



Memoria de Cálculo Estructural

Soporte Silo Emulsión

Dyno Nobel

MC-DB1904



Revisión	Emitido para:	Fecha	Calculó	Revisó	Páginas 1 de 26
0	Uso	22-04-2019	D. Besoáin	D. Besoáin	
C	Rev. Cliente	15-04-2019	D. Besoáin	D. Besoáin	
B	Rev. Cliente	01-04-2019	D. Besoáin	D. Besoáin	
A	Rev. Interna	29-03-2019	D. Besoáin	D. Besoáin	

Tabla de Contenidos

1 Alcance	4
2 Antecedentes	4
3 Referencias.....	5
3.1 Códigos de Diseño y Normativas	5
4 Bases de Cálculo	5
4.1 Materiales	5
5 Estados de Carga.....	5
6 Combinaciones de Carga.....	6
7 Diseño Estructural Soporte Silo.....	6
7.1 Modelo Estructural.....	6
7.2 Verificación de Deformaciones Sísmicas	13
7.3 Verificación de los Perfiles	14
7.4 Diseño Placa Base	21
7.5 Cubicación	26

Tabla de figuras

Figura 2.1: Esquema Estructura de Soporte Silo Emulsión, [mm] (referencial)	4
Figura 7.1: Modelo Estructural Silo, [mm]	6
Figura 7.2: Elevaciones.....	7
Figura 7.3: Planta Superior (izq.) y Planta Intermedia (der.)	8
Figura 7.4: Sobrecarga de Uso, 200[kg/m ²].....	9
Figura 7.5: Empuje Lateral Horizontal – Distribución Lineal ($\sigma(z)=-z+12$), [ton/m ²].....	10
Figura 7.6: Carga Sísmica (Ex), 22[ton], (184[kg] en 120[nodos]).....	11
Figura 7.7: Carga Sísmica (Ey), 22[ton], (184[kg] en 120[nodos]).....	12
Figura 7.8: Deformación Sísmica Silo, Combinación D+Ey, [mm].....	13
Figura 7.9: Factores de Utilización.....	14

1 Alcance

El presente documento corresponde a la memoria de cálculo estructural para el diseño del soporte para el silo contenedor de Emulsión, destinado a la empresa Dyno Nobel. El proyecto se emplaza en la localidad de Coquimbo.

El diseño considerado en el presente documento corresponde a la estructura metálica del soporte del silo. La verificación de la estructura del silo se realizará en el documento MC-DB1903, mientras que el diseño de la fundación se realizará en el documento MC-DB1905.

2 Antecedentes

El proyecto desarrollado en el presente documento corresponde al cálculo y diseño estructural para el soporte metálico del silo de sección circular de 2,86[m] de diámetro y 9,265[m] de altura (MC-DB1903). La estructura de soporte corresponde a un sistema de marcos arriostrados de 4 columnas de 7,9[m] de altura y dimensiones en planta 4,25x3,5[m]. Se considera que el silo se apoya en la estructura de soporte en 4 puntos.

Para el diseño se consideran conexiones de momento y soldadas.

En la siguiente figura se muestra un esquema general.

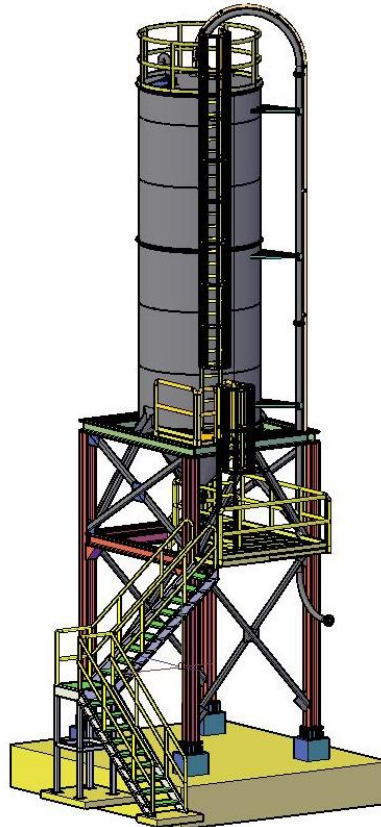


Figura 2.1: Esquema Estructura de Soporte Silo Emulsión, [mm] (referencial)

3 Referencias

3.1 Códigos de Diseño y Normativas

Para el desarrollo del presente documento se ha consultado la siguiente bibliografía.

- [1]. NCh 427 of.2016, Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios.
- [2]. NCh 432 of.2010, Sobrecargas de viento.
- [3]. NCh 1537 of.2009, Diseño estructural - Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
- [4]. NCh 2369 of.2003, Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- [5]. NCh 3171 of.2009, Disposiciones generales y combinaciones de carga.
- [6]. AISC360, Especificaciones para el Diseño de Edificios de Acero.

4 Bases de Cálculo

4.1 Materiales

Para el diseño del soporte del silo se consideran las siguientes propiedades.

– Calidad acero estructural:	A270ES
– Calidad pernos de anclaje:	A36
– Tensión de fluencia del acero:	2.700[kg/cm ²]
– Densidad acero (γ_a):	7,85[ton/m ³]
– Densidad Emulsión (γ_e):	1,32[ton/m ³]
– Ángulo de fricción interna del NM (Φ):	0°
– Volumen interior silo:	52[m ³]
– Peso masa interior silo:	69[ton]

5 Estados de Carga

Las cargas consideradas en el diseño del silo son las descritas a continuación.

D (Peso propio): Considera el peso propio de los elementos que componen la estructura. Considera además 20[kg/m] de barandas y 50[kg/m²] de parrillas de piso.

L (Sobrecarga de uso): Sobrecarga de techo equivalente a 200[kg/m²].

H (Sobrecarga de emulsión): Sobrecarga de emulsión al interior del silo. Se considera una densidad de 1,32[ton/m³].

E_x , E_y (Sismo debido a la estructura): Para efectos de cálculo se considera zona sísmica 3 ($A_0/g=0,4$). Se considera un coeficiente sísmico horizontal máximo “ C_s ” de 0,32, para un coeficiente de respuesta sísmica “ R ” de 4 y un factor de amortiguamiento de 2%. Se aplica un factor de importancia de 1,0. Se aplica el sismo a la mitad de la altura del silo.

6 Combinaciones de Carga

Para el diseño se consideran las siguientes combinaciones ASD.

1. $D + H + L$
2. $D + H + E_x$
3. $D + H + E_y$

7 Diseño Estructural Soporte Silo

7.1 Modelo Estructural

En la siguiente figura se muestra el diseño estructural realizado para el análisis.

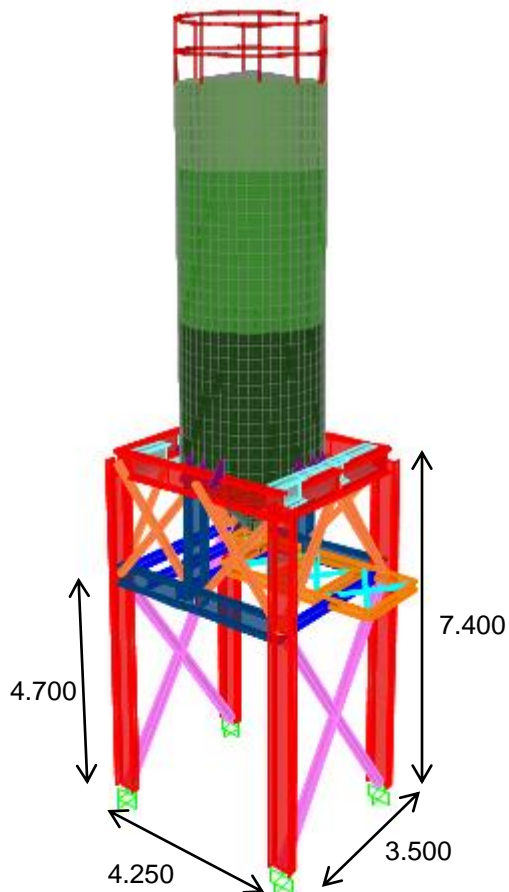


Figura 7.1: Modelo Estructural Silo, [mm]

En la siguiente figura se muestran los perfiles utilizados en la estructuración.

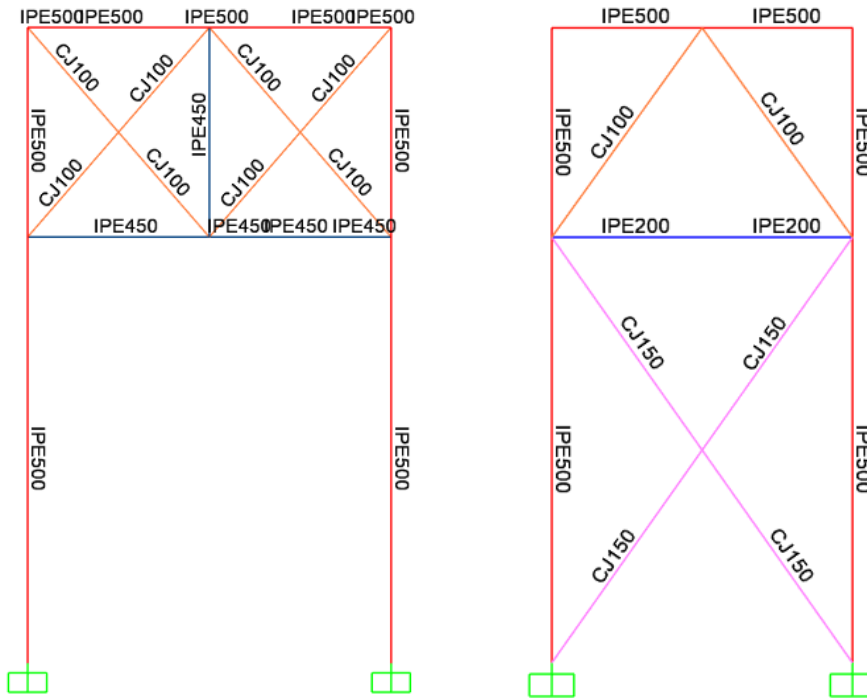


Figura 7.2: Elevaciones

Con: CJ100 y CJ150 equivalentes a perfil cajón 100x100x5 y 150x150x5 respectivamente.

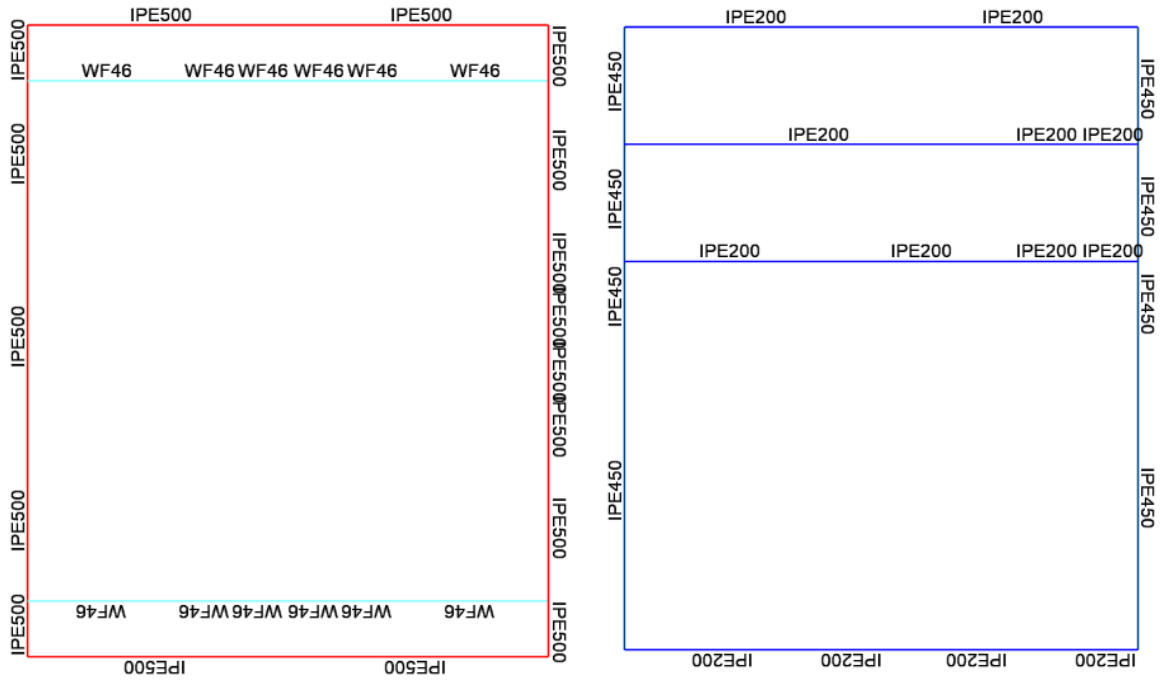


Figura 7.3: Planta Superior (izq.) y Planta Intermedia (der.)

En las siguientes figuras se muestra la modelación de las cargas aplicadas para cada estado de carga definido.

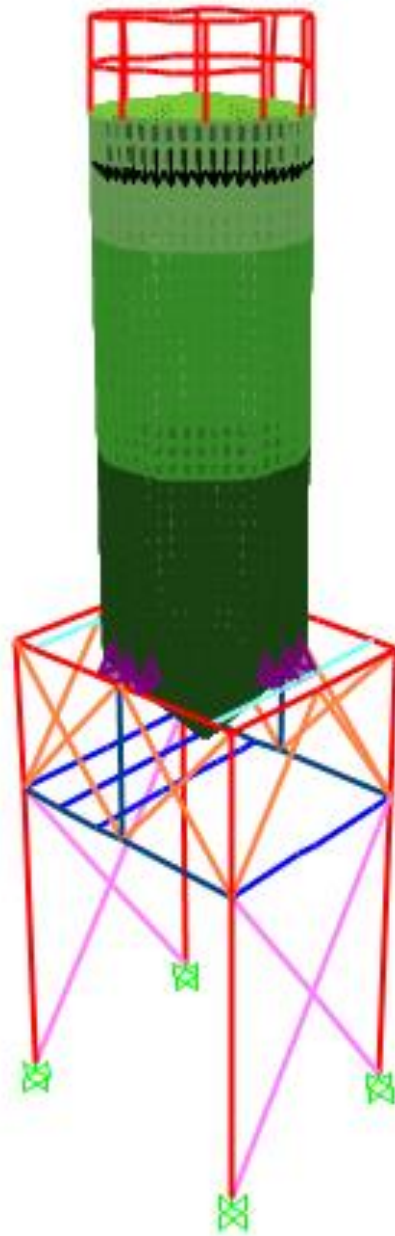


Figura 7.4: Sobrecarga de Uso, 200[kg/m²]

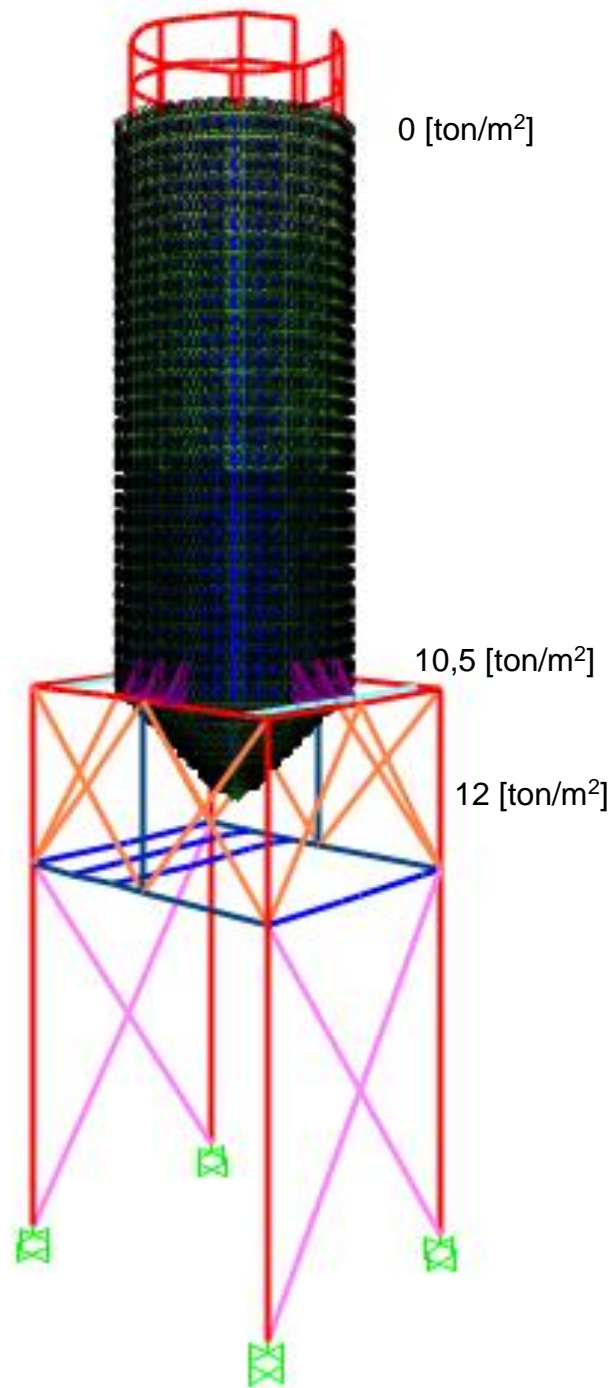


Figura 7.5: Empuje Lateral Horizontal – Distribución Lineal ($\sigma(z)=-z+12$), [ton/m²]

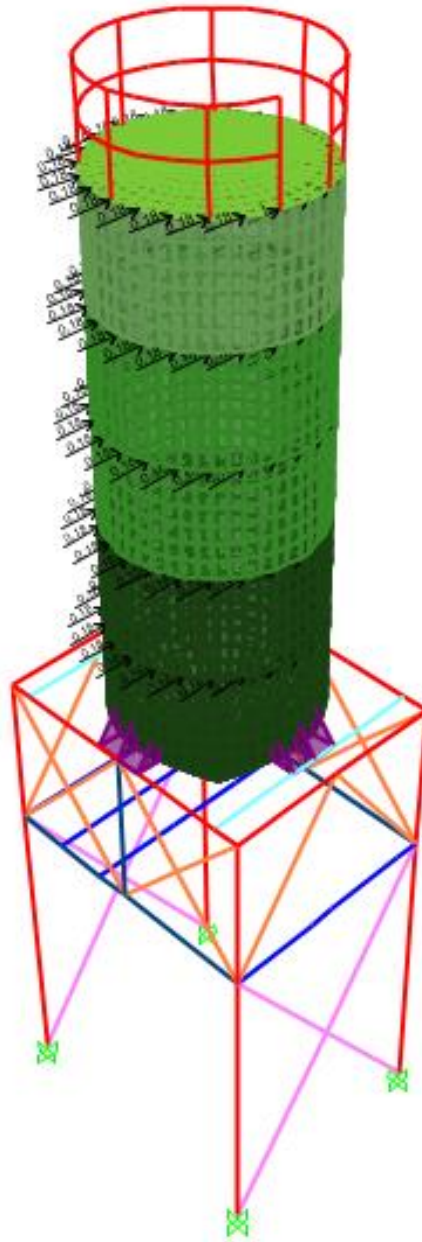


Figura 7.6: Carga Sísmica (Ex), 22[ton], (184[kg] en 120[nodos])

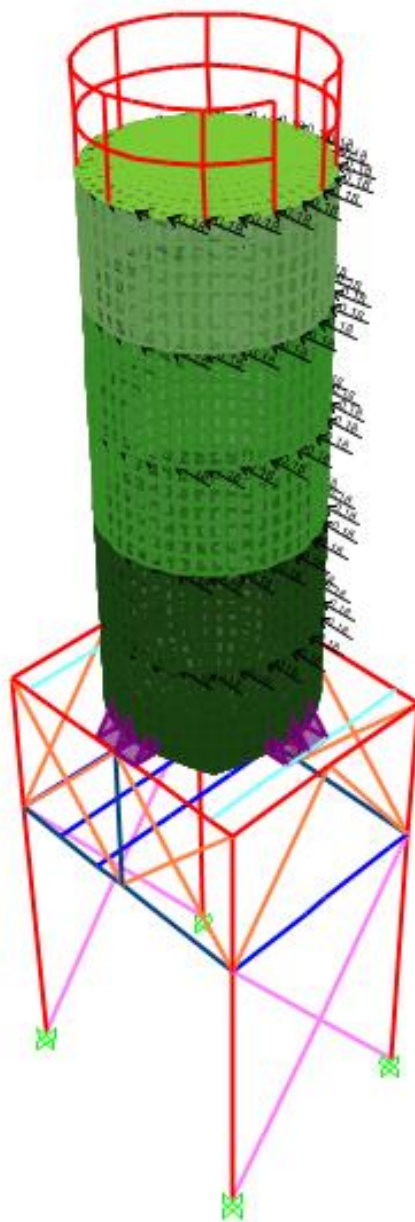


Figura 7.7: Carga Sísmica (Ey), 22[ton], (184[kg] en 120[nodos])

7.2 Verificación de Deformaciones Sísmicas

Se verifica la deformación sísmica máxima para la estructura, de acuerdo a lo indicado en la NCh2369.Of2003, es $0,015 \cdot H$, donde H es la altura total del silo, 15.650[mm].

La deformación sísmica de acuerdo al modelo es de 52[mm] (U_2), la que se debe amplificar por el factor de modificación de la respuesta sísmica “R” ($R=4$), con lo que se obtiene una deformación lateral sísmica de 208[mm] la cual cumple con la deformación admisible de 235[mm].

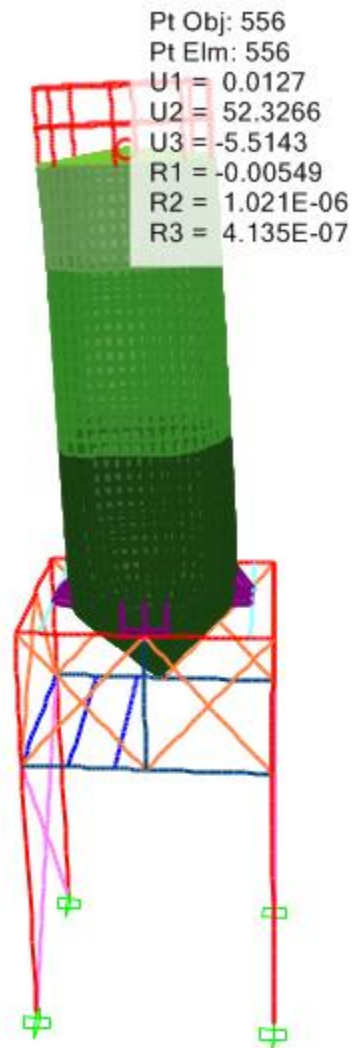
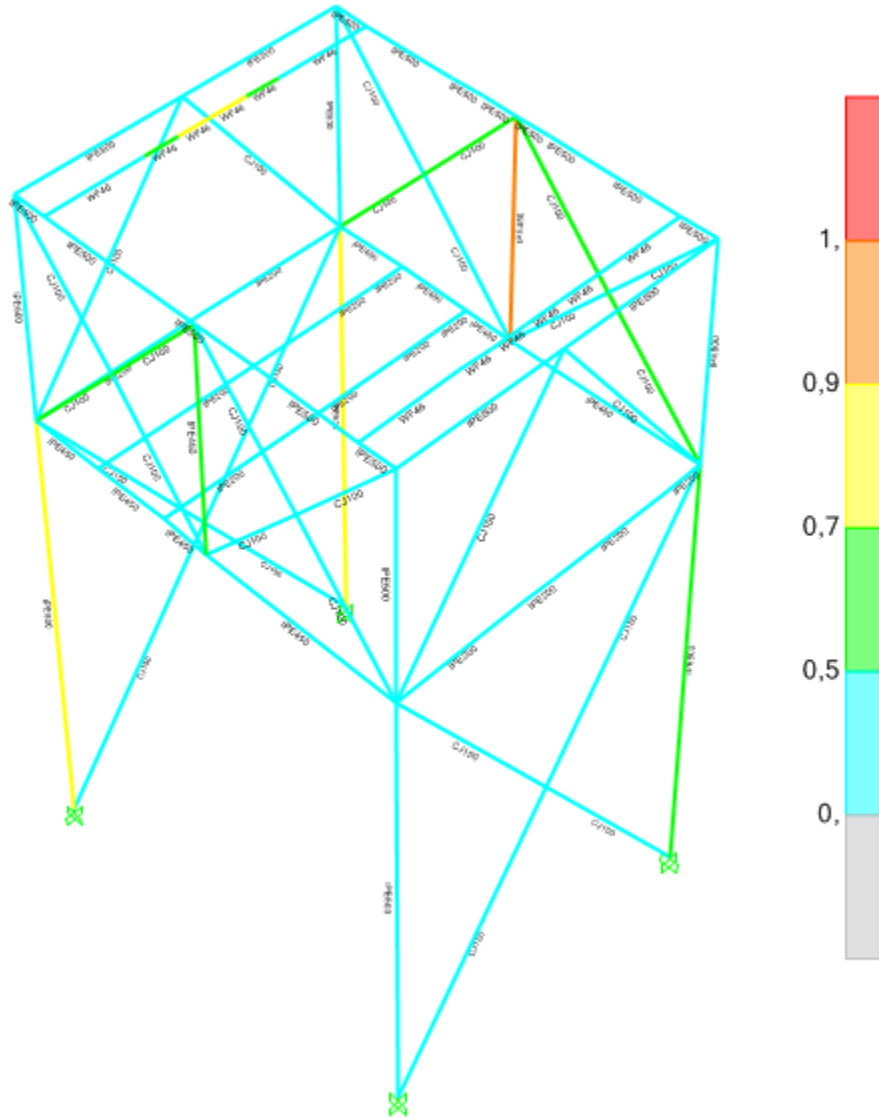


Figura 7.8: Deformación Sísmica Silo, Combinación D+Ey, [mm]

7.3 Verificación de los Perfiles

En la siguiente figura se muestran los factores de utilización de la estructura para la condición más desfavorable.



- IPE500

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : Kgf, cm, C

Frame : 184 X Mid: -175,000 Combo: COMB3:D+H+Ey Design Type: Column
 Length: 496,000 Y Mid: 212,500 Shape: IPE500 Frame Type: OMF
 Loc : 0,000 Z Mid: -342,000 Class: Compact Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: ASD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=1,050 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,207 AlphaPr/Pe=0,347 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800

OmegaB=1,670 OmegaC=1,670 OmegaTY=1,670 OmegaTF=2,000
 OmegaV=1,670 OmegaV-RI=1,500 OmegaVT=1,670

A=111,736 I33=46207,388 r33=20,336 S33=1848,296 Av3=53,333
 J=68,188 I22=2137,472 r22=4,374 S22=213,747 Av2=51,000
 E=2100000,000 fy=2700,000 Ry=1,000 z33=2107,311 Cw=1251789,128
 RLLF=1,000 Fu=4200,000 z22=332,173

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB3:D+H+Ey)

Location	Pr	Mr33	Mr22	Vr2	Vr3	Tr
0,000	-39009,863	1602505,973	2609,665	5776,821	13,278	24,737

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,858 = 0,435 + 0,418 + 0,004
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,285
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,337

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	2,230

	Pr Force	Pnc/Omega Capacity	Pnt/Omega Capacity
Axial	-39009,863	89600,107	180651,018

	Mr Moment	Mn/Omega Capacity	Mn/Omega No LTB
Major Moment	1602505,973	3407030,084	3407030,084
Minor Moment	2609,665	537045,650	

SHEAR CHECK

	Vr Force	Vn/Omega Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	5776,821	49473,054	0,117	OK
Minor Shear	13,278	62083,832	0,000	OK

- IPE450

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : Kgf, cm, C

Frame : 2 X Mid: 175,000 Combo: COMB2:D+H+Ex Design Type: Column
 Length: 244,000 Y Mid: 0,000 Shape: IPE450 Frame Type: OMF
 Loc : 0,000 Z Mid: 28,000 Class: Compact Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: ASD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=1,050 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,140 AlphaPr/Pe=0,062 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800

OmegaB=1,670 OmegaC=1,670 OmegaTY=1,670 OmegaTF=2,000
 OmegaV=1,670 OmegaV-RI=1,500 OmegaVT=1,670

A=95,035 I33=32140,439 r33=18,390 S33=1428,464 Av3=46,233
 J=48,998 I22=1671,936 r22=4,194 S22=175,993 Av2=42,300
 E=2100000,000 fy=2700,000 Ry=1,000 z33=1623,920 Cw=792385,437
 RLLF=1,000 Fu=4200,000 z22=272,825

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB2:D+H+Ex)

Location	Pr	Mr33	Mr22	Vr2	Vr3	Tr
0,000	-22459,183	551,963	372710,593	-2,076	1571,913	-51,728

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,933 = 0,088 + 0,000 + 0,845
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,809
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,588

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	1,237

	Pr Force	Pnc/Omega Capacity	Pnt/Omega Capacity
Axial	-22459,183	127760,607	153649,725

	Mr Moment	Mn/Omega Capacity	Mn/Omega No LTB
Major Moment	551,963	2625499,893	2625499,893
Minor Moment	372710,593	441095,074	

SHEAR CHECK

	Vr Force	Vn/Omega Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	2,076	41033,533	5,060E-05	OK
Minor Shear	1571,913	53818,922	0,029	OK

- IPE200

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : Kgf, cm, C

Frame : 62 X Mid: 155,000 Combo: COMB2:D+H+Ex Design Type: Beam
 Length: 40,000 Y Mid: -212,500 Shape: IPE200 Frame Type: OMF
 Loc : 40,000 Z Mid: -94,000 Class: Compact Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: ASD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=1,050 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,037 AlphaPr/Pe=0,114 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800

OmegaB=1,670 OmegaC=1,670 OmegaTY=1,670 OmegaTF=2,000
 OmegaV=1,670 OmegaV-RI=1,500 OmegaVT=1,670

A=27,248 I33=1845,590 r33=8,230 S33=184,559 Av3=14,167
 J=4,926 I22=141,934 r22=2,282 S22=28,387 Av2=11,200
 E=2100000,000 fy=2700,000 Ry=1,000 z33=209,660 Cw=13012,642
 RLLF=1,000 Fu=4200,000 z22=43,935

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB2:D+H+Ex)

Location	Pr	Mr33	Mr22	Vr2	Vr3	Tr
40,000	1713,994	-42649,846	19789,532	681,461	-770,859	24,116

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)
 D/C Ratio: 0,434 = 0,019 + 0,136 + 0,279
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	8,750	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	8,750	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	8,750	1,000	1,410

	Pr	Pnc/Omega	Pnt/Omega
	Force	Capacity	Capacity
Axial	1713,994	12611,130	44053,653

	Mr	Mn/Omega	Mn/Omega
	Moment	Capacity	No LTB
Major Moment	-42649,846	313438,859	338970,611
Minor Moment	19789,532	71032,182	

SHEAR CHECK

	Vr	Vn/Omega	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	681,461	10864,671	0,063	OK
Minor Shear	770,859	16491,018	0,047	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	1016,259	1025,243

- WF46

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : Kgf, cm, C

Frame : 163 X Mid: 18,506 Combo: COMB3:D+H+Ey Design Type: Beam
 Length: 37,011 Y Mid: 175,000 Shape: WF46 Frame Type: OMF
 Loc : 37,011 Z Mid: 150,000 Class: Compact Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: ASD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=1,050 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,024 AlphaPr/Pe=9E-05 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800

OmegaB=1,670 OmegaC=1,670 OmegaTY=1,670 OmegaTF=2,000
 OmegaV=1,670 OmegaV-RI=1,500 OmegaVT=1,670

A=162,736 I33=63313,252 r33=19,725 S33=2711,488 Av3=92,120
 J=160,786 I22=7332,224 r22=6,712 S22=520,016 Av2=56,974
 E=2100000,000 fy=2700,000 Ry=1,000 z33=3031,058 Cw=3669168,993
 RLLF=1,000 Fu=4200,000 z22=795,254

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB3:D+H+Ey)

Location	Pr	Mr33	Mr22	Vr2	Vr3	Tr
37,011	-6512,095	3191522,092	145528,430	-7759,532	-3575,226	-2134,112

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,777 = 0,012 + 0,651 + 0,113
 = (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,964
Minor Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,636

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	1,000	1,000	1,037

	Pr	Pnc/Omega	Pnt/Omega
	Force	Capacity	Capacity
Axial	-6512,095	262669,675	263105,461

	Mr	Mn/Omega	Mn/Omega
	Moment	Capacity	No LTB
Major Moment	3191522,092	4900513,649	4900513,649
Minor Moment	145528,430	1285739,415	

SHEAR CHECK

	Vr	Vn/Omega	Stress	Status
	Force	Capacity	Ratio	Check
Major Shear	7759,532	55268,192	0,140	OK
Minor Shear	3575,226	107234,299	0,033	OK

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor	VMajor
	Left	Right
Major (V2)	7809,177	7759,532

- CJ100

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : Kgf, cm, C

Frame : 131 X Mid: 175,000 Combo: COMB2:D+H+Ex Design Type: Brace
 Length: 161,781 Y Mid: 53,125 Shape: CJ100 Frame Type: OMF
 Loc : 161,781 Z Mid: 89,000 Class: Compact Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: ASD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=1,050 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,377 AlphaPr/Pe=0,341 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800

OmegaB=1,670 OmegaC=1,670 OmegaTY=1,670 OmegaTF=2,000
 OmegaV=1,670 OmegaV-RI=1,500 OmegaVT=1,670

A=19,000 I33=286,583 r33=3,884 S33=57,317 Av3=10,000
 J=428,688 I22=286,583 r22=3,884 S22=57,317 Av2=10,000
 E=2100000,000 fy=2700,000 Ry=1,000 z33=67,750
 RLLF=1,000 Fu=4200,000 z22=67,750

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB2:D+H+Ex)

Location	Pr	Mr33	Mr22	Vr2	Vr3	Tr
161,781	-12088,538	-630,937	-6341,910	12,220	39,201	13423,772

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,631 = 0,575 + 0,005 + 0,051
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	2,000	1,000	3,000

	Pr Force	Pnc/Omega Capacity	Pnt/Omega Capacity
Axial	-12088,538	21039,806	30718,563

	Mr Moment	Mn/Omega Capacity	Mn/Omega No LTB
Major Moment	-630,937	109535,928	109535,928
Minor Moment	-6341,910	109535,928	

	Tr Moment	Tn Capacity	Tn/Omega Capacity
Torsion	13423,772	145422,776	87079,507

SHEAR CHECK

	Vr Force	Vn/Omega Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	12,220	8245,509	0,001	OK
Minor Shear	39,201	8245,509	0,005	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-12088,538	0,000

- CJ150

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
 Units : Kgf, cm, C

Frame : 33 X Mid: 87,500 Combo: COMB2:D+H+Ex Design Type: Brace
 Length: 303,528 Y Mid: -212,500 Shape: CJ150 Frame Type: OMF
 Loc : 303,528 Z Mid: -466,000 Class: Compact Princpl Rot: 0,000 degrees

Provision: ASD Analysis: Direct Analysis
 D/C Limit=1,050 2nd Order: General 2nd Order Reduction: Tau-b Fixed
 AlphaPr/Py=0,253 AlphaPr/Pe=0,346 Tau_b=1,000 EA factor=0,800 EI factor=0,800

OmegaB=1,670 OmegaC=1,670 OmegaTY=1,670 OmegaTF=2,000
 OmegaV=1,670 OmegaV-RI=1,500 OmegaVT=1,670

A=29,000 I33=1017,417 r33=5,923 S33=135,656 Av3=15,000
 J=1524,313 I22=1017,417 r22=5,923 S22=135,656 Av2=15,000
 E=2100000,000 fy=2700,000 Ry=1,000 z33=157,750
 RLLF=1,000 Fu=4200,000 z22=157,750

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB2:D+H+Ex)

Location	Pr	Mr33	Mr22	Vr2	Vr3	Tr
303,528	-12362,269	2874,392	1768,516	11,445	-5,827	-531,762

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)

D/C Ratio: 0,484 = 0,468 + 0,010 + 0,006
 = (Pr/Pc) + (8/9) (Mr33/Mc33) + (8/9) (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Minor Bending	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	2,000	1,000	1,144

	Pr Force	Pnc/Omega Capacity	Pnt/Omega Capacity
Axial	-12362,269	26443,136	46886,228

	Mr Moment	Mn/Omega Capacity	Mn/Omega No LTB
Major Moment	2874,392	255044,910	255044,910
Minor Moment	1768,516	255044,910	

	Tr Moment	Tn Capacity	Tn/Omega Capacity
Torsion	-531,762	339822,776	203486,692

SHEAR CHECK

	Vr Force	Vn/Omega Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	11,445	13095,808	0,001	OK
Minor Shear	5,827	13095,808	0,000	OK

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	-12421,549	0,000

7.4 Diseño Placa Base

En la siguiente tabla se muestran las reacciones ASD utilizadas para el diseño de la placa base.

Tabla 1: Reacciones ASD

Nodo	Combinación	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
390	COMB3:D+H+Ey	-3,5	-5,8	44,1	16,1	0,0	0,0
391	COMB2:D+H+Ex	-3,9	0,0	-17,1	0,0	-0,1	0,0
392	COMB2:D+H+Ex	-7,2	0,6	58,2	-1,0	-0,2	0,0
393	COMB3:D+H+Ey	-0,2	-5,3	-3,0	15,1	0,0	0,0

El diseño de la placa base se presenta a continuación.

DATOS GENERALES

Acero =	A36
Fy (T/m ²)=	25.300
E(T/m ²)=	21.000.000
c (cm)=	2,5
f _c (T/m ²)=	2.500

Altura grout

DIMENSIONES DE LA COLUMNA

B _p (m)=	0,200
H _p (m)=	0,500
e _p (m)=	0,016
t _p (m)=	0,010

Ancho de ala

Altura total del perfil

Espesor de ala

Espesor de alma

SOLICITACIÓN

V _u (T)	7,20
--------------------	-------------

Máximo Esfuerzo de Corte

DISEÑO PLACA BASE

DIMENSIONES PLACA BASE PROPUESTA

Bb (m)=	0,40
Hb (m)=	0,70
eb (m)=	0,032

DISEÑO PLACA BASE

SOLICITACIÓN

Combinación Mto. Máximo

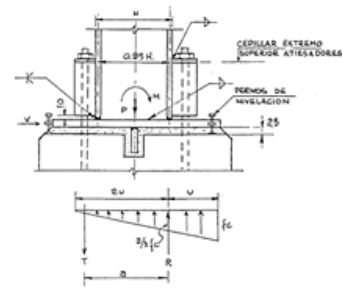
M _u (Tm)	16,10
P _u (T)	44,10

Atiesadores internos?	1
Lx (m)=	0,25
Ly (m)=	0,09
Ly/Lx =	0,38
m =	7,17
Mmáx (Tm)=	1,776
σmáx (T/m²)=	10403,5
σadm (T/m²)=	15180,0
emín (m)=	0,026

Atiesadores externos?	3
Lx (m)=	0,20
Ly (m)=	0,10
Ly/Lx =	0,50
m =	6,815
Mmáx (Tm)=	2,362
σmáx (T/m²)=	13840,4
σadm (T/m²)=	15180,0
emín (m)=	0,031

e (m)=	0,37 > 0,12= Hb/6
a (m)=	0,550
T (T)=	10,230
R (T)=	54,330
u (m)=	0,113
3 u (m)=	0,338
σmáx ó fc (T/m²) =	804,88
σmín (T/m²) =	0,00

CUMPLE LA PLACA BASE PROPUESTA



$$M_{máx} = \left(\sigma_{máx} - \frac{(\sigma_{máx} - \sigma_{mín.}) \cdot u}{3} \right) \cdot L_x \cdot L_y \cdot \frac{1}{m}$$

$$\sigma_{máx} = \frac{6 \cdot M_{máx}}{e_b^2}$$

$$e_{mín.} = \sqrt{6 \cdot M / 0,6 \cdot F_y}$$

$$T = M_u - 0,475 \cdot H_p \cdot P_u / a$$

$$R = P_u + T$$

$$\sigma_{máx.} = \begin{cases} \frac{R}{B_b \cdot H_b} \rightarrow M_u = 0(Tm) \\ \frac{2 \cdot R}{3 \cdot B_b \cdot u} \rightarrow \frac{M_u}{P_u} > H_b/6 \\ \frac{P_u}{B_b \cdot H_b} \cdot \left(1 + 6 \frac{e}{H_b} \right) \rightarrow \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{mín.} = \begin{cases} \frac{R}{B_b \cdot H_b} \rightarrow M_u = 0(Tm) \\ 0(T/m^2) \rightarrow \frac{M_u}{P_u} > H_b/6 \\ \frac{P_u}{B_b \cdot H_b} \cdot \left(1 - 6 \frac{e}{H_b} \right) \rightarrow \text{Otherwise} \end{cases}$$

Combinación Compresión Máxima

M_u (Tm)	1,00
P_u (T)	58,20

Atiesadores internos?	1
Lx (m)=	0,25
Ly (m)=	0,09
Ly/Lx =	0,38
m =	7,17
M _{máx} (Tm)=	0,766
σ _{máx} (T/m²)=	4490,0
σ _{adm} (T/m²)=	15180,0
e _{mín} (m)=	0,017

Atiesadores externos?	4
Lx (m)=	0,20
Ly (m)=	0,10
Ly/Lx =	0,50
m =	6,815
M _{máx} (Tm)=	0,700
σ _{máx} (T/m²)=	4100,6
σ _{adm} (T/m²)=	15180,0
e _{mín} (m)=	0,017

e (m)=	0,02 < 0,12= Hb/6
a (m)=	0,550
T (T)=	-23,314
R (T)=	34,886
u (m)=	0,113
3 u (m)=	1,000
σ _{máx} ó f _c (T/m²) =	238,47
σ _{mín} (T/m²) =	177,24

CUMPLE LA PLACA BASE PROPUESTA

$$M_{máx} = \left(\sigma_{máx} - \frac{(\sigma_{máx} - \sigma_{mín.}) \cdot u}{3 \cdot u} \right) \cdot L_x \cdot L_y \cdot \frac{1}{m}$$

$$\sigma_{máx} = \frac{6 \cdot M_{máx}}{e_b^2}$$

$$e_{mín.} = \sqrt{6 \cdot M / 0,6 \cdot F_y}$$

$$T = M_u - 0,475 \cdot H_p \cdot P_u / a$$

$$R = P_u + T$$

$$\sigma_{máx.} = \begin{cases} \frac{R}{B_b \cdot H_b} \rightarrow M_u = 0(Tm) \\ \frac{2 \cdot R}{3 \cdot B_b \cdot u} \rightarrow \frac{M_u}{P_u} > H_b/6 \\ \frac{P_u}{B_b \cdot H_b} \cdot \left(1 + 6 \frac{e}{H_b} \right) \rightarrow \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$\sigma_{mín.} = \begin{cases} \frac{R}{B_b \cdot H_b} \rightarrow M_u = 0(Tm) \\ 0(T/m^2) \rightarrow \frac{M_u}{P_u} > H_b/6 \\ \frac{P_u}{B_b \cdot H_b} \cdot \left(1 - 6 \frac{e}{H_b} \right) \rightarrow \text{Otherwise} \end{cases}$$

DISEÑO PERNOS DE ANCLAJE

Perno	1 1/4"
N =	3
dp (pulg)=	1,25
Ap (cm²)=	6,25
$\sigma_{\text{corte}} (T/m^2)=$	3840,00
$\sigma_{\text{adm corte}} (T/m^2)=$	10120,00

Máximo Esfuerzo de Momento

Mu (Tm)=	16,10
Pu (T)=	44,10
T ₁ (T)	10,2

Máximo Esfuerzo de Compresión

Mu (Tm)=	1,00
Pu (T)=	58,20
T ₂ (T)	-23,3

Máximo Esfuerzo de Tracción

T ₃ (T)	17,10
--------------------	--------------

a (m)=	0,550
T (T)=	17,1
Llave de corte ?	No
$\sigma_{\text{corte-tracción}} (T/m^2)=$	9120,0
$\sigma_{\text{tracción}} (T/m^2)=$	----
$\sigma_{\text{adm c-t}} (T/m^2)=$	11388,0
$\sigma_{\text{adm tracción}} (T/m^2)=$	----

CUMPLEN LOS PERNOS

DISEÑO ATIESADOR Y PLACA SILLA

DIMENSIONES ATIESADOR Y PLACA SILLA PROPUESTA

DIMENSIONES PLACA SILLA

es (m)=	0,036
hs (m)=	0,254

DIMENSIONES ATIESADOR

Bb (m)=	0,10
Hb (m)=	0,250
eb (m)=	0,010

DISEÑO PLACA SILLA

T (T)=	9,49
Natiesadores=	4
Separación=	0,200
Mmáx (Tm)=	0,332
σmáx (T/m²)=	15037,2
σadm (T/m²)=	15180,0
hmin (m)=	0,254
emin (m)=	0,036

$$e_{\min} = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{0,6 \cdot F_y \cdot \left(\frac{H_b - H_p}{2}\right)}}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\left\{\left(\frac{H_b - H_p}{2}\right) \cdot e_s^2 \cdot \frac{1}{6}\right\}}$$

CUMPLE LA PLACA DE LA SILLA PROPUESTA

DISEÑO ATIESADOR

P (T)=	10,91
K =	0,75
A (m²)=	0,001
I (m⁴)=	8,33E-09
i (m)=	0,003
KL/i (m)=	64,95
I =	10,00
I _r =	21,61
W _e =	1,67
P _n (Compresión) (T)=	12,21
W=	2,00
P _n (Aplastamiento) (T)=	22,77

$$P_n = \frac{1,8 \cdot F_y \cdot A}{w}$$

NO COMPACTO

CUMPLE EL ATIESADOR PROPUESTO

De acuerdo al anterior diseño se tiene una placa base de dimensiones mínimas 70x40[cm] y 32[mm] de espesor. No considera llave de corte. Considera silla de anclaje. Espesor de la silla de anclaje 36[mm]. Espesor de los atiesadores 10[mm]. Considera 3+3 pernos de 1 1/4”.

7.5 Cubicación

En la siguiente tabla se muestra la cubicación de la estructura principal de soporte.

Tabla 2: Resumen de Cubicación – Estructura Principal de Soporte

Perfil	Peso [ton]
IPE500	3,96
IPE200	0,30
CJ100	0,57
CJ150	0,55
WF46	0,89
IPE450	1,00
Total	7,27