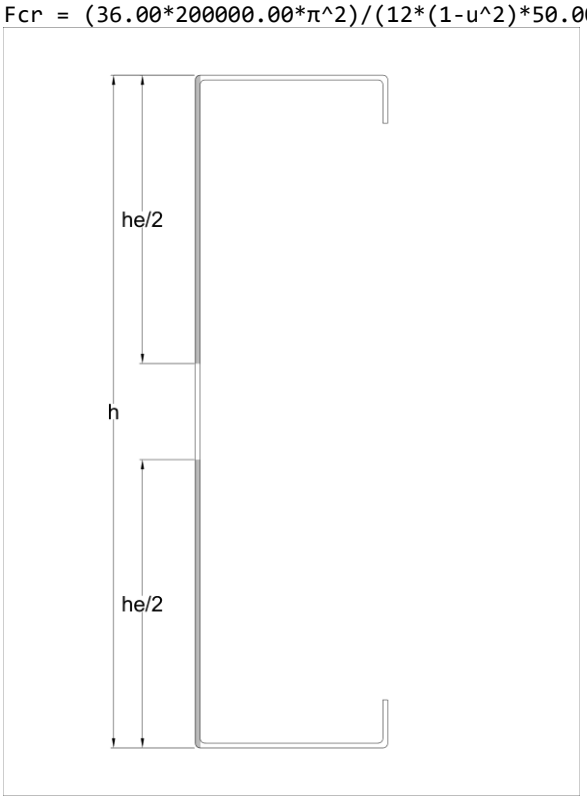
_____



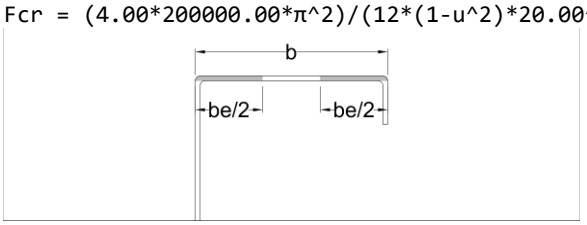
Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

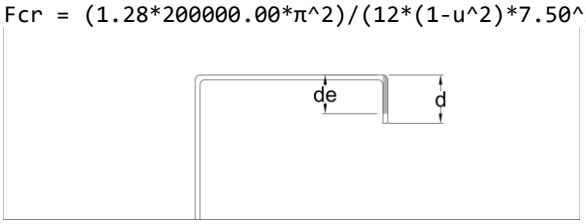
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 2602.97 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa

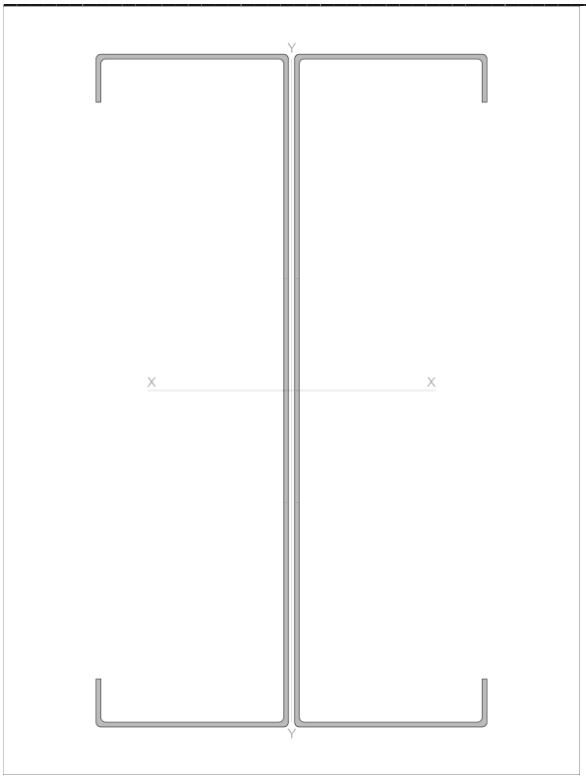


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion
_____

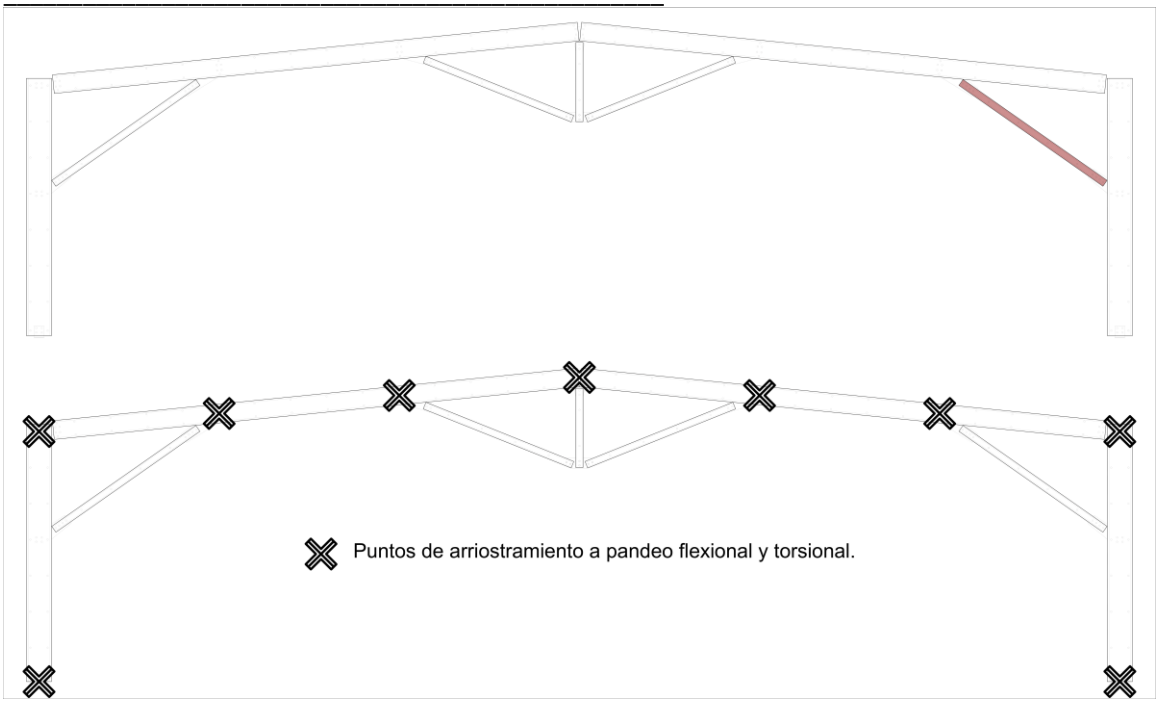
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion
_____



Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 305.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 305.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 305.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 305.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte $\lambda x = (kx*Lx)/rx$
$\lambda x = (1.00*305.00)/4.04 = 75.44$
Esbeltez del elemento respecto al eje debil $\lambda y = (ky*Ly)/ry$
$\lambda y = (1.00*305.00)/1.56 = 148.22$
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil $\lambda my = ((\lambda y)^2 + (a/ri)^2)^{0.5}$
$\lambda my = ((148.22)^2 + (50.00/1.56)^2)^{0.5} = 151.64$
Esbeltez global del elemento $\lambda = max([\lambda x , \lambda my])$
$\lambda = max([75.44 , 151.64]) = 151.64$

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO D4
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 90.02 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 28.69 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 0.00 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO D4
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 151.64

151.64 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*8.08*(10)^-1 = 202.00 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*202.00 = 181.80 kN

Td = Tu_1 = 181.80 kN

Tu / Td = 90.02 / 181.80 = 0.50 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 151.64

151.64 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*305.00)/4.04 = 75.44
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/75.44^2 = 346.85 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/346.85)^0.5 = 0.85
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.85)^2)*250.00 = 122.83 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 122.83*8.08*(10)^-1 = 99.24 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*99.24 = 84.36 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*305.00)/1.56 = 148.22
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((148.22)^2 + (50.00/1.56)^2)^0.5 = 151.64
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/151.64^2 = 85.84 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/85.84)^0.5 = 1.71
λc > 1.5
Fcr = (0.877/(λc)^2)*Fy = (0.877/(1.71)^2)*250.00 = 75.28 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 75.28*8.08*(10)^-1 = 60.83 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*60.83 = 51.71 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*855.39)/(1.00*305.00)^2 +
77000.00*0.11)*(1/(132.08+34.22)) = 161.01 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/161.01)^0.5 = 1.25
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.25)^2)*250.00 = 88.09 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 88.09*8.08*(10)^-1 = 71.18 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*71.18 = 60.50 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([84.36 , 51.71 , 60.50]) = 51.71 kN

Pu / Pd = 28.69 / 51.71 = 0.55 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*26.42*(10)^-3 = 6.60 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*6.60 = 5.94 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 241.35 cm
Lb = 305.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb > Lr
305.00 > 241.35
C1 = E*Iy*G*J = 200000.00*34.22*77000.00*0.11 = 59015365162.24
C2 = (E^2)*Iy*Cw = (200000.00^2)*34.22*855.39 = 1170719117696441.50
C3 = (π/Lb)^2 = (π/305.00)^2 = 0.00
Mn_6 = Cb*((C3*C1+(C3^2)*C2)^0.5)*(10)^-3 =
1.00*((0.00*59015365162.24+(0.00^2)*1170719117696441.50)^0.5)*(10)^-3 = 4.41 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*4.41 = 3.97 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([5.94 , 3.97]) = 3.97 kNm

Mux / Mdx = 0.00 / 3.97 = 0.00 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*8.55*(10)^-3 = 2.14 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*2.14 = 1.92 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 1.92 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 20.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
20.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*3.20*(10)^-1 = 48.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*48.00 = 43.20 kN

Vdx = Vu_8 = 43.20 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 43.20 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 50.00
λw <= (E*kv/Fy)^0.5
50.00 <= 65.36
Vn_9 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*4.00*(10)^-1 = 60.00 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*60.00 = 54.00 kN

Vdy = Vu_9 = 54.00 kN

Vuy / Vdy = 0.00 / 54.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (0.00/3.97)^2 + (0.00/54.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/1.92)^2 + (0.00/43.20)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
90.02/181.80 + 0.00/3.97 + 0.00/1.92 = 0.50 <= 1
VERIFICA

COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
28.69/51.71 + 0.00/3.97 + 0.00/1.92 = 0.55 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO D4
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.495	0.555	0.000	0.000	0.000	0.000	0.495	0.555

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DEL ELEMENTO M1
::

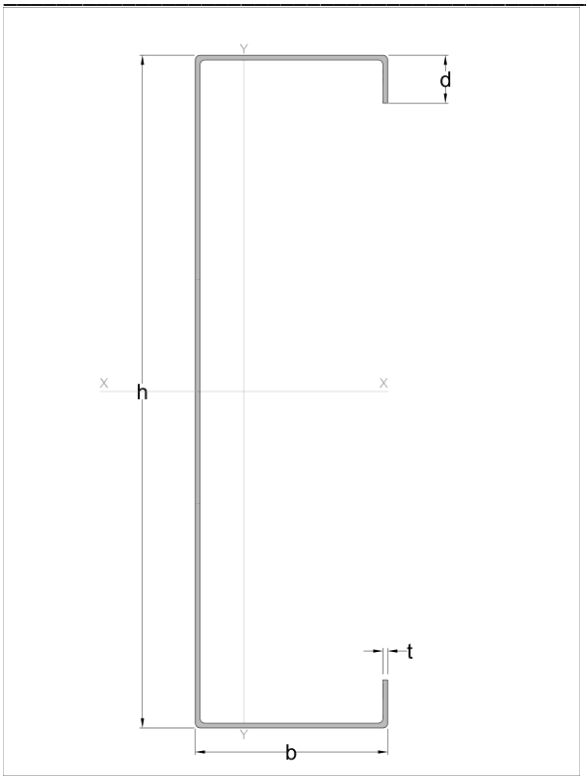
Propiedades del material

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Informacion general de la seccion transversal

Tipo de seccion:][
Designacion: 100x40x15x2

Dimensiones de la seccion C



Altura total h: 10.00 cm
Ancho del ala b: 4.00 cm
Labio rigidizador d: 1.50 cm
Espesor t: 0.20 cm

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C

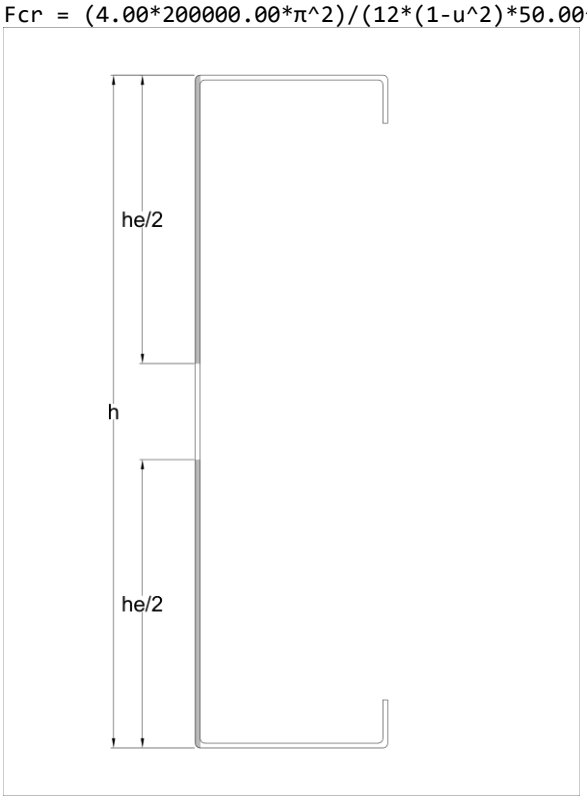
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

Esbelteces locales

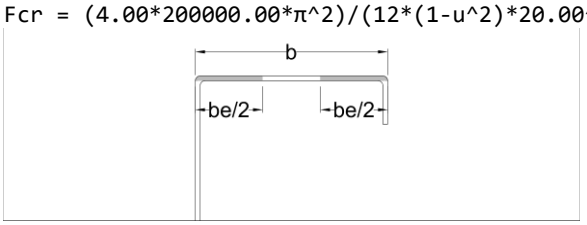
Esbeltez del alma $\lambda w = h/t$
$\lambda w = (10.00)/(0.20) = 50.00$
Esbeltez del ala $\lambda f = b/t$
$\lambda f = (4.00)/(0.20) = 20.00$
Esbeltez del labio rigidizador $\lambda l = d/t$
$\lambda l = (1.50)/(0.20) = 7.50$

Calculo de la seccion efectiva - Compresion

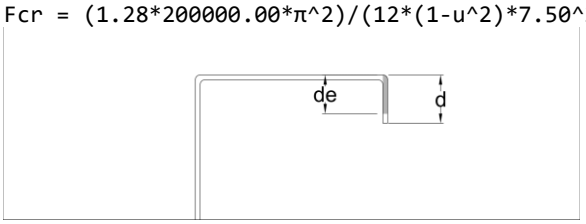
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 289.22 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa



Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Compresion

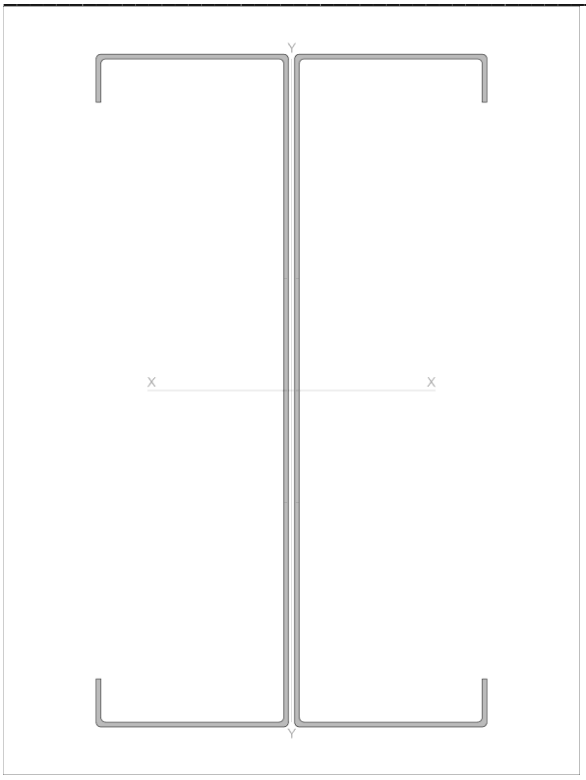
_____

Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____

Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Compresion

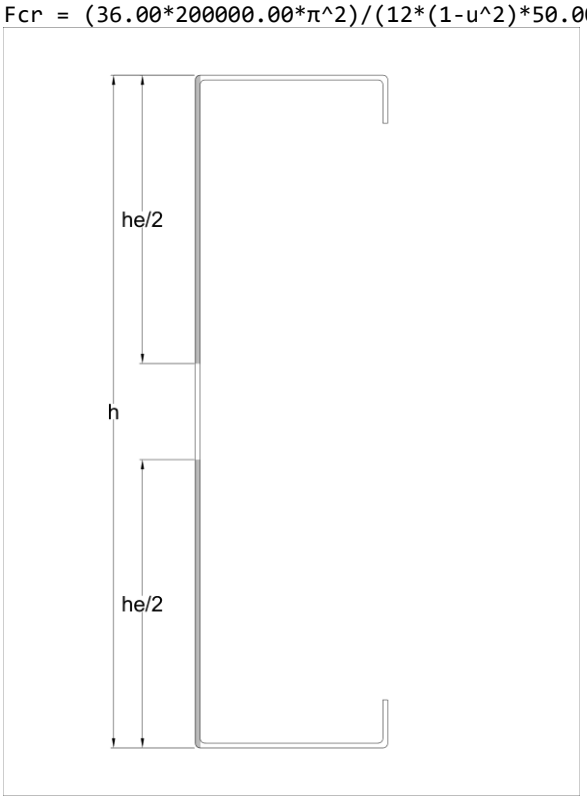
_____



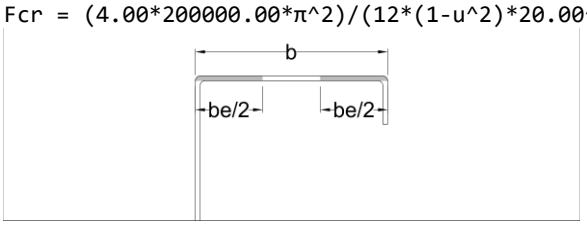
Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Calculo de la seccion efectiva - Flexion

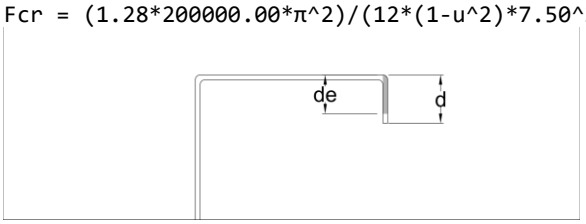
Alma - Coeficiente de abolladura de placa k: 36.00
Alma - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λw^2)
Fcr = (36.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*50.00^2) = 2602.97 MPa



Alma - Ancho efectivo he = ρ*h = 1.00*10.00 = 10.00 cm
Ala - Coeficiente de abolladura de placa k: 4.00
Ala - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λf^2)
Fcr = (4.00*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*20.00^2) = 1807.62 MPa



Ala - Ancho efectivo be = ρ*b = 1.00*4.00 = 4.00 cm
Labio - Coeficiente de abolladura de placa k: 1.28
Labio - Tension critica Fcr = (k*E*π^2)/(12*(1-u^2)*λl^2)
Fcr = (1.28*200000.00*π^2)/(12*(1-u^2)*7.50^2) = 4103.70 MPa

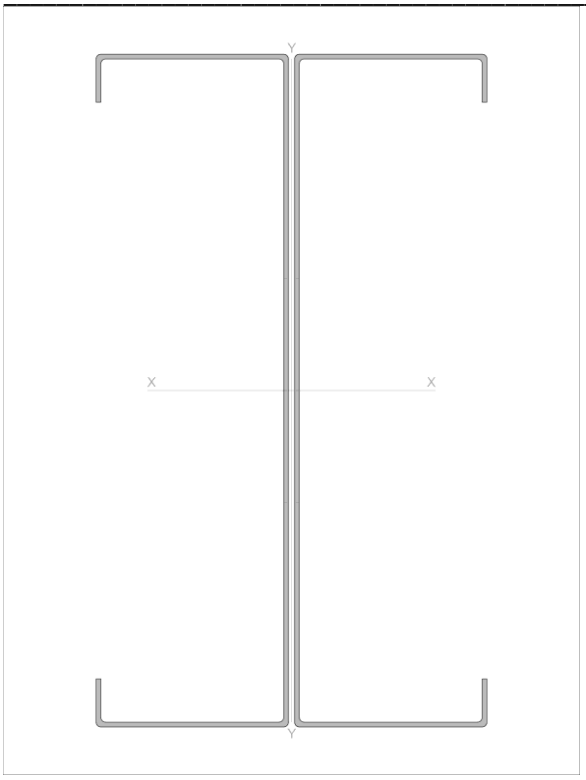


Labio - Ancho efectivo de = ρ*d = 1.00*1.50 = 1.50 cm

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion C - Flexion
_____

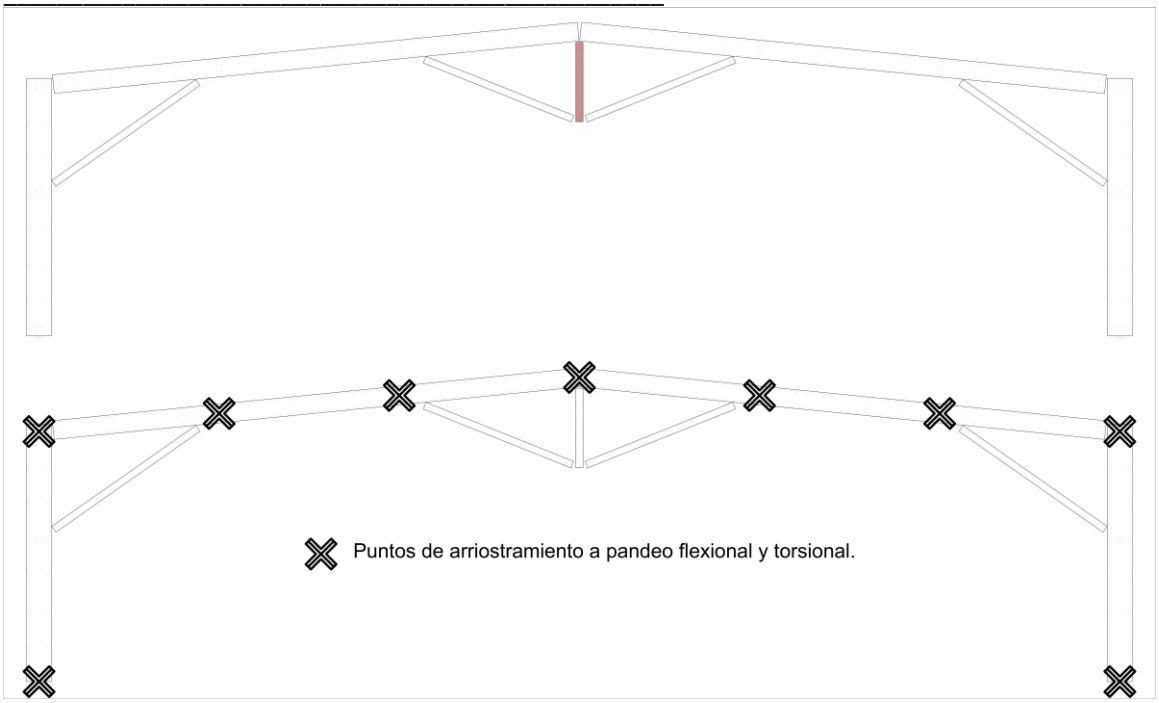
Area bruta Ag: 4.04 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 66.04 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 9.84 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 1.56 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 13.21 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wys: 3.70 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wyi: 7.33 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 245.91 cm^6
Modulo de torsion J: 0.06 cm^4

_____
Propiedades de la seccion transversal - Seccion COMPUESTA - Flexion
_____



Area bruta Ag: 8.08 cm^2
Inercia respecto al eje fuerte Ix: 132.08 cm^4
Inercia respecto al eje debil Iy: 34.22 cm^4
Radio de giro respecto al eje fuerte rx: 4.04 cm
Radio de giro respecto al eje debil ry: 2.06 cm
Modulo elastico respecto al eje fuerte Wx: 26.42 cm^3
Modulo elastico respecto al eje debil Wy: 8.55 cm^3
Modulo de alabeo Cw: 855.39 cm^6
Modulo de torsion J: 0.11 cm^4

Parametros de diseño



Separacion entre perfiles s: 0.32 cm
Separacion longitudinal entre bulones a: 50.00 cm
Longitud del elemento L: 125.00 cm
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje fuerte: 0
Puntos interiores de arriostramiento lateral respecto al eje debil: 0
Puntos interiores de arriostramiento a torsion: 0
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje fuerte Lx: 125.00 cm
Longitud no arriostrada lateralmente respecto al eje debil Ly: 125.00 cm
Longitud no arriostrada a torsion Lt: 125.00 cm
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje fuerte kx: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo flexional respecto al eje debil ky: 1.00
Coeficiente de longitud efectiva para pandeo lateral torsional kt: 1.00

Esbelteces globales

Esbeltez del elemento respecto al eje fuerte $\lambda x = (kx*Lx)/rx$
$\lambda x = (1.00*125.00)/4.04 = 30.92$
Esbeltez del elemento respecto al eje debil $\lambda y = (ky*Ly)/ry$
$\lambda y = (1.00*125.00)/1.56 = 60.74$
Esbeltez modificada del elemento respecto al eje debil $\lambda my = ((\lambda y)^2 + (a/ri)^2)^{0.5}$
$\lambda my = ((60.74)^2 + (50.00/1.56)^2)^{0.5} = 68.68$
Esbeltez global del elemento $\lambda = \max([\lambda x , \lambda my])$
$\lambda = \max([30.92 , 68.68]) = 68.68$

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DEL ELEMENTO M1
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 20.07 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 7.23 kN

_____
Esfuerzo de flexion
_____

Mux: 0.00 kNm
Muy: 0.00 kNm

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vux: 0.00 kN
Vuy: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DEL ELEMENTO M1
::

A continuacion se exhiben los Estados Limites Ultimos asociados a cada esfuerzo interno.

_____
Resistencia de diseño a traccion Tu = ϕt*Tn
_____

(1)Fluencia en el area bruta.

Td = Tu_1

_____
Resistencia de diseño a compresion Pu = ϕc*Pn
_____

(2)Pandeo flexional respecto al eje fuerte.
(3)Pandeo flexional respecto al eje debil.
(4)Pandeo torsional.

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4])

_____
Resistencia de diseño a flexion Mu = ϕb*Mn
_____

Respecto al eje fuerte
(5)Momento elastico.

(6)Pandeo lateral torsional (LTB).

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6])

Respecto al eje debil
(7)Momento elastico.

Mdy = Mu_7

Resistencia de diseño a corte Vu = ϕs*Vn

En la direccion del eje fuerte
(8)Plastificacion o pandeo local de las alas.

Vdx = Vu_8

En la direccion del eje debil
(9)Plastificacion o pandeo local del alma.

Vdy = Vu_9

Interaccion flexion + corte.

Resistencia de diseño a solicitaciones combinadas P/Ag + Mx/Wx +My/Wy <= 1

Interaccion traccion + flexion.

Interaccion compresion + flexion.

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION

::

ESBELTEZ LIMITE

Esbeltez limite para elementos a traccion λ <= λlim <= 300

Esbeltez global del elemento λ = 68.68

68.68 <= 300 VERIFICA

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_1 = 0.90

Tn_1 = Fy*Ag*(10)^-1 = 250.00*8.08*(10)^-1 = 202.00 kN

Tu_1 = ϕt_1*Tn_1 = 0.90*202.00 = 181.80 kN

Td = Tu_1 = 181.80 kN

Tu / Td = 20.07 / 181.80 = 0.11 <= 1 VERIFICA

::

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION

::

ESBELTEZ GLOBAL LIMITE

Esbeltez limite para elementos a compresion λ <= λlim <= 200

Esbeltez global del elemento λ = 68.68

68.68 <= 200 VERIFICA

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE FUERTE

λ = (kx*Lx)/rx = (1.00*125.00)/4.04 = 30.92
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/30.92^2 = 2065.01 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/2065.01)^0.5 = 0.35
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.35)^2)*250.00 = 186.83 MPa
ϕc_2 = 0.85
Pn_2 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 186.83*8.08*(10)^-1 = 150.96 kN
Pu_2 = ϕc_2*Pn_2 = 0.85*150.96 = 128.31 kN

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
λ = (ky*Ly)/ry = (1.00*125.00)/1.56 = 60.74
λm = ((λ)^2 + (a/ri)^2)^0.5 = ((60.74)^2 + (50.00/1.56)^2)^0.5 = 68.68
Fe = (π^2*E)/λm^2= (π^2*200000.00)/68.68^2 = 418.50 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/418.50)^0.5 = 0.77
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.77)^2)*250.00 = 130.90 MPa
ϕc_3 = 0.85
Pn_3 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 130.90*8.08*(10)^-1 = 105.77 kN
Pu_3 = ϕc_3*Pn_3 = 0.85*105.77 = 89.91 kN

PANDEO TORSIONAL
Fe = ((π^2*E*Cw)/(kt*Lt)^2 + G*J)*(1/(Ix+Iy)) = ((π^2*200000.00*855.39)/(1.00*125.00)^2 +
77000.00*0.11)*(1/(132.08+34.22)) = 701.70 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/701.70)^0.5 = 0.60
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.60)^2)*250.00 = 151.68 MPa
ϕc_4 = 0.90
Pn_4 = Fcr*Ag*(10)^-1 = 151.68*8.08*(10)^-1 = 122.56 kN
Pu_4 = ϕc_4*Pn_4 = 0.85*122.56 = 104.18 kN

Pd = min([Pu_2 , Pu_3 , Pu_4]) = min([128.31 , 89.91 , 104.18]) = 89.91 kN

Pu / Pd = 7.23 / 89.91 = 0.08 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A FLEXION
::

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE FUERTE
ϕb_5 = 0.90
Mn_5 = Fy*Wx*(10)^-3 = 250.00*26.42*(10)^-3 = 6.60 kNm
Mu_5 = ϕb_5*Mn_5 = 0.90*6.60 = 5.94 kNm

PANDEO LATERAL TORSIONAL (LTB)
Lr = 241.35 cm
Lb = 125.00 cm
ϕb_6 = 0.90
Lb <= Lr
125.00 <= 241.35
Mn_6 = Mr = 6.60 kNm
Mu_6 = ϕb_6*Mn_6 = 0.90*6.60 = 5.94 kNm

Mdx = min([Mu_5 , Mu_6]) = min([5.94 , 5.94]) = 5.94 kNm

Mux / Mdx = 0.00 / 5.94 = 0.00 <= 1 VERIFICA

MOMENTO ELASTICO RESPECTO AL EJE DEBIL
ϕb_7 = 0.90
Mn_7 = Fy*Wy*(10)^-3 = 250.00*8.55*(10)^-3 = 2.14 kNm
Mu_7 = ϕb_7*Mn_7 = 0.90*2.14 = 1.92 kNm

Muy / Mdy = 0.00 / 1.92 = 0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE
::

EN DIRECCION X
ϕs_8 = 0.90
λf = 20.00
λf <= (E*kv/Fy)^0.5
20.00 <= 65.36
Vn_8 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*3.20*(10)^-1 = 48.00 kN
Vu_8 = ϕs_8*Vn_8 = 0.90*48.00 = 43.20 kN

Vdx = Vu_8 = 43.20 kN

Vux / Vdx = 0.00 / 43.20 = 0.00 <= 1 VERIFICA

EN DIRECCION X
ϕs_9 = 0.90
λw = 50.00
λw <= (E*kv/Fy)^0.5
50.00 <= 65.36
Vn_9 = 0.6*Fy*Av*(10)^-1 = 0.6*250.00*4.00*(10)^-1 = 60.00 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*60.00 = 54.00 kN

Vdy = Vu_9 = 54.00 kN

Vuy / Vdy = 0.00 / 54.00 = 0.00 <= 1 VERIFICA

INTERACCION FLEXION + CORTE
(Mux/Mdx)^2 + (Vuy/Vdy)^2 = (0.00/5.94)^2 + (0.00/54.00)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

(Muy/Mdy)^2 + (Vux/Vdx)^2 = (0.00/1.92)^2 + (0.00/43.20)^2 = 0.00
0.00 <= 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA A SOLICITACIONES COMBINADAS
::

TRACCION + FLEXION
Tu/Td + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
20.07/181.80 + 0.00/5.94 + 0.00/1.92 = 0.11 <= 1
VERIFICA

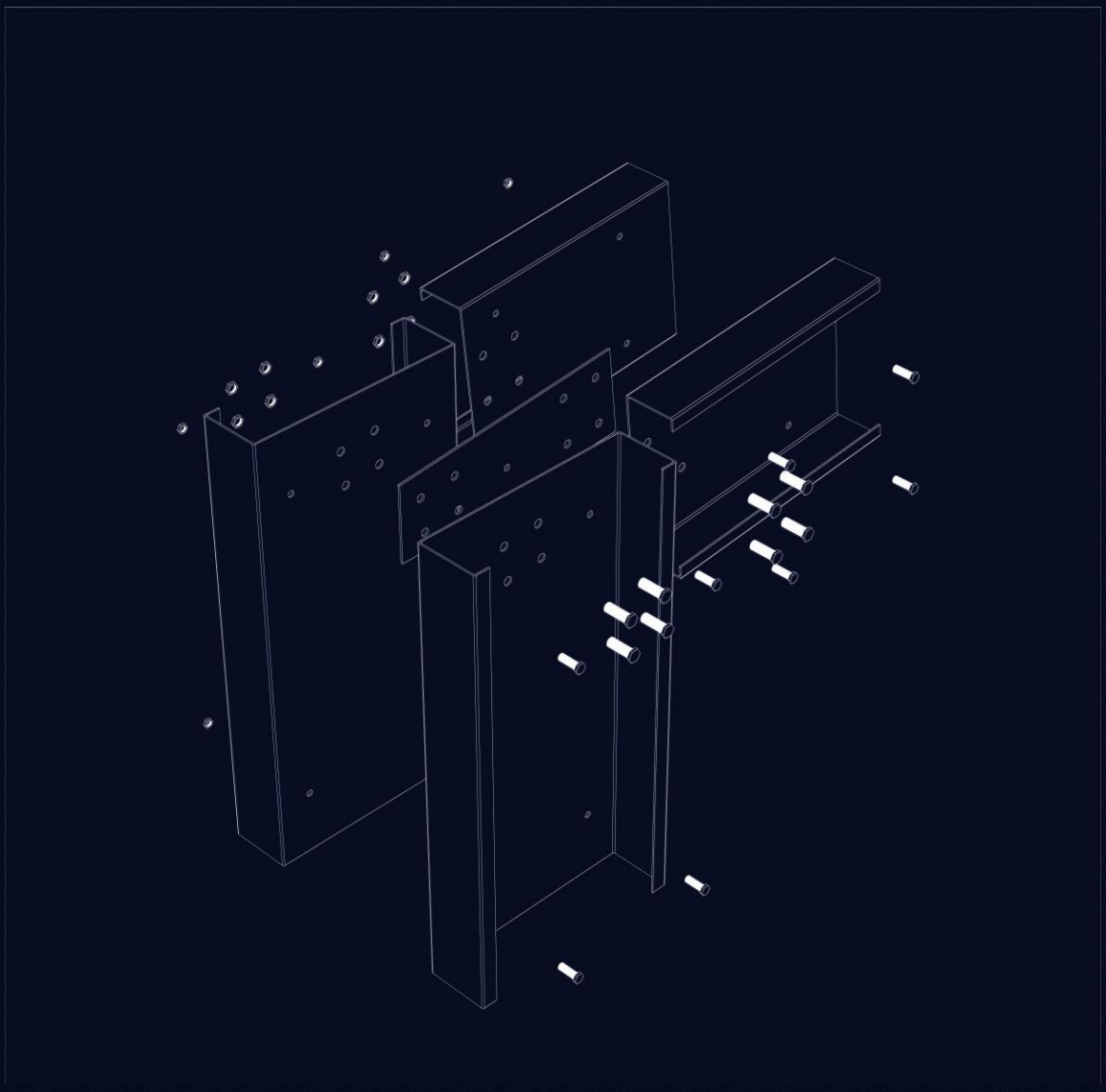
COMPRESION + FLEXION
Pu/Pd + Mux/Mdx + Muy/Mdy <= 1
7.23/89.91 + 0.00/5.94 + 0.00/1.92 = 0.08 <= 1
VERIFICA

::
TABLA RESUMEN ELEMENTO M1
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

T	P	Mx	My	Vx	Vy	T+M	P+M
0.110	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.110	0.080

::
VERIFICA
::

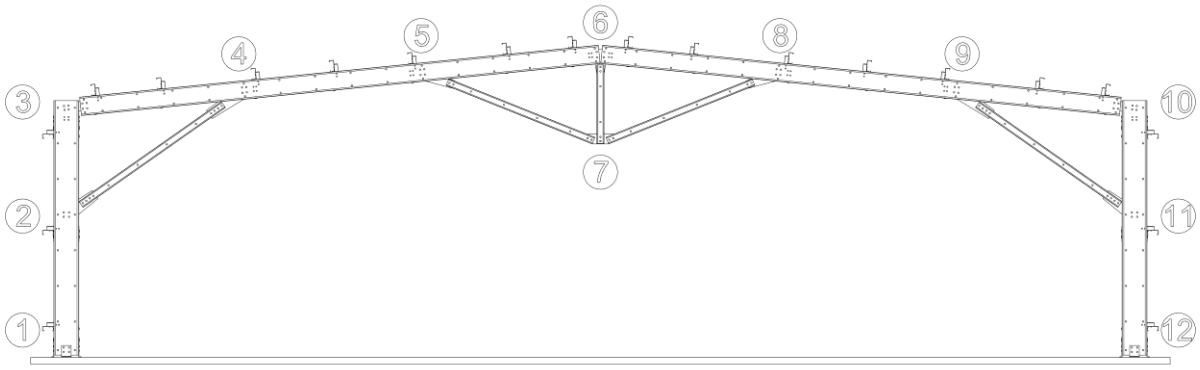


UNIONES

PCF

Rodrigo Martos
ANEXOS

::
REPORTE DE LA UNION 1-A,12-A
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

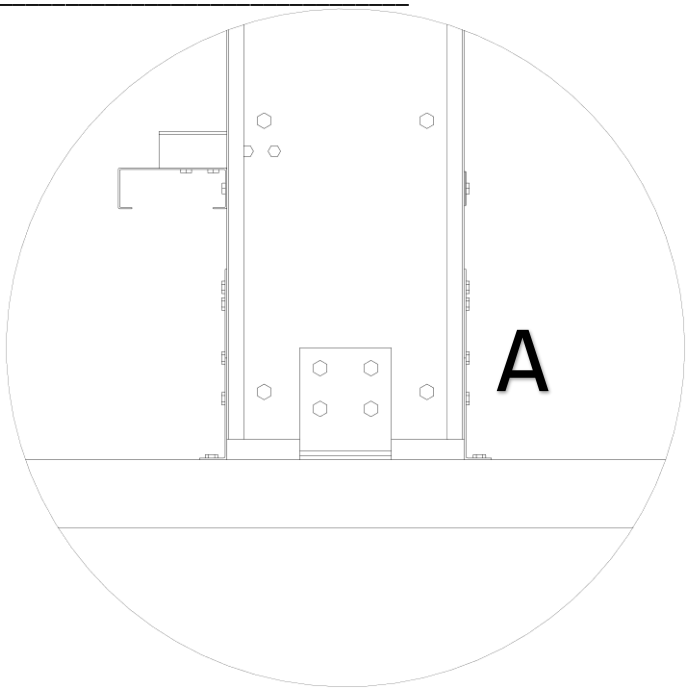
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 2.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.25 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 75.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 3.00 cm
Longitud desde el extremo de la chapa y el centro de fuerzas de la union L0: 15.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 81.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 75.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 81.93 cm
Ww > b
81.93 > 81.00
Ww = 81.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 1-A,12-A
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 46.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 15.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 37.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 1-A,12-A
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.
(5)Rotura por bloque de corte.

TdP = min([Tu_4 , Tu_5])

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(6)Fluencia en el area bruta.
(7)Rotura en el area neta.
(8)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_6 , Tu_7 , Tu_8])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(9)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_9

_____
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn
_____

(10)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_10

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
75.00 >= 3.81 VERIFICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81 VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

s3 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((46.00/4.00)^2 + (37.00/4.00)^2)^0.5 = 7.38 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((15.00/4.00)^2 + (37.00/4.00)^2)^0.5 = 4.99 kN
P = max([P1,P2]) = max([7.38 , 4.99]) = 7.38 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 7.38 / 31.35 = 0.24 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((46.00/4.00)^2 + (37.00/4.00)^2)^0.5 = 7.38 kN

P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((15.00/4.00)^2 + (37.00/4.00)^2)^0.5 = 4.99 kN

P = max([P1,P2]) = max([7.38 , 4.99]) = 7.38 kN

ϕc_2 = 0.75

Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.25*(1.58*0.25 + 1.33)*(10)^-1 = 21.91 kN

Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*21.91 = 16.43 kN

RdP = Ru_2 = 16.43 kN

P / RdP = 7.38 / 16.43 = 0.45 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((46.00/4.00)^2 + (37.00/4.00)^2)^0.5 = 7.38 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((15.00/4.00)^2 + (37.00/4.00)^2)^0.5 = 4.99 kN

P = max([P1,P2]) = max([7.38 , 4.99]) = 7.38 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 7.38 / 22.38 = 0.33 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 16.00 cm^2

An = Ag - m*A = 16.00 - 2.00*1.27 = 13.47 cm^2

x = 2.49 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (2.49/6.00) = 0.58

Ae = U*An = 0.58*13.47 = 7.88 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*7.88*(10)^-1 = 315.12 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*315.12 = 236.34 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_5 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1

(Fu*((s - db)*tp) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tp))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.25) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.25))*(10)^-1 = 804.80 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2

(Fy*(s*tp) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tp)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.25) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.25)*(10)^-1 = 546.27 kN

Tn_5 = min([BC1,BC2]) = min([804.80,546.27]) = 546.27 kN

Tu_5 = phi_5*Tn_5 = 0.75*546.27 = 409.70 kN
TdP = min([Tu_4 , Tu_5]) = min([236.34 , 409.70]) = 236.34 kN

0.5*Tu / TdP = 23.00 / 236.34 = 0.10 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_6 = 0.90
Tn_6 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*81.00*0.32*(10)^-1 = 648.00 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.90*648.00 = 583.20 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_7 = 0.75
Tn_7 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(81.00 - 2.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 1004.29 kN
Tu_7 = ϕt_7*Tn_7 = 0.75*1004.29 = 753.22 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_8 = 0.75
MODO DE FALLA A
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1a
(Fu*((s - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 1030.14 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2a
(Fy*(s*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 699.23 kN
MODO DE FALLA B
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*3.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 146.94 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*3.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 147.23 kN
Tn_8 = min([BC1a,BC2a,BC1b,BC2b]) = min([1030.14,699.23,146.94,147.23]) = 146.94 kN
Tu_8 = phi_8*Tn_8 = 0.75*146.94 = 110.21 kN
TdC = min([Tu_6 , Tu_7 ,Tu_8]) = min([583.20 , 753.22 , 110.21]) = 110.21 kN

Tu / TdC = 46.00 / 110.21 = 0.42 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (81.00*0.32^3)/12 = 0.22
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.22/(81.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (6.00)/0.03 = 202.97
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/202.97^2 = 47.91 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/47.91)^0.5 = 2.28
λc > 1.5
Fcr = (0.877/(λc)^2)*Fy = (0.877/(2.28)^2)*250.00 = 42.02 MPa
ϕc_9 = 0.85
Pn_9 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 42.02*81.00*0.32*(10)^-1 = 108.91 kN
Pu_9 = ϕc_9*Pn_9 = 0.85*108.91 = 92.58 kN

PdC = Pu_9 = 92.58 kN

Pu / PdC = 15.00 / 92.58 = 0.16 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE

$\phi s_{10} = 0.90$

$Vn_{10} = 0.6*Fy*b*tc*(10)^{-1} = 0.6*250.00*81.00*0.32*(10)^{-1} = 388.80$ kN

$Vu_{10} = \phi s_{10}*Vn_{10} = 0.90*388.80 = 349.92$ kN

$VdC = Vu_{10} = 349.92$ kN

$Vu / VdC = 37.00 / 349.92 = 0.11 < 1$ VERIFICA

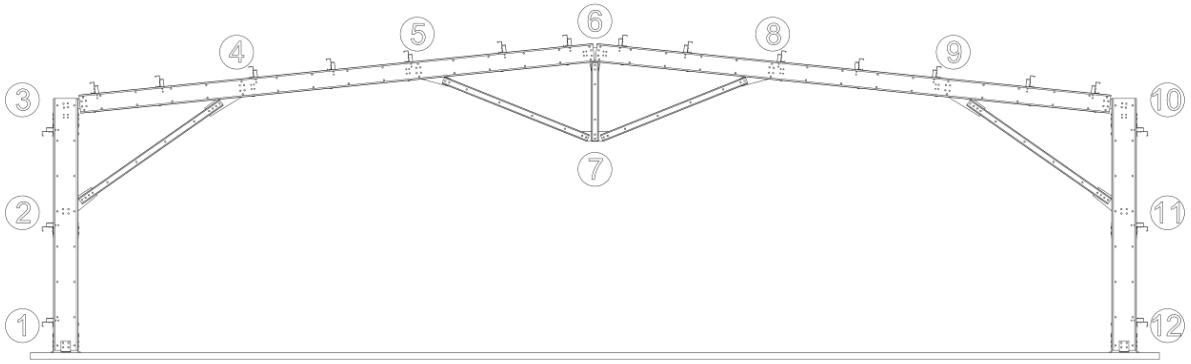
::
TABLA RESUMEN UNION 1-A,12-A
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.24
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.45
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.33
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.10
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.42
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.16
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.11

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 2-A,11-A
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

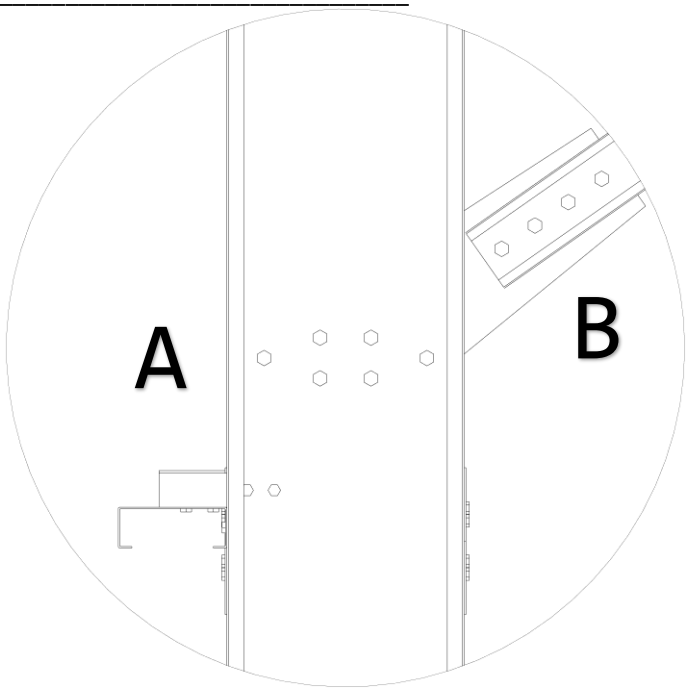
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 2.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.25 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 75.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 3.00 cm
Longitud desde el extremo de la chapa y el centro de fuerzas de la union L0: 15.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 81.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 75.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 81.93 cm
Ww > b
81.93 > 81.00
Ww = 81.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 2-A,11-A
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 90.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 29.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 2-A,11-A
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.
(5)Rotura por bloque de corte.

TdP = min([Tu_4 , Tu_5])

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(6)Fluencia en el area bruta.
(7)Rotura en el area neta.
(8)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_6 , Tu_7 , Tu_8])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(9)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_9

_____
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn
_____

(10)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_10

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
75.00 >= 3.81   VERIFICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81   VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

s3 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN
P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 11.25 / 31.35 = 0.36 < 1   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN

P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN

P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN

ϕc_2 = 0.75

Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.25*(1.58*0.25 + 1.33)*(10)^-1 = 21.91 kN

Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*21.91 = 16.43 kN

RdP = Ru_2 = 16.43 kN

P / RdP = 11.25 / 16.43 = 0.68 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN

P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 11.25 / 22.38 = 0.50 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 16.00 cm^2

An = Ag - m*A = 16.00 - 2.00*1.27 = 13.47 cm^2

x = 2.49 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (2.49/6.00) = 0.58

Ae = U*An = 0.58*13.47 = 7.88 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*7.88*(10)^-1 = 315.12 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*315.12 = 236.34 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_5 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1

(Fu*((s - db)*tp) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tp))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.25) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.25))*(10)^-1 = 804.80 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2

(Fy*(s*tp) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tp)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.25) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.25)*(10)^-1 = 546.27 kN

Tn_5 = min([BC1,BC2]) = min([804.80,546.27]) = 546.27 kN

Tu_5 = phi_5*Tn_5 = 0.75*546.27 = 409.70 kN
TdP = min([Tu_4 , Tu_5]) = min([236.34 , 409.70]) = 236.34 kN

0.5*Tu / TdP = 45.00 / 236.34 = 0.19 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_6 = 0.90
Tn_6 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*81.00*0.32*(10)^-1 = 648.00 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.90*648.00 = 583.20 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_7 = 0.75
Tn_7 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(81.00 - 2.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 1004.29 kN
Tu_7 = ϕt_7*Tn_7 = 0.75*1004.29 = 753.22 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_8 = 0.75
MODO DE FALLA A
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1a
(Fu*((s - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 1030.14 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2a
(Fy*(s*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 699.23 kN
MODO DE FALLA B
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*3.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 146.94 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*3.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 147.23 kN
Tn_8 = min([BC1a,BC2a,BC1b,BC2b]) = min([1030.14,699.23,146.94,147.23]) = 146.94 kN
Tu_8 = phi_8*Tn_8 = 0.75*146.94 = 110.21 kN
TdC = min([Tu_6 , Tu_7 ,Tu_8]) = min([583.20 , 753.22 , 110.21]) = 110.21 kN

Tu / TdC = 90.00 / 110.21 = 0.82 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (81.00*0.32^3)/12 = 0.22
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.22/(81.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (6.00)/0.03 = 202.97
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/202.97^2 = 47.91 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/47.91)^0.5 = 2.28
λc > 1.5
Fcr = (0.877/(λc)^2)*Fy = (0.877/(2.28)^2)*250.00 = 42.02 MPa
ϕc_9 = 0.85
Pn_9 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 42.02*81.00*0.32*(10)^-1 = 108.91 kN
Pu_9 = ϕc_9*Pn_9 = 0.85*108.91 = 92.58 kN

PdC = Pu_9 = 92.58 kN

Pu / PdC = 29.00 / 92.58 = 0.31 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE

$\phi s_{10} = 0.90$

$Vn_{10} = 0.6*Fy*b*tc*(10)^{-1} = 0.6*250.00*81.00*0.32*(10)^{-1} = 388.80$ kN

$Vu_{10} = \phi s_{10}*Vn_{10} = 0.90*388.80 = 349.92$ kN

$VdC = Vu_{10} = 349.92$ kN

$Vu / VdC = 0.00 / 349.92 = 0.00 < 1$ VERIFICA

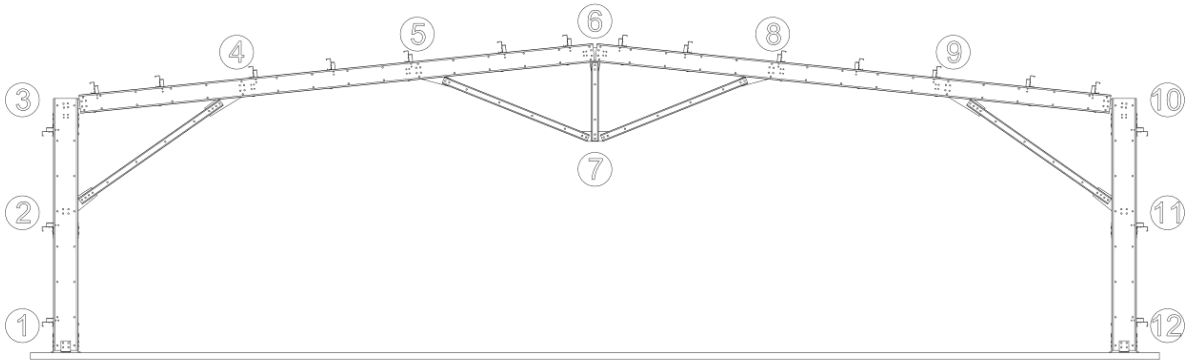
::
TABLA RESUMEN UNION 2-A,11-A
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.36
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.68
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.50
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.19
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.82
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.31
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.00

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 2-B,11-B
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

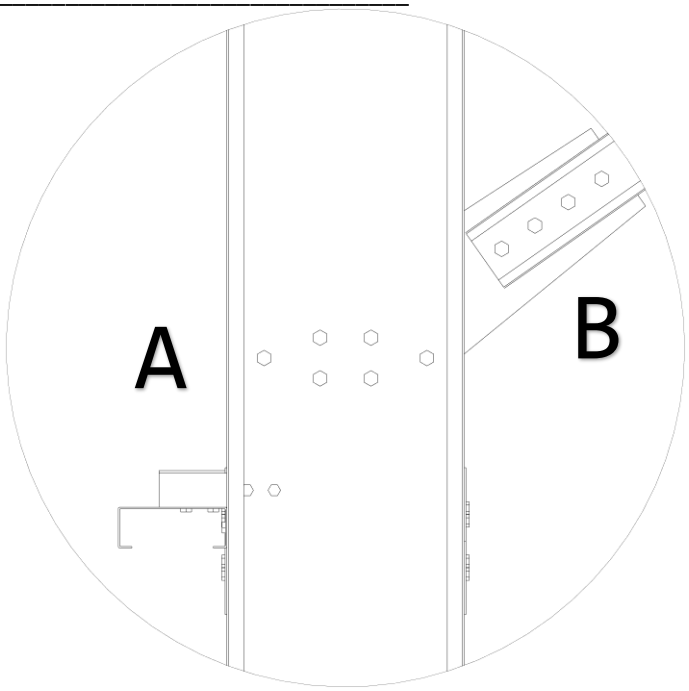
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 1.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.20 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 0.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 7.00 cm
Longitud de la union L: 18.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 14.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 0.00 + 2*tan(30°)*18.00 = 20.78 cm
Ww > b
20.78 > 14.00
Ww = 14.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 2-B,11-B
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

Esfuerzo de traccion

Tu: 90.00 kN

Esfuerzo de compresion

Pu: 29.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 2-B,11-B
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.

TdP = Tu_4

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(5)Fluencia en el area bruta.
(6)Rotura en el area neta.
(7)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_5 , Tu_6 , Tu_7])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(8)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_8

Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn

---

(9)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_9

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
s = 0 NO APLICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81 VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

s3 >= 1.5*db
7.00 >= 1.91 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN
P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 11.25 / 31.35 = 0.36 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO
P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN
P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN
P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN
ϕc_2 = 0.75
Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.20*(1.58*0.20 + 1.33)*(10)^-1 = 16.72 kN
Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*16.72 = 12.54 kN

RdP = Ru_2 = 12.54 kN

P / RdP = 11.25 / 12.54 = 0.90 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO
P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN
P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN
P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN
ϕc_3 = 0.75
Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN
Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 11.25 / 22.38 = 0.50 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA
Ag = 6.18 cm^2
An = Ag - m*A = 6.18 - 1.00*1.27 = 4.91 cm^2
x = 1.17 cm
U = 1 - (x*L) = 1 - (1.17/18.00) = 0.94
Ae = U*An = 0.94*4.91 = 4.59 cm^2
ϕt_4 = 0.75
Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*4.59*(10)^-1 = 183.75 kN
Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*183.75 = 137.82 kN

TdP = Tu_4 = 137.82 kN

Tu / TdP = 90.00 / 137.82 = 0.65 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_5 = 0.90
Tn_5 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*14.00*0.32*(10)^-1 = 112.00 kN
Tu_5 = ϕt_5*Tn_5 = 0.90*112.00 = 100.80 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_6 = 0.75
Tn_6 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(14.00 - 1.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 162.94 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.75*162.94 = 122.21 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_7 = 0.75
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*7.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*1.00*((18.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 263.74 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*7.00*0.32) + 0.6*400.00*1.00*((18.00 + 3.00 - (4.00/1.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 234.27 kN

Tn_7 = min([BC1,BC2]) = min([263.74,234.27]) = 234.27 kN
Tu_7 = phi_7*Tn_7 = 0.75*234.27 = 175.70 kN
TdC = min([Tu_5 , Tu_5 ,Tu_7]) = min([100.80 , 122.21 , 175.70]) = 100.80 kN

Tu / TdC = 90.00 / 100.80 = 0.89 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (14.00*0.32^3)/12 = 0.04
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.04/(14.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (3.50)/0.03 = 118.40
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/118.40^2 = 140.80 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/140.80)^0.5 = 1.33
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.33)^2)*250.00 = 81.94 MPa
ϕc_8 = 0.85
Pn_8 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 81.94*14.00*0.32*(10)^-1 = 36.71 kN
Pu_8 = ϕc_8*Pn_8 = 0.85*36.71 = 31.20 kN

PdC = Pu_8 = 31.20 kN

Pu / PdC = 29.00 / 31.20 = 0.93 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE
ϕs_9 = 0.90
Vn_9 = 0.6*Fy*b*tc*(10)^-1 = 0.6*250.00*14.00*0.32*(10)^-1 = 67.20 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*67.20 = 60.48 kN

VdC = Vu_9 = 60.48 kN

Vu / VdC = 0.00 / 60.48 = 0.00 < 1 VERIFICA

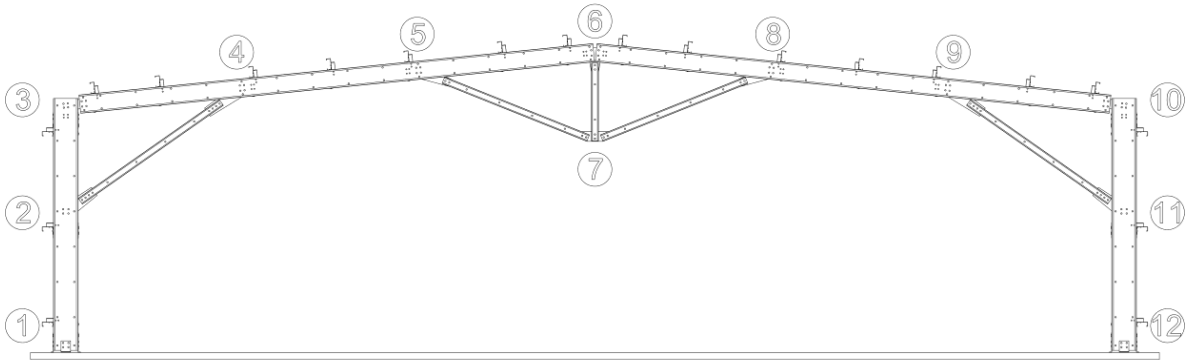
::
TABLA RESUMEN UNION 2-B,11-B
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.36
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.90
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.50
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.65
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.89
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.93
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.00

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 3-A,10-A
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

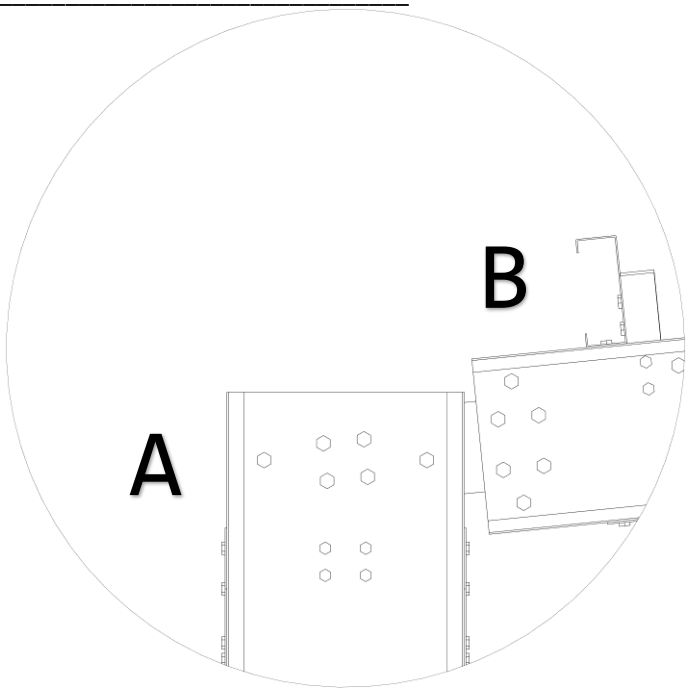
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 2.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.25 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 75.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 3.00 cm
Longitud desde el extremo de la chapa y el centro de fuerzas de la union L0: 5.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 81.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 75.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 81.93 cm
Ww > b
81.93 > 81.00
Ww = 81.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 3-A,10-A
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 2.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 5.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 45.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 3-A,10-A
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.
(5)Rotura por bloque de corte.

TdP = min([Tu_4 , Tu_5])

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(6)Fluencia en el area bruta.
(7)Rotura en el area neta.
(8)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_6 , Tu_7 , Tu_8])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(9)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_9

_____
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn
_____

(10)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_10

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
75.00 >= 3.81   VERIFICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81   VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

s3 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((2.00/4.00)^2 + (45.00/4.00)^2)^0.5 = 5.63 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((5.00/4.00)^2 + (45.00/4.00)^2)^0.5 = 5.66 kN
P = max([P1,P2]) = max([5.63 , 5.66]) = 5.66 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 5.66 / 31.35 = 0.18 < 1   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((2.00/4.00)^2 + (45.00/4.00)^2)^0.5 = 5.63 kN

P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((5.00/4.00)^2 + (45.00/4.00)^2)^0.5 = 5.66 kN

P = max([P1,P2]) = max([5.63 , 5.66]) = 5.66 kN

ϕc_2 = 0.75

Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.25*(1.58*0.25 + 1.33)*(10)^-1 = 21.91 kN

Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*21.91 = 16.43 kN

RdP = Ru_2 = 16.43 kN

P / RdP = 5.66 / 16.43 = 0.34 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((2.00/4.00)^2 + (45.00/4.00)^2)^0.5 = 5.63 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((5.00/4.00)^2 + (45.00/4.00)^2)^0.5 = 5.66 kN

P = max([P1,P2]) = max([5.63 , 5.66]) = 5.66 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 5.66 / 22.38 = 0.25 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 16.00 cm^2

An = Ag - m*A = 16.00 - 2.00*1.27 = 13.47 cm^2

x = 2.49 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (2.49/6.00) = 0.58

Ae = U*An = 0.58*13.47 = 7.88 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*7.88*(10)^-1 = 315.12 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*315.12 = 236.34 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_5 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1

(Fu*((s - db)*tp) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tp))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.25) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.25))*(10)^-1 = 804.80 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2

(Fy*(s*tp) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tp)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.25) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.25)*(10)^-1 = 546.27 kN

Tn_5 = min([BC1,BC2]) = min([804.80,546.27]) = 546.27 kN

Tu_5 = phi_5*Tn_5 = 0.75*546.27 = 409.70 kN
TdP = min([Tu_4 , Tu_5]) = min([236.34 , 409.70]) = 236.34 kN

0.5*Tu / TdP = 1.00 / 236.34 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_6 = 0.90
Tn_6 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*81.00*0.32*(10)^-1 = 648.00 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.90*648.00 = 583.20 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_7 = 0.75
Tn_7 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(81.00 - 2.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 1004.29 kN
Tu_7 = ϕt_7*Tn_7 = 0.75*1004.29 = 753.22 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_8 = 0.75
MODO DE FALLA A
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1a
(Fu*((s - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 1030.14 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2a
(Fy*(s*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 699.23 kN
MODO DE FALLA B
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*3.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 146.94 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*3.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 147.23 kN
Tn_8 = min([BC1a,BC2a,BC1b,BC2b]) = min([1030.14,699.23,146.94,147.23]) = 146.94 kN
Tu_8 = phi_8*Tn_8 = 0.75*146.94 = 110.21 kN
TdC = min([Tu_6 , Tu_7 ,Tu_8]) = min([583.20 , 753.22 , 110.21]) = 110.21 kN

Tu / TdC = 2.00 / 110.21 = 0.02 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (81.00*0.32^3)/12 = 0.22
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.22/(81.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (-4.00)/0.03 = -135.32
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/-135.32^2 = 107.80 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/107.80)^0.5 = 1.52
λc > 1.5
Fcr = (0.877/(λc)^2)*Fy = (0.877/(1.52)^2)*250.00 = 94.54 MPa
ϕc_9 = 0.85
Pn_9 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 94.54*81.00*0.32*(10)^-1 = 245.05 kN
Pu_9 = ϕc_9*Pn_9 = 0.85*245.05 = 208.30 kN

PdC = Pu_9 = 208.30 kN

Pu / PdC = 5.00 / 208.30 = 0.02 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE

$\phi s_{10} = 0.90$

$Vn_{10} = 0.6*Fy*b*tc*(10)^{-1} = 0.6*250.00*81.00*0.32*(10)^{-1} = 388.80$ kN

$Vu_{10} = \phi s_{10}*Vn_{10} = 0.90*388.80 = 349.92$ kN

$VdC = Vu_{10} = 349.92$ kN

Vu / VdC = 45.00 / 349.92 = 0.13 < 1 VERIFICA

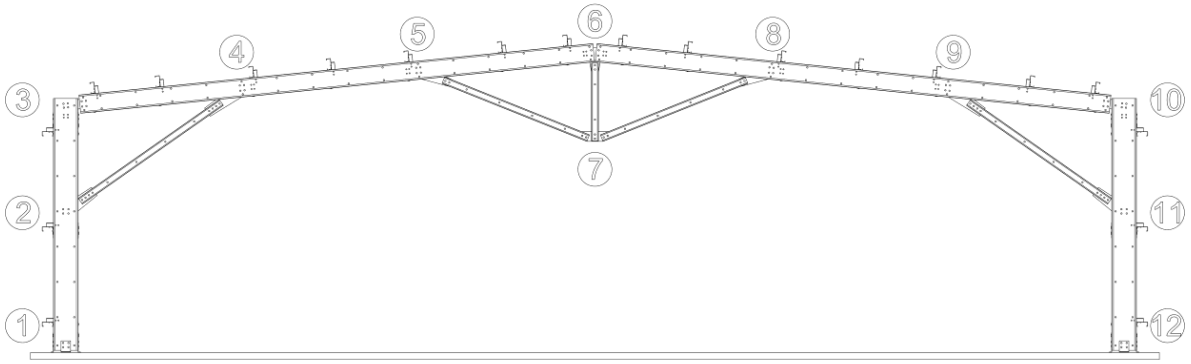
::
TABLA RESUMEN UNION 3-A,10-A
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.18
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.34
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.25
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.00
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.02
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.02
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.13

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 3-B,10-B
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

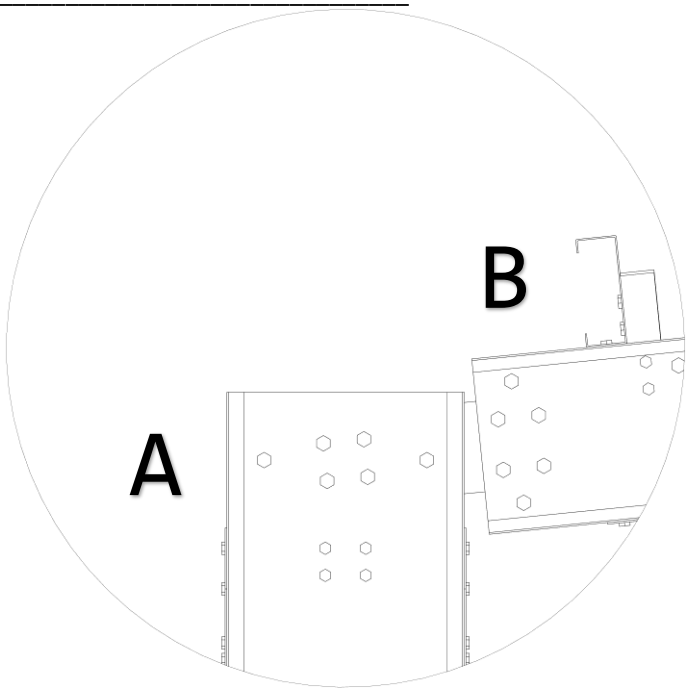
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 2.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.25 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 75.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 3.00 cm
Longitud desde el extremo de la chapa y el centro de fuerzas de la union L0: 5.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 81.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 75.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 81.93 cm
Ww > b
81.93 > 81.00
Ww = 81.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 3-B,10-B
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 0.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 45.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 2.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 3-B,10-B
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.
(5)Rotura por bloque de corte.

TdP = min([Tu_4 , Tu_5])

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(6)Fluencia en el area bruta.
(7)Rotura en el area neta.
(8)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_6 , Tu_7 , Tu_8])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(9)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_9

_____
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn
_____

(10)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_10

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
75.00 >= 3.81 VERIFICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81 VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

s3 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((0.00/4.00)^2 + (2.00/4.00)^2)^0.5 = 0.25 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((45.00/4.00)^2 + (2.00/4.00)^2)^0.5 = 5.63 kN
P = max([P1,P2]) = max([0.25 , 5.63]) = 5.63 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 5.63 / 31.35 = 0.18 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((0.00/4.00)^2 + (2.00/4.00)^2)^0.5 = 0.25 kN

P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((45.00/4.00)^2 + (2.00/4.00)^2)^0.5 = 5.63 kN

P = max([P1,P2]) = max([0.25 , 5.63]) = 5.63 kN

ϕc_2 = 0.75

Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.25*(1.58*0.25 + 1.33)*(10)^-1 = 21.91 kN

Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*21.91 = 16.43 kN

RdP = Ru_2 = 16.43 kN

P / RdP = 5.63 / 16.43 = 0.34 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((0.00/4.00)^2 + (2.00/4.00)^2)^0.5 = 0.25 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((45.00/4.00)^2 + (2.00/4.00)^2)^0.5 = 5.63 kN

P = max([P1,P2]) = max([0.25 , 5.63]) = 5.63 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 5.63 / 22.38 = 0.25 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 16.00 cm^2

An = Ag - m*A = 16.00 - 2.00*1.27 = 13.47 cm^2

x = 2.49 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (2.49/6.00) = 0.58

Ae = U*An = 0.58*13.47 = 7.88 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*7.88*(10)^-1 = 315.12 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*315.12 = 236.34 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_5 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1

(Fu*((s - db)*tp) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tp))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.25) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.25))*(10)^-1 = 804.80 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2

(Fy*(s*tp) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tp)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.25) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.25)*(10)^-1 = 546.27 kN

Tn_5 = min([BC1,BC2]) = min([804.80,546.27]) = 546.27 kN

Tu_5 = phi_5*Tn_5 = 0.75*546.27 = 409.70 kN
TdP = min([Tu_4 , Tu_5]) = min([236.34 , 409.70]) = 236.34 kN

0.5*Tu / TdP = 0.00 / 236.34 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_6 = 0.90
Tn_6 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*81.00*0.32*(10)^-1 = 648.00 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.90*648.00 = 583.20 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_7 = 0.75
Tn_7 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(81.00 - 2.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 1004.29 kN
Tu_7 = ϕt_7*Tn_7 = 0.75*1004.29 = 753.22 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_8 = 0.75
MODO DE FALLA A
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1a
(Fu*((s - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 1030.14 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2a
(Fy*(s*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 699.23 kN
MODO DE FALLA B
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*3.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 146.94 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*3.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 147.23 kN
Tn_8 = min([BC1a,BC2a,BC1b,BC2b]) = min([1030.14,699.23,146.94,147.23]) = 146.94 kN
Tu_8 = phi_8*Tn_8 = 0.75*146.94 = 110.21 kN
TdC = min([Tu_6 , Tu_7 ,Tu_8]) = min([583.20 , 753.22 , 110.21]) = 110.21 kN

Tu / TdC = 0.00 / 110.21 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (81.00*0.32^3)/12 = 0.22
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.22/(81.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (-4.00)/0.03 = -135.32
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/-135.32^2 = 107.80 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/107.80)^0.5 = 1.52
λc > 1.5
Fcr = (0.877/(λc)^2)*Fy = (0.877/(1.52)^2)*250.00 = 94.54 MPa
ϕc_9 = 0.85
Pn_9 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 94.54*81.00*0.32*(10)^-1 = 245.05 kN
Pu_9 = ϕc_9*Pn_9 = 0.85*245.05 = 208.30 kN

PdC = Pu_9 = 208.30 kN

Pu / PdC = 45.00 / 208.30 = 0.22 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE

$\phi s_{10} = 0.90$

$Vn_{10} = 0.6*Fy*b*tc*(10)^{-1} = 0.6*250.00*81.00*0.32*(10)^{-1} = 388.80$ kN

$Vu_{10} = \phi s_{10}*Vn_{10} = 0.90*388.80 = 349.92$ kN

$VdC = Vu_{10} = 349.92$ kN

$Vu / VdC = 2.00 / 349.92 = 0.01 < 1$ VERIFICA

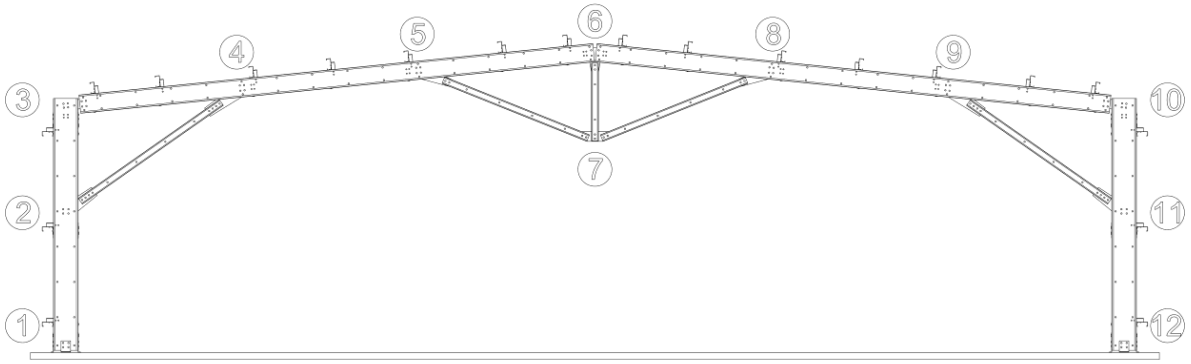
::
TABLA RESUMEN UNION 3-B,10-B
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.18
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.34
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.25
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.00
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.00
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.22
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.01

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 4-A,9-A
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

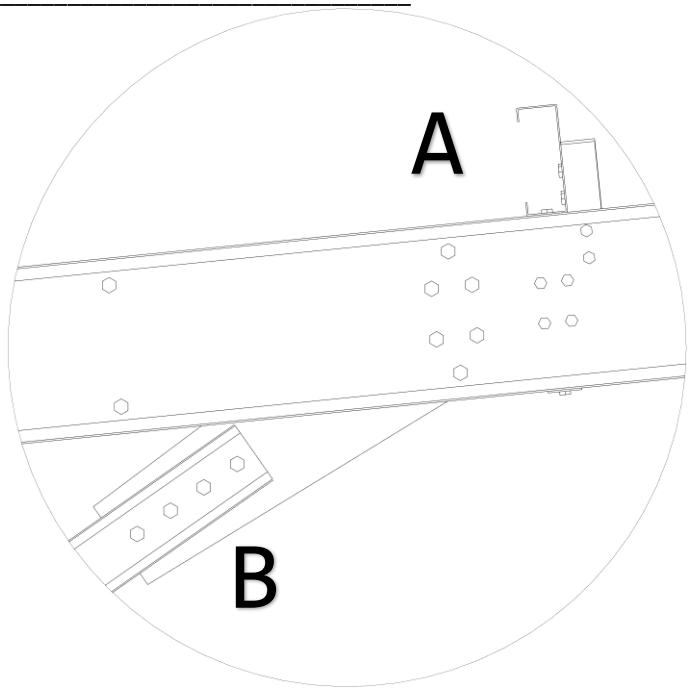
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 2.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.25 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 75.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 3.00 cm
Longitud desde el extremo de la chapa y el centro de fuerzas de la union L0: 12.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 81.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 75.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 81.93 cm
Ww > b
81.93 > 81.00
Ww = 81.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 4-A,9-A
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 90.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 29.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 4-A,9-A
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.
(5)Rotura por bloque de corte.

TdP = min([Tu_4 , Tu_5])

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(6)Fluencia en el area bruta.
(7)Rotura en el area neta.
(8)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_6 , Tu_7 , Tu_8])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(9)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_9

_____
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn
_____

(10)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_10

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
75.00 >= 3.81   VERIFICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81   VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

s3 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN
P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 11.25 / 31.35 = 0.36 < 1   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN

P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN

P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN

ϕc_2 = 0.75

Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.25*(1.58*0.25 + 1.33)*(10)^-1 = 21.91 kN

Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*21.91 = 16.43 kN

RdP = Ru_2 = 16.43 kN

P / RdP = 11.25 / 16.43 = 0.68 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN

P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 11.25 / 22.38 = 0.50 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 16.00 cm^2

An = Ag - m*A = 16.00 - 2.00*1.27 = 13.47 cm^2

x = 2.49 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (2.49/6.00) = 0.58

Ae = U*An = 0.58*13.47 = 7.88 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*7.88*(10)^-1 = 315.12 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*315.12 = 236.34 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_5 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1

(Fu*((s - db)*tp) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tp))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.25) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.25))*(10)^-1 = 804.80 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2

(Fy*(s*tp) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tp)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.25) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.25)*(10)^-1 = 546.27 kN

Tn_5 = min([BC1,BC2]) = min([804.80,546.27]) = 546.27 kN

Tu_5 = phi_5*Tn_5 = 0.75*546.27 = 409.70 kN
TdP = min([Tu_4 , Tu_5]) = min([236.34 , 409.70]) = 236.34 kN

0.5*Tu / TdP = 45.00 / 236.34 = 0.19 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_6 = 0.90
Tn_6 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*81.00*0.32*(10)^-1 = 648.00 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.90*648.00 = 583.20 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_7 = 0.75
Tn_7 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(81.00 - 2.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 1004.29 kN
Tu_7 = ϕt_7*Tn_7 = 0.75*1004.29 = 753.22 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_8 = 0.75
MODO DE FALLA A
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1a
(Fu*((s - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 1030.14 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2a
(Fy*(s*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 699.23 kN
MODO DE FALLA B
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*3.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 146.94 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*3.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 147.23 kN
Tn_8 = min([BC1a,BC2a,BC1b,BC2b]) = min([1030.14,699.23,146.94,147.23]) = 146.94 kN
Tu_8 = phi_8*Tn_8 = 0.75*146.94 = 110.21 kN
TdC = min([Tu_6 , Tu_7 ,Tu_8]) = min([583.20 , 753.22 , 110.21]) = 110.21 kN

Tu / TdC = 90.00 / 110.21 = 0.82 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (81.00*0.32^3)/12 = 0.22
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.22/(81.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (3.00)/0.03 = 101.49
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/101.49^2 = 191.65 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/191.65)^0.5 = 1.14
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.14)^2)*250.00 = 96.10 MPa
ϕc_9 = 0.85
Pn_9 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 96.10*81.00*0.32*(10)^-1 = 249.09 kN
Pu_9 = ϕc_9*Pn_9 = 0.85*249.09 = 211.73 kN

PdC = Pu_9 = 211.73 kN

Pu / PdC = 29.00 / 211.73 = 0.14 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE

$\phi s_{10} = 0.90$

$Vn_{10} = 0.6 \cdot Fy \cdot b \cdot tc \cdot (10)^{-1} = 0.6 \cdot 250.00 \cdot 81.00 \cdot 0.32 \cdot (10)^{-1} = 388.80$ kN

$Vu_{10} = \phi s_{10} \cdot Vn_{10} = 0.90 \cdot 388.80 = 349.92$ kN

$VdC = Vu_{10} = 349.92$ kN

$Vu / VdC = 0.00 / 349.92 = 0.00 < 1$ VERIFICA

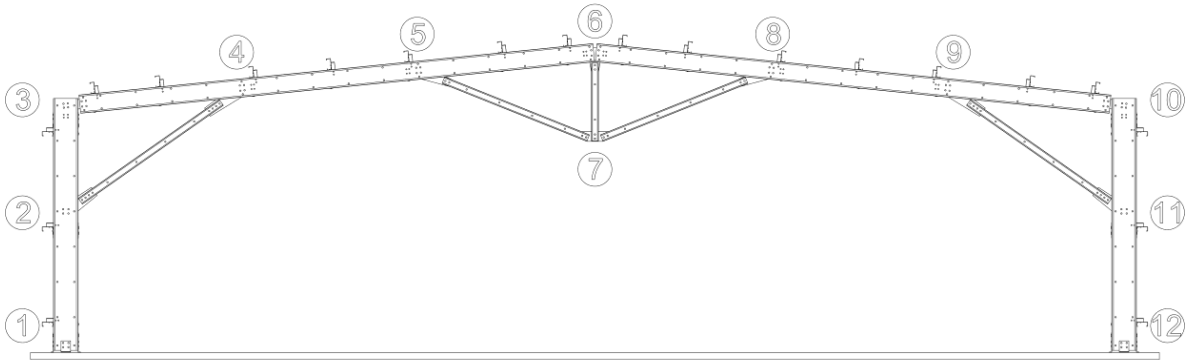
::
TABLA RESUMEN UNION 4-A,9-A
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.36
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.68
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.50
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.19
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.82
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.14
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.00

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 4-B,9-B
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

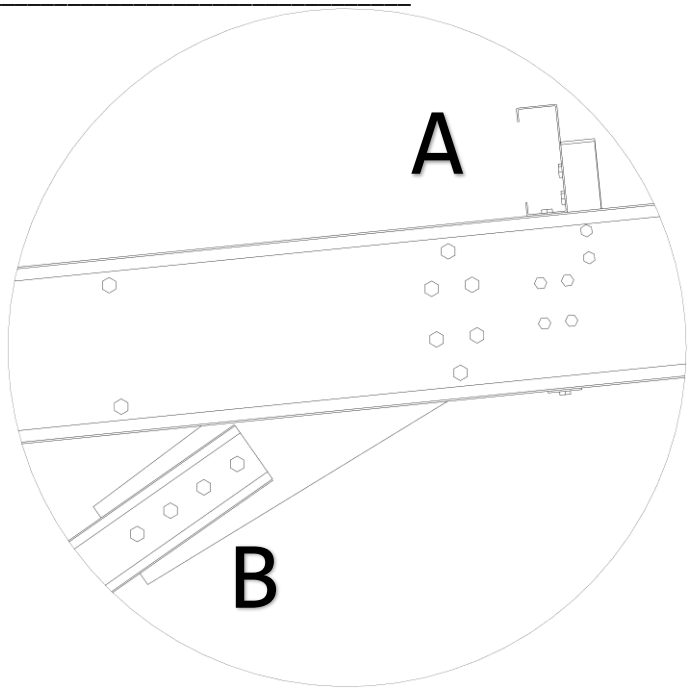
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Parametros de diseño de la union
_____



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 1.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.20 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 0.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 7.00 cm
Longitud de la union L: 18.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 14.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 0.00 + 2*tan(30°)*18.00 = 20.78 cm
Ww > b
20.78 > 14.00
Ww = 14.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 4-B,9-B
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 90.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 29.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 4-B,9-B
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.

TdP = Tu_4

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(5)Fluencia en el area bruta.
(6)Rotura en el area neta.
(7)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_5 , Tu_6 , Tu_7])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(8)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_8

Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn

---

(9)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_9

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
s = 0 NO APLICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81 VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

s3 >= 1.5*db
7.00 >= 1.91 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN
P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 11.25 / 31.35 = 0.36 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO
P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN
P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN
P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN
ϕc_2 = 0.75
Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.20*(1.58*0.20 + 1.33)*(10)^-1 = 16.72 kN
Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*16.72 = 12.54 kN

RdP = Ru_2 = 12.54 kN

P / RdP = 11.25 / 12.54 = 0.90 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO
P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((90.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 11.25 kN
P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((29.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.62 kN
P = max([P1,P2]) = max([11.25 , 3.62]) = 11.25 kN
ϕc_3 = 0.75
Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN
Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 11.25 / 22.38 = 0.50 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA
Ag = 6.18 cm^2
An = Ag - m*A = 6.18 - 1.00*1.27 = 4.91 cm^2
x = 1.17 cm
U = 1 - (x*L) = 1 - (1.17/18.00) = 0.94
Ae = U*An = 0.94*4.91 = 4.59 cm^2
ϕt_4 = 0.75
Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*4.59*(10)^-1 = 183.75 kN
Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*183.75 = 137.82 kN

TdP = Tu_4 = 137.82 kN

Tu / TdP = 90.00 / 137.82 = 0.65 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_5 = 0.90
Tn_5 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*14.00*0.32*(10)^-1 = 112.00 kN
Tu_5 = ϕt_5*Tn_5 = 0.90*112.00 = 100.80 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_6 = 0.75
Tn_6 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(14.00 - 1.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 162.94 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.75*162.94 = 122.21 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_7 = 0.75
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*7.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*1.00*((18.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 263.74 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*7.00*0.32) + 0.6*400.00*1.00*((18.00 + 3.00 - (4.00/1.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 234.27 kN

Tn_7 = min([BC1,BC2]) = min([263.74,234.27]) = 234.27 kN
Tu_7 = phi_7*Tn_7 = 0.75*234.27 = 175.70 kN
TdC = min([Tu_5 , Tu_5 ,Tu_7]) = min([100.80 , 122.21 , 175.70]) = 100.80 kN

Tu / TdC = 90.00 / 100.80 = 0.89 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (14.00*0.32^3)/12 = 0.04
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.04/(14.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (3.50)/0.03 = 118.40
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/118.40^2 = 140.80 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/140.80)^0.5 = 1.33
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.33)^2)*250.00 = 81.94 MPa
ϕc_8 = 0.85
Pn_8 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 81.94*14.00*0.32*(10)^-1 = 36.71 kN
Pu_8 = ϕc_8*Pn_8 = 0.85*36.71 = 31.20 kN

PdC = Pu_8 = 31.20 kN

Pu / PdC = 29.00 / 31.20 = 0.93 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE
ϕs_9 = 0.90
Vn_9 = 0.6*Fy*b*tc*(10)^-1 = 0.6*250.00*14.00*0.32*(10)^-1 = 67.20 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*67.20 = 60.48 kN

VdC = Vu_9 = 60.48 kN

Vu / VdC = 0.00 / 60.48 = 0.00 < 1 VERIFICA

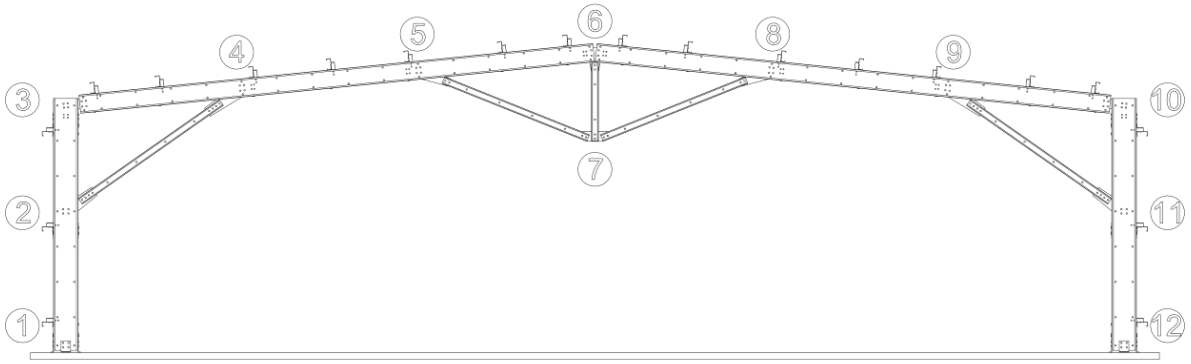
::
TABLA RESUMEN UNION 4-B,9-B
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.36
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.90
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.50
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.65
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.89
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.93
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.00

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 5-A,8-A
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

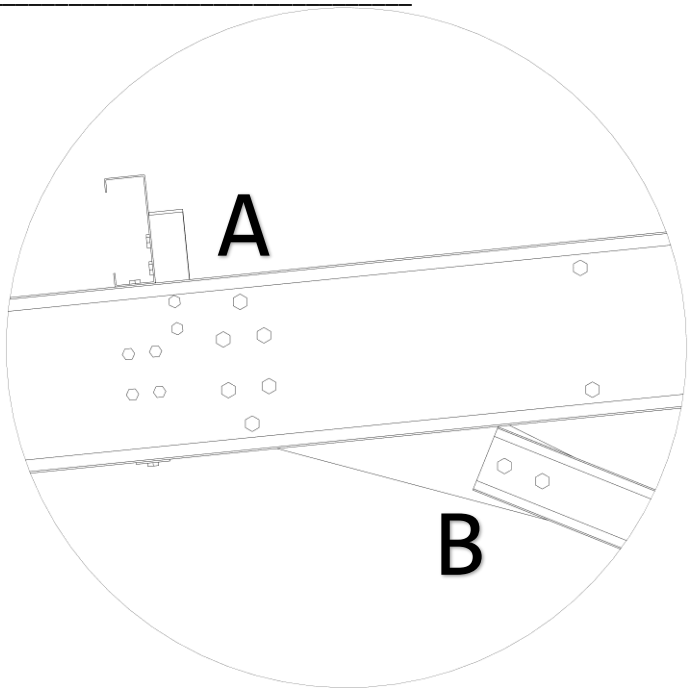
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 2.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.25 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 75.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 3.00 cm
Longitud desde el extremo de la chapa y el centro de fuerzas de la union L0: 12.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 81.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 75.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 81.93 cm
Ww > b
81.93 > 81.00
Ww = 81.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 5-A,8-A
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 10.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 27.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 5-A,8-A
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.
(5)Rotura por bloque de corte.

TdP = min([Tu_4 , Tu_5])

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(6)Fluencia en el area bruta.
(7)Rotura en el area neta.
(8)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_6 , Tu_7 , Tu_8])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(9)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_9

_____
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn
_____

(10)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_10

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
75.00 >= 3.81   VERIFICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81   VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

s3 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((10.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 =
1.25 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 =
3.38 kN
P = max([P1,P2]) = max([1.25 , 3.38]) = 3.38 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 3.38 / 31.35 = 0.11 < 1   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((10.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 1.25 kN

P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.38 kN

P = max([P1,P2]) = max([1.25 , 3.38]) = 3.38 kN

ϕc_2 = 0.75

Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.25*(1.58*0.25 + 1.33)*(10)^-1 = 21.91 kN

Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*21.91 = 16.43 kN

RdP = Ru_2 = 16.43 kN

P / RdP = 3.38 / 16.43 = 0.21 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((10.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 1.25 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/4.00)^2 + (0.00/4.00)^2)^0.5 = 3.38 kN

P = max([P1,P2]) = max([1.25 , 3.38]) = 3.38 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 3.38 / 22.38 = 0.15 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 11.25 cm^2

An = Ag - m*A = 11.25 - 2.00*1.27 = 8.72 cm^2

x = 2.49 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (2.49/6.00) = 0.58

Ae = U*An = 0.58*8.72 = 5.10 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*5.10*(10)^-1 = 203.97 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*203.97 = 152.97 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_5 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1

(Fu*((s - db)*tp) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tp))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.25) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.25))*(10)^-1 = 804.80 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2

(Fy*(s*tp) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tp)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.25) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.25)*(10)^-1 = 546.27 kN

Tn_5 = min([BC1,BC2]) = min([804.80,546.27]) = 546.27 kN

Tu_5 = phi_5*Tn_5 = 0.75*546.27 = 409.70 kN
TdP = min([Tu_4 , Tu_5]) = min([152.97 , 409.70]) = 152.97 kN

0.5*Tu / TdP = 5.00 / 152.97 = 0.03 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_6 = 0.90
Tn_6 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*81.00*0.32*(10)^-1 = 648.00 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.90*648.00 = 583.20 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_7 = 0.75
Tn_7 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(81.00 - 2.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 1004.29 kN
Tu_7 = ϕt_7*Tn_7 = 0.75*1004.29 = 753.22 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_8 = 0.75
MODO DE FALLA A
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1a
(Fu*((s - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.32) +
0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 1030.14 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2a
(Fy*(s*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.32) +
0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 699.23 kN
MODO DE FALLA B
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*3.00 - 1.27)*0.32) +
0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 146.94 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*3.00*0.32) +
0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 147.23 kN
Tn_8 = min([BC1a,BC2a,BC1b,BC2b]) = min([1030.14,699.23,146.94,147.23]) = 146.94 kN
Tu_8 = phi_8*Tn_8 = 0.75*146.94 = 110.21 kN
TdC = min([Tu_6 , Tu_7 ,Tu_8]) = min([583.20 , 753.22 , 110.21]) = 110.21 kN

Tu / TdC = 10.00 / 110.21 = 0.09 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (81.00*0.32^3)/12 = 0.22
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.22/(81.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (3.00)/0.03 = 101.49
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/101.49^2 = 191.65 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/191.65)^0.5 = 1.14
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.14)^2)*250.00 = 96.10 MPa
ϕc_9 = 0.85
Pn_9 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 96.10*81.00*0.32*(10)^-1 = 249.09 kN
Pu_9 = ϕc_9*Pn_9 = 0.85*249.09 = 211.73 kN

PdC = Pu_9 = 211.73 kN

Pu / PdC = 27.00 / 211.73 = 0.13 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE

$\phi s_{10} = 0.90$

$Vn_{10} = 0.6*Fy*b*tc*(10)^{-1} = 0.6*250.00*81.00*0.32*(10)^{-1} = 388.80$ kN

$Vu_{10} = \phi s_{10}*Vn_{10} = 0.90*388.80 = 349.92$ kN

$VdC = Vu_{10} = 349.92$ kN

Vu / VdC = 0.00 / 349.92 = 0.00 < 1 VERIFICA

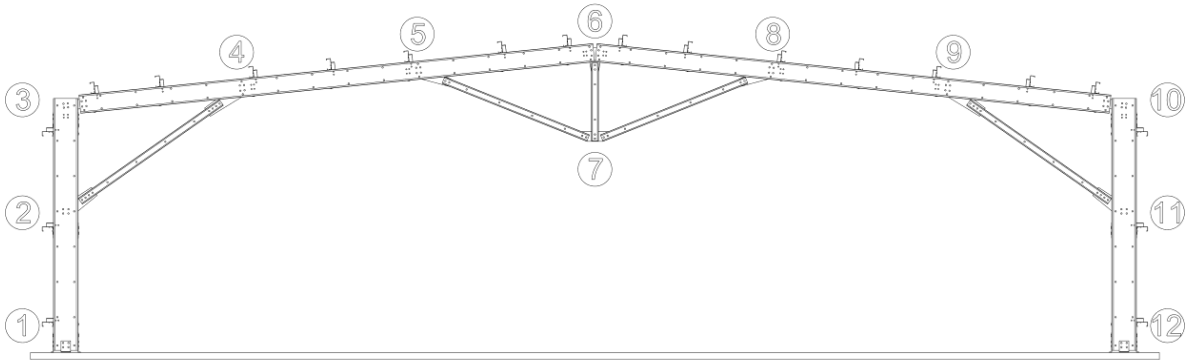
::
TABLA RESUMEN UNION 5-A,8-A
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.11
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.21
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.15
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.03
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.09
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.13
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.00

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 5-B,8-B
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

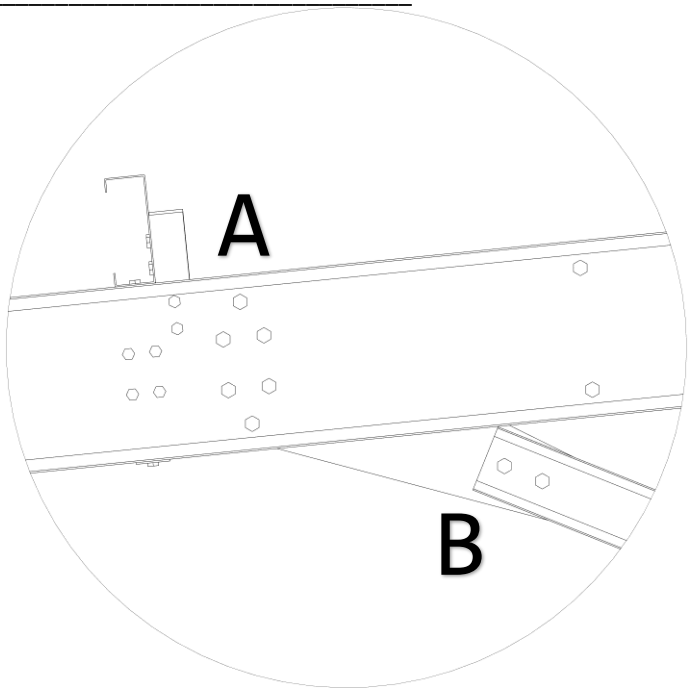
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 3.00
Cantidad de filas m: 1.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.20 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 0.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 7.00 cm
Longitud de la union L: 12.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 14.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 0.00 + 2*tan(30°)*12.00 = 13.86 cm
Ww <= b
13.86 <= 14.00
Ww = 13.86 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 5-B,8-B
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

Esfuerzo de traccion

Tu: 10.00 kN

Esfuerzo de compresion

Pu: 27.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 5-B,8-B
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.

TdP = Tu_4

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(5)Fluencia en el area bruta.
(6)Rotura en el area neta.
(7)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_5 , Tu_6 , Tu_7])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(8)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_8

Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn

---

(9)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_9

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
s = 0 NO APLICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81 VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

s3 >= 1.5*db
7.00 >= 1.91 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((10.00/3.00)^2 + (0.00/3.00)^2)^0.5 = 1.67 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/3.00)^2 + (0.00/3.00)^2)^0.5 = 4.50 kN
P = max([P1,P2]) = max([1.67 , 4.50]) = 4.50 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 4.50 / 31.35 = 0.14 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO
P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((10.00/3.00)^2 + (0.00/3.00)^2)^0.5 = 1.67 kN
P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/3.00)^2 + (0.00/3.00)^2)^0.5 = 4.50 kN
P = max([P1,P2]) = max([1.67 , 4.50]) = 4.50 kN
ϕc_2 = 0.75
Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.20*(1.58*0.20 + 1.33)*(10)^-1 = 16.72 kN
Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*16.72 = 12.54 kN

RdP = Ru_2 = 12.54 kN

P / RdP = 4.50 / 12.54 = 0.36 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO
P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((10.00/3.00)^2 + (0.00/3.00)^2)^0.5 = 1.67 kN
P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/3.00)^2 + (0.00/3.00)^2)^0.5 = 4.50 kN
P = max([P1,P2]) = max([1.67 , 4.50]) = 4.50 kN
ϕc_3 = 0.75
Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN
Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 4.50 / 22.38 = 0.20 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA
Ag = 6.18 cm^2
An = Ag - m*A = 6.18 - 1.00*1.27 = 4.91 cm^2
x = 1.17 cm
U = 1 - (x*L) = 1 - (1.17/12.00) = 0.90
Ae = U*An = 0.90*4.91 = 4.43 cm^2
ϕt_4 = 0.75
Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*4.43*(10)^-1 = 177.37 kN
Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*177.37 = 133.03 kN

TdP = Tu_4 = 133.03 kN

Tu / TdP = 10.00 / 133.03 = 0.08 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_5 = 0.90
Tn_5 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*13.86*0.32*(10)^-1 = 110.85 kN
Tu_5 = ϕt_5*Tn_5 = 0.90*110.85 = 99.77 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_6 = 0.75
Tn_6 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(13.86 - 1.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 161.11 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.75*161.11 = 120.83 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_7 = 0.75
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*7.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*1.00*((12.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 234.94 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*7.00*0.32) + 0.6*400.00*1.00*((12.00 + 3.00 - (3.00/1.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 197.94 kN

Tn_7 = min([BC1,BC2]) = min([234.94,197.94]) = 197.94 kN
Tu_7 = phi_7*Tn_7 = 0.75*197.94 = 148.45 kN
TdC = min([Tu_5 , Tu_5 ,Tu_7]) = min([99.77 , 120.83 , 148.45]) = 99.77 kN

Tu / TdC = 10.00 / 99.77 = 0.10 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (14.00*0.32^3)/12 = 0.04
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.04/(13.86*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (3.50)/0.03 = 117.79
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/117.79^2 = 142.26 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/142.26)^0.5 = 1.33
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.33)^2)*250.00 = 82.42 MPa
ϕc_8 = 0.85
Pn_8 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 82.42*13.86*0.32*(10)^-1 = 36.54 kN
Pu_8 = ϕc_8*Pn_8 = 0.85*36.54 = 31.06 kN

PdC = Pu_8 = 31.06 kN

Pu / PdC = 27.00 / 31.06 = 0.87 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE
ϕs_9 = 0.90
Vn_9 = 0.6*Fy*b*tc*(10)^-1 = 0.6*250.00*14.00*0.32*(10)^-1 = 67.20 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*67.20 = 60.48 kN

VdC = Vu_9 = 60.48 kN

Vu / VdC = 0.00 / 60.48 = 0.00 < 1 VERIFICA

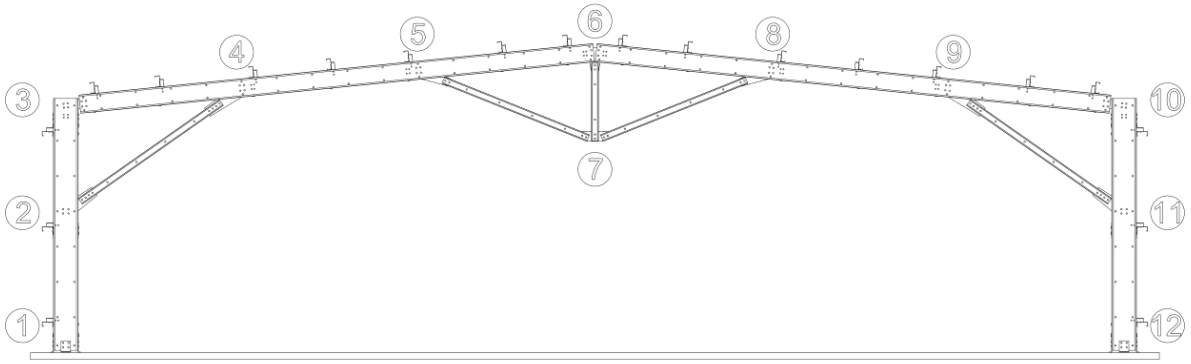
::
TABLA RESUMEN UNION 5-B,8-B
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.14
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.36
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.20
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.08
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.10
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.87
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.00

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 6-A,6-b
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

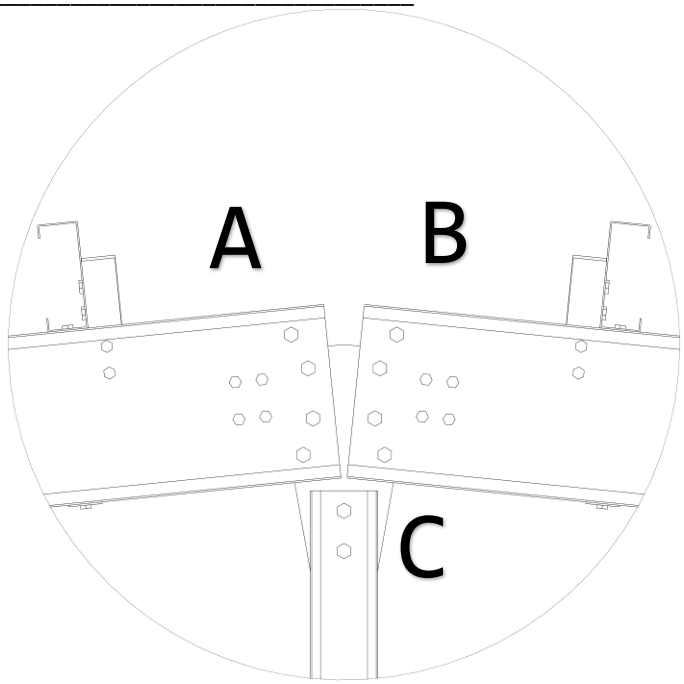
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 4.00
Cantidad de filas m: 2.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.25 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 75.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 3.00 cm
Longitud desde el extremo de la chapa y el centro de fuerzas de la union L0: 12.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 81.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 75.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 81.93 cm
Ww > b
81.93 > 81.00
Ww = 81.00 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 6-A,6-b
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 70.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 0.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 17.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 6-A,6-b
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.
(5)Rotura por bloque de corte.

TdP = min([Tu_4 , Tu_5])

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(6)Fluencia en el area bruta.
(7)Rotura en el area neta.
(8)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_6 , Tu_7 , Tu_8])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(9)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_9

_____
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn
_____

(10)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_10

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
75.00 >= 3.81   VERIFICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81   VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

s3 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((70.00/4.00)^2 + (17.00/4.00)^2)^0.5 = 9.00 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((0.00/4.00)^2 + (17.00/4.00)^2)^0.5 = 2.12 kN
P = max([P1,P2]) = max([9.00 , 2.12]) = 9.00 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 9.00 / 31.35 = 0.29 < 1   VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((70.00/4.00)^2 + (17.00/4.00)^2)^0.5 = 9.00 kN

P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((0.00/4.00)^2 + (17.00/4.00)^2)^0.5 = 2.12 kN

P = max([P1,P2]) = max([9.00 , 2.12]) = 9.00 kN

ϕc_2 = 0.75

Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.25*(1.58*0.25 + 1.33)*(10)^-1 = 21.91 kN

Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*21.91 = 16.43 kN

RdP = Ru_2 = 16.43 kN

P / RdP = 9.00 / 16.43 = 0.55 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((70.00/4.00)^2 + (17.00/4.00)^2)^0.5 = 9.00 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((0.00/4.00)^2 + (17.00/4.00)^2)^0.5 = 2.12 kN

P = max([P1,P2]) = max([9.00 , 2.12]) = 9.00 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 9.00 / 22.38 = 0.40 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 11.25 cm^2

An = Ag - m*A = 11.25 - 2.00*1.27 = 8.72 cm^2

x = 2.49 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (2.49/6.00) = 0.58

Ae = U*An = 0.58*8.72 = 5.10 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*5.10*(10)^-1 = 203.97 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*203.97 = 152.97 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_5 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1

(Fu*((s - db)*tp) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tp))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.25) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.25))*(10)^-1 = 804.80 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2

(Fy*(s*tp) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tp)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.25) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.25)*(10)^-1 = 546.27 kN

Tn_5 = min([BC1,BC2]) = min([804.80,546.27]) = 546.27 kN

Tu_5 = phi_5*Tn_5 = 0.75*546.27 = 409.70 kN
TdP = min([Tu_4 , Tu_5]) = min([152.97 , 409.70]) = 152.97 kN

0.5*Tu / TdP = 35.00 / 152.97 = 0.23 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA
ϕt_6 = 0.90
Tn_6 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*81.00*0.32*(10)^-1 = 648.00 kN
Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.90*648.00 = 583.20 kN

ROTURA EN EL AREA NETA
ϕt_7 = 0.75
Tn_7 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(81.00 - 2.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 1004.29 kN
Tu_7 = ϕt_7*Tn_7 = 0.75*1004.29 = 753.22 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE
ϕt_8 = 0.75
MODO DE FALLA A
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1a
(Fu*((s - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((75.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 1030.14 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2a
(Fy*(s*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(75.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 699.23 kN
MODO DE FALLA B
Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b
(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*3.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*2.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 146.94 kN
Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b
(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*3.00*0.32) + 0.6*400.00*2.00*((6.00 + 3.00 - (4.00/2.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 147.23 kN
Tn_8 = min([BC1a,BC2a,BC1b,BC2b]) = min([1030.14,699.23,146.94,147.23]) = 146.94 kN
Tu_8 = phi_8*Tn_8 = 0.75*146.94 = 110.21 kN
TdC = min([Tu_6 , Tu_7 ,Tu_8]) = min([583.20 , 753.22 , 110.21]) = 110.21 kN

Tu / TdC = 70.00 / 110.21 = 0.64 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (81.00*0.32^3)/12 = 0.22
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.22/(81.00*0.32))^0.5 = 0.03
λ = (L1)/r = (3.00)/0.03 = 101.49
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/101.49^2 = 191.65 MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/191.65)^0.5 = 1.14
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(1.14)^2)*250.00 = 96.10 MPa
ϕc_9 = 0.85
Pn_9 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 96.10*81.00*0.32*(10)^-1 = 249.09 kN
Pu_9 = ϕc_9*Pn_9 = 0.85*249.09 = 211.73 kN

PdC = Pu_9 = 211.73 kN

Pu / PdC = 0.00 / 211.73 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE

$\phi s_{10} = 0.90$

$Vn_{10} = 0.6*Fy*b*tc*(10)^{-1} = 0.6*250.00*81.00*0.32*(10)^{-1} = 388.80$ kN

$Vu_{10} = \phi s_{10}*Vn_{10} = 0.90*388.80 = 349.92$ kN

$VdC = Vu_{10} = 349.92$ kN

Vu / VdC = 17.00 / 349.92 = 0.05 < 1 VERIFICA

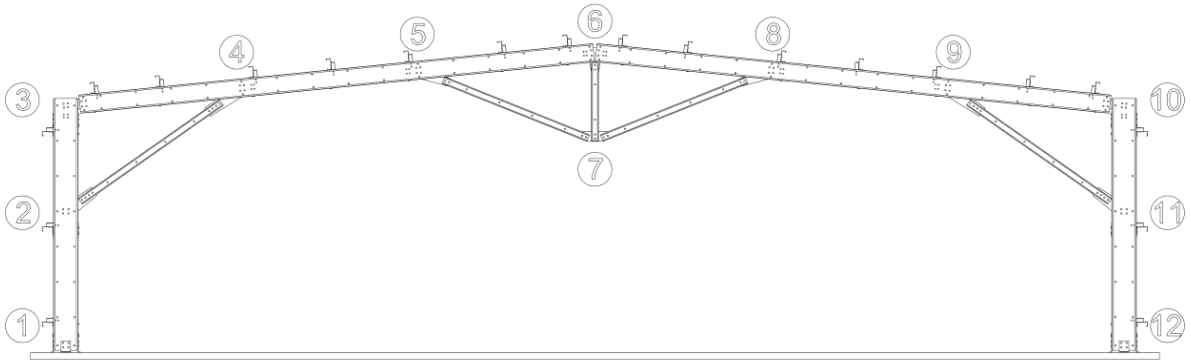
::
TABLA RESUMEN UNION 6-A,6-b
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.29
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.55
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.40
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.23
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.64
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.00
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.05

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 6-C
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

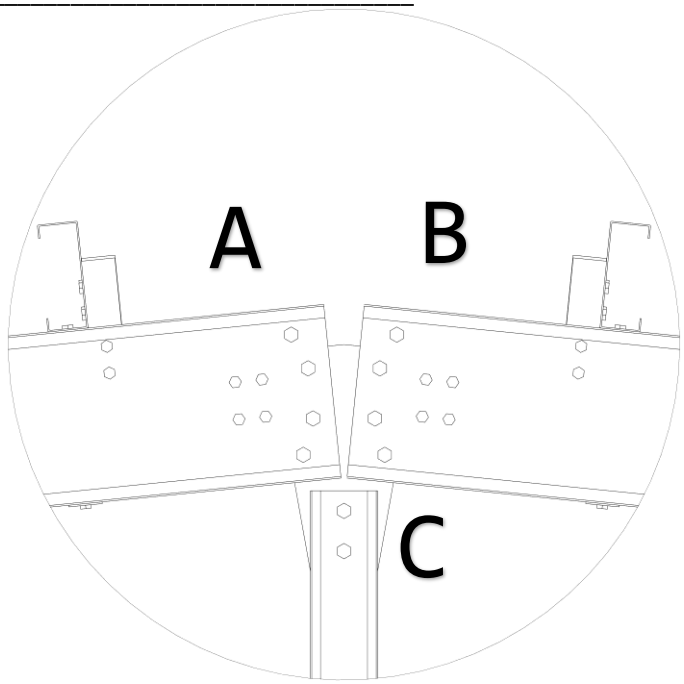
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

Parametros de diseño de la union



Cantidad de bulones n: 2.00
Cantidad de filas m: 1.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.20 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 0.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 7.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 14.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 0.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 6.93 cm
Ww <= b
6.93 <= 14.00
Ww = 6.93 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 6-C
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

Esfuerzo de traccion

Tu: 20.00 kN

Esfuerzo de compresion

Pu: 7.00 kN

_____
Esfuerzo de corte
_____

Vu: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 6-C
::

_____
Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn
_____

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn
_____

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

_____
Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn
_____

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

_____
Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn
_____

(4)Rotura en el area neta.

TdP = Tu_4

_____
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn
_____

(5)Fluencia en el area bruta.
(6)Rotura en el area neta.
(7)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_5 , Tu_6 , Tu_7])

_____
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn
_____

(8)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_8

Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn

---

(9)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_9

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
s = 0 NO APLICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81 VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

s3 >= 1.5*db
7.00 >= 1.91 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((20.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 5.00 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((7.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 1.75 kN
P = max([P1,P2]) = max([5.00 , 1.75]) = 5.00 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 5.00 / 31.35 = 0.16 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO
P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((20.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 5.00 kN
P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((7.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 1.75 kN
P = max([P1,P2]) = max([5.00 , 1.75]) = 5.00 kN
ϕc_2 = 0.75
Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.20*(1.58*0.20 + 1.33)*(10)^-1 = 16.72 kN
Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*16.72 = 12.54 kN

RdP = Ru_2 = 12.54 kN

P / RdP = 5.00 / 12.54 = 0.40 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((20.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 5.00 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((7.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 1.75 kN

P = max([P1,P2]) = max([5.00 , 1.75]) = 5.00 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 5.00 / 22.38 = 0.22 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 6.18 cm^2

An = Ag - m*A = 6.18 - 1.00*1.27 = 4.91 cm^2

x = 1.17 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (1.17/6.00) = 0.81

Ae = U*An = 0.81*4.91 = 3.96 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*3.96*(10)^-1 = 158.21 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*158.21 = 118.65 kN

TdP = Tu_4 = 118.65 kN

Tu / TdP = 20.00 / 118.65 = 0.17 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_5 = 0.90

Tn_5 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*6.93*0.32*(10)^-1 = 55.43 kN

Tu_5 = ϕt_5*Tn_5 = 0.90*55.43 = 49.88 kN

ROTURA EN EL AREA NETA

ϕt_6 = 0.75

Tn_6 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(6.93 - 1.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 72.43 kN

Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.75*72.43 = 54.32 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_7 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b

(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*7.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*1.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 206.14 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b

(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*7.00*0.32) + 0.6*400.00*1.00*((6.00 + 3.00 - (2.00/1.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 161.61 kN

Tn_7 = min([BC1,BC2]) = min([206.14,161.61]) = 161.61 kN
Tu_7 = phi_7*Tn_7 = 0.75*161.61 = 121.21 kN
TdC = min([Tu_5 , Tu_5 ,Tu_7]) = min([49.88 , 54.32 , 121.21]) = 49.88 kN

Tu / TdC = 20.00 / 49.88 = 0.40 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL
I = (b*tc^3)/12 = (14.00*0.32^3)/12 = 0.04
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.04/(6.93*0.32))^0.5 = 0.04
λ = (L1)/r = (0.00)/0.04 = 0.00
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/0.00^2 = Inf MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/Inf)^0.5 = 0.00
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.00)^2)*250.00 = 250.00 MPa
ϕc_8 = 0.85
Pn_8 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*6.93*0.32*(10)^-1 = 55.43 kN
Pu_8 = ϕc_8*Pn_8 = 0.85*55.43 = 47.11 kN

PdC = Pu_8 = 47.11 kN

Pu / PdC = 7.00 / 47.11 = 0.15 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE
ϕs_9 = 0.90
Vn_9 = 0.6*Fy*b*tc*(10)^-1 = 0.6*250.00*14.00*0.32*(10)^-1 = 67.20 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*67.20 = 60.48 kN

VdC = Vu_9 = 60.48 kN

Vu / VdC = 0.00 / 60.48 = 0.00 < 1 VERIFICA

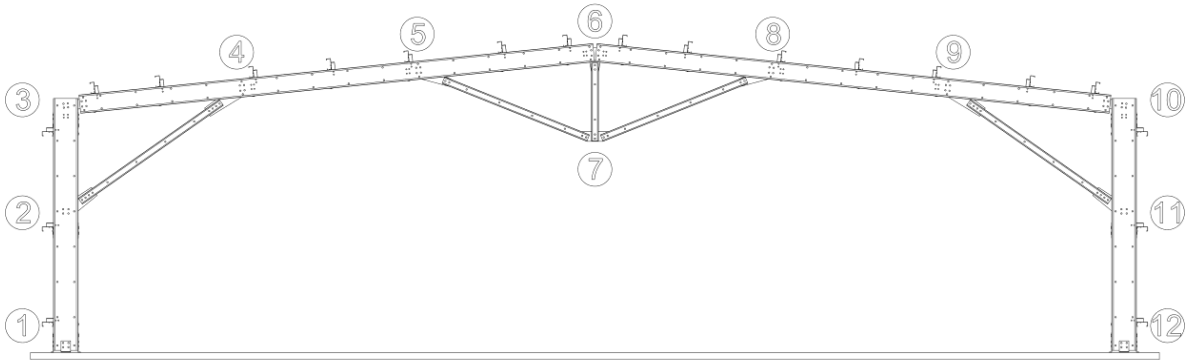
::
TABLA RESUMEN UNION 6-C
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.16
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.40
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.22
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.17
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.40
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.15
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.00

::
VERIFICA
::

::
REPORTE DE LA UNION 7-A,7-B,7-C
::



_____
Propiedades del material-Bulones
_____

Material: A325
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension nominal a traccion del acero Fnt: 650.00 MPa
Tension nominal a corte del acero Fnt: 330.00 MPa

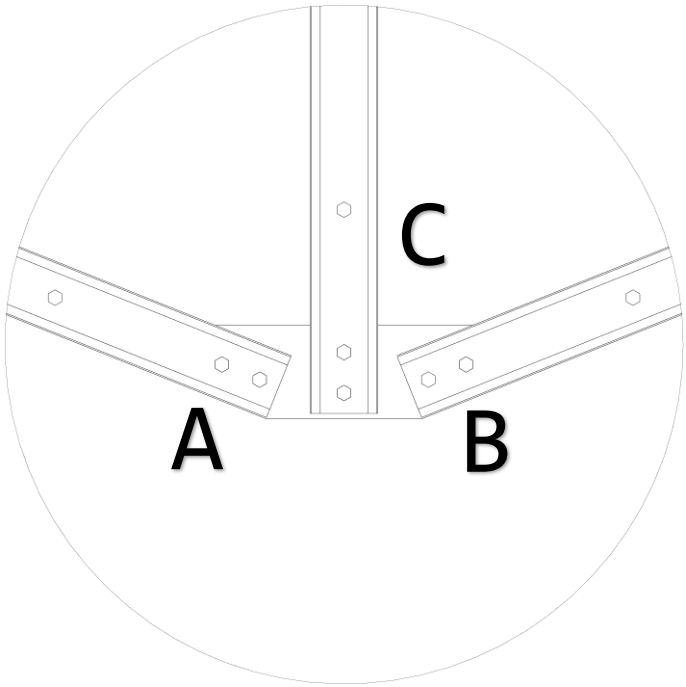
_____
Propiedades del material-Perfil
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Propiedades del material-Chapa de nudo
_____

Material: ACERO F26
Modulo de elasticidad E: 200000.00 MPa
Modulo de elasticidad transversal G: 77000.00 MPa
Tension de fluencia del acero Fy: 250.00 MPa
Tension de rotura del acero Fu: 400.00 MPa

_____
Parametros de diseño de la union
_____



Cantidad de bulones n: 2.00
Cantidad de filas m: 1.00
Diametro de los bulones db: 1.27 cm
Espesor del perfil tp: 0.20 cm
Espesor de la chapa de nudo tc: 0.32 cm
Distancia entre filas de bulones s: 0.00 cm
Distancia entre bulones de una misma fila s1: 6.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion de la fuerza s2: 3.00 cm
Distancia entre bulon y borde libre medido en direccion perpendicular a la fuerza s3: 7.00 cm
Longitud de la union L: 6.00 cm
Ancho total de la chapa de la union b: 14.00 cm
Calculo del ancho de la seccion de Whitmore Ww
Ww = s + 2*tan(30°)*L = 0.00 + 2*tan(30°)*6.00 = 6.93 cm
Ww <= b
6.93 <= 14.00
Ww = 6.93 cm

::
ESFUERZOS INTERNOS DE DISEÑO DE LA UNION 7-A,7-B,7-C
::

Se utilizaran los maximos esfuerzos internos provocados por las distintas combinaciones de Estados Limites Ultimos.

_____
Esfuerzo de traccion
_____

Tu: 20.00 kN

_____
Esfuerzo de compresion
_____

Pu: 27.00 kN

_____

Esfuerzo de corte

Vu: 0.00 kN

::
VERIFICACIONES DE RESISTENCIAS DE LA UNION 7-A,7-B,7-C
::

Resistencia de diseño de los bulones Ru = ϕs*Rn

---

(1)Fluencia por corte en el bulon.

Rd = Ru_1

Resistencia de diseño de los agujeros en el perfil Ru = ϕc*Rn

---

(2)Aplastamiento en los agujeros de la chapa del perfil.

RdP = Ru_2

Resistencia de diseño de los agujeros en la chapa de nudo Ru = ϕc*Rn

---

(3)Aplastamiento en los agujeros de la chapa de nudo.

RdP = Ru_3

Resistencia de diseño a traccion en el perfil Tu = ϕt*Tn

---

(4)Rotura en el area neta.

TdP = Tu_4

Resistencia de diseño a traccion de la chapa de union Tu = ϕt*Tn

---

(5)Fluencia en el area bruta.
(6)Rotura en el area neta.
(7)Rotura por bloque de corte.

TdC = min([Tu_5 , Tu_6 , Tu_7])

Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo Pu = ϕc*Pn

---

(8)Pandeo flexional respecto al eje debil.

PdC = Pu_8

Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo Vu = ϕs*Vn

_____

(9)Fluencia por corte en la chapa de nudo.

VdC = Vu_9

::
VERIFICACION DE DISTANCIAS MINIMAS EN LA UNION
::

s >= 3*db
s = 0 NO APLICA

s1 >= 3*db
6.00 >= 3.81 VERIFICA

s2 >= 1.5*db
3.00 >= 1.91 VERIFICA

s3 >= 1.5*db
7.00 >= 1.91 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS BULONES
::

SOLICITACION EN EL BULON
P1 = (1/Qb)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((20.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 5.00 kN
P2 = (1/Qb)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 6.75 kN
P = max([P1,P2]) = max([5.00 , 6.75]) = 6.75 kN
ϕs_1 = 0.75
Rn_1 = Fnv*A*(10)^-1 = 330.00*1.27*(10)^-1 = 41.80 kN
Ru_1 = ϕs_1*Rn_1 = 0.75*41.80 = 31.35 kN

Rd = Ru_1 = 31.35 kN

P / Rd = 6.75 / 31.35 = 0.22 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN EL PERFIL
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO
P1 = (1/Qp)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((20.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 5.00 kN
P2 = (1/Qp)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 6.75 kN
P = max([P1,P2]) = max([5.00 , 6.75]) = 6.75 kN
ϕc_2 = 0.75
Rn_2 = Fu*db*tp*(1.58*tp + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.20*(1.58*0.20 + 1.33)*(10)^-1 = 16.72 kN
Ru_2 = ϕc_2*Rn_2 = 0.75*16.72 = 12.54 kN

RdP = Ru_2 = 12.54 kN

P / RdP = 6.75 / 12.54 = 0.54 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO DE LOS AGUJEROS EN LA CHAPA DE NUDO
::

SOLICITACION EN EL AGUJERO

P1 = (1/Qc)*((Tu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((20.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 5.00 kN

P2 = (1/Qc)*((Pu/n)^2 + (Vu/n)^2)^0.5 = (1/2.00)*((27.00/2.00)^2 + (0.00/2.00)^2)^0.5 = 6.75 kN

P = max([P1,P2]) = max([5.00 , 6.75]) = 6.75 kN

ϕc_3 = 0.75

Rn_3 = Fu*db*tc*(1.58*tc + 1.33)*(10)^-1 = 400.00*1.27*0.32*(1.58*0.32 + 1.33)*(10)^-1 = 29.84 kN

Ru_3 = ϕc_3*Rn_3 = 0.75*29.84 = 22.38 kN

RdC = Ru_3 = 22.38 kN

P / RdC = 6.75 / 22.38 = 0.30 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DEL PERFIL
::

ROTURA EN EL AREA NETA

Ag = 6.18 cm^2

An = Ag - m*A = 6.18 - 1.00*1.27 = 4.91 cm^2

x = 1.17 cm

U = 1 - (x*L) = 1 - (1.17/6.00) = 0.81

Ae = U*An = 0.81*4.91 = 3.96 cm^2

ϕt_4 = 0.75

Tn_4 = Fu*Ae*(10)^-1 = 400.00*3.96*(10)^-1 = 158.21 kN

Tu_4 = ϕt_4*Tn_4 = 0.75*158.21 = 118.65 kN

TdP = Tu_4 = 118.65 kN

Tu / TdP = 20.00 / 118.65 = 0.17 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA EN EL AREA BRUTA

ϕt_5 = 0.90

Tn_5 = Fy*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*6.93*0.32*(10)^-1 = 55.43 kN

Tu_5 = ϕt_5*Tn_5 = 0.90*55.43 = 49.88 kN

ROTURA EN EL AREA NETA

ϕt_6 = 0.75

Tn_6 = Fu*(Ww - m*db)*tc*(10)^-1 = 400.00*(6.93 - 1.00*1.27)*0.32*(10)^-1 = 72.43 kN

Tu_6 = ϕt_6*Tn_6 = 0.75*72.43 = 54.32 kN

ROTURA POR BLOQUE DE CORTE

ϕt_7 = 0.75

Rotura por traccion y fluencia por corte BC1b

(Fu*((2*s3 - db)*tc) + 0.6*Fy*m*((L + s2)*tc))*(10)^-1 = (400.00*((2*7.00 - 1.27)*0.32) + 0.6*250.00*1.00*((6.00 + 3.00)*0.32))*(10)^-1 = 206.14 kN

Fluencia por traccion y rotura por corte BC2b

(Fy*(2*s3*tc) + 0.6*Fu*m*((L + s2 - (n/m)*db)*tc)*(10)^-1 = (250.00*(2*7.00*0.32) + 0.6*400.00*1.00*((6.00 + 3.00 - (2.00/1.00)*1.27)*0.32)*(10)^-1 = 161.61 kN

Tn_7 = min([BC1,BC2]) = min([206.14,161.61]) = 161.61 kN

Tu_7 = phi_7*Tn_7 = 0.75*161.61 = 121.21 kN

TdC = min([Tu_5 , Tu_5 ,Tu_7]) = min([49.88 , 54.32 , 121.21]) = 49.88 kN

Tu / TdC = 20.00 / 49.88 = 0.40 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA CHAPA DE NUDO
::

PANDEO FLEXIONAL RESPECTO AL EJE DEBIL

I = (b*tc^3)/12 = (14.00*0.32^3)/12 = 0.04
r = (Ic/(Ww*tc))^0.5 = (0.04/(6.93*0.32))^0.5 = 0.04
λ = (L1)/r = (0.00)/0.04 = 0.00
Fe = (π^2*E)/λ^2= (π^2*200000.00)/0.00^2 = Inf MPa
λc = (Fy/Fe)^0.5 = (250.00/Inf)^0.5 = 0.00
λc <= 1.5
Fcr = (0.658^(λc)^2)*Fy = (0.658^(0.00)^2)*250.00 = 250.00 MPa
ϕc_8 = 0.85
Pn_8 = Fcr*Ww*tc*(10)^-1 = 250.00*6.93*0.32*(10)^-1 = 55.43 kN
Pu_8 = ϕc_8*Pn_8 = 0.85*55.43 = 47.11 kN

PdC = Pu_8 = 47.11 kN

Pu / PdC = 27.00 / 47.11 = 0.57 < 1 VERIFICA

::
RESISTENCIA DE DISEÑO A CORTE DE LA CHAPA DE NUDO
::

FLUENCIA POR CORTE

ϕs_9 = 0.90
Vn_9 = 0.6*Fy*b*tc*(10)^-1 = 0.6*250.00*14.00*0.32*(10)^-1 = 67.20 kN
Vu_9 = ϕs_9*Vn_9 = 0.90*67.20 = 60.48 kN

VdC = Vu_9 = 60.48 kN

Vu / VdC = 0.00 / 60.48 = 0.00 < 1 VERIFICA

::
TABLA RESUMEN UNION 7-A,7-B,7-C
::

Ratios de diseño (Solicitacion/Resistencia <= 1)

Resistencia de diseño los bulones	0.22
Resistencia de diseño los agujeros en el perfil	0.54
Resistencia de diseño los agujeros en la chapa de nudo	0.30
Resistencia de diseño a traccion del perfil	0.17
Resistencia de diseño a traccion de la chapa de nudo	0.40
Resistencia de diseño a compresion de la chapa de nudo	0.57
Resistencia de diseño a corte de la chapa de nudo	0.00

::
VERIFICA
::