


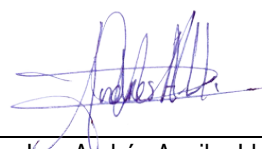
	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DEL DOCUMENTO.: <b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	PROYECTO: <b>INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA</b>	HOJA:  1 de 83
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	


## ÍNDICE DE REVISIONES

Fecha	Revisión	Observaciones
11-10-2025	A	Para Revisión del Cliente
07-11-2025	B	Para Revisión del Cliente

 <b>Ing. Victor Hugo Perez</b> <b>Ingeniero de Proyecto</b> <b>ELABORADO POR</b>	 <b>Ing. Juan Carlos Lino</b> <b>Coordinador de Ingeniería</b> <b>REVISADO POR</b>	 <b>Ing. Andrés Aguilar Ll.</b> <b>Gerente de Proyecto</b> <b>APROBADO POR</b>
--	--	--


ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE YPFB TRANSPORTE S.A. Y NO PODRÁ SER REPRODUCIDO O UTILIZADO PARA CUALQUIER FINALIDAD DIFERENTE DE AQUELLA PARA LA QUE HA SIDO SUMINISTRADO.

Archivo: IPE-2025-2977-S-MC-04-RB


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPÉ-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 2 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

## ÍNDICE

<b>1. OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. ALCANCE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA Y NORMAS.....</b>	<b>4</b>
3.1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....	4
3.2. NORMAS DE REFERENCIA .....	5
<b>4. PARAMETROS DE DISEÑO.....</b>	<b>5</b>
4.1. HORMIGÓN .....	5
4.2. RECUBRIMIENTO.....	6
4.3. ACERO ESTRUCTURAL DE LA NAVE.....	6
4.4. PARÁMETROS DEL SUELO .....	7
<b>5. ANÁLISIS DE CARGA.....</b>	<b>7</b>
5.1. GEOMETRÍA ESTRUCTURA EXISTENTE .....	7
5.2. IDEALIZACIÓN ESTRUCTURAL.....	9
5.1. POSICIONES DE CARGA DEL PUENTE GRÚA .....	10
5.2. COMBINACIONES DE CARGA.....	14
5.3. CARGA MUERTA.....	15
5.4. CARGA VIVA.....	16
5.5. CARGAS DE VIENTO .....	17
<b>6. CARGAS POR EFECTO DINÁMICO DEL SÍSMO.....</b>	<b>22</b>
<b>7. CARGAS DEL PUENTE GRÚA .....</b>	<b>28</b>
<b>8. GEOMETRÍA DE LA AMPLIACIÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>9. ANÁLISIS DE RIGIDEZ ROTACIONAL .....</b>	<b>31</b>
<b>10. ANÁLISIS DE LA AMPLIACIÓN DE LA NAVE .....</b>	<b>33</b>
10.1. AMPLIACIÓN CON LA CONFIGURACIÓN EXISTENTE ARTICULADA.....	33
10.2. AMPLIACIÓN NUEVA CONFIGURACIÓN EMPOTRADA.....	35

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 3 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

<b>11.</b>	<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS AMPLIACIÓN</b>	<b>37</b>
11.1.	VERIFICACIÓN DE PARTICIPACIÓN DE MASAS	37
11.2.	DISEÑO POR RESISTENCIA	38
11.3.	DISEÑO EN SERVICIO	39
<b>12.</b>	<b>DISEÑO DE FUNDACIONES</b>	<b>48</b>
12.1.	FUNDACIONES EXISTENTES	48
12.2.	FUNDACIONES AMPLIACIÓN	50
12.2.1.	ZAPATAS TIPO 1	50
12.2.2.	ZAPATAS TIPO 2	53
12.2.3.	DISEÑO DE PEDESTALES	57
<b>13.</b>	<b>DISEÑO DE PLACA DE ANCLAJE</b>	<b>63</b>
13.1.	PLACAS DE ANCLAJE EXISTENTES	63
13.2.	DISEÑO DE PLACAS DE ANCLAJE AMPLIACIÓN	64
<b>14.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
<b>15.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
<b>16.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>83</b>

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	4 de 83
		REV:
		<b>B</b>

## 1. OBJETIVO

El presente documento tiene como objetivo desarrollar la memoria de cálculo estructural correspondiente a la ampliación de la nave industrial existente, destinada a soportar un sistema de puente grúa con capacidad de 5 toneladas para el proyecto "INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA".

## 2. ALCANCE


El alcance del presente documento contempla el análisis y diseño de la ampliación, incluyendo la viga carril. El diseño y verificación del conjunto puente grúa se realizará en otro documento.

## 3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA Y NORMAS

### 3.1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

A continuación, se detalla la documentación de referencia asociada a este documento:

[Ref. 1.]	IPE-2025-2977-G-MD-003	Bases de Diseño.
[Ref. 2.]	SC-E30-CI-00-05-01 de 01	Plan General de Ubicación de Obras Civiles - Área Instalación 4ta y 5ta UCG.
[Ref. 3.]	SC-E30-TO-00-05-01 de 01	Planos Topográficos.
[Ref. 4.]	IPE-2025-2977-S-EG-001	Informe de Estudio Geotécnico y Ensayos realizados (SPT)
[Ref. 5.]	SC-E30-CI-01-09-04 de 52=1	Plano Fundación Estructura y Cubierta UCGs Vista en Planta, Elevación, Cortes y Detalles. (Etapa 1)
[Ref. 6.]	SC-E30-CI-01-09-05 de 52=1	Plano Estructura y Accesorios Puente Grúa UCGs. (Etapa 1)
[Ref. 7.]	SC-E30-CI-01-09-06 de 52=1	Plano de Cortes y Detalles Estructura y Cubierta UCGs. (Etapa 1)
[Ref. 8.]	SC-E30-CI-01-04-01 de 01=1	Plano Layout General Obras Civiles.
[Ref. 9.]	SC-E30-CI-01-MC-005	Memoria de cálculo edificio UCGs (Fundaciones, Columnas, Vigas y Cubierta) Incluye Puente Grúa. (Etapa 1)
[Ref. 10.]	SC-E30-CI-00-08-10 de 40	Edificio Compresor Vista en Planta Cortes y Vistas.
[Ref. 11.]	SC-E30-CI-00-08-11 de 40	Replanteo de Fundaciones Edificio Compresor en Planta.
[Ref. 12.]	SC-E30-CI-00-08-12 de 40	Fundaciones para Ampliación de Edificio Compresor Vista en Planta Corte y Detalles.
[Ref. 13.]	SC-E30-CI-00-08-13 de 40	Edificio Compresor Cortes y Detalles

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	5 de 83
		REV:
		<b>B</b>

[Ref. 14.]	SC-E30-CI-00-08-14 de 40	Planos de Ampliación de Estructura de Puente Grúa en Edificio Compresores – Vista en Planta, Cortes, Detalles y Elevaciones.
------------	--------------------------	--

### 3.2. NORMAS DE REFERENCIA

A continuación, se detallan las normas de referencia asociadas a este documento:


[Ref. 15.]	NB 1225001	Norma Boliviana de Hormigón Estructural
[Ref. 16.]	NBDS-2023	Norma Boliviana de Diseño Sísmico 2023
[Ref. 17.]	ACI 318-19	Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural
[Ref. 18.]	AISC 360-16	Specification for Structural Steel Buildings
[Ref. 19.]	ASCE 7-16	Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
[Ref. 20.]	AWS-D1.1-C1M-2020	American welding society
[Ref. 21.]	AISI S100-16	North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members
[Ref. 22.]	AISC DG7	Industrial Buildings Roofs to Anchor Rods
[Ref. 23.]	AISC DG1	Base Plate and Anchor Rod Design
[Ref. 24.]	CMAA70-20	Specification for Top Running Bridge and Gantry Type Multiple Girder Electric Overhead Traveling Cranes

## 4. PARAMETROS DE DISEÑO

### 4.1. HORMIGÓN

**Tabla 1.** Características del hormigón.

Características de Hormigón	Valores
Coeficiente de Poisson	0.2
Peso Unitario	2400.0 kg/m <sup>3</sup>
Coeficiente de Dilatación Térmica	9.90E-06 1/C
Módulo de Elasticidad (Es)	2.14E+05 kg/cm <sup>2</sup>
Tensión de Fluencia del Acero Longitudinal (Fy)	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Tensión de Fluencia del Acero Transversal (Fy)	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Factor Cte. Torsión J (0.05)	0.05
Tensión de Rotura del Hormigón (f'c)	210.0 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad del Acero (Es)	2.04E+06 kg/cm <sup>2</sup>

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	6 de 83
		REV:
		<b>B</b>

## 4.2. RECUBRIMIENTO

Los recubrimientos para la armadura serán los especificados en la norma ACI 318-19, y se listan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Recubrimiento mecánico.


7.7.1 concreto construido en sitio (no preesforzado)	
Estado	Recubrimiento mínimo, mm
a) Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él	75
b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:	
Barras 19 mm (3/4") a 57 mm (2-1/4")	50
Barras 16 mm (5/8"), alambre MW200 ó MD200 (16 mm (5/8") de diámetro) y menores	40
c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:	
* Losas, muros, viguetas:	
Barras 43 mm (1-3/4") y 57 mm (2-1/4")	40
Barras 36 mm (1-5/16") y menores	20
* Vigas, columnas:	
Armadura principal, estribos, espirales	40
* Cáscaras y placas plegadas:	
Barra 19 mm (3/4") y mayores	20
Barras 16 mm (5/8"), alambre MW200 ó MD200 (16 mm (5/8") de diámetro) y menores	15

Se asumirán los siguientes recubrimientos:

- 75 mm en hormigón colocado contra el suelo y permanentemente en él.
- 50 mm en hormigón expuesto al suelo o a la intemperie.

## 4.3. ACERO ESTRUCTURAL DE LA NAVE

Características A36	Valores
Coeficiente de Poisson	0.26
Peso Unitario	7861 kg/m <sup>3</sup>
Coeficiente de Dilatación Térmica	1.3 E-05 1/C
Módulo de Elasticidad (Es)	2.04E+06 kg/cm <sup>2</sup>
Tensión de Fluencia del Acero Longitudinal (Fy)	2531.04 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia última del acero (Fu)	4077.78 kg/cm <sup>2</sup>

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA:
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	7 de 83 REV: <b>B</b>

## 4.4. PARÁMETROS DEL SUELO

Para realizar el cálculo de la fundación y comprender mejor el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo se realizaron estudios geotécnicos en puntos establecidos SPT 01 y SPT 02, con la finalidad de obtener parámetros referidos especialmente a la resistencia al corte y presión admisible del suelo de fundación.

Tabla 3.Características del Suelo.

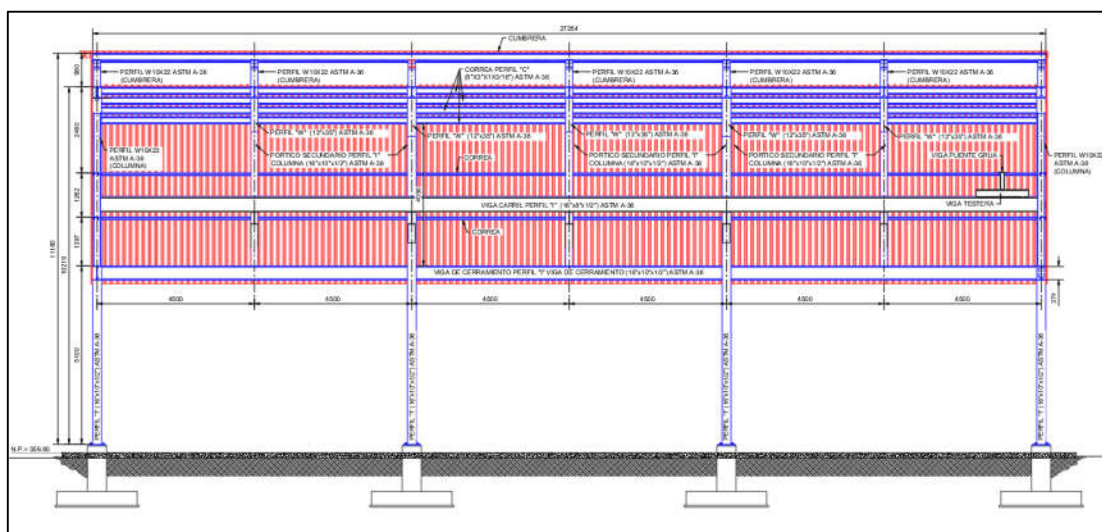
Características Suelo de Fundación	Valores
Ángulo de Fricción	20 °
Densidad Natural	1860 kg/m³
Coefficiente de Balasto (K30)	3.15 kg/cm³
Tensión Admisible (qadm)	1.50 kg/cm²


## 5. ANÁLISIS DE CARGA

Para el análisis de carga y los efectos que producen las mismas, se analizaron con la ayuda del Software Ram Elements v23.

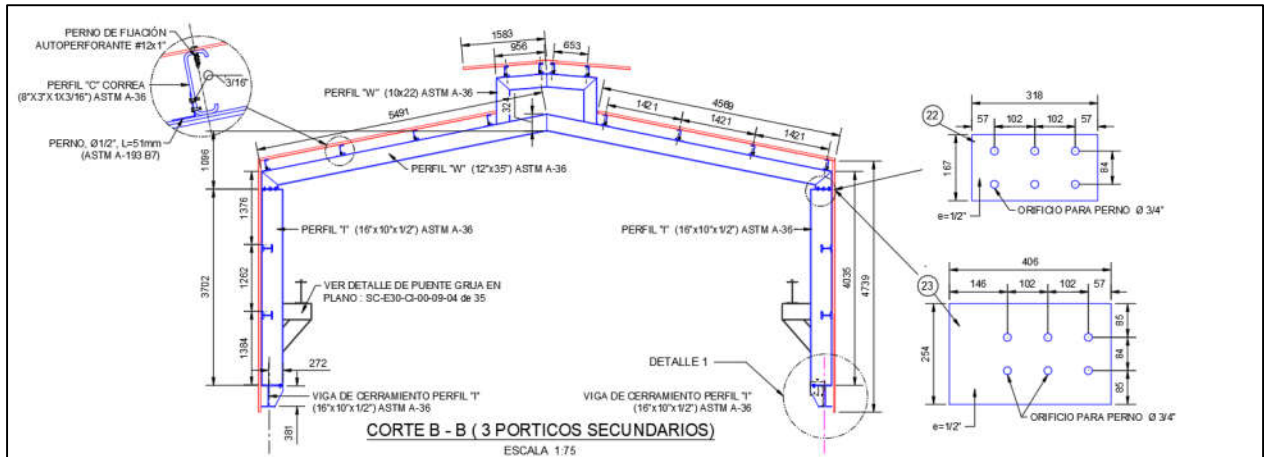
### 5.1.GEOMETRÍA ESTRUCTURA EXISTENTE

Figura 1. Vista Lateral.

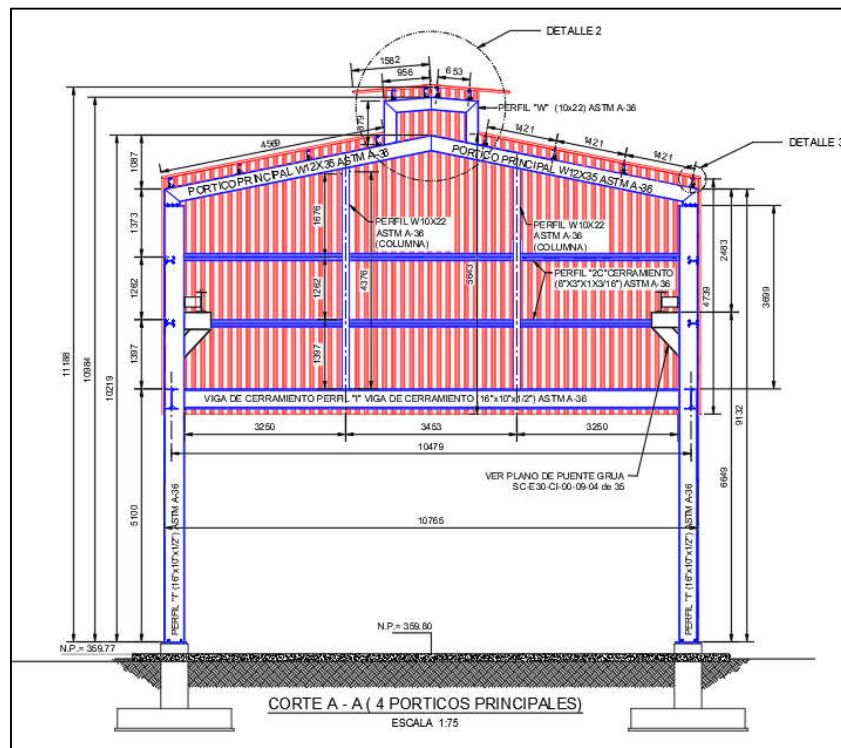


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPe-2025-2977-S-MC-04
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	8 de 83
		REV:
		B


**Figura 2. Vista Frontal, Pórtico Intermedio.**



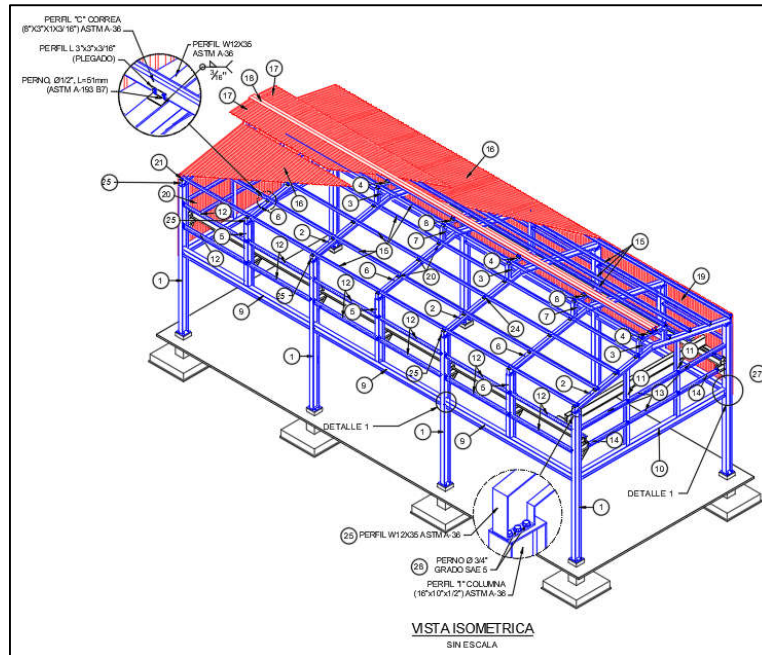
**Figura 3. Vista Frontal, Pórtico Principal.**





	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPÉ-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA:
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	9 de 83 REV: <b>B</b>

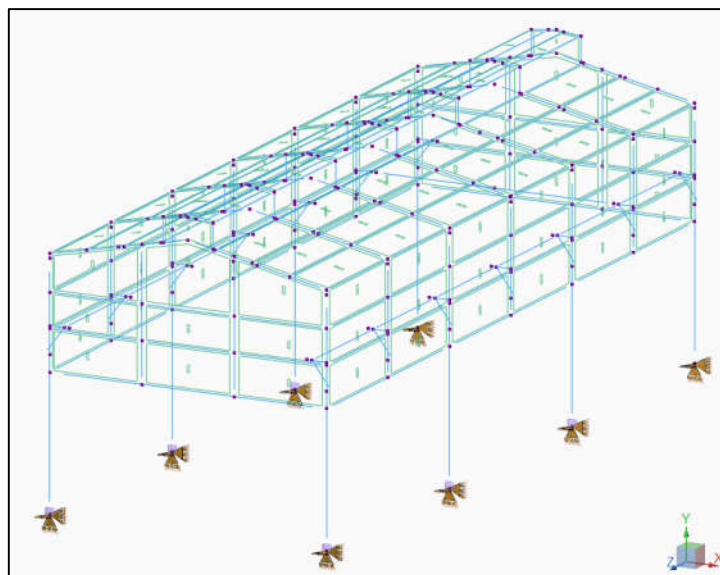
**Figura 4. Vista Isométrica.**




## 5.2. IDEALIZACIÓN ESTRUCTURAL

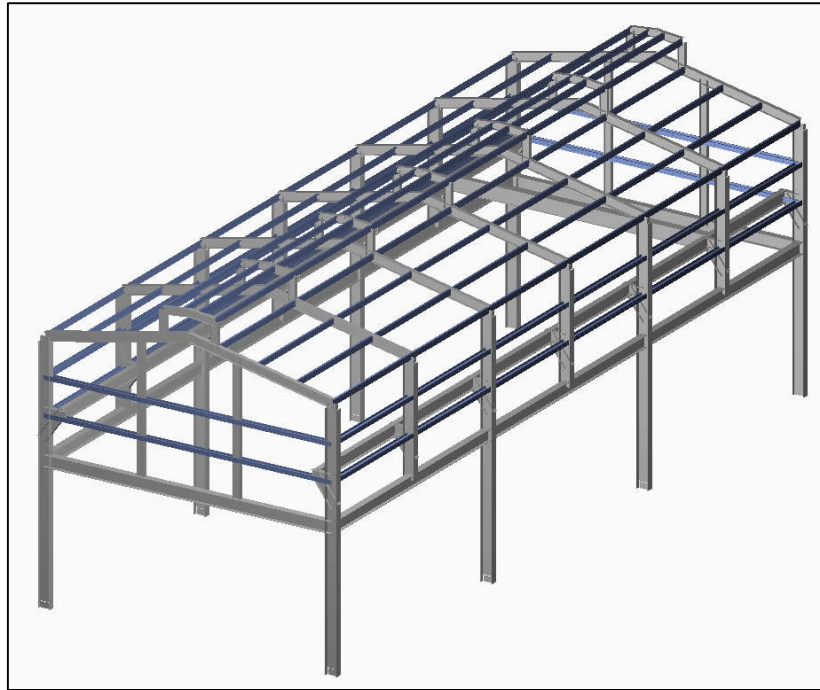
La nave puente grúa existente está formada por 4 pórticos principales y 3 pórticos intermedios de secciones “W”, todos sus apoyos son apoyos articulados.

**Figura 5. Modelo Analítico en Ram Elements.**



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	10 de 83
		REV:
		<b>B</b>


**Figura 6.** Modelo 3D en Ram Elements.



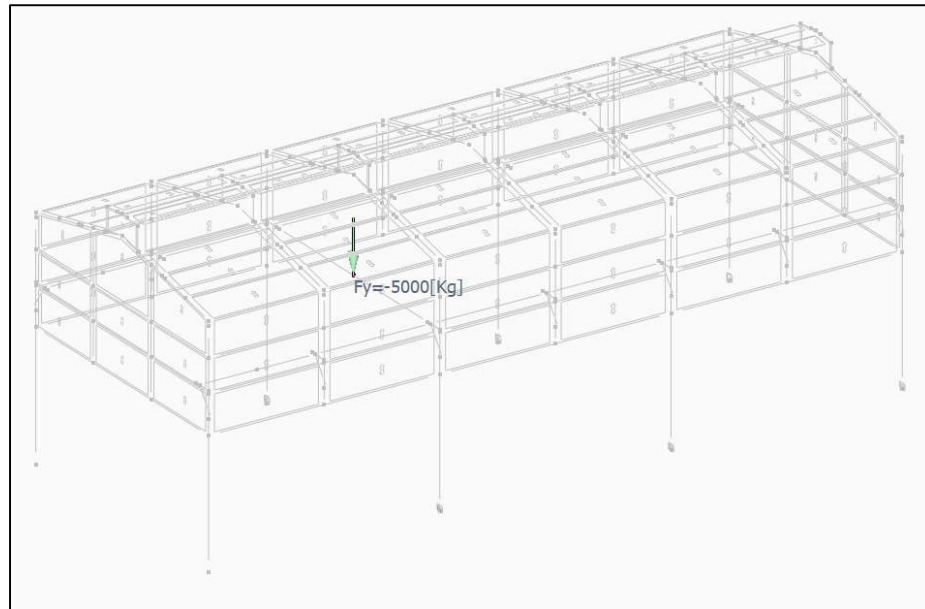
## 5.1. POSICIONES DE CARGA DEL PUENTE GRÚA

Para la idealización del comportamiento estructural cuando el puente grúa está en operación se tomará 6 diferentes posiciones críticas de la carga del puente grúa.

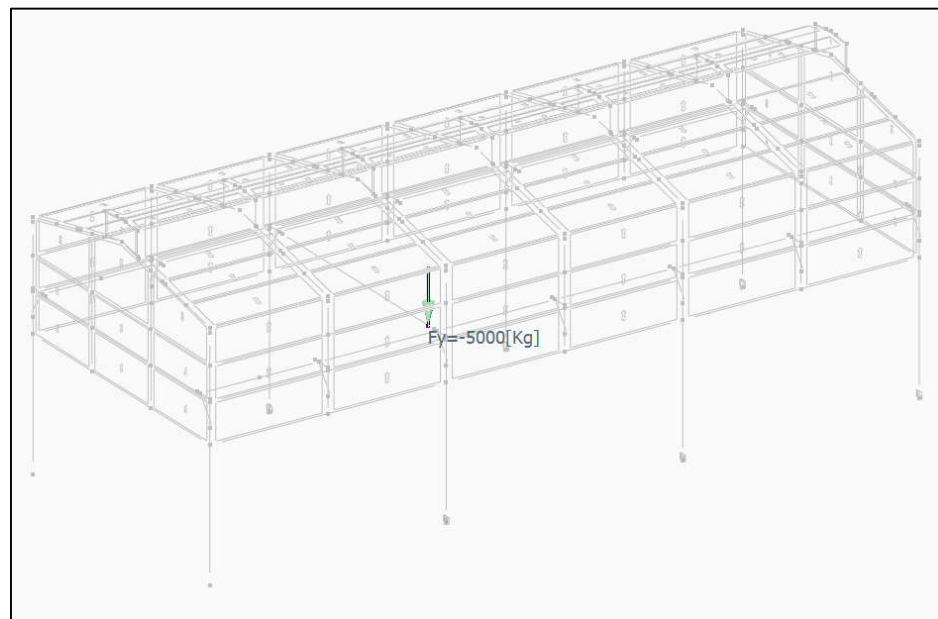
- La 1er posición se sitúa en un pórtico principal, al centro de la luz de la nave.
- La 2da posición se sitúa en un pórtico principal, cercano a la columna.
- La 3ra posición se sitúa en un pórtico intermedio, al centro de la luz de la nave.
- La 4ta posición se sitúa en un pórtico intermedio, cercano a la columna.
- La 5ta posición se sitúa entre un pórtico principal y uno intermedio, al centro de la luz de la nave.
- La 6ta posición se sitúa entre un pórtico principal y uno intermedio, cercano a la columna.


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	11 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 7.** Carga en la 1er posición.

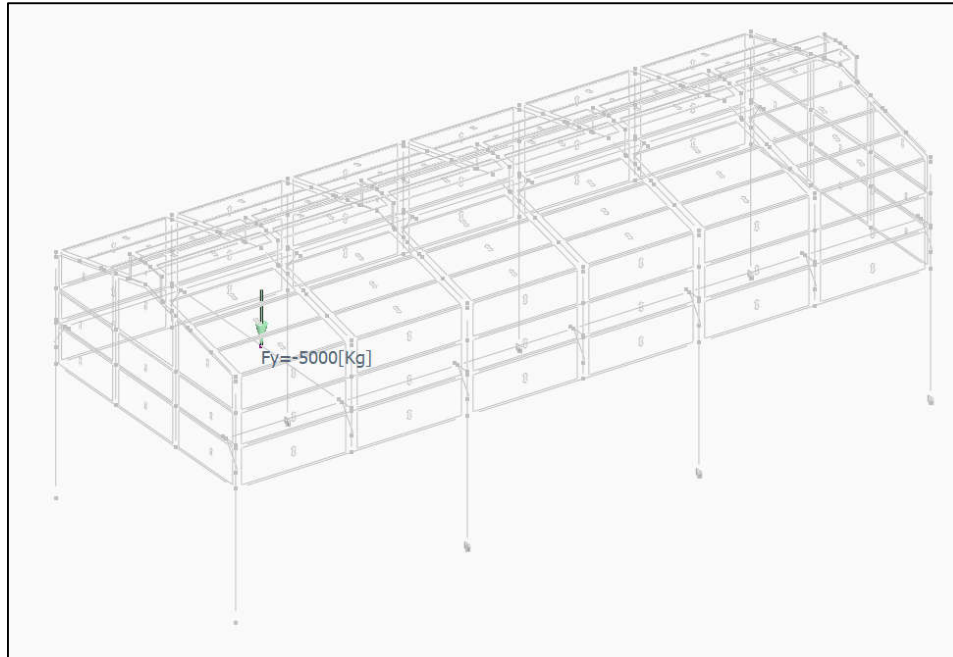


**Figura 8.** Carga en la 2da posición.

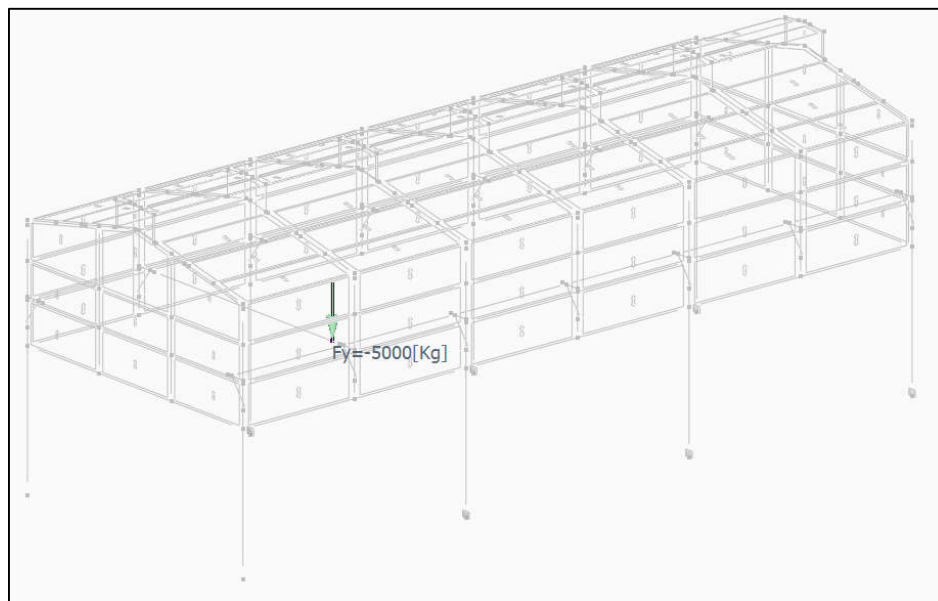



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	12 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 9.** Carga en la 3ra posición.

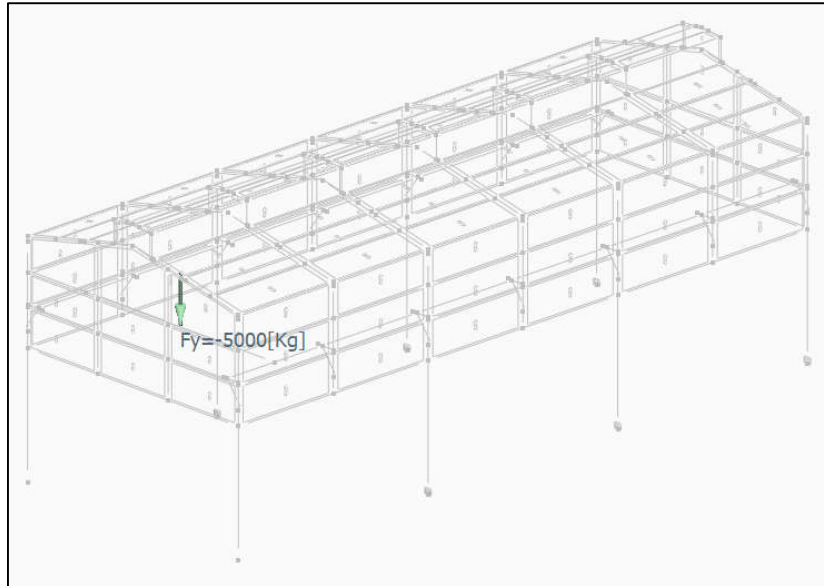


**Figura 10.** Carga en la 4ta posición.

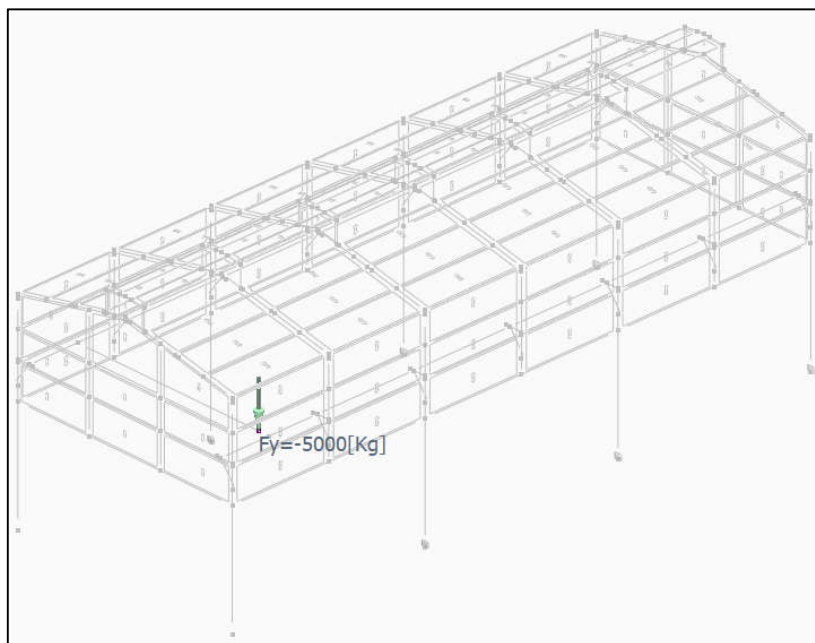



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	13 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 11.** Carga en la 5ta posición.



**Figura 12.** Carga en la 6ta posición.



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPÉ-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	14 de 83
		REV:
		<b>B</b>


## 5.2. COMBINACIONES DE CARGA

**Tabla 4.** Condiciones de carga.

Condición	Descripción	Comb.	Categoría
CM	Carga Muerta	No	DL
CV	Carga Viva	No	LL
Wx	Viento en x	No	WIND
Wz	Viento en z	No	WIND
Cvs	Carga de grúa	No	LL
Css	Impacto lateral	No	LL
Ci	Impacto vertical	No	LL
Cls	Tracción longitudinal	No	LL
Cbs	Carga de impacto	No	LL
Cd	Peso del carro	No	DL
Sx	Sismo en x	No	EQ
Sz	Sismo en z	No	EQ

**Tabla 5.** Combinaciones de diseño.

Condición	Descripción	Comb.	Categoría
D1	1.4CM	Si	
D2	1.2CM+1.6CV	Si	
D3	1.2CM+0.5Wx	Si	
D4	1.2CM+0.5Wz	Si	
D5	1.2CM+Wx	Si	
D6	1.2CM+Wz	Si	
D7	1.2CM+CV+Wx	Si	
D8	1.2CM+CV+Wz	Si	
D9	0.9CM+Wx	Si	
D10	0.9CM+Wz	Si	
D11	CM+Cvs+0.5Css+Ci	Si	
D12	CM+CV+Cvs+Css+Ci+Cls	Si	
D13	CM+CV+Wx+Cvs+Ci	Si	
D14	CM+CV+Wz+Cvs+Ci	Si	
D15	CM+CV+0.5Wx+Cvs+Css+Ci	Si	
D16	CM+CV+0.5Wz+Cvs+Css+Ci	Si	
D17	CM+CV+Cvs+Ci+0.67Cbs	Si	
D18	CM+CV+Cd+Sx	Si	
D19	CM+CV+Cd+Sz	Si	
D20	1.2CM+Sx	Si	
D21	1.2CM+Sz	Si	
D22	1.2CM+CV+Sx	Si	
D23	1.2CM+CV+Sz	Si	
D24	0.9CM+Sx	Si	
D25	0.9CM+Sz	Si	

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	15 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Tabla 6.**Combinaciones de servicio.

Condición	Descripción	Comb.	Categoría
S1	CM+Cd	Si	
S2	CM+Cd+CV+Cvs+Css+Ci+Cls+Cbs	Si	
S3	CM+Cd+0.75CV+0.75Cvs+0.75Css+0.75Ci+0.75Cls+0.75Cbs	Si	
S4	CM+Cd+0.6Wx	Si	
S5	CM+Cd+0.6Wz	Si	
S6	CM+Cd+0.7Sx	Si	
S7	CM+Cd+0.7Sz	Si	
S8	CM+Cd+0.75CV+0.75Cvs+0.75Css+0.75Ci+0.75Cls+0.75Cbs+0.45Wx	Si	
S9	CM+Cd+0.75CV+0.75Cvs+0.75Css+0.75Ci+0.75Cls+0.75Cbs+0.45Wz	Si	
S10	0.6CM+0.6Cd+0.6Wx	Si	
S11	0.6CM+0.6Cd+0.6Wz	Si	
S12	CM+Cd+Sx	Si	
S13	CM+Cd+Sz	Si	
S14	CM+Cd+0.75CV+0.75Cvs+0.75Css+0.75Ci+0.75Cls+0.75Cbs+0.525Sx	Si	
S15	CM+Cd+0.75CV+0.75Cvs+0.75Css+0.75Ci+0.75Cls+0.75Cbs+0.525Sz	Si	
S16	CM+Cd+0.525Sx	Si	
S17	CM+Cd+0.525Sz	Si	
S18	0.6CM+0.6Cd+0.7Sx	Si	
S19	0.6CM+0.6Cd+0.7Sz	Si	
S20	CM+Css	Si	

Las combinaciones de carga adicionadas a las cargas de la ASCE 7-16 son las establecidas en el Design Guide 7.


- **Caso 1**  
CM+Cvs+0.5Css+Ci
- **Caso 2 (Single Crane)**  
CM+CV+Cvs+Css+Ci+Cls
- **Caso 3**  
CM+CV+Wx+Cvs+Ci  
CM+CV+Wz+Cvs+Ci  
CM+CV+0.5Wx+Cvs+Css+Ci  
CM+CV+0.5Wz+Cvs+Css+Ci  
CM+CV+Cvs+Ci+0.67Cbs  
CM+CV+Cd+Sx  
CM+CV+Cd+Sz

### 5.3. CARGA MUERTA

En este estado de carga se considera el peso propio de la estructura, esta carga es calculada de forma automática por el Software a partir del peso específico del material y la sección de los elementos estructurales.

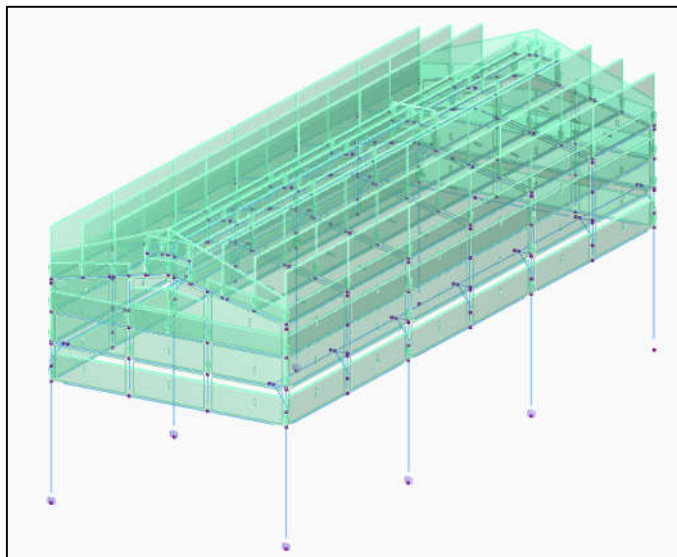
También se añade a la carga muerta el peso de la cubierta metálica y cerramiento.



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	16 de 83
		REV:
		<b>B</b>

Peso de calamina trapezoidal = 5 kg/m<sup>2</sup>

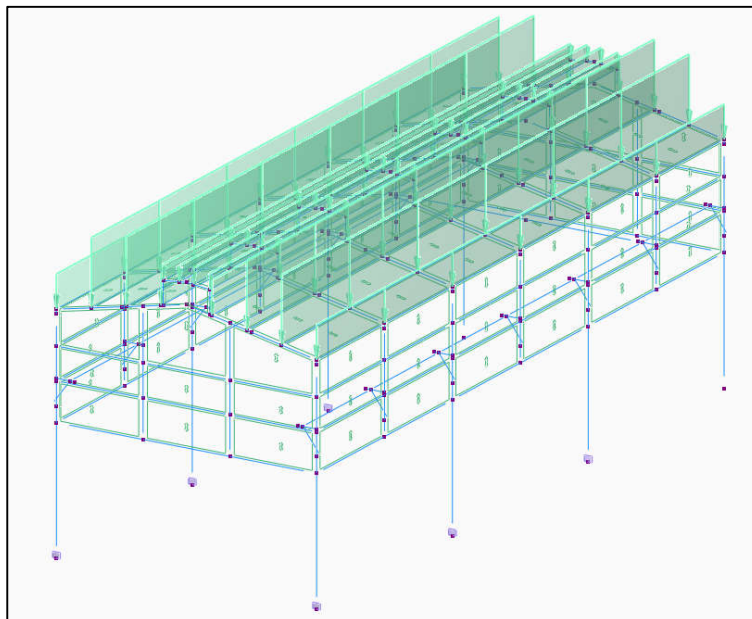
**Figura 13.** Carga muerta.




#### 5.4. CARGA VIVA

Para este estado de carga se consideró una carga sobre la estructura de 100 kg/m<sup>2</sup>, por operación y/o mantenimiento de acuerdo a la tabla 4.3-1 de la ASCE 7-16.

**Figura 14.** Carga viva de techo.





	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 17 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

## 5.5. CARGAS DE VIENTO

Para la obtención de la presión dinámica del viento ( $q_z$ ) se utilizará la siguiente ecuación de acuerdo a la ASCE 7-16 (Eq 26. 10-1):

$$q_z = 0.613 * K_Z * K_{ZT} * K_d * K_e * V^2 * I \quad [N/m^2]$$

### Velocidad básica del viento

El efecto del viento se considera en los ejes ortogonales de la edificación.

La velocidad básica del viento según la Norma Boliviana APNB 1225003-1 para Santa Cruz es:

$$V = 42.60 \text{ m/s}$$


### Determinación del factor direccional $K_d$

**Tabla 7.** Factor de direccionalidad del viento,  $K_d$  (ASCE 7-16, tabla 26.6-1).

Structure Type	Directionality Factor $K_d$
<b>Buildings</b>	
Main Wind Force Resisting System	0.85
Components and Cladding	0.85
<b>Arched Roofs</b>	0.85
<b>Circular Domes</b>	1.0 <sup>a</sup>
<b>Chimneys, Tanks, and Similar Structures</b>	
Square	0.90
Hexagonal	0.95
Octagonal	1.0 <sup>a</sup>
Round	1.0 <sup>a</sup>
<b>Solid Freestanding Walls, Roof Top Equipment, and Solid Freestanding and Attached Signs</b>	0.85
<b>Open Signs and Single-Plane Open Frames</b>	0.85
<b>Trussed Towers</b>	
Triangular, square, or rectangular	0.85
All other cross sections	0.95

<sup>a</sup>Directionality factor  $K_d=0.95$  shall be permitted for round or octagonal structures with nonaxisymmetric structural systems.

$$K_d = 0.85$$

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	18 de 83
		REV:
		<b>B</b>

## Determinación del factor de elevación del terreno $K_e$

**Tabla 8.** Factor elevación del terreno,  $K_e$  (ASCE 7-16, tabla 26.9-1).

Table 26.9-1 Ground Elevation Factor, $K_e$		
Ground Elevation above Sea Level		Ground Elevation Factor $K_e$
ft	m	
<0	<0	See note 2
0	0	1.00
1,000	305	0.96
2,000	610	0.93
3,000	914	0.90
4,000	1,219	0.86
5,000	1,524	0.83
6,000	1,829	0.80
>6,000	>1,829	See note 2


*Notes*

- The conservative approximation  $K_e = 1.00$  is permitted in all cases.
- The factor  $K_e$  shall be determined from the above table using interpolation or from the following formula for all elevations:  
 $K_e = e^{-0.0000962z_g}$  ( $z_g$  = ground elevation above sea level in ft).  
 $K_e = e^{-0.000119z_g}$  ( $z_g$  = ground elevation above sea level in m).
- $K_e$  is permitted to be take as 1.00 in all cases.

$$K_e = 1$$

## Determinación de categoría de exposición $K_z$

**Exposición C.** Terrenos abiertos con obstrucciones dispersas, con alturas generalmente menores que **10.00 m**. Esta categoría incluye campo abierto plano y terrenos agrícolas.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	19 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Tabla 9.** Coeficientes de exposición de presión de la velocidad,  $K_h$  y  $K_z$  (ASCE 7-16, tabla 26.10-1).


Height above Ground Level, $z$		Exposure		
ft	m	B	C	D
0-15	0-4.6	0.57 (0.70) <sup>a</sup>	0.85	1.03
20	6.1	0.62 (0.70) <sup>a</sup>	0.90	1.08
25	7.6	0.66 (0.70) <sup>a</sup>	0.94	1.12
30	9.1	0.70	0.98	1.16
40	12.2	0.76	1.04	1.22
50	15.2	0.81	1.09	1.27
60	18.0	0.85	1.13	1.31
70	21.3	0.89	1.17	1.34
80	24.4	0.93	1.21	1.38
90	27.4	0.96	1.24	1.40
100	30.5	0.99	1.26	1.43
120	36.6	1.04	1.31	1.48
140	42.7	1.09	1.36	1.52
160	48.8	1.13	1.39	1.55
180	54.9	1.17	1.43	1.58
200	61.0	1.20	1.46	1.61
250	76.2	1.28	1.53	1.68
300	91.4	1.35	1.59	1.73
350	106.7	1.41	1.64	1.78
400	121.9	1.47	1.69	1.82
450	137.2	1.52	1.73	1.86
500	152.4	1.56	1.77	1.89

<sup>a</sup>Use 0.70 in Chapter 28, Exposure B, when  $z < 30$  ft (9.1 m).

**Notes**

- The velocity pressure exposure coefficient  $K_z$  may be determined from the following formula:  
For  $15 \text{ ft (4.6 m)} \leq z \leq z_g$   $K_z = 2.01(z/z_g)^{2/\alpha}$   
For  $z < 15 \text{ ft (4.6 m)}$   $K_z = 2.01(15/z_g)^{2/\alpha}$
- $\alpha$  and  $z_g$  are tabulated in Table 26.11-1.
- Linear interpolation for intermediate values of height  $z$  is acceptable.
- Exposure categories are defined in Section 26.7.

$$K_z = 1$$

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 20 de 83
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	REV: <b>B</b>

### Determinación de efecto topográfico Kzt

Los efectos del aumento de la velocidad del viento sobre lomas, escarpas y colinas aisladas que constituyen cambios abruptos en la topografía general en cualquier categoría de exposición, se consideraron para el caso específico de nuestro proyecto un terreno plano con un valor de:

$$K_{ZT} = 1 \text{ Terreno plano}$$

### Presión dinámica

La presión dinámica  $q_z$ , evaluada a la altura  $z$ , se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.613 * K_Z * K_{ZT} * K_d * K_e * V^2 * I \quad [N/m^2]$$

Donde:

$$K_d = 0.85$$

$$K_z = 1.00$$

$$K_{zt} = 1.00$$


$$V = 42.60 \text{ m/s}$$

$$K_e = 1.00$$

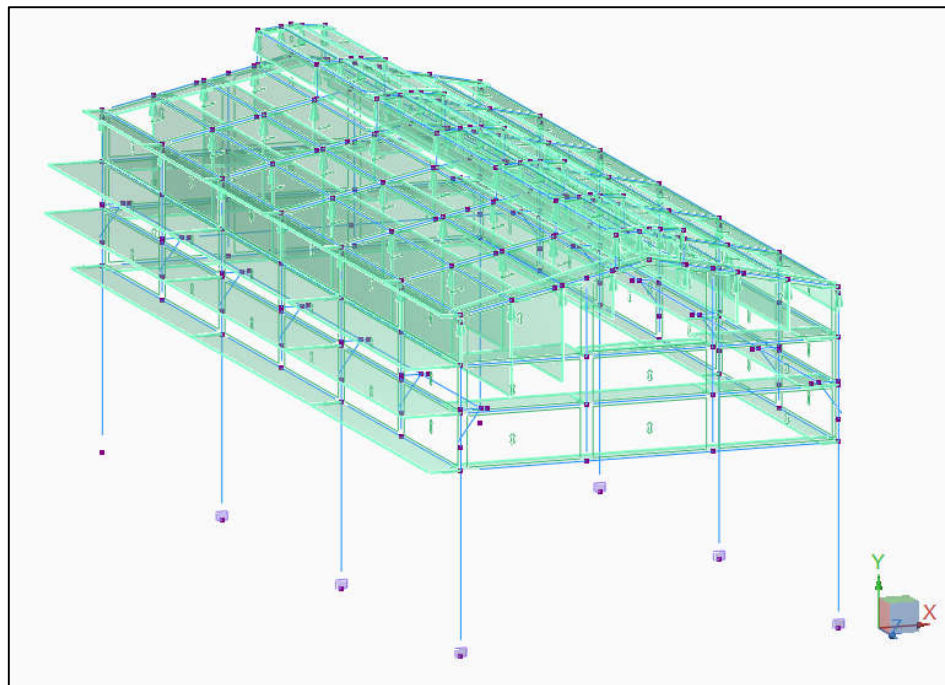
$$I = 1.15$$

$$q_z = 0.613 * 1.00 * 0.85 * 1.00 * 1 * (42.60)^2 * 1.15 = 1087.417 \text{ N/m}^2 = 108 \text{ kgf/m}^2$$

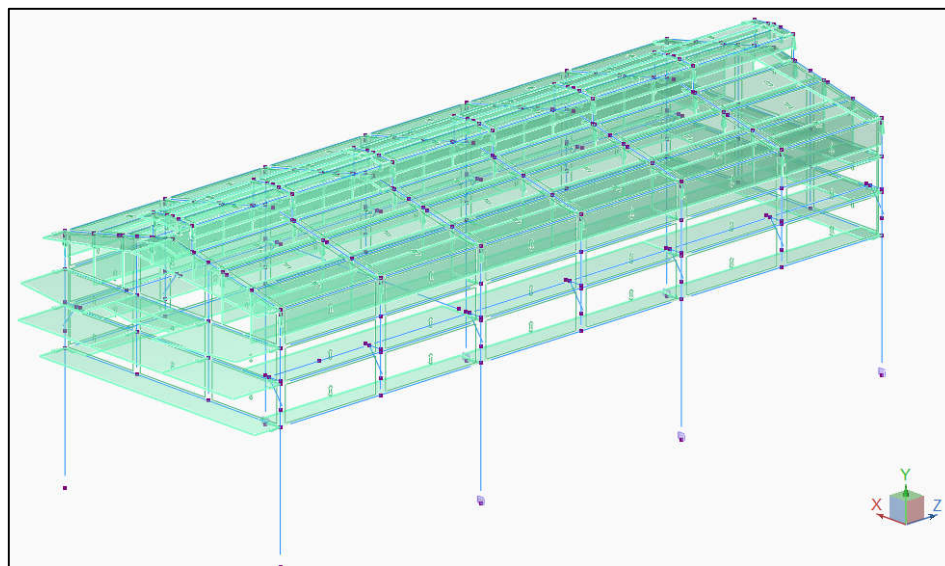
Se adopta:  $q_z = 108 \text{ kgf/m}^2$


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 21 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Figura 15.** Carga de viento en X “Wx”



**Figura 16.** Carga de viento en Z “Wz”



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	22 de 83
		REV:
		<b>B</b>

## 6. CARGAS POR EFECTO DINÁMICO DEL SÍSMO

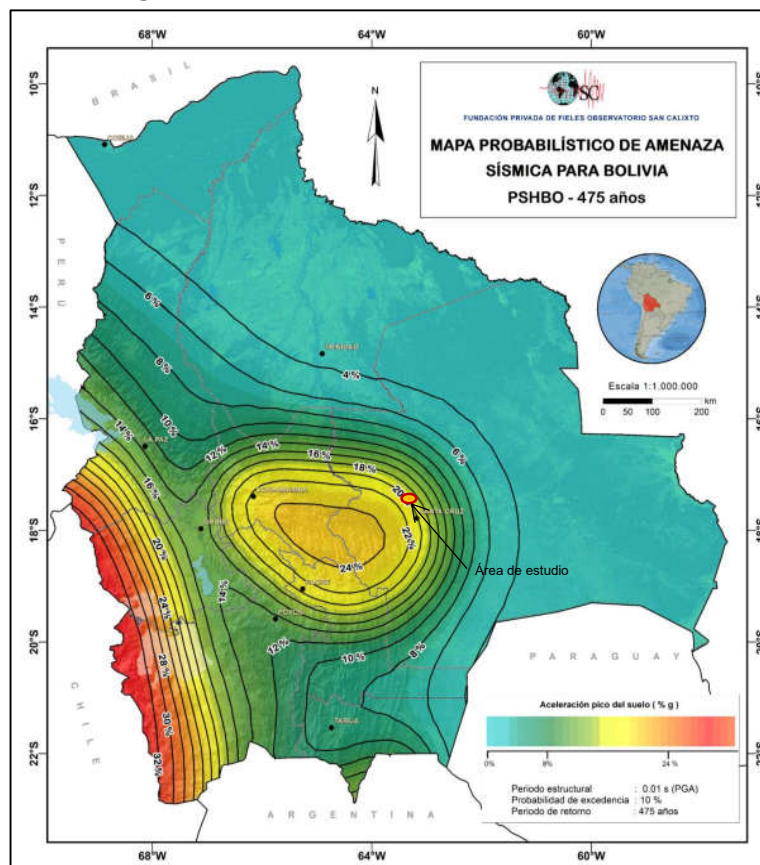
De acuerdo con la Norma Boliviana de diseño sísmico 2023, la sollicitación sísmica se determina mediante el método de análisis estático o modal espectral según conveniencia en función al tipo de estructura.

El lugar donde se encuentra el proyecto la actividad sísmica en estas regiones es moderado-alto en comparación en otras zonas morfotectónicas.

Para la determinación Peak Ground Aceleración – PGA, se usó el registro histórico y el mapa probabilístico de amenazas sísmicas, para un periodo de retorno de 475 años, con 10% de probabilidad de excedencia en 10 años.

Para el punto del proyecto fue considerado el rango de excedencia desfavorable de PGA=20%.


**Figura 17.** Mapa probabilístico de amenaza sísmica.



Para determinar los espectros de diseño aceleración se determinan los siguientes valores:

- Factor de Importancia  $I_e$



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 23 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Tabla 10.** Factor de Importancia,  $I_e$ .

Tipo	$I_e$
IV	1.5
III	1.3
II	1.0
I	Nota <sup>1</sup>

*Nota<sup>1</sup>:* Edificaciones cuya resistencia y rigidez sean adecuadas para resistir acciones laterales a criterio del proyectista.

➤ Clasificación de suelo de fundación

**Tabla 11.** Tipo de Suelo.

Suelo	Descripción
S0	Roca dura
S1	Roca
S2	Suelo muy rígido - roca blanda
S3	Suelo rígido
S4	Suelo blando
S5	Requiere un análisis de respuesta de sitio

➤ Coeficiente,  $F_a$  y  $F_v$


Los efectos del tipo de suelo en la acción sísmica se pueden considerar a partir de la aplicación de los factores,  $F_a$  y  $F_v$ , en función de la aceleración máxima del suelo,  $S_0$ , (PGA).

**Tabla 12.** Coeficiente de sitio de periodo corto,  $F_a$ .

Tipo de suelo	$S_0$					
	< 0.007	0.133	0.200	0.267	0.333	> 0.400
S0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
S1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
S2	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1
S3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1
S4	2.4	1.7	1.3	1.2	1.2	1.2

*Nota:* Se permite interpolación lineal para valores intermedios.

**Tabla 13.** Coeficiente de sitio de periodo largo  $F_v$

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 24 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

Tipo de suelo	$S_0$					
	< 0.053	0.107	0.160	0.213	0.267	> 0.320
S0	0.64	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
S1	0.64	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
S2	1.2	1.3	1.5	1.5	1.5	1.4
S3	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7
S4	3.5	3.0	2.8	2.4	2.4	2.4

*Nota:* Se permite interpolación lineal para valores intermedios.

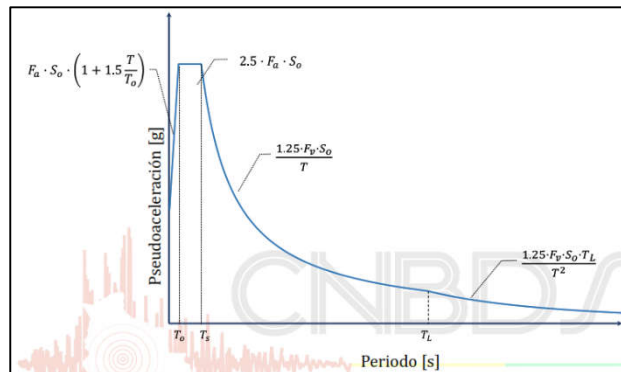
➤ Efecto de topografía y pendientes

Se considera la ubicación topográfica >D , donde el factor será  $\tau = 1$

➤ Espectros de respuestas

La parametrización del espectro elástico,  $S_{ae}$  (Figura 3) se realizará mediante las ecuaciones de las tablas (Tabla 13 y Tabla 14), ramas y periodos de regiones, respectivamente.

**Figura 18.** Espectro elástico de pseudoaceleración en unidades de, g.




**Tabla 14.** Parametrización del espectro elástico de pseudoaceleración.

Rama	Pseudoaceleración ( $S_{ae}$ )
$T < T_0$	$F_a \cdot S_0 \cdot \left(1 + 1.5 \cdot \frac{T}{T_0}\right)$
$T_0 \leq T \leq T_s$	$2.5 \cdot F_a \cdot S_0$
$T_s < T \leq T_l$	$\frac{1.25 \cdot F_v \cdot S_0}{T}$
$T_l < T$	$\frac{1.25 \cdot F_v \cdot S_0 \cdot T_l}{T^2}$

**Tabla 15.** Periodo límite inicial, corto y largo.

$T_0$	$T_s$	$T_l$
$0.15 \cdot \frac{F_v}{F_a}$	$0.5 \cdot \frac{F_v}{F_a}$	$4 \cdot \frac{F_v}{F_a}$



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 25 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

➤ Espectro de diseño


El espectro de diseño  $S_a$ , es el espectro elástico afectado por los factores, de reducción  $R$  de importancia  $I_e$  y topografía  $\tau$ , definido por:

$$S_a = \frac{S_{ae} \cdot I_e \cdot \tau}{R}$$

$S_{ae}$ = Espectro elástico de Pseudoaceleración definido.


**Tabla 16.** Coeficientes de reducción,  $R$ , amplificación,  $C_d$  y valores de distorsión  $\Delta^1$  ASCE 7-16.

Sistema Estructural	$R$	$C_d$	$\Delta^1$
<b>Hormigón<sup>2</sup></b>			
<b>Sistema de Pórticos</b>			
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos	8	5.5	0.012
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos	5	4.5	0.011
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos	3	2.5	0.010
<b>Sistema de Entrepiso sin Viga</b>			
Entrepisos planos compuestos por losas macizas o nervadas bidireccionales con ábacos, apoyados en columnas con o sin capiteles. Altura máxima, 30 m.	2.5	1.8	0.007
Entrepisos planos compuestos por losas macizas o nervadas bidireccionales con ábacos, apoyados en columnas con o sin capiteles y muros de corte ordinarios. Altura máxima, 30 m.	4	3.6	0.008
<b>Sistema de Entrepiso con Vigas Planas</b>			
Entrepisos planos apoyados en vigas planas y columnas. Altura máxima, 30 m.	2.5	1.8	0.007
Entrepisos planos apoyados en vigas planas ( $b \geq 400$ mm) y columnas. Altura máxima, 30 m.	4	3.6	0.008
Entrepisos planos de losas macizas o nervadas bidireccionales con ábacos apoyados en un sistema dual de columnas especiales con o sin capiteles y muros de corte especiales y vigas planas ( $b \geq 400$ mm).	5.5	4.5	0.009
<b>Sistema de Muros</b>			
Muros estructurales Especiales	6	5	0.009
Muros estructurales Ordinarios	5	4.5	0.008
<b>Sistemas Duales</b>			
Pórticos Especiales con Muros Especiales	7	5.5	0.010
Pórticos Especiales con Muros Especiales acoplados	8	8	0.010
Pórticos Especiales con Muros Ordinarios	6	5	0.009
Pórticos Intermedios con Muros Especiales	6.5	5	0.009
Pórticos Intermedios con Muros Ordinarios	5.5	4.5	0.008
Pórticos Ordinarios con Muros Ordinarios	4.5	4	0.007
Sistemas de muros de ductilidad limitada	4	3.6	0.006
<b>Acero</b>			
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos	8	5.5	0.010
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos	4.5	4	0.009
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos	3.5	3	0.008
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados	6	5	0.009
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados	3.25	3.25	0.008
Pórticos Excéntricamente Arriostrados	8	4	0.010

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 26 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>


**Tabla 17.** Coeficientes de reducción, R, amplificación, Cd y valores de distorsión  $\Delta^1$  asumidos.

DATOS	PARÁMETROS
PGA (So) (%g)	20
Tipo de suelo	S4
Tipo de edificación	IV
Coeficiente de sitio de periodo corto "Fa"	1.30
Coeficiente de sitio de periodo largo "Fv"	2.498
Periodo limite inicial "To" (Seg)	0.288
Periodo limite corto "Ts" (Seg)	0.961
Periodo limite largo "TL" (Seg)	7.686
Factor de importancia "Ie"	1.500
Topografía "τ"	1.000
Factor de Reducción "R"	3.500

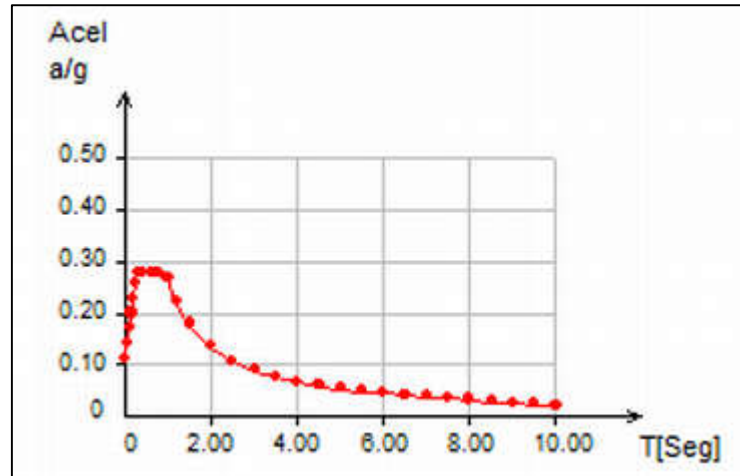
	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 27 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Tabla 18.** Tabla de datos del espectro de diseño.

PUNTOS	PERIODO	ESPECTRO DE DISEÑO
	seg	Sa [g]
1	0	0.1114
2	0.05	0.1404
3	0.1	0.1694
4	0.15	0.1984
5	0.2	0.2274
6	0.25	0.2564
7	0.3	0.2786
8	0.4	0.2786
9	0.45	0.2786
10	0.6	0.2786
11	0.7	0.2786
12	0.8	0.2786
13	1	0.2677
14	1.2	0.2230
15	1.5	0.1784
16	2	0.1338
17	2.5	0.1071
18	3	0.0892
19	3.5	0.0765
20	4	0.0669
21	4.5	0.0595
22	5	0.0535
23	5.5	0.0487
24	6	0.0446
25	6.5	0.0412
26	7	0.0382
27	7.5	0.0357
28	8	0.0321
29	8.5	0.0285
30	9	0.0254
31	9.5	0.0228
32	10	0.0206

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 28 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Figura 19.** Espectro elástico de diseño.



## 7. CARGAS DEL PUENTE GRÚA

- Peso del puente grúa ( $C_w$ )= 1300 kg
- Carga de Grúa ( $C_v$ )= 5000kg
- Peso del Carro ( $C_d$ ) = 500kg
- Impacto Lateral ( $C_{ss}$ ) = 20% ( $C_v + C_d + C_w$ ) = 1360 kgf
- Impacto Vertical ( $C_i$ ) = 25% ( $C_v + C_d + C_w$ ) = 1700 kgf
- Tracción Longitudinal ( $C_{ls}$ ) = 10% ( $C_v + C_d + C_w$ ) = 680 kgf
- Carga de Impacto parachoque ( $C_{bs}$ ) =  $F = ((\epsilon \cdot G \cdot v^2) / (2 \cdot g \cdot s)) \cdot Q = 252 \text{ kg}$

$\epsilon$  = coeficiente de deformación = 0.8


$G$  = Peso total del puente + 10% de la carga nominal = 6850

$V$  = velocidad de impacto = 0.3m/seg

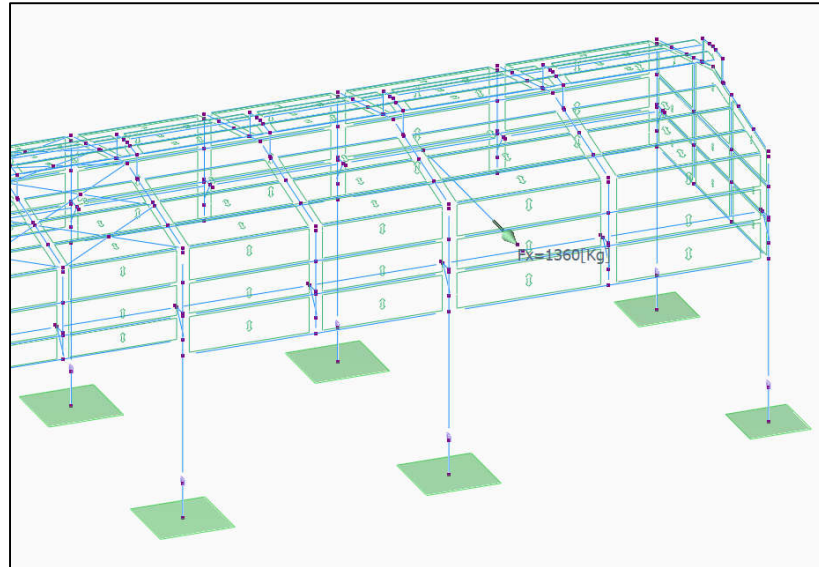
$g$  = aceleración de la gravedad = 9.81m/seg

$s$  = recorrido del amortiguador = 0.14m

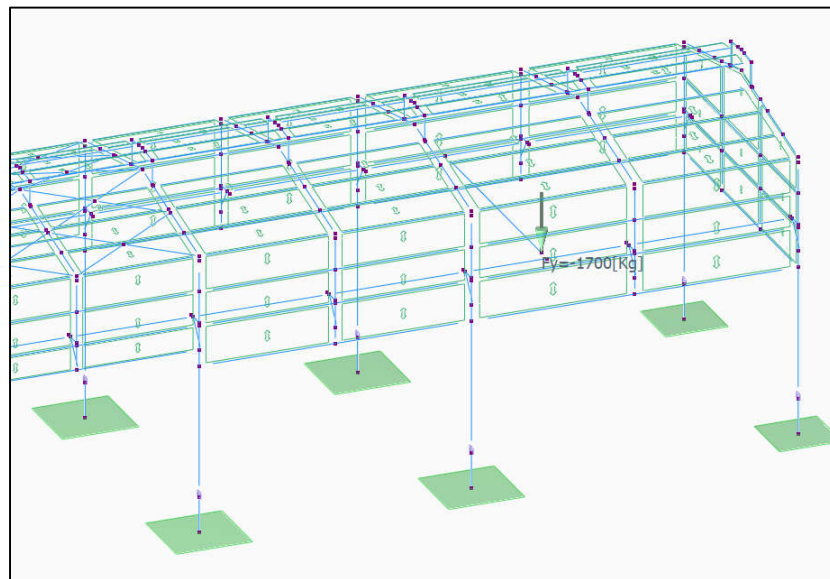
$Q$  = coeficiente de carga = 1.4


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 29 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Figura 20.** Carga de Impacto Lateral C<sub>ss</sub>.

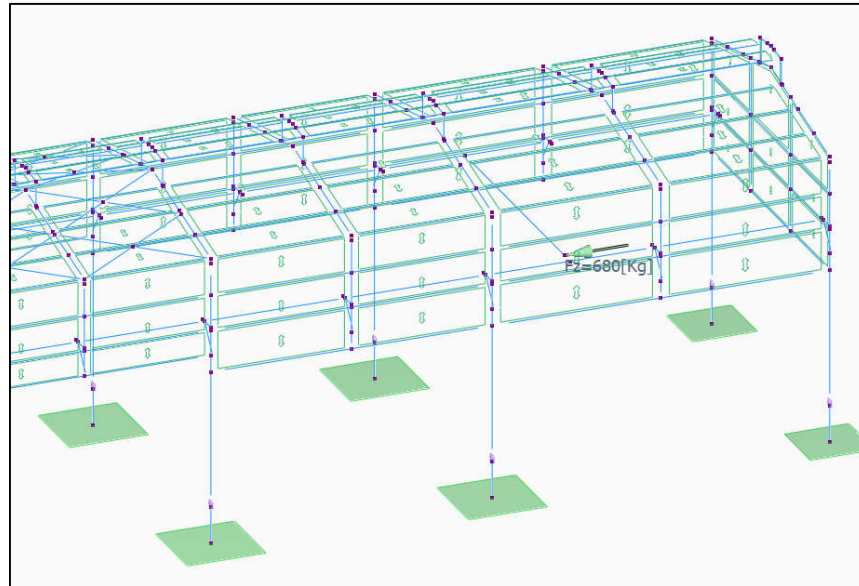


**Figura 21.** Carga de Impacto Vertical C<sub>i</sub>.

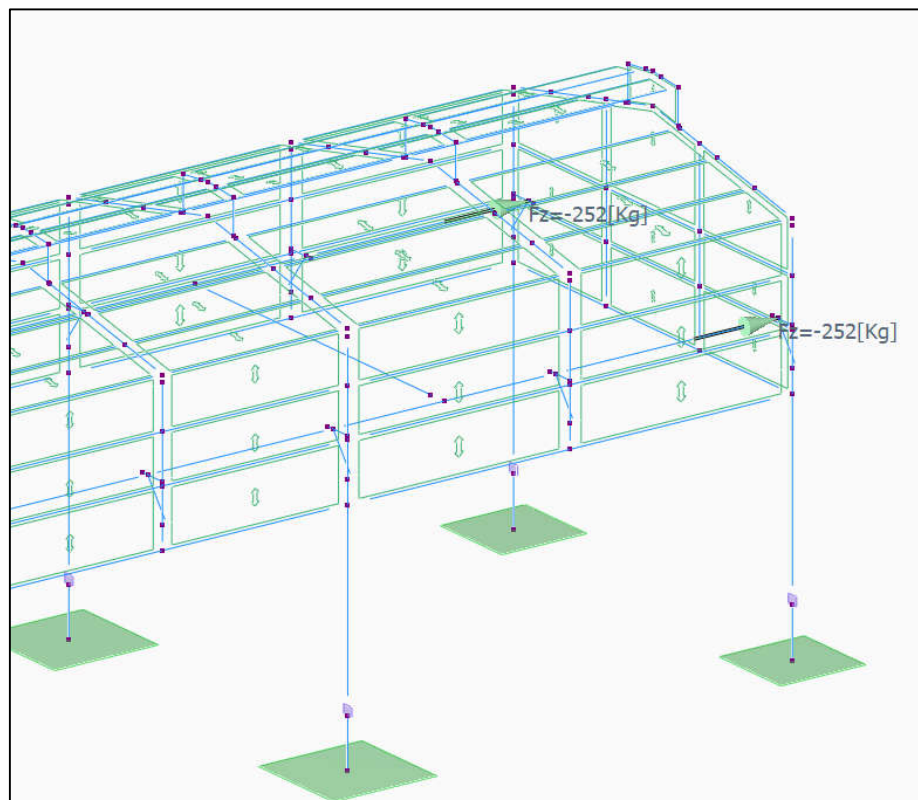



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 30 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Figura 22.** Carga de Tracción Longitudinal Cls.



**Figura 23.** Carga de Impacto de parachoque Cbs.



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPÉ-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 31 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

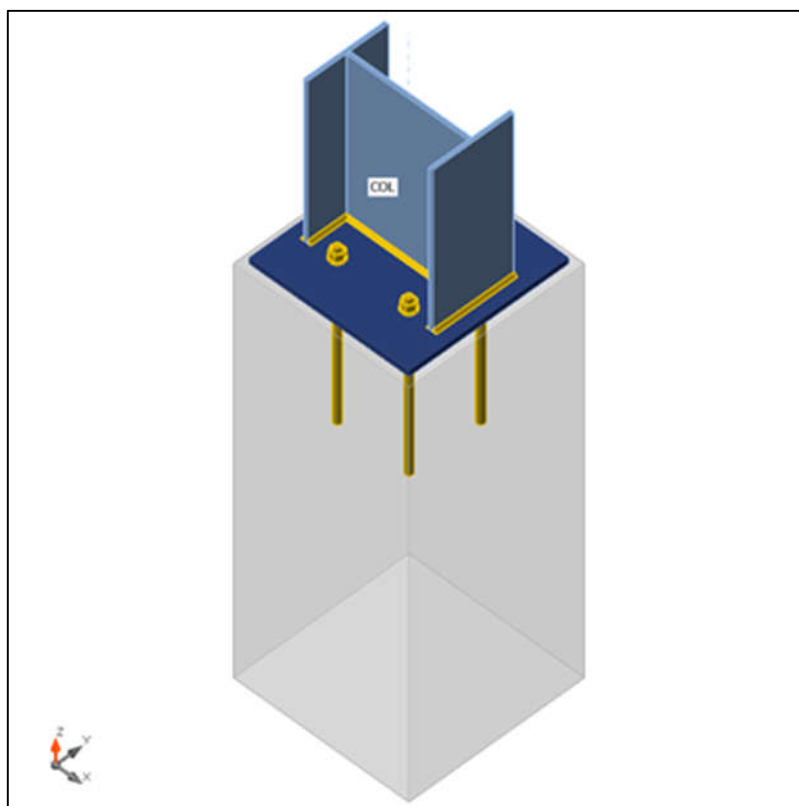
## 8. GEOMETRÍA DE LA AMPLIACIÓN

Se añadirán 3 nuevos pórticos principales distanciados desde el pórtico existente a distancias de 9, 10 y 11 metros respectivamente y 3 pórticos secundarios a la mitad de las separaciones entre pórticos principales.

## 9. ANÁLISIS DE RIGIDEZ ROTACIONAL


Se realizó un análisis de rigidez rotacional en la unión placa base para determinar con exactitud el comportamiento del apoyo existente.

**Figura 24.** Modelo 3d de la conexión de Placa Base en Idea Statica.



### Rigidez rotacional

Nombre	Comp.	Cargas	Mj,Rd [kNm]	Sj,ini [MNm/rad]	$\Phi_c$ [mrad]	L [m]	Sj,R [MNm/rad]	Sj,P [MNm/rad]	Clase
COL	My	LE1	95,9	8,2	23,6	6,000	205,7	20,6	Articulado

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA:
	TÍTULO:	32 de 83
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	REV: <b>B</b>

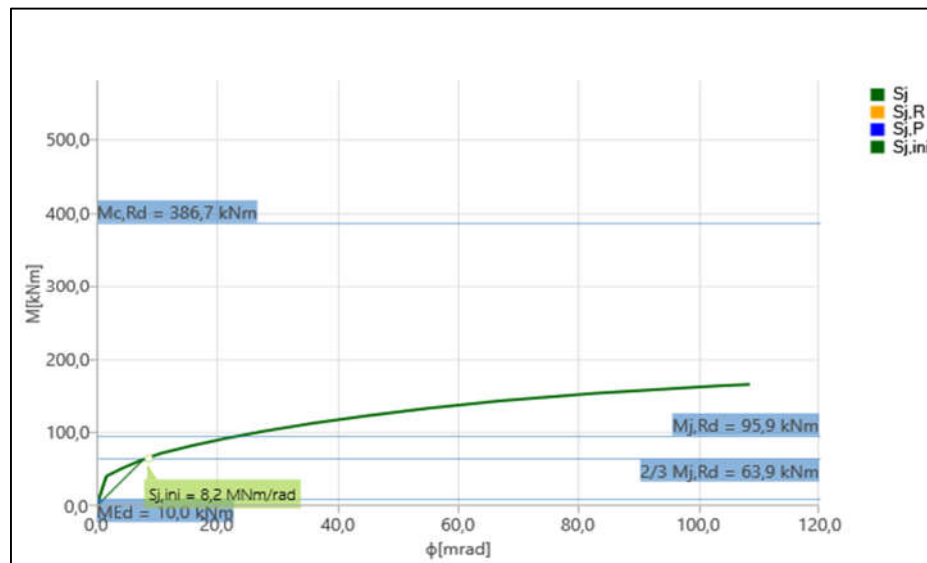
## Rigidez rotacional secante

Nombre	Comp.	Cargas	M [kNm]	Sjs [MNm/rad]	$\Phi$ [mrad]
COL	My	LE1	10,0	25,5	0,4

## Explicación del símbolo


$M_{j,Rd}$	Resistencia a flexión
$S_{j,ini}$	Rigidez rotacional inicial
$S_{j,s}$	Rigidez rotacional secante
$\Phi$	Deformación rotacional
$\Phi_c$	Capacidad de rotación
$S_{j,R}$	Valor límite - Unión rígida
$S_{j,P}$	Valor límite - Unión articulada

**Figura 25.** Diagrama de rigidez  $M_y - \phi_y$ .



De acuerdo al análisis de rigidez, la unión se clasifica como articulada.



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA: 33 de 83
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

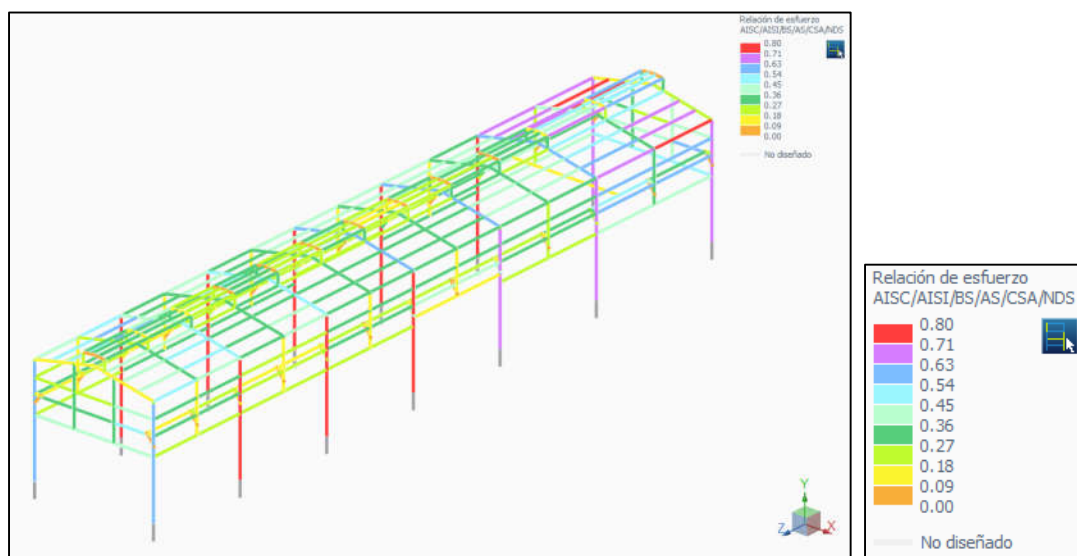
## 10. ANÁLISIS DE LA AMPLIACIÓN DE LA NAVE


### 10.1. AMPLIACIÓN CON LA CONFIGURACIÓN EXISTENTE ARTICULADA

Al ampliar la estructura con la misma configuración estructural de la nave existente (apoyos articulados) observamos que el diseño de los elementos estructurales cumple satisfactoriamente con una relación de 0.8, sin embargo, en el estado de servicio la estructura presenta desplazamientos horizontales excesivos debido a la combinación  $S12=CM+Cd+Sx$  (8.3cm) figura 27,  $S13=CM+Cd+Sz$  (7.2cm) figura 28 y  $S4=CM+Cd+0.6Wx$  (6.4cm) figura 29.

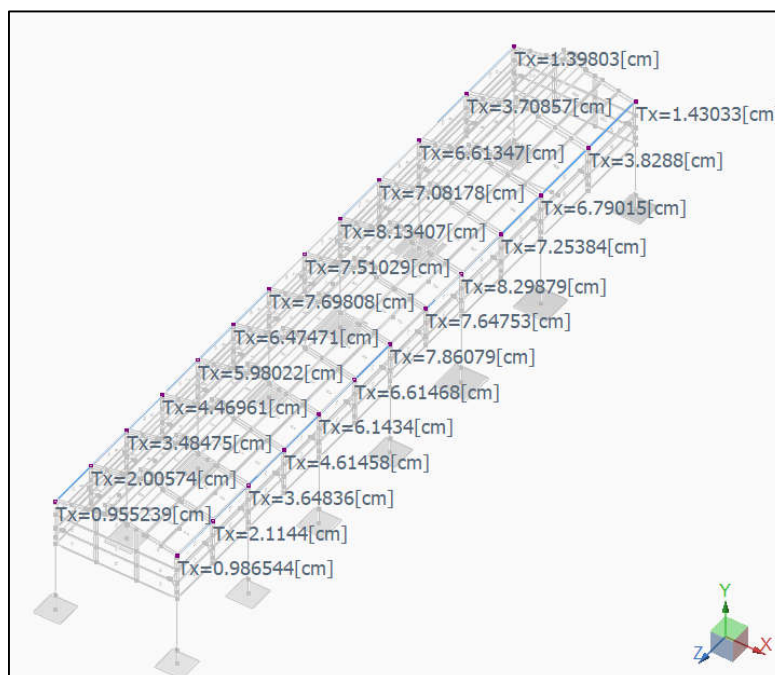
Desplazamiento lateral de columnas con respecto a base por acción de viento y sismo  $H/160$ .

**Figura 26.** Relación de esfuerzos =0.8 Configuración estructural de ampliación igual a la existente.

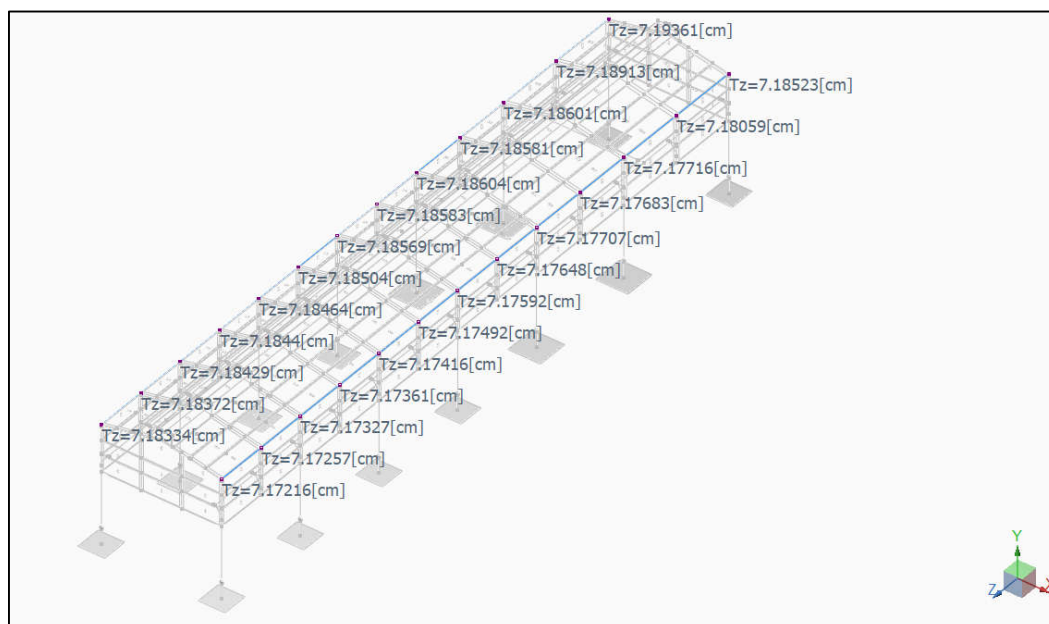



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	34 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 27.** Desplazamientos en X para estado de servicio S12. Configuración estructural de ampliación igual a la existente.

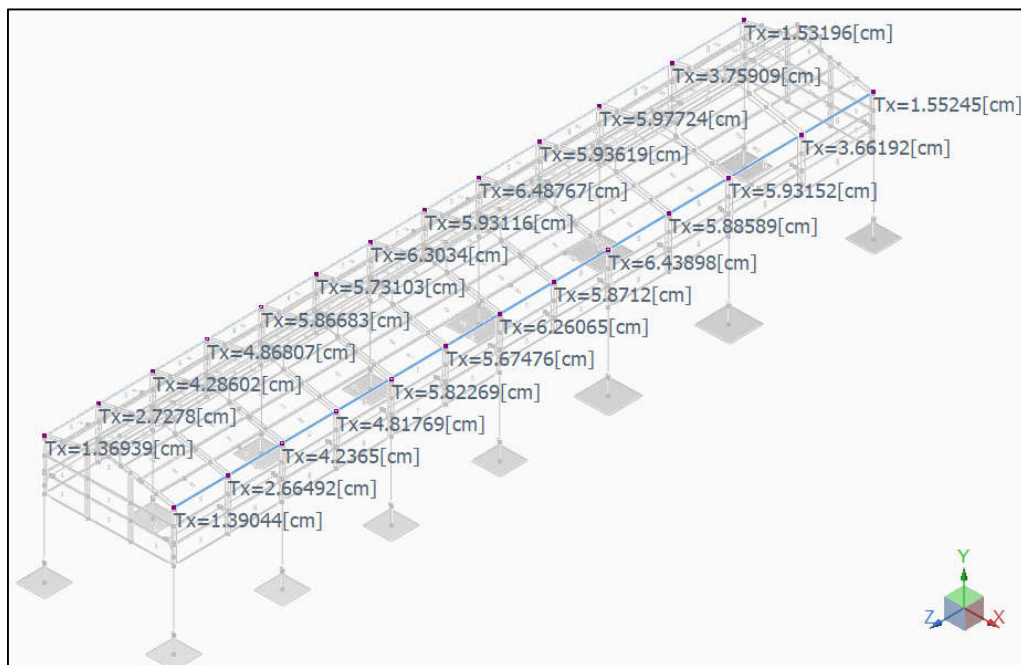


**Figura 28.** Desplazamientos en Z para estado de servicio S13. Configuración estructural de ampliación igual a la existente.



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	35 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 29.** Desplazamientos en X para estado de servicio S4. Configuración estructural de ampliación igual a la existente.




## 10.2. AMPLIACIÓN NUEVA CONFIGURACIÓN EMPOTRADA

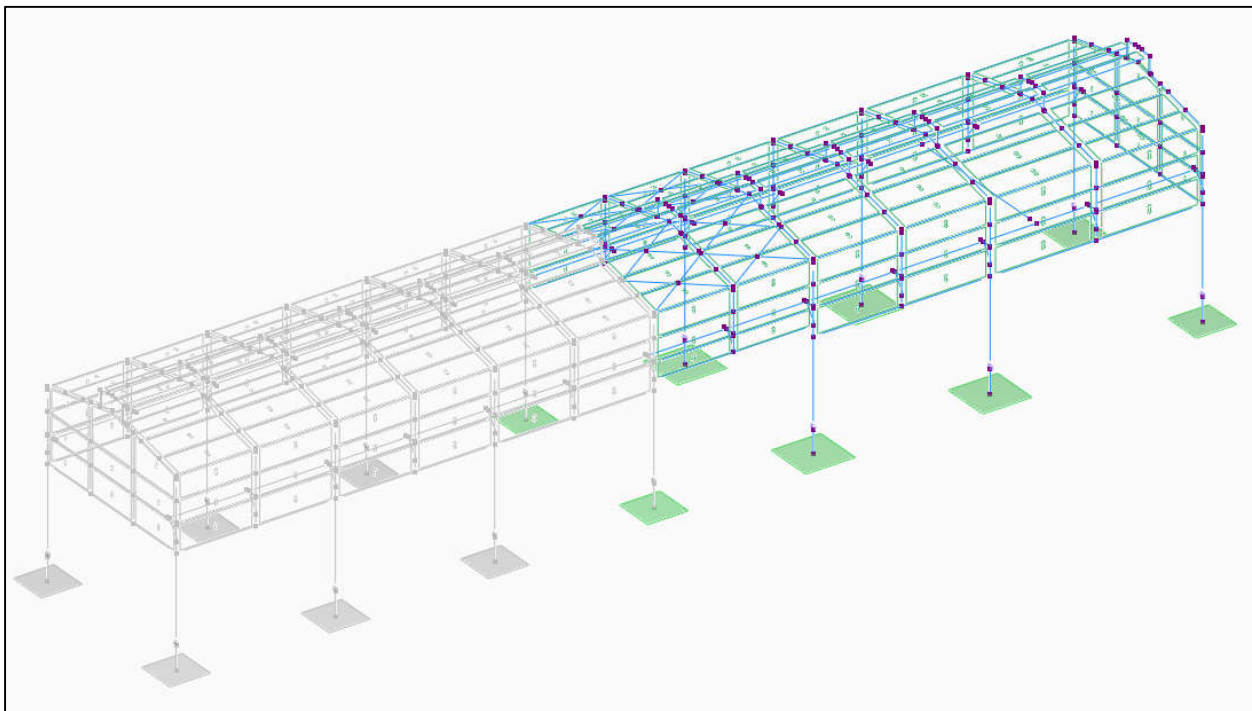
Para controlar las deformaciones en los pórticos debido al incremento de cargas de viento y luces mayores en los nuevos tramos entre pórticos, se realizaron modificaciones en la configuración estructural.

Todos los nuevos pórticos principales serán empotrados en su base, transmitirán momentos a las placas base. Se añadirán arriostramientos rígidos, perfiles L 3x3x1/4 entre el pórtico existente y el nuevo pórtico.

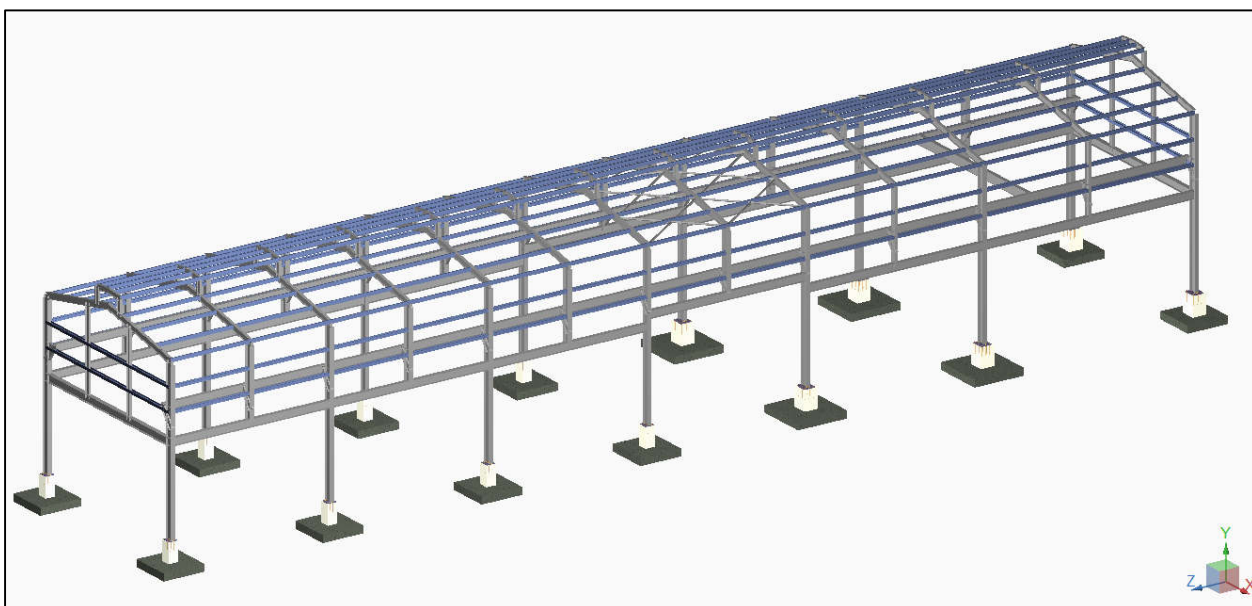
Los pedestales de la nueva estructura serán reforzados con armadura primaria para resistir los esfuerzos de tracción transmitidos por el empotramiento entre la columna metálica, los pernos de anclaje y la placa base, ver el diseño de la conexión de placa base más adelante en el presente documento 13.2.


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	36 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 30.** Nueva Configuración estructural para la ampliación de la nave.

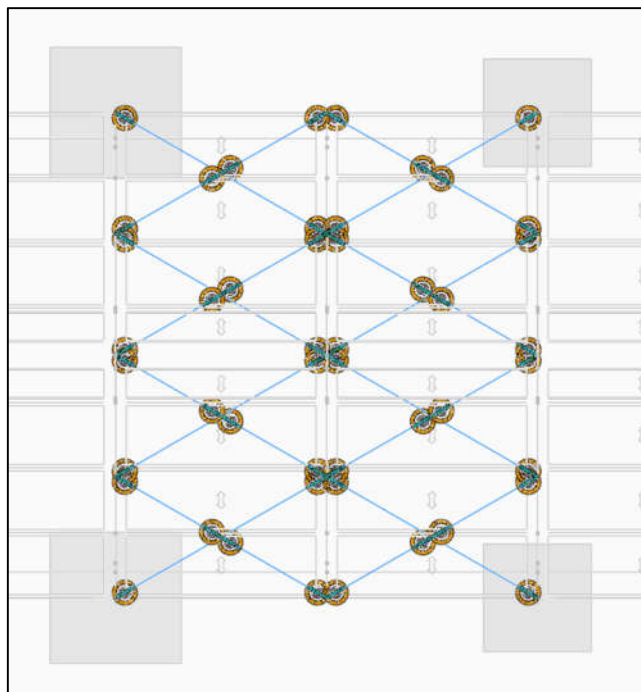


**Figura 31.** Modelo 3d de la ampliación de la nave.



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 37 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Figura 32.** Vista superior de los arriostramientos rígidos.




## 11. RESULTADOS DE ANÁLISIS AMPLIACIÓN

### 11.1. VERIFICACIÓN DE PARTICIPACIÓN DE MASAS

**Tabla 19.** Porcentaje de participación de masas.

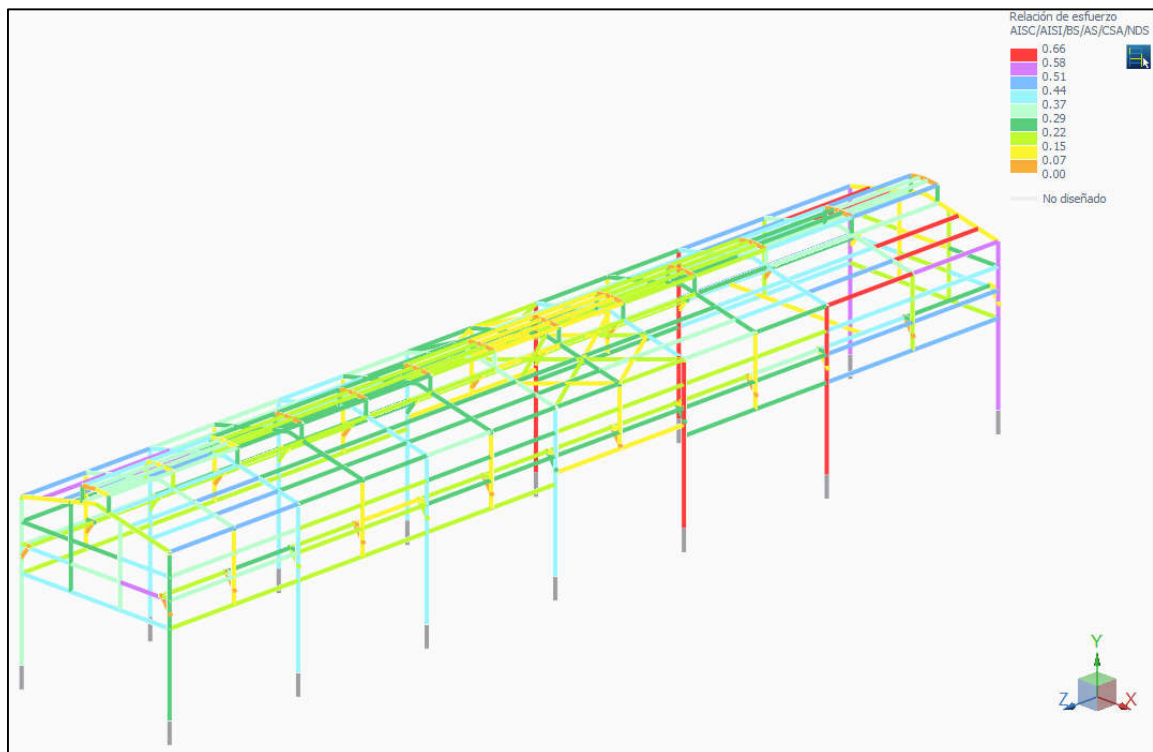
<i>Participación Modal</i>						
<i>MODO</i>	<i>Part.X</i>	<i>Part.Y</i>	<i>Part.Z</i>	<i>Rot.X</i>	<i>Rot.Y</i>	<i>Rot.Z</i>
1	0.01	0	99.77	0	0	0
2	60.60	0	0.02	0	0	0
3	2.67	0	0	0	0	0
4	13.01	0	0	0	0	0
5	13.34	0	0	0	0	0
6	1.24	0	0	0	0	0
7	1.28	2.68	0	0	0	0
8	2.77	0.31	0	0	0	0
9	0.00	26.39	0.01	0	0	0
10	0.10	39.24	0	0	0	0
<b>TOTAL:</b>	<b>95.02</b>	<b>61.48</b>	<b>99.8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 38 de 83
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	REV: B

La estructura cumple con la participación de masas mayor al 90% en sus ejes ortogonales principales.

## 11.2. DISEÑO POR RESISTENCIA

**Figura 33.** Relación de esfuerzos =0.66 Nueva configuración estructural de ampliación.




## Resumen - Máximo por descripción

### Estados de carga considerados:

- D1=1.4CM
- D2=1.2CM+1.6CV
- D3=1.2CM+0.5Wx
- D4=1.2CM+0.5Wz
- D5=1.2CM+Wx
- D6=1.2CM+Wz
- D7=1.2CM+CV+Wx
- D8=1.2CM+CV+Wz
- D9=0.9CM+Wx
- D10=0.9CM+Wz
- D11=CM+Cvs+0.5C<sub>ss</sub>+C<sub>i</sub>
- D12=CM+CV+Cvs+C<sub>ss</sub>+C<sub>i</sub>+C<sub>ls</sub>
- D13=CM+CV+Wx+Cvs+C<sub>i</sub>
- D14=CM+CV+Wz+Cvs+C<sub>i</sub>
- D15=CM+CV+0.5Wx+Cvs+C<sub>ss</sub>+C<sub>i</sub>
- D16=CM+CV+0.5Wz+Cvs+C<sub>ss</sub>+C<sub>i</sub>
- D17=CM+CV+Cvs+C<sub>i</sub>+0.67C<sub>bs</sub>



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 39 de 83
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	REV: <b>B</b>

D18=CM+CV+Cd+Sx  
 D19=CM+CV+Cd+Sz  
 D20=1.2CM+Sx  
 D21=1.2CM+Sz  
 D22=1.2CM+CV+Sx  
 D23=1.2CM+CV+Sz  
 D24=0.9CM+Sx  
 D25=0.9CM+Sz


Descripción	Sección Referencia	Miembro	Ec. ctrl	Relación Estatus	
<b>BRACE1</b>	<b>W 12X35</b>	<b>66</b>	D7 en 0.00%	0.24	Bien
<b>COL Intermedia</b>	<b>I 16x10x1/2</b>	<b>15</b>	D23 en 0.00%	0.21	Bien
<b>COL principal</b>		<b>30</b>	D23 en 0.00%	0.65	Bien
<b>COL3</b>	<b>W 12X35</b>	<b>115</b>	D22 en 100.00%	0.41	Bien
<b>COL4</b>	<b>W 10X22</b>	<b>40</b>	D2 en 0.00%	0.30	Bien
<b>COL5</b>		<b>413</b>	D7 en 0.00%	0.35	Bien
<b>Cruz</b>	<b>L 3X3X1_4</b>	<b>544</b>	D7 en 85.31%	0.25	Bien
<b>Viga Rail</b>	<b>I 16x8x1/2</b>	<b>274</b>	D14 en 50.00%	0.43	Bien
<b>VIGA1</b>	<b>W 12X35</b>	<b>33</b>	D2 en 0.00%	0.42	Bien
<b>VIGA2</b>	<b>W 10X22</b>	<b>366</b>	D7 en 100.00%	0.13	Bien
<b>VIGA3</b>	<b>I 16x10x1/2</b>	<b>411</b>	D7 en 100.00%	0.40	Bien
<b>VIGA4</b>		<b>131</b>	D12 en 50.00%	0.44	Bien
<b>VIGA5</b>	<b>W 12X35</b>	<b>360</b>	D7 en 74.32%	0.30	Bien
<b>VIGA6</b>	<b>2C 8x3x1x3/16 in</b>	<b>235</b>	D15 en 0.00%	0.49	Bien Eq. H1.2-1
<b>VIGA7</b>		<b>416</b>	D7 en 80.70%	0.51	Bien Eq. H1.1-1
<b>VIGA8</b>	<b>C 8x3x1x3/16 in</b>	<b>222</b>	D2 en 58.82%	<b>0.66</b>	<b>Bien</b> Eq. H1.2-1

### 11.3. DISEÑO EN SERVICIO

En la norma “ASCE 7-16 apéndice C Consideraciones de Servicio”, indica que “La deflexión lateral o el desplazamiento de las estructuras y la deformación de diafragmas horizontales y sistemas de arriostramiento causados por los efectos del viento no deberán comprometer la funcionalidad de la estructura.”

En la especificación de la “AISC 360-16 capítulo L – Diseño para Servicio” indica también que la deflexión y el desplazamiento deberán ser limitados de tal modo que no comprometan la funcionalidad de la estructura. Además, que no se deberán reducir rigideces para el estado de servicio.

De acuerdo a los criterios mencionados por las especificaciones norteamericanas y tomando de referencia la norma CIRSOC 301 basada en las especificaciones antes mencionadas tomaremos los siguientes criterios para definir los límites de las deflexiones y desplazamientos en los estados de servicio.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPÉ-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	40 de 83
		REV:
		<b>B</b>

- Desplazamiento lateral de columnas con respecto a base por acción de viento y sismo H/160
- Desplazamiento de columnas con respecto a base por acción de frenado de puente grúa H/400
- Desplazamiento de la viga carril por frenado transversal H/600
- Deformación vertical de barras soportando cubiertas rígidas L/240
- Deformación vertical de viga carril para puente grúa de capacidad <200Kn, rueda sin impacto L/600

A continuación, se detalla los desplazamientos máximos generados por la carga de servicio desfavorable:

$$S2 = CM + Cd + CV + Cvs + C_{ss} + Ci + Cls + Cbs$$


$$S4 = CM + Cd + 0.6Wx$$

$$S12 = CM + Cd + Sx$$

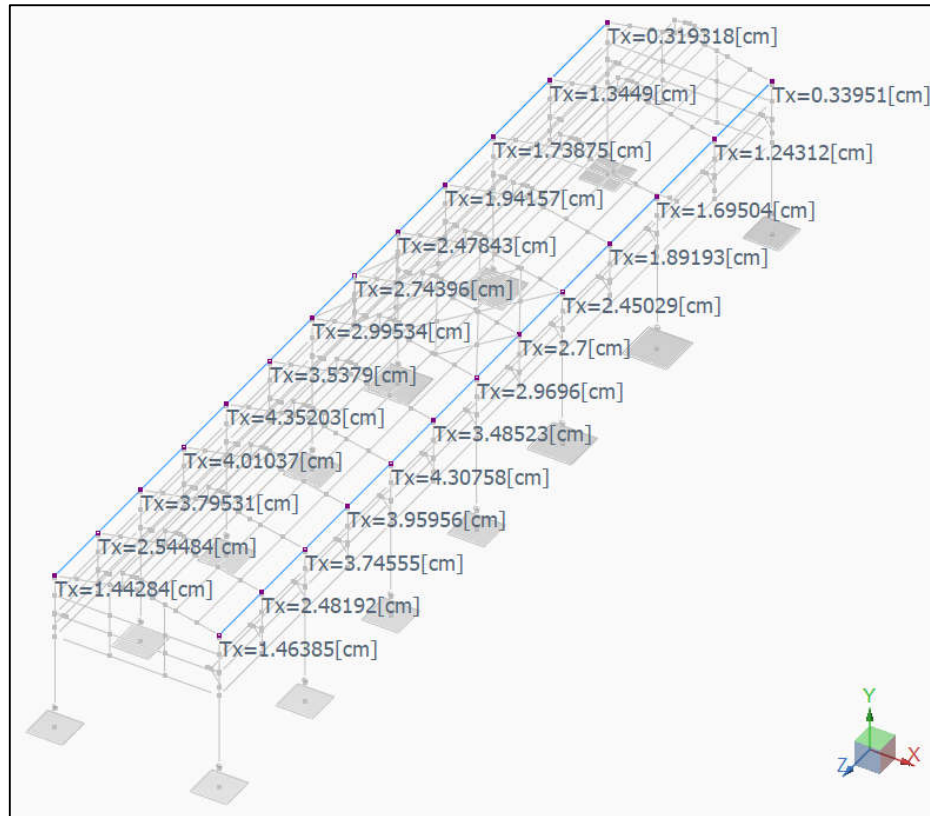
$$S13 = CM + Cd + Sz$$

$$S20 = CM + C_{ss}$$



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	41 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 34.** Desplazamiento horizontal máximo en x para estado S4.




El máximo desplazamiento horizontal producido en la dirección X es de 4.3 cm.

Se tiene una altura de columna  $H = 9 \text{ m} = 900 \text{ cm}$ .

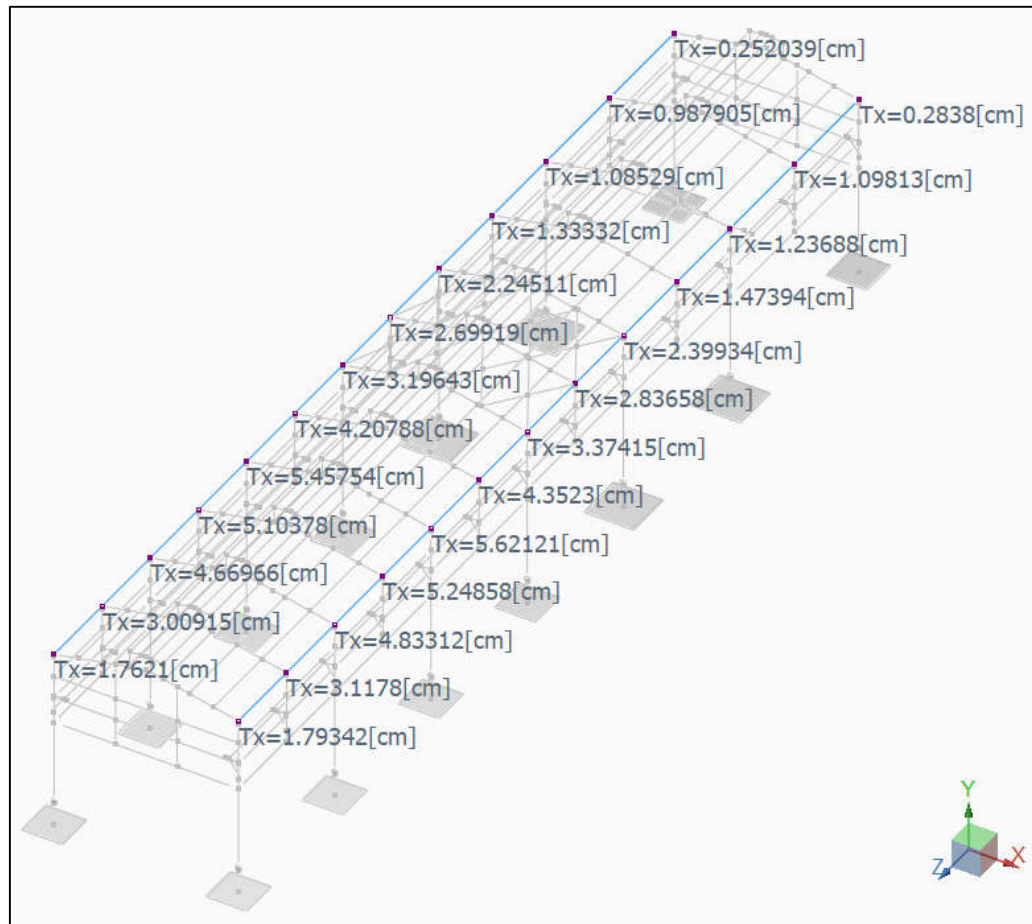
Deformación máxima  $\Delta = H/160$ .

$$\Delta = 900 / 160 = 5.63 \text{ cm.}$$

4.3 cm < 5.63 cm ¡Cumple con la verificación en estado de Servicio!

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	42 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 35.** Desplazamiento horizontal máximo en X para S12.




El máximo desplazamiento horizontal producido en la dirección X es de 5.62 cm.

Se tiene una altura de columna  $H = 9 \text{ m} = 900 \text{ cm}$ .

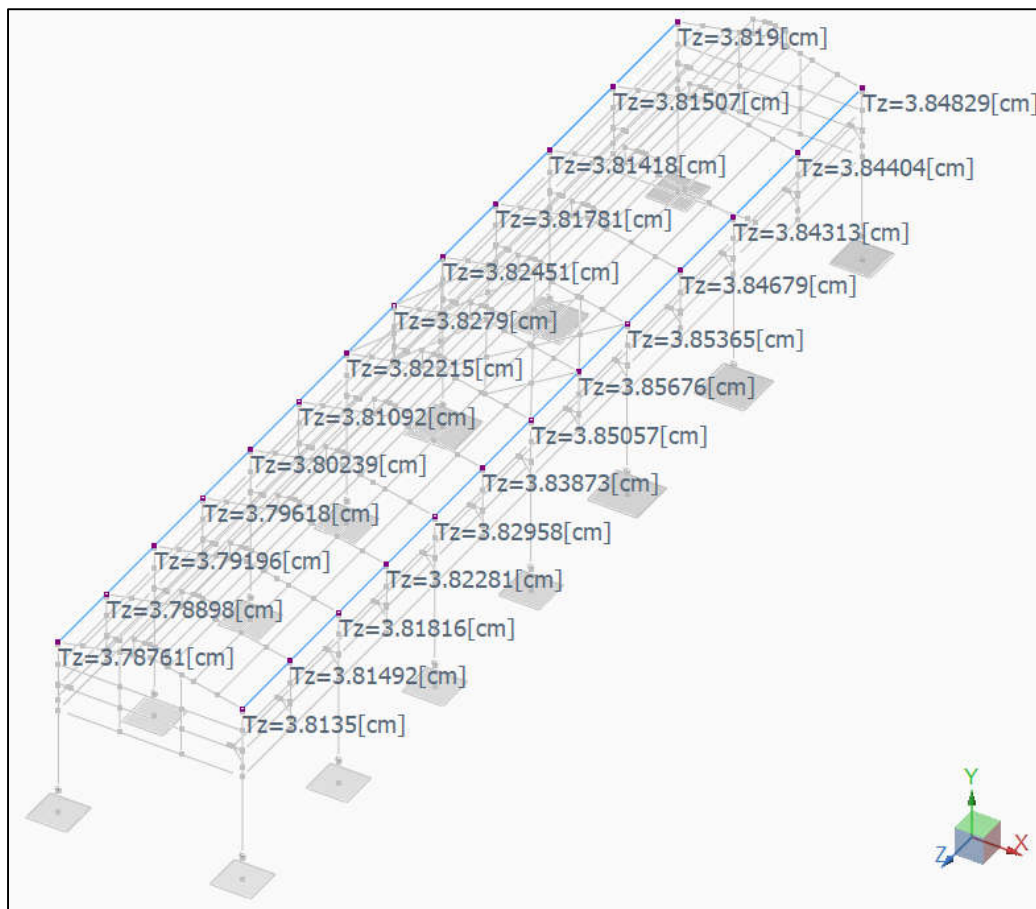
Deformación máxima  $\Delta = H/160$ .

$$\Delta = 900 / 160 = 5.63 \text{ cm}.$$

5.62 cm < 5.63 cm ¡Cumple con la verificación en estado de Servicio!

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 43 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Figura 36.** Desplazamiento horizontal máximo en Z para S13.




El máximo desplazamiento horizontal producido en la dirección Z es de 3.85 cm.

Se tiene una altura de columna  $H = 9 \text{ m} = 900 \text{ cm}$ .

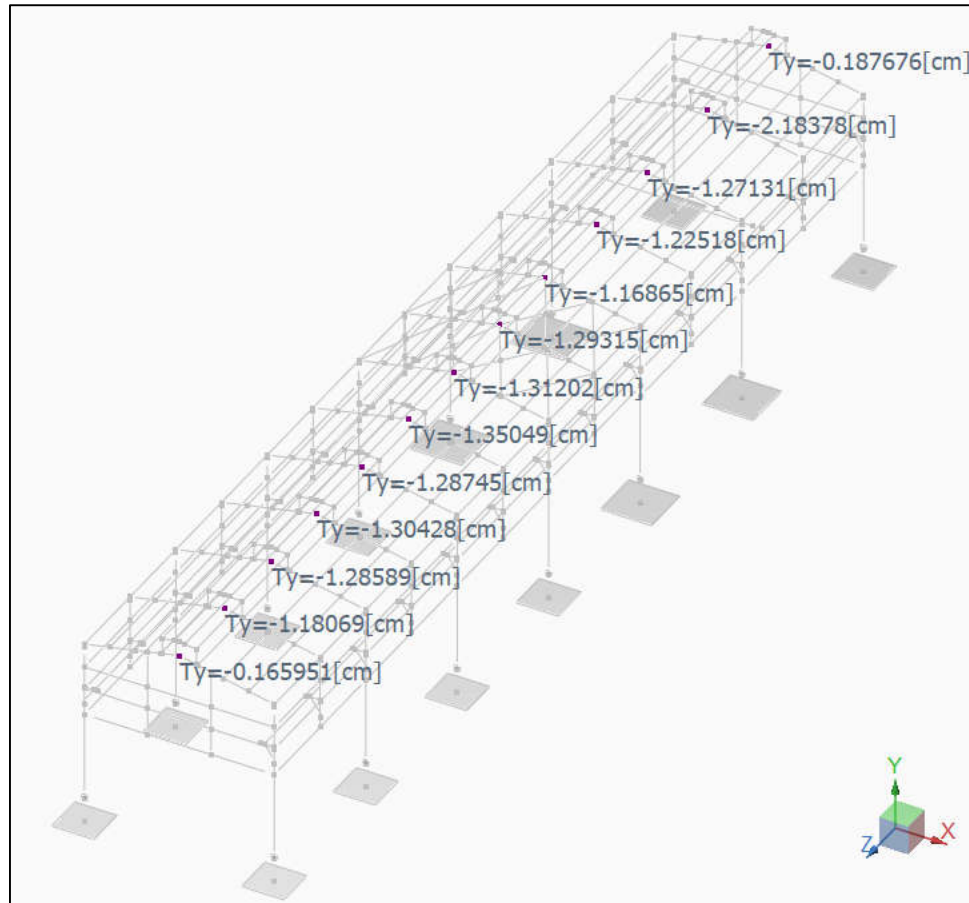
Deformación máxima  $\Delta = H/160$ .

$$\Delta = 900 / 160 = 5.63 \text{ cm.}$$

$3.85 \text{ cm} < 5.63 \text{ cm}$  ¡Cumple con la verificación en estado de Servicio!

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 44 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Figura 37.** Desplazamiento vertical máximo en Y para S2.




El máximo desplazamiento vertical producido en la dirección Y es de 2.18 cm.

Se tiene una luz de  $L = 10.358 \text{ m} = 1035.8 \text{ cm}$ .

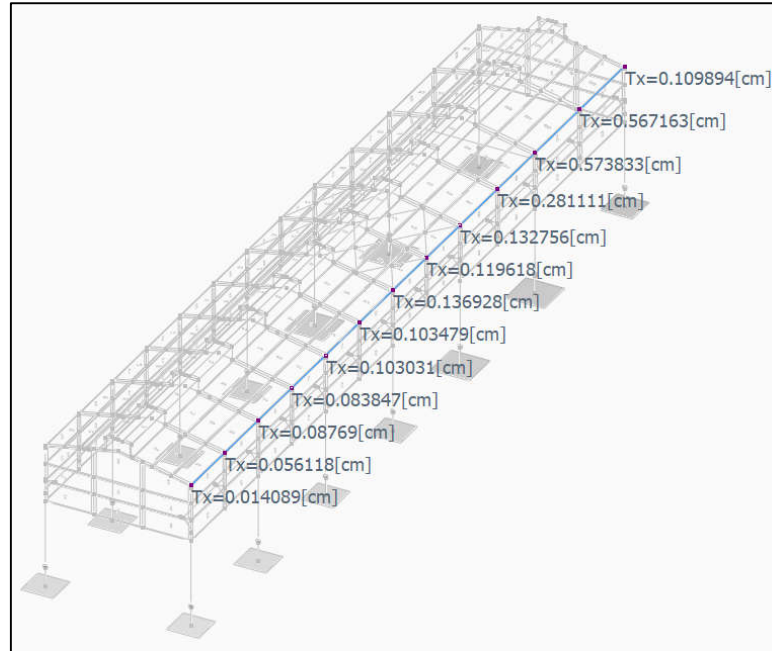
Deformación máxima  $\Delta = L/240$ .

$$\Delta = 1035.8 / 240 = 4.32 \text{ cm.}$$

$2.18 \text{ cm} < 4.32 \text{ cm}$  ¡Cumple con la verificación en estado de Servicio!

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	45 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 38.** Desplazamiento horizontal máximo en x para estado S20.




El máximo desplazamiento horizontal producido en la dirección X para el estado de Servicio S20 es de 0.57 cm.

Se tiene una altura de  $L = 9 \text{ m} = 900 \text{ cm}$ .

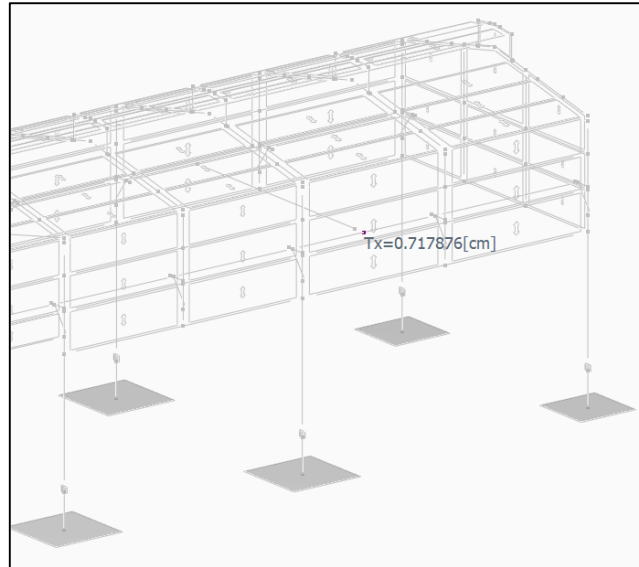
Deformación máxima  $\Delta = L/400$ .

$$\Delta = 900 / 400 = 2.25 \text{ cm.}$$

$0.57 \text{ cm} < 2.25 \text{ cm}$  ¡Cumple con la verificación en estado de Servicio!

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	46 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 39.** Desplazamiento horizontal máximo en x para estado S20.




El máximo desplazamiento horizontal producido en la dirección X para el estado de Servicio S20 es de 0.72 cm.

Se tiene una altura de  $L = 6.5 \text{ m} = 650 \text{ cm}$ .

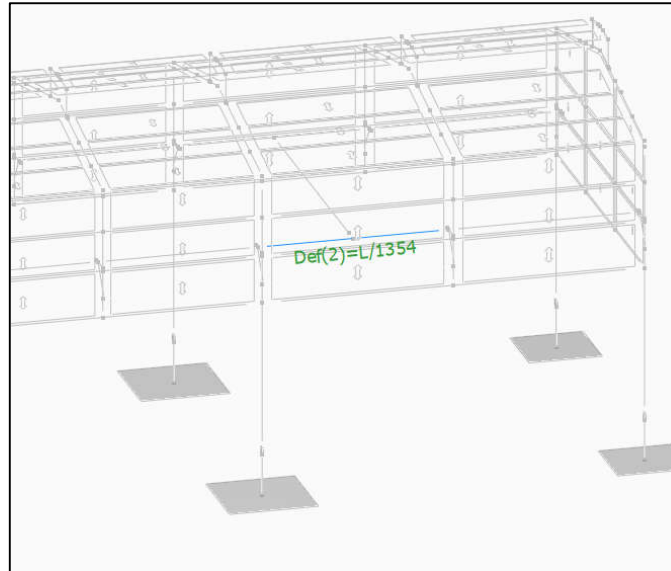
Deformación máxima  $\Delta = L/600$ .

$$\Delta = 650 / 600 = 1.08 \text{ cm.}$$

$0.72 \text{ cm} < 1.08 \text{ cm}$  ¡Cumple con la verificación en estado de Servicio!

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 47 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

**Figura 40.** Desplazamiento vertical máximo en Y para estado S2.



El máximo desplazamiento vertical producido en la dirección Y para el estado de Servicio S2 es de 0.44 cm.


Se tiene una longitud de  $L = 5.5 \text{ m} = 600 \text{ cm}$ .

Deformación máxima  $\Delta = L/600$ .

$$\Delta = 550 / 600 = 0.92 \text{ cm.}$$

$0.44 \text{ cm} < 0.92 \text{ cm}$  ¡Cumple con la verificación en estado de Servicio!



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPe-2025-2977-S-MC-04
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	48 de 83
		REV:
		B

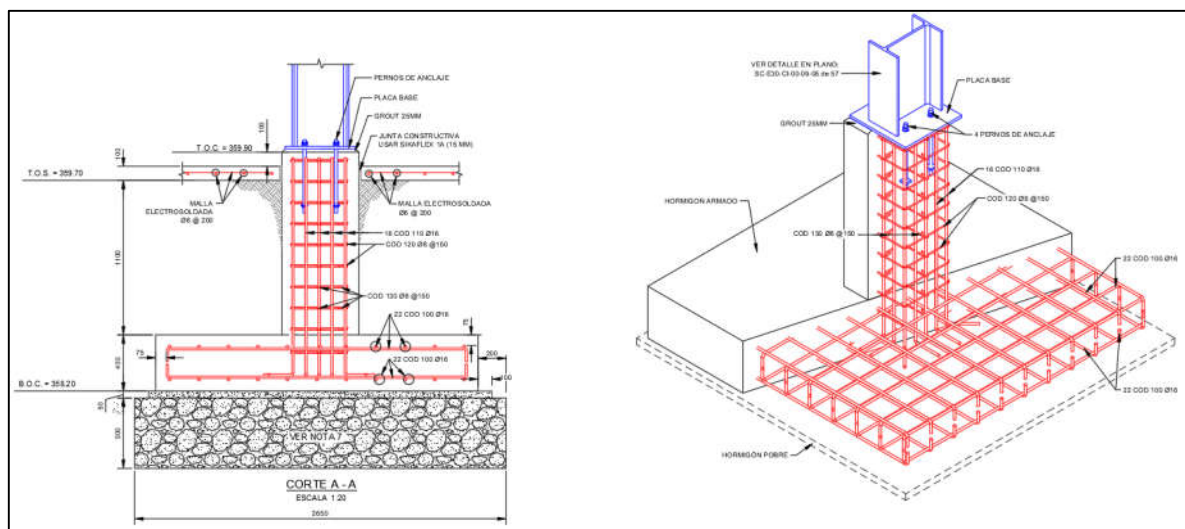
## 12. DISEÑO DE FUNDACIONES

### 12.1. FUNDACIONES EXISTENTES

El diseño de la fundación existente con zapatas de dimensiones 2.3x2.3x0.4 m y pedestales 0.55x0.55x1.3 m es evaluado cuando la carga del puente grúa está próxima a la columna que transmite los esfuerzos a la fundación.

La estructura no transmite momentos al pedestal de concreto debido a ser un sistema articulado.

**Figura 41.** Fundaciones existentes.



Estatus : Bien

#### Interacción suelo - fundación


Presión admisible	:	1.5E04 [Kg/m <sup>2</sup> ]
Factor de seguridad min. para deslizamiento	:	1.25
Factor de seguridad min. a vuelco	:	1.25
Estado gobernante	:	S15 - 5

Estado	q <sub>prom</sub> [Kg/m <sup>2</sup> ]	q <sub>max</sub> [Kg/m <sup>2</sup> ]	Δ <sub>max</sub> [cm]		Área en compresión		Volteo		FS
Zapata					[m <sup>2</sup> ]	(%)	FS <sub>x</sub>	FS <sub>z</sub> desliz.	
S15 - 5	4.83E03	6.22E03	0.197	5.29	100	32.58	15.44	32.85	

#### Flexión

Factor $\phi$ :	0.90
Cuantía mínima :	0.00213

Longitud de desarrollo

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA: 49 de 83
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

Eje	Pos.	Id [cm]	lhd [cm]	Dist1 [cm]	Dist2 [cm]
z	Inf.	85.04	25.88	79.50	79.50
x	Inf.	85.04	25.88	79.50	79.50
z	Sup.	30.48	15.24	79.50	79.50
x	Sup.	30.48	15.24	79.50	79.50

Eje	Pos.	Estado Zapata	Mu [Kg*m]	$\phi$ *Mn [Kg*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	Asreq/Asprov	Mu/( $\phi$ *Mn)
zz	Sup.	D9 - 7	-1754.76	-27305.10	1.25	20.10	0.062	0.064
zz	Inf.	D2 - 6	3615.92	27305.10	19.63	20.10	0.977	0.132
xx	Sup.	D9 - 5	-125.57	-25857.90	0.09	20.10	0.005	0.005
xx	Inf.	D23 - 6	2663.93	25857.90	19.63	20.10	0.977	0.103

### Cortantes


Factor  $\phi$  : 0.75  
 Área de corte plano zz : 0.72 [m2]  
 Área de corte plano xx : 0.68 [m2]

Plano	Estado Zapata	Vu [Kg]	Vc [Kg]	Vu/( $\phi$ *Vn)
xy	D23 - 6	4031.28	33017.94	0.163
yz	D2 - 6	5336.75	34197.30	0.208

### Corte por punzonamiento

Factor  $\phi$  : 0.75  
 Perímetro de corte (bo 1) : 3.42 [m]  
 Área de punzonamiento : 1.04 [m2]

Columna	Estado Zapata	Vu [Kg]	Vc [Kg]	Vu/( $\phi$ *Vn)
columna 1	D2 - 6	13127.42	175536.10	0.100

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	50 de 83
		REV:
		<b>B</b>

## 12.2. FUNDACIONES AMPLIACIÓN

La ampliación tendrá dos tipos de zapata. Zapata tipo 1 (2.3x2.3x0.4 metros) en el pórtico final, y Zapata tipo 2 (2.8x2.8x0.4 metros) en los dos primeros pórticos, todas con pedestales de 0.85x0.75x1.3 metros.

La estructura transmite momentos al pedestal de concreto debido a ser un sistema empotrado.

### 12.2.1. ZAPATAS TIPO 1

#### Datos Generales

Estatus global	:	Bien
Código de diseño	:	ACI 318-2019
Tipo de zapata	:	Aislada
Tipo de columna	:	Concreto

#### Materiales

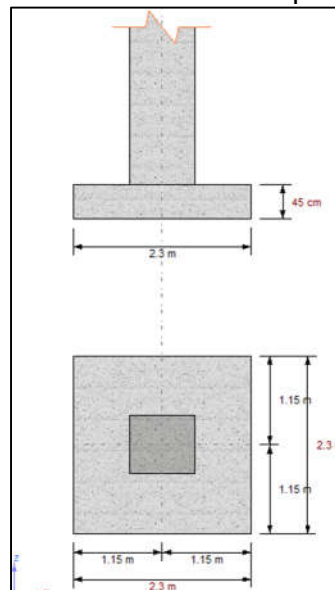
Hormigón, $f_c$	:	210 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Acero, $f_y$	:	4200 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tipo de concreto	:	Normal	Recubrimiento epóxico	:	No
Módulo de elasticidad hormigón	:	214.00 [Ton/cm <sup>2</sup> ]	Módulo de elasticidad acero	:	29000.00 [Ton/c...
Peso unitario	:	2500 [kg/m <sup>3</sup> ]			


#### Suelo

Coefficiente de balasto	:	3150.00 [Ton/m <sup>3</sup> ]
Peso unitario (húmedo)	:	1.75 [Ton/m <sup>3</sup> ]

#### Geometría

Figura 42. Geometría de la zapata tipo 1.



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPE-2025-2977-S-MC-04
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	51 de 83
		REV:
		B

Longitud : 2.30 [m]  
 Ancho : 2.30 [m]  
 Espesor : 0.45 [m]  
 Profundidad de la base: 1.50 [m]  
 Área de la base: 5.29 [m2]  
 Volumen de la zapata: 2.38 [m3]

Longitud de la columna: 85.00 [cm]  
 Ancho de la columna: 75.00 [cm]  
 Posición de la columna respecto al c.g. de la zapata : Centrada

## Armaduras de la zapata

### Armadura longitudinal

Recubrimiento libre: 8.00 [cm]  
 Relación máxima permitida entre Rho/Rho balanceo: 0.75  
 Armadura // a L (xx) inferior: 11-R16 c/ 21.00cm  
 Armadura // a L (xx) superior: 11-R16 c/ 21.00cm  
 Armadura // a B (zz) inferior: 11-R16 c/ 21.00cm (Zona 1)  
 Armadura // a B (zz) superior: 11-R16 c/ 21.00cm

## Armaduras del pedestal

### Armadura de espera

Armadura 1: 22-R20  
 Recubrimiento libre: 5.00 [cm]  
 Longitud de anclaje calcular: a tracción  
 Número de barras // al eje x: 7  
 Número de barras // al eje z: 6  
 Estribos : R8 c/ 30.00cm  
 Número de ramas // al eje x: 4  
 Número de ramas // al eje z: 4

## Diseño


Estatus : Bien

### Interacción suelo - fundación

Presión admisible: 1.5E04 [Kg/m2]  
 Factor de seguridad min. para deslizamiento: 1.25  
 Factor de seguridad min. a vuelco: 1.25

Estado gobernante: S13 - 2

Estado	qprom	qmax	Δmax	Área en compresión		Volteo		FS
Zapata	[Kg/m2]	[Kg/m2]	[cm]	[m2]	(%) FSx	FSz	desliz.	
S13 - 2	4.57E03	9.39E03	0.298	5.04	95 2.74	55.30	8.98	

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA: 52 de 83
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

### Flexión

Factor  $\phi$  : 0.90  
 Cuantía mínima: 0.00200

Longitud de desarrollo

Eje	Pos.	Id [cm]	lhd [cm]	Dist1 [cm]	Dist2 [cm]
z	Inf.	59.55	20.84	69.50	69.50
x	Inf.	59.55	20.84	64.50	64.50
z	Sup.	30.48	15.24	69.50	69.50
x	Sup.	30.48	15.24	64.50	64.50

Eje	Pos.	Estado Zapata	Mu [Ton*m]	$\phi*Mn$ [Ton*m]	Asreq [cm2]	Asprov	Asreq/Asprov	Mu/( $\phi*Mn$ )
zz	Sup.	D9 - 1	-1.03	-29.47	0.75	22.11	0.034	0.035
zz	Inf.	D7 - 2	2.52	29.47	20.43	22.11	0.924	0.085
xx	Sup.	D25 - 2	-1.63	-28.14	1.25	22.11	0.057	0.058
xx	Inf.	D23 - 2	4.11	28.14	19.78	22.11	0.895	0.146

### Cortantes


Factor  $\phi$  : 0.75  
 Área de corte plano zz : 0.83 [m2]  
 Área de corte plano xx : 0.80 [m2]

Plano	Estado Zapata	Vu [Ton]	Vc [Ton]	Vu/( $\phi*Vn$ )
xy	D23 - 2	6.06	37.82	0.214
yz	D7 - 2	3.61	38.98	0.123

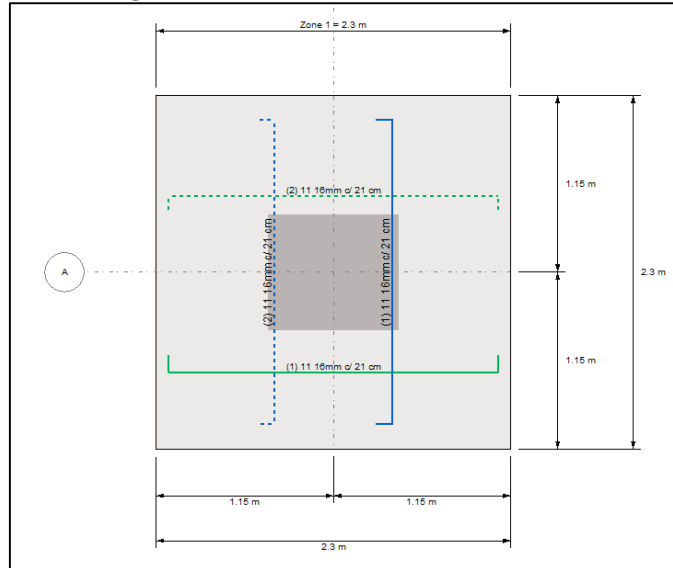
### Corte por punzonamiento

Factor  $\phi$  : 0.75  
 Perímetro de corte (bo 1) : 4.62 [m]  
 Área de punzonamiento : 1.63 [m2]

Columna	Estado Zapata	Vu [Ton]	Vc [Ton]	Vu/( $\phi*Vn$ )
columna 1	D2 - 2	8.80	276.21	0.042

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	53 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 43. Armaduras de la zapata tipo 1.**



## 12.2.2. ZAPATAS TIPO 2

### Datos Generales


Estatus global	:	Bien
Código de diseño	:	ACI 318-2019
Tipo de zapata	:	Aislada
Tipo de columna	:	Concreto

#### Materiales

Hormigón, $f_c$	:	210 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Acero, $f_y$	:	4200 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tipo de concreto	:	Normal	Recubrimiento epóxico	:	No
Módulo de elasticidad hormigón	:	214.00 [Ton/cm <sup>2</sup> ]	Módulo de elasticidad acero	:	29000.00 [Ton/c...]
Peso unitario	:	2.50 [Ton/m <sup>3</sup> ]			

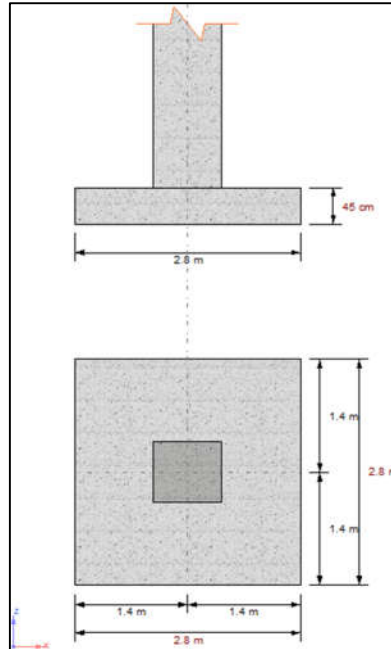
#### Suelo

Coefficiente de balasto	:	3150.00 [Ton/m <sup>3</sup> ]
Peso unitario (húmedo)	:	1.75 [Ton/m <sup>3</sup> ]

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	54 de 83
		REV:
		<b>B</b>

## Geometría

**Figura 44.** Geometría de la zapata tipo 2.



Longitud :	2.80 [m]
Ancho :	2.80 [m]
Espesor :	0.45 [m]
Profundidad de la base:	1.50 [m]
Área de la base:	7.84 [m <sup>2</sup> ]
Volumen de la zapata:	3.53 [m <sup>3</sup> ]

Longitud de la columna:	85.00 [cm]
Ancho de la columna:	75.00 [cm]
Posición de la columna respecto al c.g. de la zapata:	Centrada

## Armaduras de la zapata

### Armadura longitudinal


Recubrimiento libre:	8.00 [cm]
Relación máxima permitida entre Rho/Rho balanceo:	0.75
Armadura // a L (xx) inferior:	14-R16 c/ 20.00cm
Armadura // a L (xx) superior:	14-R16 c/ 20.00cm
Armadura // a B (zz) inferior:	14-R16 c/ 20.00cm (Zona 1)
Armadura // a B (zz) superior:	14-R16 c/ 20.00cm

## Armaduras del pedestal

### Armadura de espera

Armadura 1:	22-R20
Recubrimiento libre:	5.00 [cm]



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPE-2025-2977-S-MC-04
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	55 de 83
		REV:
		B

Longitud de anclaje calcular:	a tracción
Número de barras // al eje x:	7
Número de barras // al eje z:	6
Estribos :	R8 c/ 30.00cm
Número de ramas // al eje x:	4
Número de ramas // al eje z:	4

Diseño

Estatus : Bien

Interacción suelo - fundación

Presión admisible	:	1.5E04 [Kg/m2]
Factor de seguridad min. para deslizamiento	:	1.25
Factor de seguridad min. a vuelco	:	1.25

Estado gobernante : S10 - 2

Estado	qprom [Kg/m2]	qmax [Kg/m2]	Δmax [cm]		Área en compresión		Volteo		FS
					[m2]	(%) FSx	FSz	desliz.	
S10 - 2	3.21E03	6.64E03	0.211		7.40	94 44.00	2.70	12.66	

Flexión

Factor $\phi$ :	0.90
Cuantía mínima :	0.00200


Longitud de desarrollo

Eje	Pos.	ld [cm]	lhd [cm]	Dist1 [cm]	Dist2 [cm]
z	Inf.	56.96	19.94	94.50	94.50
x	Inf.	56.96	19.94	89.50	89.50
z	Sup.	30.48	15.24	94.50	94.50
x	Sup.	30.48	15.24	89.50	89.50



Eje	Pos.	Estado Zapata	Mu [Ton*m]	$\phi$ *Mn [Ton*m]	Asreq [cm2]	AsprovAsreq/Asprov [cm2]	Mu/( $\phi$ *Mn)	
zz	Sup.	D9 - 2	-3.94	-37.47	2.89	28.14 0.103	0.105	<div><div></div></div>
zz	Inf.	D7 - 4	8.08	37.47	22.58	28.14 0.803	0.216	<div><div></div></div>
xx	Sup.	D25 - 4	-1.52	-35.76	1.16	28.14 0.041	0.043	<div><div></div></div>
xx	Inf.	D23 - 3	6.12	35.76	25.20	28.14 0.896	0.171	<div><div></div></div>

Cortantes

Factor $\phi$ :	0.75
Área de corte plano :	1.01 [m2]

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 56 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

Área de corte plano xx : 0.97 [m2]

Plano	Estado Zapata	Vu [Ton]	Vc [Ton]	Vu/( $\phi$ *Vn)	
xy	D23 - 3	7.92	46.73	0.226	
yz	D7 - 4	10.56	48.16	0.292	


### Corte por punzonamiento

Factor  $\phi$  : 0.75  
 Perímetro de corte (bo 1) : 4.62 [m]  
 Área de punzonamiento : 1.63 [m2]

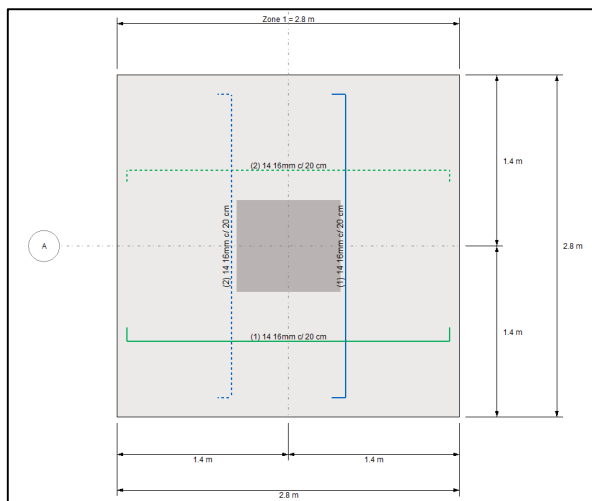
Columna	Estado Zapata	Vu [Ton]	Vc [Ton]	Vu/( $\phi$ *Vn)	
columna 1	D12 - 3	17.94	276.21	0.087	

### Notas aclaratorias:

- \* El suelo bajo la zapata se considera elástico y homogéneo. Se asume una variación lineal de presión en el suelo.
- \* La armadura requerida a flexión considera por lo menos la cuantía mínima.
- \* En relación al diseño a flexión, el máximo momento de diseño se calcula en secciones críticas ubicadas en los paramentos del soporte
- \* Sólo se toman en cuenta zapatas de sección constante con columnas rectangulares.
- \* La resistencia lineal a corte se verifica en secciones críticas ubicadas a una distancia d (d = altura útil) a partir del paramento del soporte
- \* La resistencia a punzonamiento se verifica en una sección perimetral ubicada a una distancia d/2 alrededor de las caras del soporte
- \* No se considera armadura transversal en las zapatas.
- \* Los valores en rojo no cumplen con alguna provisión de la norma.
- \*  $q_{prom}$  = Presión promedio (compresión) sobre terreno.
- \*  $q_{max}$  = Máxima presión (compresión) sobre el terreno.
- \*  $\Delta_{max}$  = asentamiento total máximo (considerando el suelo como material elástico por medio del coeficiente de balasto).
- \* Mn = Momento resistente nominal
- \*  $Mu/(\phi*Mn)$  = Relación de resistencia.
- \* Vn = Fuerza nominal de corte o punzonamiento (para zapatas  $Vn=Vc$ ).
- \*  $Vu/(\phi*Vn)$  = Relación de resistencia a corte o punzonamiento.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	57 de 83
		REV:
		<b>B</b>

**Figura 45. Armaduras de la zapata tipo 2.**




### 12.2.3. DISEÑO DE PEDESTALES

#### Datos Generales

Código de diseño : ACI 318-2019

#### Estados de carga considerados en el diseño:

D1	:	1.4CM
D2	:	1.2CM+1.6CV
D3	:	1.2CM+0.5Wx
D4	:	1.2CM+0.5Wz
D5	:	1.2CM+Wx
D6	:	1.2CM+Wz
D7	:	1.2CM+CV+Wx
D8	:	1.2CM+CV+Wz
D9	:	0.9CM+Wx
D10	:	0.9CM+Wz
D11	:	CM+Cvs+0.5C <sub>ss</sub> +C <sub>i</sub>
D12	:	CM+CV+Cvs+C <sub>ss</sub> +C <sub>i</sub> +C <sub>ls</sub>
D13	:	CM+CV+Wx+Cvs+C <sub>i</sub>
D14	:	CM+CV+Wz+Cvs+C <sub>i</sub>
D15	:	CM+CV+0.5Wx+Cvs+C <sub>ss</sub> +C <sub>i</sub>
D16	:	CM+CV+0.5Wz+Cvs+C <sub>ss</sub> +C <sub>i</sub>
D17	:	CM+CV+Cvs+C <sub>i</sub> +0.67C <sub>bs</sub>
D18	:	CM+CV+C <sub>d</sub> +S <sub>x</sub>
D19	:	CM+CV+C <sub>d</sub> +S <sub>z</sub>
D20	:	1.2CM+S <sub>x</sub>
D21	:	1.2CM+S <sub>z</sub>
D22	:	1.2CM+CV+S <sub>x</sub>
D23	:	1.2CM+CV+S <sub>z</sub>
D24	:	0.9CM+S <sub>x</sub>
D25	:	0.9CM+S <sub>z</sub>

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	58 de 83
		REV:
		<b>B</b>

#### Materiales

Hormigón, $f_c$	:	210 [kg/cm <sup>2</sup> ]	Acero, $f_y$	:	4.20 [Ton/cm <sup>2</sup> ]
Tipo de concreto	:	Normal	Acero, $f_{yt}$	:	4.20 [Ton/cm <sup>2</sup> ]
Módulo de elasticidad	:	214.00 [Ton/cm <sup>2</sup> ]	Tipo de empalmes	:	Tangencial
Peso unitario	:	2.50 [Ton/m <sup>3</sup> ]	Cuantía mínima adoptada	:	0.010
Cuantía máxima adoptada	:	0.080			
Estatus general	:	Bien			

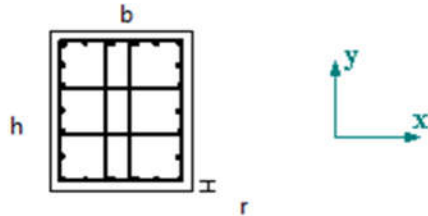
## Columna 1

### Datos

#### **Geometría**

Tipo de sección	:	Rectangular
Posición de la columna	:	Centro
Distancia entre niveles	:	1.30 [m]
Ancho b (// a eje x)	:	75.00 [cm]
Alto h (// a eje y)	:	85.00 [cm]


#### **Armadura**



Longitudinal	:	22-20mm
Recubrimiento libre	:	5.00 [cm]
As provista	:	69.08 [cm <sup>2</sup> ]
Cuantía provista	:	0.011
Número de barras // a la cara x	:	6
Con una separación entre barras	:	10.28 [cm]
Número de barras // a la cara y	:	7
Con una separación entre barras	:	9.90 [cm]
Transversal	:	4 8mm c/ 30.00cm
Número de ramas // a eje x	:	4
Número de ramas // a eje y	:	4
Separación inicial (Sini)	:	0.00 [cm]


#### **Parámetros de diseño**

<b>Esbeltez</b>	<b>Eje yy</b>	<b>Eje xx</b>
Lu[cm]	130.00	130.00
K	1.00	1.00
Pc[Ton]	93365.90	119923.30
Sway	Si	Si

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA:
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	59 de 83 REV: <b>B</b>

### Solicitaciones

Estado	Posición	Pu [Ton]	Muxx [Ton*m]	Muyy [Ton*m]	Vx [Ton]	Vy [Ton]	Carga transversal	
							xx	yy
D1	Sup.	-6.17	0.30	0.25	0.16	-0.20	No	No
	Inferior	-9.07	0.56	0.45	0.16	-0.20	No	No
D2	Sup.	-9.27	0.50	0.45	0.29	-0.32	No	No
	Inferior	-11.75	0.92	0.83	0.29	-0.32	No	No
D3	Sup.	-3.46	-1.53	-0.20	-0.04	0.47	No	No
	Inferior	-5.95	-2.15	-0.26	-0.04	0.47	No	No
D4	Sup.	-3.81	0.19	-0.81	-0.29	-0.12	No	No
	Inferior	-6.29	0.34	-1.19	-0.29	-0.12	No	No
D5	Sup.	-1.64	-3.33	-0.61	-0.22	1.12	No	No
	Inferior	-4.12	-4.78	-0.90	-0.22	1.12	No	No
D6	Sup.	-2.33	0.11	-1.83	-0.71	-0.07	No	No
	Inferior	-4.81	0.20	-2.75	-0.71	-0.07	No	No
D7	Sup.	-4.12	-3.18	-0.48	-0.13	1.02	No	No
	Inferior	-6.61	-4.50	-0.65	-0.13	1.02	No	No
D8	Sup.	-4.81	0.26	-1.72	-0.63	-0.17	No	No
	Inferior	-7.29	0.48	-2.54	-0.63	-0.17	No	No
D9	Sup.	-0.32	-3.40	-0.65	-0.25	1.16	No	No
	Inferior	-2.18	-4.90	-0.98	-0.25	1.16	No	No
D10	Sup.	-1.01	0.05	-1.86	-0.74	-0.03	No	No
	Inferior	-2.87	0.08	-2.83	-0.74	-0.03	No	No
D11	Sup.	-4.40	0.20	0.18	0.11	-0.13	No	No
	Inferior	-6.47	0.37	0.33	0.11	-0.13	No	No
D12	Sup.	-6.84	0.25	0.21	0.16	-0.20	No	No
	Inferior	-8.91	0.51	0.42	0.16	-0.20	No	No
D13	Sup.	-3.26	-3.16	-0.51	-0.15	1.03	No	No
	Inferior	-5.33	-4.50	-0.71	-0.15	1.03	No	No
D14	Sup.	-3.95	0.27	-1.75	-0.65	-0.16	No	No
	Inferior	-6.02	0.48	-2.60	-0.65	-0.16	No	No
D15	Sup.	-5.04	-1.53	-0.09	0.03	0.44	No	No
	Inferior	-7.11	-2.09	-0.05	0.03	0.44	No	No
D16	Sup.	-5.38	0.19	-0.71	-0.22	-0.15	No	No
	Inferior	-7.45	0.39	-0.99	-0.22	-0.15	No	No
D17	Sup.	-6.93	0.42	0.43	0.25	-0.26	No	No
	Inferior	-9.00	0.76	0.76	0.25	-0.26	No	No
D18	Sup.	-7.59	-1.68	-0.64	0.60	0.50	No	No
	Inferior	-9.66	-2.33	-0.88	0.60	0.50	No	No
D19	Sup.	-7.77	0.35	-5.16	2.37	-0.23	No	No
	Inferior	-9.84	0.65	-7.70	2.37	-0.23	No	No
D20	Sup.	-5.98	-1.79	-0.76	0.53	0.57	No	No
	Inferior	-8.46	-2.53	-1.09	0.53	0.57	No	No
D21	Sup.	-6.16	0.24	-5.28	2.30	-0.16	No	No
	Inferior	-8.65	0.45	-7.91	2.30	-0.16	No	No
D22	Sup.	-8.46	-1.64	-0.61	0.62	0.48	No	No
	Inferior	-10.95	-2.26	-0.81	0.62	0.48	No	No
D23	Sup.	-8.65	0.39	-5.12	2.40	-0.26	No	No
	Inferior	-11.14	0.73	-7.64	2.40	-0.26	No	No
D24	Sup.	-4.66	-1.86	-0.81	0.49	0.62	No	No
	Inferior	-6.52	-2.65	-1.18	0.49	0.62	No	No
D25	Sup.	-4.84	0.18	-5.33	2.27	-0.12	No	No
	Inferior	-6.71	0.33	-8.01	2.27	-0.12	No	No

	TIPO DE DOCUMENTO:		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO		IPe-2025-2977-S-MC-04
	TÍTULO:		HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES		60 de 83
			REV:
			B


## Diseño

Estatus de la columna : Bien

### Compresión biaxial

Estado gobernante : D25  
 Esfuerzos en barras :  $f_s > 0.5f_y$   
 Longitud de empalme : 114.00 [cm]  
 Separación libre en empalme : 7.90 [cm]


Estado	Pos.	Pu [Ton]	Mcxx [Ton*m]	Mcyy [Ton*m]	$\delta_{nsxx}$	$\delta_{nsyy}$	Cmxx	Cmyy
D1	Sup.	-6.17	0.30	0.25	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-9.07	0.56	0.45	1.00	1.00	1.000	1.000
D2	Sup.	-9.27	0.50	0.45	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-11.75	0.92	0.83	1.00	1.00	1.000	1.000
D3	Sup.	-3.46	-1.53	-0.20	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-5.95	-2.15	-0.26	1.00	1.00	1.000	1.000
D4	Sup.	-3.81	0.19	-0.81	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-6.29	0.34	-1.19	1.00	1.00	1.000	1.000
D5	Sup.	-1.64	-3.33	-0.61	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-4.12	-4.78	-0.90	1.00	1.00	1.000	1.000
D6	Sup.	-2.33	0.11	-1.83	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-4.81	0.20	-2.75	1.00	1.00	1.000	1.000
D7	Sup.	-4.12	-3.18	-0.48	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-6.61	-4.50	-0.65	1.00	1.00	1.000	1.000
D8	Sup.	-4.81	0.26	-1.72	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-7.29	0.48	-2.54	1.00	1.00	1.000	1.000
D9	Sup.	-0.32	-3.40	-0.65	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-2.18	-4.90	-0.98	1.00	1.00	1.000	1.000
D10	Sup.	-1.01	0.05	-1.86	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-2.87	0.08	-2.83	1.00	1.00	1.000	1.000
D11	Sup.	-4.40	0.20	0.18	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-6.47	0.37	0.33	1.00	1.00	1.000	1.000
D12	Sup.	-6.84	0.25	0.21	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-8.91	0.51	0.42	1.00	1.00	1.000	1.000
D13	Sup.	-3.26	-3.16	-0.51	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-5.33	-4.50	-0.71	1.00	1.00	1.000	1.000
D14	Sup.	-3.95	0.27	-1.75	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-6.02	0.48	-2.60	1.00	1.00	1.000	1.000
D15	Sup.	-5.04	-1.53	-0.09	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-7.11	-2.09	-0.05	1.00	1.00	1.000	1.000
D16	Sup.	-5.38	0.19	-0.71	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-7.45	0.39	-0.99	1.00	1.00	1.000	1.000
D17	Sup.	-6.93	0.42	0.43	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-9.00	0.76	0.76	1.00	1.00	1.000	1.000
D18	Sup.	-7.59	-1.68	-0.64	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-9.66	-2.33	-0.88	1.00	1.00	1.000	1.000
D19	Sup.	-7.77	0.35	-5.16	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-9.84	0.65	-7.70	1.00	1.00	1.000	1.000
D20	Sup.	-5.98	-1.79	-0.76	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-8.46	-2.53	-1.09	1.00	1.00	1.000	1.000
D21	Sup.	-6.16	0.24	-5.28	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-8.65	0.45	-7.91	1.00	1.00	1.000	1.000
D22	Sup.	-8.46	-1.64	-0.61	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-10.95	-2.26	-0.81	1.00	1.00	1.000	1.000

	TIPO DE DOCUMENTO:						CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	MEMORIA DE CÁLCULO						IPE-2025-2977-S-MC-04	
	TÍTULO:						HOJA:	61 de 83
MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES						REV:		
						B		

D23	Sup.	-8.65	0.39	-5.12	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-11.14	0.73	-7.64	1.00	1.00	1.000	1.000
D24	Sup.	-4.66	-1.86	-0.81	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-6.52	-2.65	-1.18	1.00	1.00	1.000	1.000
D25	Sup.	-4.84	0.18	-5.33	1.00	1.00	1.000	1.000
	Inf.	-6.71	0.33	-8.01	1.00	1.00	1.000	1.000

Estado	Pos.	$\phi^*M_{nxx}$ [Ton*m]	$\phi^*M_{nyy}$ [Ton*m]	$M_c/(\phi^*M_n)$	$P_u/(\phi^*P_n)$	Asreq/Asprov	Relación de resistencia
D1	Sup.	73.69	60.05	0.00	0.01	0.92	0.01
	Inf.	74.38	60.16	0.01	0.01	0.92	0.01
D2	Sup.	70.44	63.90	0.01	0.01	0.92	0.01
	Inf.	71.04	64.04	0.01	0.02	0.92	0.02
D3	Sup.	-94.90	-12.67	0.02	0.00	0.92	0.02
	Inf.	-95.77	-11.71	0.02	0.01	0.92	0.02
D4	Sup.	18.81	-82.54	0.01	0.01	0.92	0.01
	Inf.	23.64	-82.46	0.01	0.01	0.92	0.01
D5	Sup.	-93.00	-16.98	0.04	0.00	0.92	0.04
	Inf.	-93.59	-17.53	0.05	0.01	0.92	0.05
D6	Sup.	5.02	-82.84	0.02	0.00	0.92	0.02
	Inf.	6.13	-83.45	0.03	0.01	0.92	0.03
D7	Sup.	-94.62	-14.23	0.03	0.01	0.92	0.03
	Inf.	-95.52	-13.75	0.05	0.01	0.92	0.05
D8	Sup.	12.53	-83.15	0.02	0.01	0.92	0.02
	Inf.	15.71	-83.86	0.03	0.01	0.92	0.03
D9	Sup.	-92.35	-17.80	0.04	0.00	0.92	0.04
	Inf.	-92.69	-18.59	0.05	0.00	0.92	0.05
D10	Sup.	2.03	-82.96	0.02	0.00	0.92	0.02
	Inf.	2.42	-83.41	0.03	0.00	0.92	0.03
D11	Sup.	69.34	63.56	0.00	0.01	0.92	0.01
	Inf.	70.88	62.81	0.01	0.01	0.92	0.01
D12	Sup.	73.51	60.40	0.00	0.01	0.92	0.01
	Inf.	73.80	60.67	0.01	0.01	0.92	0.01
D13	Sup.	-94.04	-15.21	0.03	0.00	0.92	0.03
	Inf.	-94.74	-14.97	0.05	0.01	0.92	0.05
D14	Sup.	12.81	-82.88	0.02	0.01	0.92	0.02
	Inf.	15.27	-83.48	0.03	0.01	0.92	0.03
D15	Sup.	-95.62	-5.57	0.02	0.01	0.92	0.02
	Inf.	-96.64	-2.28	0.02	0.01	0.92	0.02
D16	Sup.	22.14	-82.45	0.01	0.01	0.92	0.01
	Inf.	31.93	-81.27	0.01	0.01	0.92	0.01
D17	Sup.	65.56	67.08	0.01	0.01	0.92	0.01



	TIPO DE DOCUMENTO:		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>		<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>	
	TÍTULO:		HOJA:	
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>		62 de 83	
			REV:	
			<b>B</b>	

	Inf.	66.68	66.72	0.01	0.01	0.92	0.01	
D18	Sup.	-90.03	-34.51	0.02	0.01	0.92	0.02	
	Inf.	-90.85	-34.07	0.03	0.01	0.92	0.03	
D19	Sup.	5.80	-84.35	0.06	0.01	0.92	0.06	
	Inf.	7.19	-84.84	0.09	0.01	0.92	0.09	
D20	Sup.	-88.35	-37.46	0.02	0.01	0.92	0.02	
	Inf.	-88.88	-38.08	0.03	0.01	0.92	0.03	
D21	Sup.	3.91	-84.10	0.06	0.01	0.92	0.06	
	Inf.	4.86	-84.70	0.09	0.01	0.92	0.09	
D22	Sup.	-90.66	-33.62	0.02	0.01	0.92	0.02	
	Inf.	-91.73	-32.90	0.02	0.01	0.92	0.02	
D23	Sup.	6.50	-84.54	0.06	0.01	0.92	0.06	
	Inf.	8.11	-85.17	0.09	0.02	0.92	0.09	
D24	Sup.	-87.59	-38.34	0.02	0.01	0.92	0.02	
	Inf.	-87.85	-39.14	0.03	0.01	0.92	0.03	
D25	Sup.	2.83	-83.90	0.06	0.01	0.92	0.06	
	Inf.	3.51	-84.32	0.10	0.01	0.92	0.10	


### Cortantes

S adoptado	:	30.00 [cm]	S calculado	:	32.00 [cm]
Sini adoptado	:	0.00 [cm]	Sini calculado	:	16.00 [cm]

Dir	Estado Gob.	Pos.	Vu [Ton]	Vc [Ton]	Vs [Ton]	$\phi \cdot Vn$ [Ton]	$Vu/(\phi \cdot Vn)$
2	D9	Sup.	1.16	45.12	22.03	50.36	0.02
		Inf.	1.16	45.41	22.03	50.58	0.02
3	D23	Sup.	2.40	45.86	19.21	48.80	0.05
		Inf.	2.40	46.24	19.21	49.09	0.05

### Notas aclaratorias:

- \* No se considera la torsión en el diseño.
- \* Sólo se toman en cuenta columnas de sección rectangular o circular.
- \* Cada columna se verifica sólo considerando los esfuerzos en sus extremos.
- \* El refuerzo transversal se encuentra ordenado de abajo hacia arriba de cada columna.
- \*  $L_u$  = Longitud no arriostrada.
- \*  $K$  = Factor de longitud efectiva.
- \*  $C_m$  = Factor que relaciona el diagrama de momentos real con un diagrama de momentos uniforme equivalente.
- \* Sway = "S" si se considera a la columna intraslacional en su eje local.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	63 de 83
		REV:
		<b>B</b>

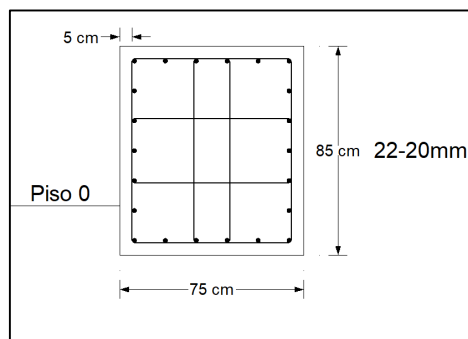
\*  $M_c$  = Momento mayorado de cálculo utilizado para el diseño. Este considera el efecto de la esbeltez del soporte.  $M_c = M_u \cdot \delta_{ns}$ .

\*  $\delta_{ns}$  = Factor de ampliación de momentos para considerar el efecto de la curvatura del miembro entre extremos (Efecto P- $\delta$ ).

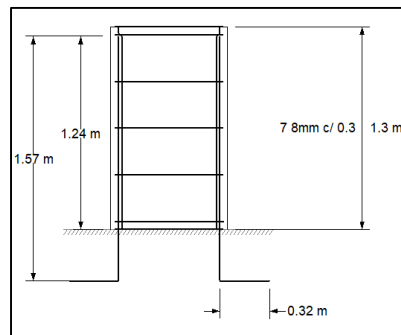
\*  $M_n$  = Momento resistente nominal

\*  $M_c / (\phi \cdot M_n)$  = Relación de resistencia. Adicionalmente se muestra un gráfico de barras que permite observar las relaciones  $M_c / (\phi \cdot M_n)$  relativas entre los diferentes estados de carga. Si alguna barra se encuentra en rojo, la relación será mayor a la unidad.

**Figura 46. Geometría y armaduras del pedestal vista en sección.**



**Figura 47. Geometría y armaduras del pedestal vista lateral en corte.**




## 13. DISEÑO DE PLACA DE ANCLAJE

### 13.1. PLACAS DE ANCLAJE EXISTENTES

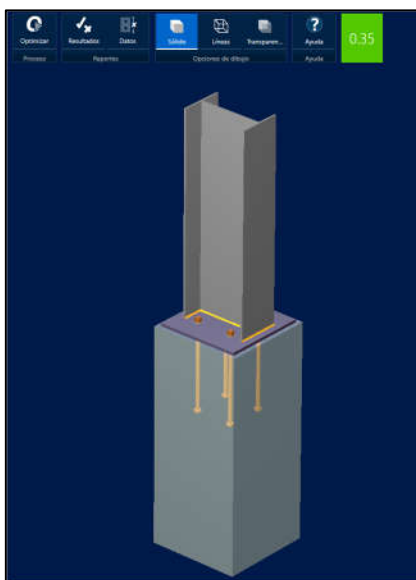
El diseño de la conexión de placas base existente es satisfactorio con una relación esfuerzo-capacidad de 0.35, es decir que llega al 35% de su capacidad.

Es importante mencionar la conexión existente al ser articulada, no le llegan esfuerzos de momento, por tanto, la placa base y pernos de anclaje reciben poca demanda, sin embargo, esto

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 64 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

hace que el pórtico principal presente mayores desplazamientos que con una conexión empotrada.

**Figura 48.** Relación de esfuerzos en la conexión de placa base existente articulada.




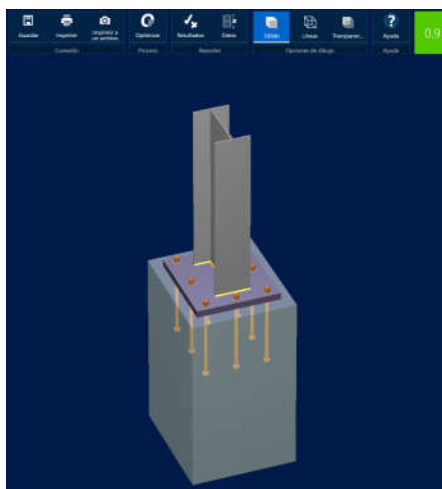
### 13.2. DISEÑO DE PLACAS DE ANCLAJE AMPLIACIÓN

Para el diseño de las nuevas placas de anclaje, se idealizaron la conexión como empotrada para limitar las deformaciones de la estructura debido al incremento de cargas.

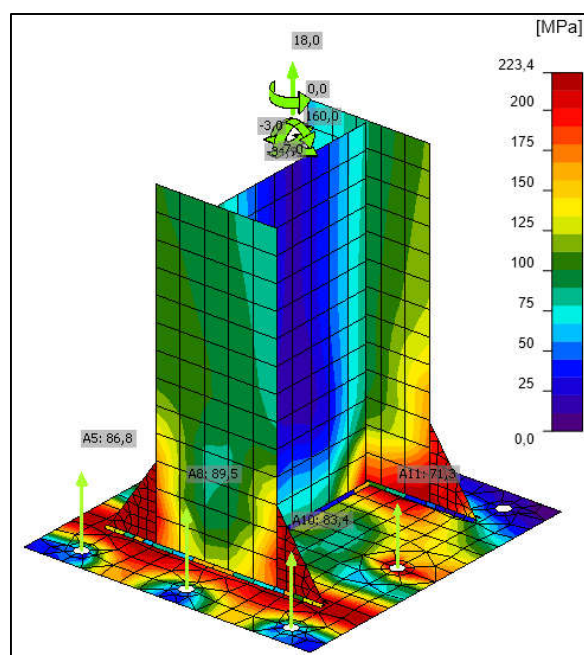
Se diseñó el conjunto placa base, rigidizadores en Idea Statica y el conjunto pedestal, pernos de anclaje y refuerzo primario en Ram Elements.

**Figura 49.** Relación de esfuerzos en la nueva conexión de placa base empotrada.


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	65 de 83
		REV:
		<b>B</b>

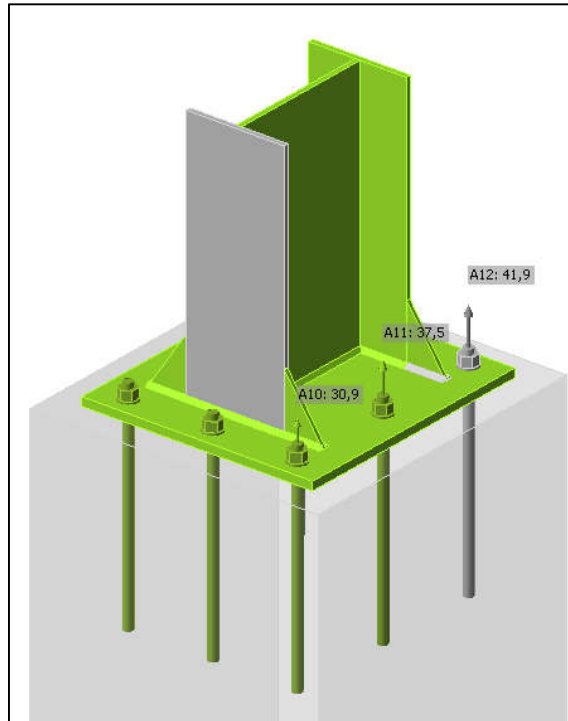


**Figura 50.** Esfuerzos en la conexión con rigidizadores.



**Figura 51.** Estatus de diseño satisfactorio de la conexión con rigidizadores.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	66 de 83
		REV:
		<b>B</b>



Diseño en el eje mayor


### **Placa base (AISC 360-16 LRFD)**

Consideraciones geométricas

Dimensiones Referencias	Unidad	Valor	Min.	Max.	Est.
<b>Placa base</b>					
Distancia del ancla al borde	[cm]	3.73	0.64	--	✓
Tamaño de soldadura	[1/16in]	5	3	--	✓ table J2.4

Verificación de diseño

Verificación Referencias	Unidad	Capacidad	Demanda	EC ctrl	Relación
<b>Pedestal</b>					
Aplastamiento por axial	[Ton/cm <sup>2</sup> ]	0.15	0.07	D7	0.48 DG1 3.1.1
<b>Placa base</b>					
Flexión en fluencia (interfaz de aplastamiento)	[Ton*m/m]	14.24	6.62	D7	0.47 DG1 Sec

	TIPO DE DOCUMENTO:		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:		
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>		<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>		
	TÍTULO:		HOJA:		
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>		67 de 83		
				REV:	<b>B</b>

Flexión en fluencia (interfaz de tensión)	[Ton*m/m]	14.24	6.06	D9	<b>0.43</b>	DG1 Eq. 3.3.13
<b>Columna</b>						
Resistencia de la soldadura	[Ton/m]	186.45	58.64	D9	<b>0.31</b>	DG1 p. 35
Resistencia de la soldadura a corte método elástico	[Ton/m]	124.30	4.27	D7	<b>0.03</b>	Sec. J2.4
Resistencia de la soldadura a axial método elástico	[Ton/m]	186.45	65.94	D9	<b>0.35</b>	Sec. J2.4

Relación 0.48

## Anclas

### Consideraciones geométricas

Dimensiones Referencias	Unidad	Valor	Min.	Max.	Est.	
<b>Anclas</b>						
Espaciamiento entre anclas	[cm]	22.00	10.16	--	✓	Sec. D.8.1
Recubrimiento de concreto	[cm]	13.73	5.08	--	✓	Sec. 7.7.1
Longitud efectiva	[cm]	51.65	--	128.35	✓	

### Verificación de diseño

Verificación Referencias	Unidad	Capacidad	Demanda	EC ctrl	Relación	
Tensión en anclas	[Ton]	11.95	8.62	D9	<b>0.72</b>	Eq. D-3
Extracción por deslizamiento de ancla en tensión	[Ton]	12.36	8.62	D9	<b>0.70</b>	Sec.
D.4.1.1						
Desprendimiento lateral de ancla en tensión	[Ton]	9.63	8.62	D9	<b>0.90</b>	Sec.
D.4.1.1						
Desprendimiento lateral de grupo de anclas en tensión	[Ton]	28.21	25.26	D9	<b>0.90</b>	Sec.
D.4.1.1						
Refuerzo de grupo de anclas a tensión	[Ton]	37.80	31.61	D9	<b>0.84</b>	Sec.
D.5.2.9,						
						D.6.2.9
Corte en el ancla	[Ton]	6.22	0.41	D7	<b>0.07</b>	Eq. D-20
Desprendimiento de ancla a corte	[Ton]	22.07	0.41	D7	<b>0.02</b>	Sec.
D.4.1.1						
Desprendimiento de grupo de anclas a corte	[Ton]	36.75	3.26	D7	<b>0.09</b>	Sec.
D.4.1.1						
Refuerzo de grupo de anclas a corte	[Ton]	8.94	3.26	D7	<b>0.36</b>	Sec.
D.5.2.9,						
						D.6.2.9
Interacción tensión corte	[Ton]	0.00	0.00	D3	<b>0.00</b>	Sec. D.7
Relación		0.90				

## Diseño en el eje menor

### Placa base (AISC 360-16 LRFD)

### Consideraciones geométricas

	TIPO DE DOCUMENTO:		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	MEMORIA DE CÁLCULO		IPE-2025-2977-S-MC-04	
	TÍTULO:		HOJA:	
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES		68 de 83	
			REV:	
			B	

Dimensiones	Unidad	Valor	Min.	Max.	Est.	
Referencias						
<b>Placa base</b>						
Distancia del ancla al borde	[cm]	3.73	0.64	--	✓	
Tamaño de soldadura	[1/16in]	5	3	--	✓	table J2.4

Verificación de diseño

Verificación	Unidad	Capacidad	Demanda	EC ctrl	Relación	
Referencias						
<b>Pedestal</b>						
Aplastamiento por axial	[Ton/cm2]	0.15	0.07	D7	0.48	DG1 3.1.1
<b>Placa base</b>						
Flexión en fluencia (interfaz de aplastamiento)	[Ton*m/m]	14.24	4.30	D7	0.30	DG1 Sec
Flexión en fluencia (interfaz de tensión)	[Ton*m/m]	14.24	6.06	D9	0.43	DG1 Eq.
<b>Columna</b>						
Resistencia de la soldadura	[Ton/m]	186.45	58.64	D9	0.31	DG1 p. 35
Resistencia de la soldadura a corte método elástico	[Ton/m]	124.30	2.42	D23	0.02	Sec. J2.4
Resistencia de la soldadura a axial método elástico	[Ton/m]	186.45	127.65	D25	0.68	Sec. J2.4
<b>Relación</b>		<b>0.68</b>				

Anclas


Consideraciones geométricas

Dimensiones	Unidad	Valor	Min.	Max.	Est.	
Referencias						
<b>Anclas</b>						
Espaciamiento entre anclas	[cm]	22.00	10.16	--	✓	Sec. D.8.1
Recubrimiento de concreto	[cm]	13.73	5.08	--	✓	Sec. 7.7.1
Longitud efectiva	[cm]	51.65	--	128.35	✓	

Verificación de diseño

Verificación	Unidad	Capacidad	Demanda	EC ctrl	Relación	
Referencias						
Tensión en anclas	[Ton]	11.95	8.62	D9	0.72	Eq. D-3
Extracción por deslizamiento de ancla en tensión	[Ton]	12.36	8.62	D9	0.70	Sec.
Desprendimiento lateral de ancla en tensión	[Ton]	9.63	8.62	D9	0.90	Sec.
Desprendimiento lateral de grupo de anclas en tensión	[Ton]	25.37	12.00	D9	0.47	Sec.



	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 69 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

Refuerzo de grupo de anclas a tensión D.5.2.9,	[Ton]	37.80	31.61	D9	<b>0.84</b>	Sec.
Corte en el ancla	[Ton]	6.22	0.41	D7	<b>0.07</b>	D.6.2.9 Eq. D-20
Desprendimiento de ancla a corte D.4.1.1	[Ton]	22.07	0.30	D23	<b>0.01</b>	Sec.
Desprendimiento de grupo de anclas a corte D.4.1.1	[Ton]	36.75	2.40	D23	<b>0.07</b>	Sec.
Refuerzo de grupo de anclas a corte D.5.2.9,	[Ton]	8.94	2.40	D23	<b>0.27</b>	Sec.
Interacción tensión corte	[Ton]	0.00	0.00	D3	<b>0.00</b>	D.6.2.9 Sec. D.7

---

**Relación** **0.90**


---

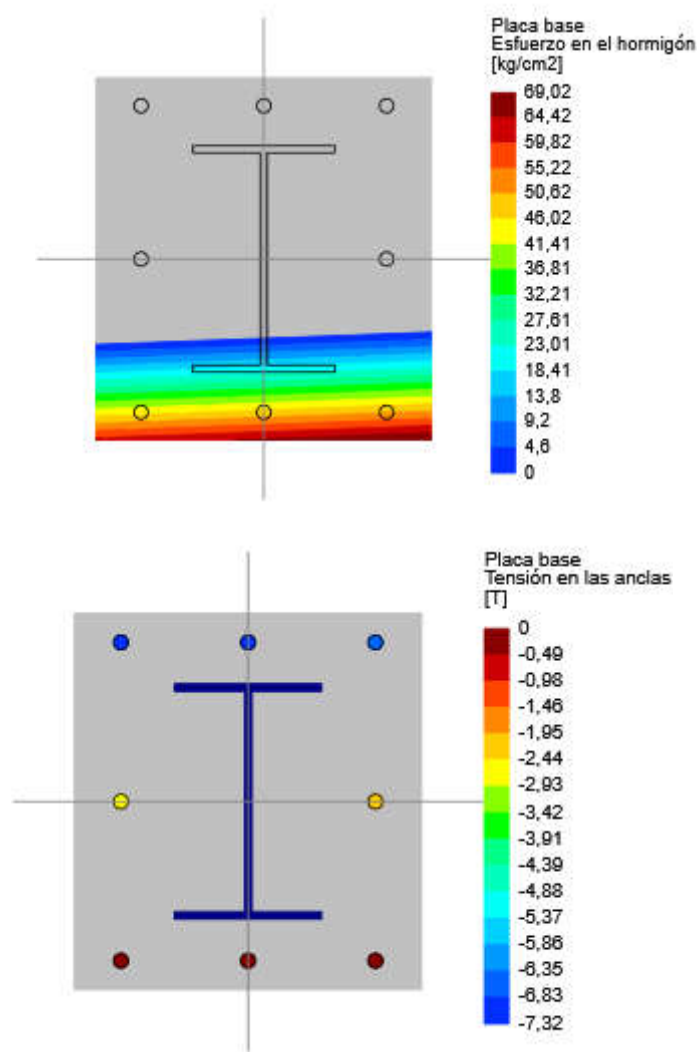
**Relación de resistencia crítica global** **0.90**

---

Biaxial

*Máxima compresión (D7)*


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPE-2025-2977-S-MC-04
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	70 de 83
		REV:
		B



Máximo esfuerzo en el concreto	69.02	[kg/cm2]
Mínimo esfuerzo en el concreto	0.00	[kg/cm2]
Máxima tensión en las anclas	7.32	[T]
Mínima tensión en las anclas	0.00	[T]
Ángulo del eje neutro	-177.89	[deg]
Ubicación del eje neutro	19.34	[cm]
Longitud de aplastamiento	19.34	[cm]

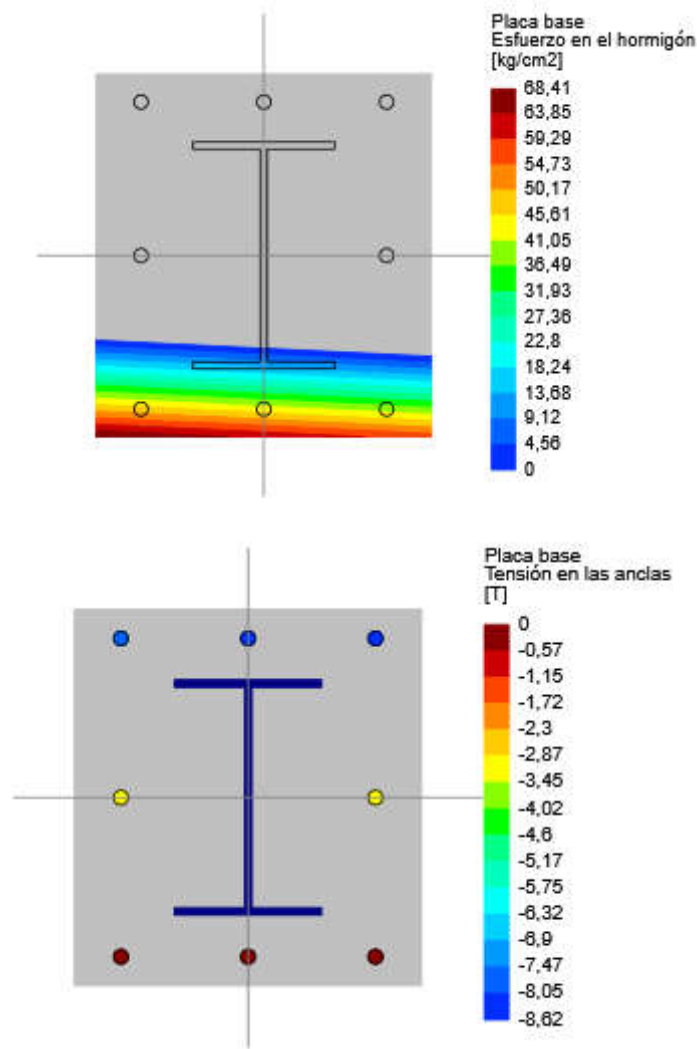
**Tensiones en anclas**

Ancla	Transversal [cm]	Longitudinal [cm]	Corte [T]	Tensión [T]
1	22.00	27.50	-0.41	7.04
2	22.00	0.00	-0.41	2.31
3	22.00	-27.50	-0.41	0.00
4	0.00	27.50	-0.41	7.18

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	IPE-2025-2977-S-MC-04
	TÍTULO:	HOJA:
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	71 de 83
		REV:
		B


5	0.00	-27.50	-0.41	0.00
6	-22.00	27.50	-0.41	7.32
7	-22.00	0.00	-0.41	2.59
8	-22.00	-27.50	-0.41	0.00

Máxima tensión (D9)



Máximo esfuerzo en el concreto	68.41	[kg/cm2]
Mínimo esfuerzo en el concreto	0.00	[kg/cm2]
Máxima tensión en las anclas	8.62	[T]
Mínima tensión en las anclas	0.00	[T]
Ángulo del eje neutro	177.25	[deg]
Ubicación del eje neutro	17.28	[cm]
Longitud de aplastamiento	17.28	[cm]

Tensiones en anclas

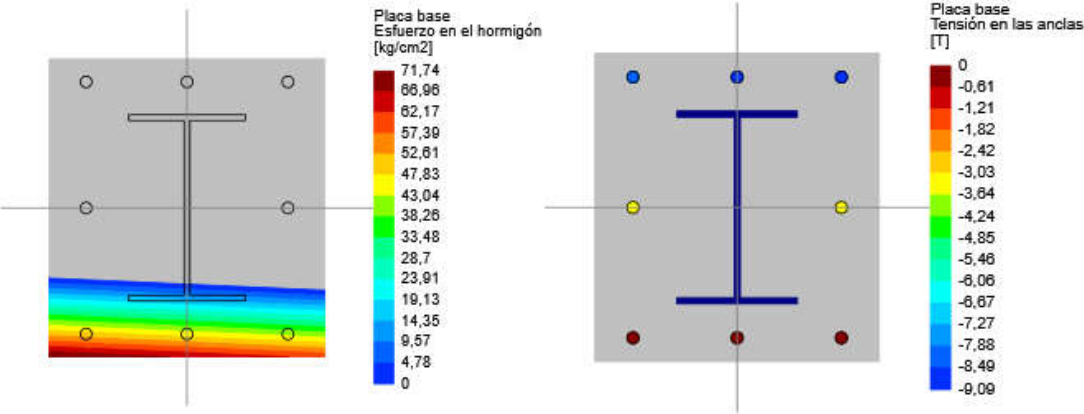
	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA: 72 de 83
	TÍTULO:	REV: <b>B</b>

Ancla	Transversal [cm]	Longitudinal [cm]	Corte [T]	Tensión [T]
1	22.00	27.50	-0.41	8.62
2	22.00	0.00	-0.41	3.38
3	22.00	-27.50	-0.41	0.00
4	0.00	27.50	-0.41	8.42
5	0.00	-27.50	-0.41	0.00
6	-22.00	27.50	-0.41	8.22
7	-22.00	0.00	-0.41	2.97
8	-22.00	-27.50	-0.41	0.00

Tensiones en anclas

Ancla	Transversal [cm]	Longitudinal [cm]	Corte [T]	Tensión [T]
1	22.00	27.50	-0.43	7.52
2	22.00	0.00	-0.43	2.49
3	22.00	-27.50	-0.43	0.00
4	0.00	27.50	-0.43	7.66
5	0.00	-27.50	-0.43	0.00
6	-22.00	27.50	-0.43	7.79
7	-22.00	0.00	-0.43	2.76
8	-22.00	-27.50	-0.43	0.00


Máxima tensión (D9)



Máximo esfuerzo en el concreto	71.74	[kg/cm2]
Mínimo esfuerzo en el concreto	0.00	[kg/cm2]
Máxima tensión en las anclas	9.09	[T]
Mínima tensión en las anclas	0.00	[T]
Ángulo del eje neutro	177.48	[deg]
Ubicación del eje neutro	17.16	[cm]
Longitud de aplastamiento	17.16	[cm]

Tensiones en anclas

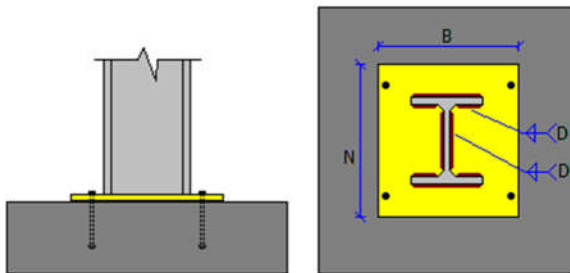
Ancla	Transversal	Longitudinal	Corte	Tensión
-------	-------------	--------------	-------	---------

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	73 de 83
		REV:
		<b>B</b>

	[cm]	[cm]	[T]	[T]
1	22.00	27.50	-0.43	9.09
2	22.00	0.00	-0.43	3.55
3	22.00	-27.50	-0.43	0.00
4	0.00	27.50	-0.43	8.90
5	0.00	-27.50	-0.43	0.00
6	-22.00	27.50	-0.43	8.70
7	-22.00	0.00	-0.43	3.16
8	-22.00	-27.50	-0.43	0.00

## Datos generales

### Conector



## Miembros

### Columna

Tipo de columna	:	Miembro prismático
Sección	:	I 16x10x1/2
Material	:	A36
Excentricidad longitudinal	:	0 cm
Excentricidad transversal	:	0 cm

## Placa base


### Placa base

Forma de placa	:	Rectangular
Tipo de conexión	:	No rigidizada
Posición respecto al apoyo	:	Centro
N: Dimensión longitudinal	:	65 cm
B: Dimensión transversal	:	60 cm
Espesor	:	2.2 cm (diseñado en Idea Statica con rigidizadores)
Material	:	A36
Soldadura de la columna	:	E70XX
Solo soldadura exterior en las alas	:	No
D: Tamaño de soldadura a la columna (1/16 in)	:	5
Sobrescribir relación A2/A1	:	No
Incluir llave de corte	:	No

### Soporte

Con pedestal	:	Si
Dimensión longitudinal (del pedestal)	:	85 cm
Dimensión transversal (del pedestal)	:	75 cm
Espesor	:	130 cm
Material	:	H21 B400S
Incluir lechada	:	No

### Ancla

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
		74 de 83
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

Posición de las anclas : Personalizado


Coordenadas de las anclas:

Coordinate	
Transverse [cm]	Longitudinal [cm]
22.00	27.50
22.00	0.00
22.00	-27.50
0.00	27.50
0.00	-27.50
-22.00	27.50
-22.00	0.00
-22.00	-27.50

Tipo de ancla : Con cabeza  
 Tipo de cabeza : Hexagonal  
 Incluir tuerca de seguridad : No  
 Ancla : 1"  
 Profundidad efectiva de embebido : 50 cm  
 Longitud total : 58,353 cm  
 Material : F1554 Gr36  
 Fy : 2,531 T/cm2  
 Fu : 4,078 T/cm2  
 Concreto agrietado : No  
 Acero frágil : No  
 Anclas soldadas a la placa : No

Refuerzo para ancla

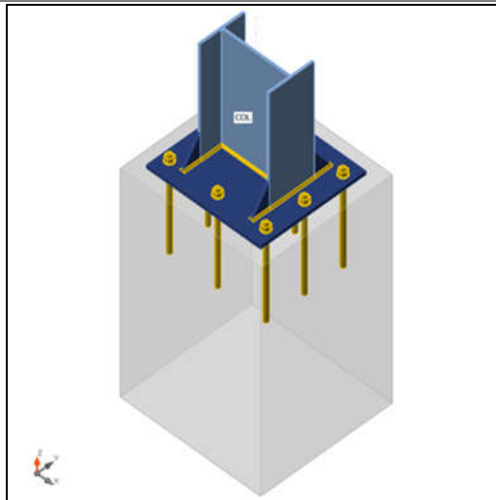
Tipo de refuerzo : Primaria  
 Refuerzo para tensión : Si  
 Tamaño de la barra a tensión : no. 5  
 Grado de barra a tensión : 4.2 T/cm2  
 Número de barras a tensión : 8  
 Refuerzo para corte : Si  
 Tamaño de la barra a corte : no. 3  
 Grado de barra a corte : 4.2 T/cm2  
 Número de barras de corte en dirección del eje m... : 4  
 Número de barras de corte en dirección del eje m... : 4

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA:
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	75 de 83 REV: <b>B</b>

Nombre	Placas base Colpa
Descripción	Nuevas placas
Análisis	Tensión, deformación/ Carga simplificada
Normativa de cálculo	AISC - LRFD 2016

## Elementos estructurales

Nomb re	Sección transver sal	$\beta$ - Direcci ón [°]	$\gamma$ - Inclinac ión [°]	$\alpha$ - Rotaci ón [°]	Desplazami ento ex [mm]	Desplazami ento ey [mm]	Desplazami ento ez [mm]	Fuerz as en
COL	2 - Iw406x2 54	0,0	-90,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Nodo



## Secciones


Nombre	Material
2 - Iw406x254	A36

## Anclajes

Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [mm]	$f_u$ [MPa]	Área bruta [mm <sup>2</sup> ]
1 F1554 Gr.36	1 F1554 Gr.36	25,4	400,0	506,7

## Cargas (No se requiere el equilibrio)

Nombre	Elemento	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
D9	COL	18,0	-3,0	-34,9	0,0	160,0	-7,0

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	76 de 83
		REV:
		<b>B</b>

D25	COL	-48,6	21,5	4,7	0,0	-10,7	53,8
-----	-----	-------	------	-----	-----	-------	------

## Bloque de la cimentación

Ítem	Valor	Unidad
<b>CB 1</b>		
Dimensiones	750,0 x 800,0	mm
Profundidad	1300,0	mm
Anclaje	1 F1554 Gr.36	
Longitud del anclaje	500,0	mm
Transferencia de la fuerza cortante	Fricción	

## Verificación

### Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100,0%	OK
Placas	0,9 < 5,0%	OK
Anclajes	81,7 < 100%	OK
Soldaduras	76,1 < 100%	OK
Bloque de hormigón	15,2 < 100%	OK
Cortante	43,7 < 100%	OK
Pandeo	No calculado	


## Placas

Nombre	$f_y$ [MPa]	Espesor [mm]	Cargas	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Estado de la verificación
COL-tfl 1	248,2	12,7	D9	183,3	0,0	0,0	OK
COL-bfl 1	248,2	12,7	D9	223,4	0,0	0,0	OK
COL-w 1	248,2	12,7	D9	196,8	0,0	0,0	OK
BP1	248,2	22,0	D9	223,7	0,1	0,0	OK
WID1a	248,2	10,0	D9	224,8	0,7	0,0	OK
WID1b	248,2	10,0	D9	225,3	0,9	0,0	OK
WID1c	248,2	10,0	D9	223,4	0,0	0,0	OK
WID1d	248,2	10,0	D9	218,6	0,0	0,0	OK

## Datos de diseño

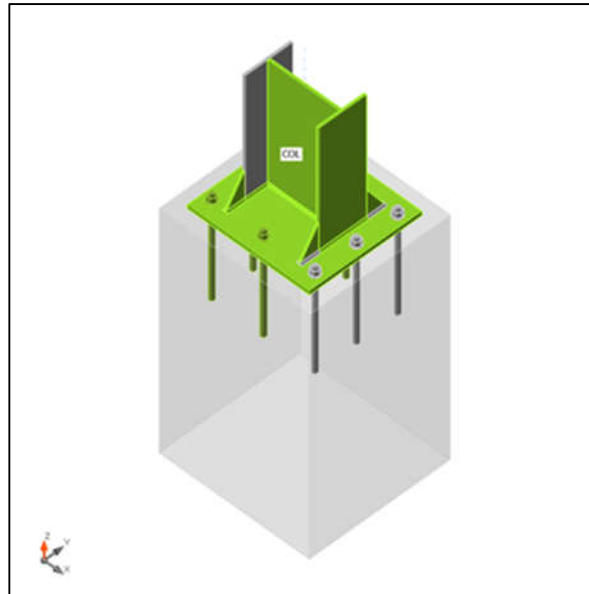
Material	$f_y$ [MPa]	$\epsilon_{lim}$ [%]
A36	248,2	5,0




	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	77 de 83
		REV:
		<b>B</b>

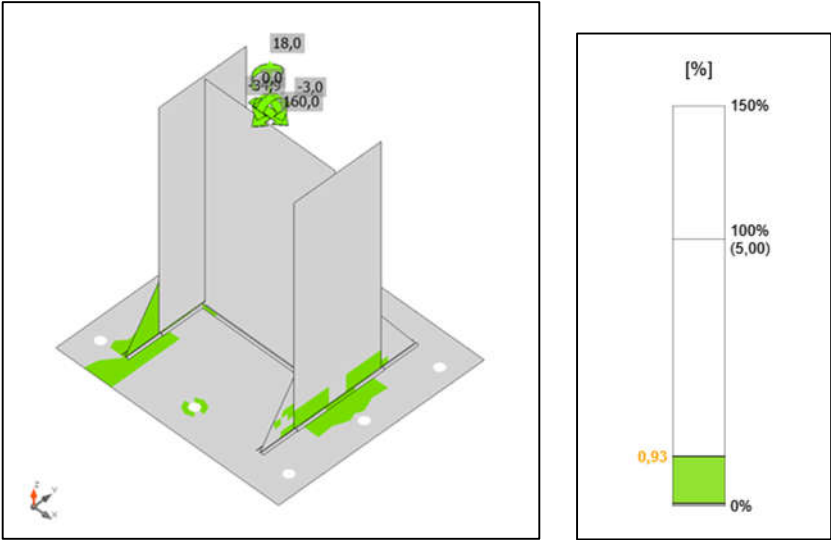
## Explicación del símbolo

$\epsilon_{Pl}$	Deformación plástica
$\sigma_{C_{Ed}}$	Tensiones de Contacto
$\sigma_{Ed}$	Ec. tensión
$f_y$	Límite elástico
$\epsilon_{lim}$	Límite de la deformación plástica

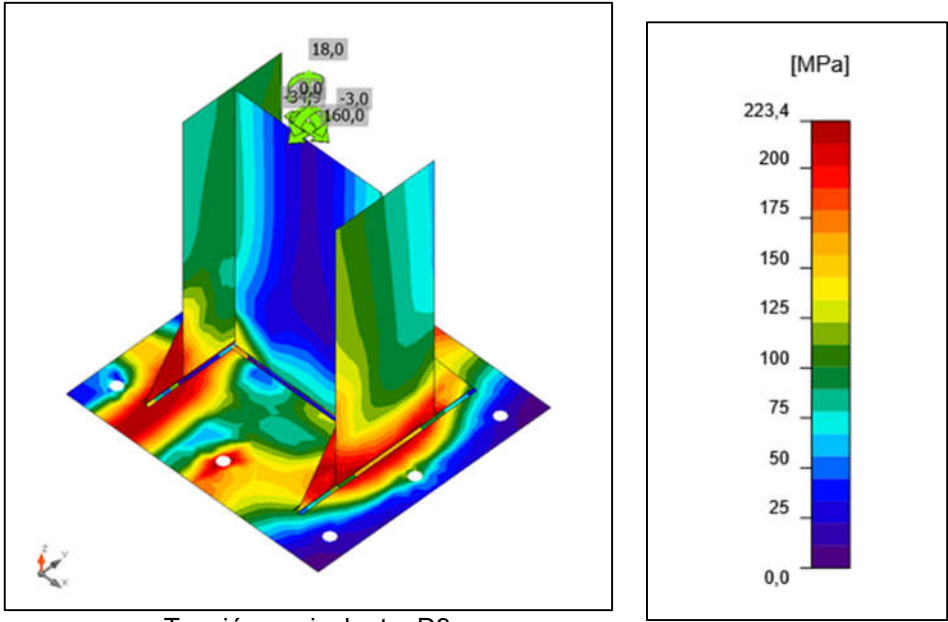


Verificación general, D9


	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	<b>IFE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA:
	<b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	78 de 83
		REV:
		<b>B</b>



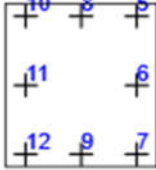
Verificación de deformación, D9



Tensión equivalente, D9

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA: 79 de 83
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

## Anclajes

Forma	Ítem	Cargas	N <sub>f</sub> [kN]	V [kN]	U <sub>t</sub> [%]	U <sub>s</sub> [%]	U <sub>ts</sub> [%]	Estado
	A5	D9	86,8	0,0	79,3	0,1	68,0	OK
	A6	D9	72,7	0,0	66,4	0,0	50,5	OK
	A7	D9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	OK
	A8	D9	89,5	0,0	81,7	0,1	71,4	OK
	A9	D25	18,5	0,0	16,9	0,0	5,2	OK
	A10	D9	83,4	0,0	76,2	0,1	63,5	OK
	A11	D9	71,3	0,0	65,2	0,0	49,0	OK
	A12	D25	41,9	0,0	38,3	0,0	20,2	OK

## Datos de diseño


Calidad	$\phi N_{sa}$ [kN]	$\phi V_{sa}$ [kN]
1 F1554 Gr.36 - 1	109,5	61,0

## Explicación del símbolo

N <sub>f</sub>	Fuerza de tracción
V	Resultante de las fuerzas cortantes Vy, Vz en el tornillo.
U <sub>t</sub>	Utilización a tracción
U <sub>s</sub>	Utilización a cortante
U <sub>ts</sub>	Utilización a tensión y cortante
$\phi N_{sa}$	Resistencia del anclaje en tracción - ACI 318-14 – 17.4.1
$\phi V_{sa}$	Resistencia del anclaje a cortante - ACI 318-14 – 17.5.1

## Weld sections

Ítem	Borde	Xu	T <sub>h</sub> [mm]	L <sub>s</sub> [mm]	L [mm]	L <sub>c</sub> [mm]	Cargas	F <sub>n</sub> [kN]	$\phi R_n$ [kN]	U <sub>t</sub> [%]	Estado
BP1	COL-tfl 1	E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	253,4	42,2	D9	58,8	77,8	75,6	OK
		E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	253,4	42,2	D9	27,3	76,9	35,6	OK
BP1	COL-bfl 1	E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	253,4	42,2	D9	53,6	77,4	69,2	OK
		E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	253,4	42,2	D9	60,1	77,8	77,2	OK
BP1	COL-w 1	E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	380,6	42,3	D9	57,4	76,3	75,3	OK
		E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	380,6	42,3	D9	57,2	76,0	75,3	OK
BP1	WID1a	E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	99,8	20,0	D9	26,3	34,9	75,4	OK
		E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	99,8	20,0	D9	26,6	35,7	74,6	OK
COL-tfl 1	WID1a	E70xx	-	-	150,0	-	-	-	-	-	OK
BP1	WID1b	E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	99,8	20,0	D9	26,8	35,6	75,2	OK
		E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	99,8	20,0	D9	26,6	35,3	75,5	OK

	TIPO DE DOCUMENTO:		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	MEMORIA DE CÁLCULO		IPE-2025-2977-S-MC-04	
	TÍTULO:		HOJA:	
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES		80 de 83	
			REV:	
			B	

COL-tfl 1	WID1b	E70xx	-	-	150,0	-	-	-	-	-	OK
BP1	WID1c	E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	99,8	20,0	D25	12,0	33,8	35,5	OK
		E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	99,8	20,0	D9	24,7	35,8	69,0	OK
COL-bfl 1	WID1c	E70xx	-	-	150,0	-	-	-	-	-	OK
BP1	WID1d	E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	99,8	20,0	D9	21,3	35,8	59,7	OK
		E70xx	▲5,7▲	▲8,0▲	99,8	20,0	D25	12,1	33,5	36,1	OK
COL-bfl 1	WID1d	E70xx	-	-	150,0	-	-	-	-	-	OK

## Explicación del símbolo

$T_h$	Espesor de garganta de soldadura
$L_s$	Tamaño de la soldadura
$L$	Longitud de la soldadura
$L_c$	Longitud del elemento crítico de la soldadura
$F_n$	Fuerza en el elemento crítico de la soldadura
$\phi R_n$	Resistencia de la soldadura, AISC 360-10 J2.4
$U_t$	Utilización

## Bloque de hormigón

Ítem	Cargas	$A_1$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_2$ [mm <sup>2</sup> ]	$\sigma$ [MPa]	$U_t$ [%]	Estado
CB 1	D9	113937,9	271102,7	3,6	15,2	OK

## Explicación del símbolo


$A_1$	Área cargada
$A_2$	Área de soporte
$\sigma$	Tensión media en el hormigón
$U_t$	Utilización

## Cortante en el plano de contacto

Ítem	Cargas	$V$ [kN]	$\phi V_r$ [kN]	$\mu$ [-]	$U_t$ [%]	Estado
BP1	D25	21,9	50,3	0,40	43,7	OK

## Explicación del símbolo

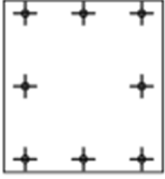

$V$	Esfuerzo cortante
$\phi V_r$	Resistencia a cortante
$\mu$	Coeficiente de fricción entre la placa de anclaje y el bloque de hormigón

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA: 81 de 83
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	REV: <b>B</b>

Ut Utilización

## Listado de material

## Operaciones


Nombre	Placas [mm]	Forma	Nº	Soldaduras [mm]	Longitud [mm]	Tornillos	Nº
BP1	P22,0x600,0-650,0 (A36)		1	Doble tendón de soldadura: a = 7,1	889,0	1 F1554 Gr.36	8
WID1	P10,0x100,0-150,0 (A36)		4	Doble tendón de soldadura: a = 7,1 Bisel: a = 7,1	400,0 600,0		

## Soldaduras

Tipo	Material	Espesor de garganta [mm]	Tamaño de pierna [mm]	Longitud [mm]
Doble tendón de soldadura	E70xx	5,7	8,0	1289,0
Bisel	E70xx	-	-	600,0

## Anclajes

Nombre	Longitud [mm]	Longitud del taladro [mm]	Cuenta
1 F1554 Gr.36	522,0	500,0	8

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPe-2025-2977-S-MC-04</b> HOJA:
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES</b>	82 de 83 REV: <b>B</b>

## 14. CONCLUSIONES

La estructura existente fue diseñada como un sistema articulado en sus puntos de apoyo. Al repetir esta configuración en los nuevos pórticos de la ampliación de la nave observamos que, al incrementarse las cargas de viento, cargas vivas y modificarse el comportamiento dinámico ante sollicitaciones sísmicas, la estructura no cumple con las verificaciones en estado de servicio.


Para cumplir con el diseño en servicio bajo esta configuración estructural articulada sería necesario realizar varias adecuaciones en la estructura existente. Estas modificaciones resultan complejas debido a que el área se encuentra en operación. Por esta razón, los nuevos pórticos contemplados en la ampliación se diseñaron como elementos empotrados y se incorporaron arriostramientos rígidos en el área de la cubierta entre el pórtico existente y el nuevo pórtico, solución que permite satisfacer el diseño por resistencia como también por servicio.

- **Cumplimiento normativo:** El diseño estructural se ha realizado conforme a las normas técnicas vigentes garantizando seguridad y funcionalidad.
- **Disposición estructural:** La estructura de ampliación consta de 3 nuevos pórticos de secciones armadas tipo W, con apoyos empotrados, separados a 9, 10 y 12 metros respectivamente, con pórticos secundarios a la mitad de la luz de los pórticos principales.

Se adicionaron arriostramientos rígidos en el área de cubierta entre el pórtico existente y el nuevo pórtico.

- **Capacidad y comportamiento estructural:** Los elementos estructurales (vigas, vigas carrileras, columnas principales, columnas secundarias, correas, arriostramientos rígidos) presentan niveles de esfuerzo dentro de los límites admisibles, asegurando la estabilidad global de la estructura.

La estructura resiste las cargas permanentes, móviles y de impacto generadas por el puente grúa, así como también las cargas muertas, vivas, de viento y acción dinámica ante un evento sísmico.

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	<b>IPE-2025-2977-S-MC-04</b>
	TÍTULO:	HOJA: 83 de 83
	MEMORIA DE CÁLCULO AMPLIACIÓN DE ESTRUCTURA NAVE DE COMPRESORES	REV: <b>B</b>

- **Funcionalidad:** Se ha verificado que las deformaciones y vibraciones están dentro de los rangos aceptables para el confort y operación seguro del puente grúa.
- **Diseño de las fundaciones:** Las fundaciones cumplen las verificaciones tanto en servicio como en resistencia.
- **Diseño de la conexión de placa base:** Las conexiones de placa base cumplen con las verificaciones según ACI318 y DG1.
- **Resumen de ratios en elementos:**

Descripción	Sección	Miembro	Ec. ctrl	Relación
<u>COL Intermedia</u>	I 16x10x1/2	15	D23 en 0.00%	0.21
<u>COL principal</u>	I 16x10x1/2	30	D23 en 0.00%	0.65
<u>COL3</u>	W 12X35	115	D22 en 100.00%	0.41
<u>Cruz</u>	L 3X3X1_4	544	D7 en 85.31%	0.25
<u>Viga Rail</u>	I 16x8x1/2	274	D14 en 50.00%	0.43
<u>VIGA1</u>	W 12X35	33	D2 en 0.00%	0.42
<u>VIGA3</u>	I 16x10x1/2	411	D7 en 100.00%	0.40
<u>VIGA4</u>	I 16x10x1/2	131	D12 en 50.00%	0.44
<u>VIGA8</u>	C 8x3x1x3/16 in	222	D2 en 58.82%	<b>0.66</b>

## 15.RECOMENDACIONES

- **Ejecución de los pedestales:** Al momento de ejecutar los pedestales o fustes de la ampliación, respetar la disposición y correcta ubicación del refuerzo primario tanto a tensión como a corte.
- **Mantenimiento preventivo:** Establecer un plan de mantenimiento periódico para inspeccionar soldaduras, conexiones, alineación de rieles y estado de los perfiles estructurales.
- **Monitoreo de cargas:** Registrar el uso del puente grúa, especialmente las cargas máximas aplicadas, para verificar que no se excedan los límites de diseño.

## 16.ANEXOS



Anexos diseño  
acero.pdf