

Anejo Nº2: CÁLCULO ESTRUCTURAL

**Diseño de módulo prefabricado de uso múltiple para
casos de emergencia**

Autor

Serrano Richart, Luis

Tutor

Moragues Terrades, Juan José

JUNIO DE 2019

GRADO EN INGENIERIA CIVIL
CURSO 2018/2019

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS







ÍNDICE

Contenido

1. Objeto.....	5
2. Software empleado	5
3. Descripción de los diseños	5
4. Normativa empleada.....	6
5. Material.....	6
6. Acciones a considerar.....	7
6.1 Acciones permanentes	7
6.1.1 Peso Propio	7
6.1.2 Cargas muertas.....	7
6.2 Acciones variables	7
6.2.1 Sobrecarga de uso.....	7
6.2.2 Viento	8
6.3 Acciones accidentales	9
6.3.1 Sismo	10
7. Combinación de acciones.....	10
8. Comprobaciones realizadas	11
8.1 Secciones reducidas	12
8.2 Viga.....	13
8.3 Pilar	15
ANEXOS	18
ANEXO Nº1: DISEÑOS EN SAP2000	19
Diseño 1: Módulo individual	20
Diseño 2: Conjunto de módulos de 1 nivel	21
Diseño 3: Conjunto de módulos de 2 niveles.....	22
ANEXO Nº2: RESULTADOS DEL SAP2000	23
Resultados del diseño 1	24
Resultados del diseño 2	26
Resultados del diseño 3	28
Deformadas para la combinación más desfavorable del diseño 1	31
Deformadas para la combinación más desfavorable del diseño 2	32
Deformadas para la combinación más desfavorable del diseño 3	33





1. Objeto

El objeto de este anejo es la descripción de los cálculos realizados para el dimensionamiento y comprobación de nuestras estructuras.

Comentar que el propósito de este TFG es el diseño de un módulo prefabricado, así como analizar distintos aspectos como su coste económico, transporte, etc, por lo que el apartado de diseño estructural ha sido llevado a cabo de manera simplificada, sin abordar dichos cálculos de manera pormenorizada pero obteniendo los resultados necesarios para su correcto dimensionamiento y comprobación de acuerdo a la normativa vigente.

2. Software empleado

Para la realización del cálculo estructural de nuestros modelos hemos empleado el software SAP2000. La elección de este programa viene dada por su utilización durante el estudio de la titulación y nuestra mayor familiaridad con este.

Puesto que nuestros perfiles tienen una geometría que no se encuentra definida dentro del programa de cálculo, hemos de emplear la herramienta de diseño de secciones del SAP2000, por lo que, a posteriori, es el software no nos proporcionará determinados resultados que deberemos calcular manualmente.

Dada la naturaleza de este trabajo, optaremos por emplear, simplificada, muchas de las herramientas que nos ofrece el programa de cálculo como son la combinación automática de acciones, la elección de la normativa de cálculo predeterminada, etc.

3. Descripción de los diseños

Como se comentó en detalle en el ANEJO Nº1, se llevarán a cabo 3 diseños diferentes, de menor a mayor complejidad estructural.

- Diseño 1: Módulo individual
- Diseño 2: Conjunto de módulos de 1 nivel
- Diseño 3: Conjunto de módulos de 2 niveles con terraza

Todos los diseños se dimensionarán con los mismos perfiles ya definidos en el ANEJO Nº1, de entre 8 y 16 mm de espesor (en perfiles compuestos por 2 piezas en L) y 2,4 o 4 metros de longitud.

Puesto que el uso del programa SAP2000 para perfiles laminados en frío es muy limitado, en el presente anejo se presentarán los cálculos generales de los 3 diseños, haciendo mayor hincapié en los resultados del diseño más complejo, del cual obtendremos los aprovechamientos en las dos secciones más solicitadas (una viga y un pilar).



Esto se debe a que el software empleado no nos proporciona estos resultados, debiendo de realizar manualmente el cálculo del aprovechamiento para todas las secciones de nuestros 3 diseños y, como hemos comentado anteriormente, el cálculo estructural pormenorizado no es la base de nuestro trabajo, por lo que nos limitaremos a analizar las secciones más desfavorables.

4. Normativa empleada

Para la realización de los cálculos y el presente documento se han tenido en cuenta las siguientes normas :

- Instituto Americano de Hierro y Acero- Especificación de Diseño por Factor de Carga y Resistencia (AISI-LRFD96)
- Norma de Construcción Sismorresistente: Edificaciones(NCSP-02)
- Instrucción de Acero Estructural (EAE)
- Código Técnico de la Edificación (CTE)

5. Material

Para la construcción de nuestras estructuras se empleará acero laminado en frio tipo ASTM A36/A36M, el cual presenta las siguientes propiedades:

Weight and Mass		Units
Weight per Unit Volume	76.9729	KN, m, C
Mass per Unit Volume	7.849	
Isotropic Property Data		
Modulus of Elasticity, E	2.073E+08	
Poisson's Ratio, U	0.33	
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05	
Shear Modulus, G	77932331	
Other Properties for Cold Formed Materials		
Minimum Yield Stress, Fy	2481083.	
Minimum Tensile Stress, Fu	4707192.	



6. Acciones a considerar

Se describen a continuación las acciones consideradas en el cálculo estructural de nuestros diseños.

6.1 Acciones permanentes

Estas acciones son todas aquellas formadas por los distintos elementos que forman la estructura y son constantes en magnitud y posición. Están constituidas por el peso propio y las cargas muertas de la estructura.

6.1.1 Peso Propio

El peso propio correspondiente a los elementos estructurales de la estructura son:

- Perfil en L: 0,15 Kn/m
- Perfil en T: 0,25 Kn/m
- Perfil en aspa: 0,50Kn/m

6.1.2 Cargas muertas

Aquellas cargas debidas a elementos no estructurales que gravitan sobre los elementos estructurales. En nuestro diseño se distinguen las siguientes cargas muertas:

- Cubierta: 1Kn/m²
- Forjado no estructural: 1Kn/m²
- Cerramiento: 1Kn/m
- Tabiquería: 0.5 Kn/m

6.2 Acciones variables

6.2.1 Sobrecarga de uso

De acuerdo con el CTE DB SE AE la sobrecarga de uso se define como " el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso" y, dado que nuestros diseños serán de carácter residencial, el valor de la sobre carga de uso será:

- Categoría A: Zonas residenciales / Subcategoría de uso A1: Viviendas = 2Kn/m²



6.2.2 Viento

De acuerdo con el CTE DB SE AE en su apartado 3.3.2, la acción del viento genera una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, de valor q_e que puede expresarse como:

$$q_e = q_b * c_e * c_p$$

Siendo :

q_b : Presión dinámica del viento. De forma simplificada tomaremos 0,5 Kn/m² puesto que no sabemos con exactitud en qué zona se situará nuestra estructura.

c_e : Coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado en función del grado de aspereza del entorno. Para nuestro diseño tomaremos como valor estimado 2,5, puesto que desconocemos la aspereza y zona concreta del emplazamiento. Este valor se ha escogido para situarnos del lado de la seguridad de acuerdo a los valores establecidos en la tabla 3.3 del punto 3.3.3 *Coeficientes de exposición* de la norma citada.

c_p : Coeficiente de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie. Este valor se obtiene de la tabla 3.4 de la norma, obteniendo el valor a partir de la esbeltez en el plano paralelo al viento.

A partir de los parámetros descritos obtenemos los coeficientes de presión y succión relativos a cada diseño y dirección del viento, estos son:

Diseño 1	X	Y
Cp	0.74	0.8
Cs	-0.4	-0.5
Esbeltez	0.6	1

Diseño 2	X	Y
Cp	0.7	0.7
Cs	-0.3	-0.33
Esbeltez	0.2	0.33

Diseño 3	X	Y
Cp	0.7	0.74
Cs	-0.36	-0.4
Esbeltez	0.4	0.6

Una vez determinados los valores de c_p y c_s procedemos a calcular el valor de q_e mediante la fórmula anteriormente descrita, obteniendo para cada dirección del viento y para cada cara de la estructura sus correspondientes valores tales como:

	X+/X-		Y+/Y-	
	PRESIÓN	SUCCIÓN	PRESIÓN	SUCCIÓN
qe_D1	0.925	0.5	1	0.625
qe_D2	0.875	0.375	0.875	0.4125
qe_D3	0.875	0.45	0.925	0.5

Valores en Kn/m²



Tras obtener este valor únicamente deberemos multiplicarlo por el ancho tributario de cada pilar de nuestro diseño para obtener el valor de la carga de viento para cada dirección. Para nuestros 3 diseños obtenemos unos valores de carga de viento tales como:

D1	X+/X-				
	Ancho tributario	qe		Carga de viento	
		Presión	Succión	Presión	Succión
Esquina	2	0.925	0.5	1.85	1
D1	Y+/Y-				
	Ancho tributario	qe		Carga de viento	
		Presión	Succión	Presión	Succión
Esquina	1.2	1	0.625	1.2	0.75

Valores en Kn/m2

D2	X+/X-				
	Ancho tributario	qe		Carga de viento	
		Presión	Succión	Presión	Succión
Esquina	2	0.875	0.375	1.75	0.75
Medianera	4	0.875	0.375	3.5	1.5
D2	Y+/Y-				
	Ancho tributario	qe		Carga de viento	
		Presión	Succión	Presión	Succión
Esquina	1.2	0.875	0.4125	1.05	0.495
Medianera	2.4	0.875	0.4125	2.1	0.99

Valores en Kn/m2

D3	X+/X-				
	Ancho tributario	qe		Carga de viento	
		Presión	Succión	Presión	Succión
Esquina	2	0.875	0.45	1.75	0.9
Medianera	4	0.875	0.45	3.5	1.8
D3	Y+/Y-				
	Ancho tributario	qe		Carga de viento	
		Presión	Succión	Presión	Succión
Esquina	1.2	0.925	0.5	1.11	0.6
Medianera	2.4	0.925	0.5	2.22	1.2

Valores en Kn/m2

6.3 Acciones accidentales

Como acciones accidentales, se aplicará únicamente las acciones sísmicas.



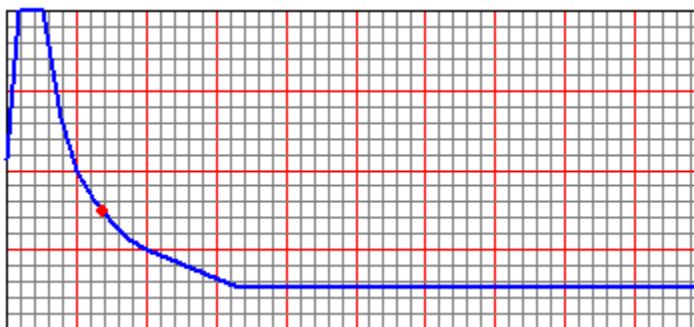
6.3.1 Sismo

Dado que nuestras estructuras se situarán en zonas de diferentes partes del mundo, no podemos hacer un cálculo detallado del sismo, puesto que la mayoría de los valores depende de la zona de emplazamiento de la estructura. Por ello, hemos optado por escoger unos valores aproximados para situarnos del lado de la seguridad frente a este tipo de acciones accidentales.

De acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NSE_02), obtenemos un valor de aceleración sísmica de cálculo de $a_c=0,267g$, así como un valor de $\beta=0,5$, lo que nos proporciona un valor del factor de escala de 1,31 m/s².

Para nuestros diseños emplearemos las combinaciones automáticas que nos da el programa SAP2000, introduciéndole el espectro de respuesta que, en nuestro caso, será el siguiente:

Periodo	Aceleración
0	0.32
0.05	0.4133
0.1	0.5067
0.15	0.6
0.5	0.6
0.75	0.4
1	0.3
1.25	0.24
1.5	0.2
1.75	0.1714
2	0.15
3.333	0.08
4.6666	0.08
6	0.08
7.3333	0.08
8.6666	0.08
10	0.08



7. Combinación de acciones

Para nuestros diseños, puesto que se pretende realizar un cálculo simplificado, hemos optado por la utilización de las herramientas que nos proporciona el SAP2000 para realizar la combinación de acciones. Puesto que, para acero laminado en frío, el Sap2000 emplea la normativa AISI-LRFD96, se aplicarán unos coeficientes de seguridad específicos para la combinación de acciones.

Después de generar automáticamente las combinaciones de acciones mediante la herramienta proporcionada por el Sap2000 se obtienen un total de 32 combinaciones de acciones diferentes. Estas combinaciones, así como los coeficientes de seguridad empleados por el software se puede observar en la tabla siguiente.



Combinación	PP	SC	CM	FACHADA	CUBIERTA	V_X+	V_X-	V_Y+	V_Y-	SISMO_X	SISMO_Y
1	1.4	-	1.4	1.4	1.4	-	-	-	-	-	-
2	1.2	1.6	1.2	1.2	1.2	-	-	-	-	-	-
3	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	1.3	-	-	-	-	-
4	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-1.3	-	-	-	-	-
5	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-	1.3	-	-	-	-
6	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-	-1.3	-	-	-	-
7	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-	-	1.3	-	-	-
8	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-	-	-1.3	-	-	-
9	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-	-	-	1.3	-	-
10	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-	-	-	-1.3	-	-
11	1.2	-	1.2	1.2	1.2	1.3	-	-	-	-	-
12	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-1.3	-	-	-	-	-
13	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-	1.3	-	-	-	-
14	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-	-1.3	-	-	-	-
15	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-	-	1.3	-	-	-
16	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-	-	-1.3	-	-	-
17	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-	-	-	1.3	-	-
18	1.2	-	1.2	1.2	1.2	-	-	-	-1.3	-	-
19	0.9	-	0.9	0.9	0.9	1.3	-	-	-	-	-
20	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-1.3	-	-	-	-	-
21	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	1.3	-	-	-	-
22	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	-1.3	-	-	-	-
23	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	-	1.3	-	-	-
24	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	-	-1.3	-	-	-
25	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	-	-	1.3	-	-
26	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	-	-	-1.3	-	-
27	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-	-	-	-	1.5	-
28	1.2	0.5	1.2	1.2	1.2	-	-	-	-	-	1.5
29	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	-	-	-	1.5	-
30	0.9	-	0.9	0.9	0.9	-	-	-	-	-	1.5
31	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
32	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-

8. Comprobaciones realizadas

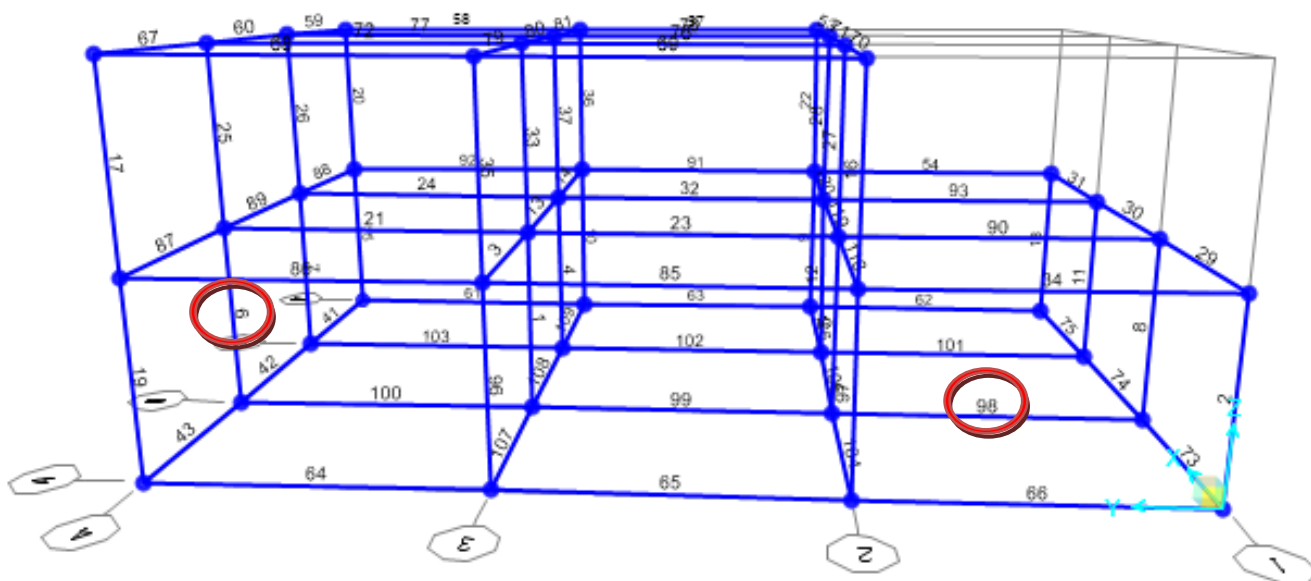
Una vez definidos todos los parámetros necesarios para el cálculo estructural de nuestros módulos debemos realizar las comprobaciones necesarias para asegurarnos que nuestra estructura resistirá las acciones a las que se le someterá.

Como hemos comentado anteriormente, al emplear acero laminado en frío para nuestro diseño, el programa Sap2000 no nos proporcionará todos los resultados necesarios, por lo que deberemos calcularlos manualmente. Puesto que nuestros diseño van de menor a mayor complejidad estructural, sometidos a las mismas cargas, hemos decidido analizar manualmente las dos secciones más solicitadas del diseño más complejo.

Para las comprobaciones hemos escogido una sección tipo viga y una sección tipo pilar sometidas a la combinación de acciones más desfavorable que, en el caso del diseño 3, se trata de la combinación 2.

La combinación numero 2 combina el peso propio, la carga muerta, la sobrecarga de uso, la carga de fachada y la de cubierta, dándonos como resultado el mayor estado de carga posible.

Las secciones escogidas se ven representadas en la siguiente imagen:



Del análisis del modelo se obtienen, para las secciones escogidas, las siguientes reacciones:

Elemento	M2	M3	N	V2	V3
98	-0.657	-19.43	0	27.17	0.253
6	11.14	1.68	-64.042	1.24	7.46
	KN.m		KN		

Dichos elementos tendrán una sección en forma de T, tanto en viga como en pilar, variando la orientación de sus ejes.

8.1 Secciones reducidas

Debido a que nuestras secciones se llevarán a cabo mediante acero laminado en frío, según la EAE este tipo de secciones se clasifican como clase 4, por lo que será necesario reducir las secciones para realizar correctamente las comprobaciones necesarias.

A partir del apartado 20.7 de la EAE podemos obtener la sección reducida de nuestro perfil, para nuestro caso obtenemos los siguientes valores:

- $A_{eff} = 4274,55 \text{ mm}^2$
- $I_{y,eff} = 9922305,43 \text{ mm}^4$
- $W_{y,eff} = 93486,58 \text{ mm}^3$
- $I_{z,eff} = 8576870,18 \text{ mm}^4$
- $W_{z,eff} = 73206,91 \text{ mm}^3$

A partir de estas características de la sección reducida procedemos a comprobar las secciones.



8.2 Viga

Comprobación del momento flector:

De acuerdo con el apartado 34.4 de la EAE, el valor de cálculo del momento flector M_{ed} deberá cumplir para toda sección transversal :

$$M_{Ed} \leq M_{C,Rd}$$

siendo, para secciones de clase 4:

$$M_{C,Rd} = \frac{W_{ef,min} * f_y}{\gamma M_0}$$

obteniendo como resultado:

$$M_{C,Rd,y} = 22,09 \text{ Kn} * m$$

$$M_{C,Rd,z} = 17,29 \text{ Kn} * m$$

y como :

$$M_{Ed,y} = -19,43 \text{ Kn} * m \leq 22,09 \text{ Kn} * m$$

$$M_{Ed,z} = -0,657 \text{ Kn} * m \leq 17,29 \text{ Kn} * m$$

Podemos afirmar que nuestra viga más desfavorable cumple con la comprobación de momento flector.

Comprobación de esfuerzo axil de tracción y esfuerzo axil de compresión:

Debido a la ausencia de axil en nuestra viga, concluimos que nuestro elemento resiste tanto a axil de tracción como de compresión.

Comprobación a esfuerzo cortante:

De acuerdo con el apartado 34.5 de la EAE, el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{ed} deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$V_{Ed} \leq V_{C,Rd}$$

siendo $V_{C,Rd}$ para secciones en ausencia de torsión:

$$V_{C,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma M_0}$$



donde A_v para secciones de perfiles laminados en T con carga paralela al alma será:

$$A - b * t_f + (t_w + 2r) * \frac{t_f}{2}$$

con:

A= Área sección transversal= 4800 mm²

b= Ancho total de la sección=300mm

t_f= Espesor del ala= 8mm

t_w= Espesor del alma= 16mm

r= Radio de acuerdo= 12mm

de donde obtenemos el valor de A_v :

$$A_v = 2512 \text{ mm}^2$$

Por lo que obtenemos el valor de $V_{C,Rd}$:

$$V_{C,Rd} = 342,7 \text{ Kn}$$

Por lo tanto, dado que:

$$V_{Ed} = 27,17 \text{ Kn y } 0,253 \text{ Kn} \leq V_{C,Rd} = 342,7 \text{ Kn}$$

Podemos afirmar que nuestra sección resistirá a cortante.

Aprovechamiento de la sección:

De acuerdo con el apartado 34.7.2.3 de la EAE, para comprobar la sección emplearemos la fórmula:

$$\frac{N_{ED}}{\frac{A_{eff} * f_y}{\gamma Mo}} + \frac{M_{y,ED} + N_{ED} * e_{Ny}}{\frac{W_{eff,y} * f_y}{\gamma Mo}} + \frac{M_{z,ED} + N_{ED} * e_{Nz}}{\frac{W_{eff,z} * f_y}{\gamma Mo}} \leq 1$$

Puesto que en nuestra viga no aparece axil, no será necesario el primer término ni la componen del axil de cada momento, por lo que, para nuestro caso, se obtiene en un valor de:

$$0,9175 \leq 1$$

Podemos afirmar que nuestra viga presenta un aprovechamiento del 91,75%.



8.3 Pilar

Comprobación del momento flector:

De acuerdo con el apartado 34.4 de la EAE, el valor de cálculo del momento flector M_{ed} deberá cumplir para toda sección transversal :

$$M_{Ed} \leq M_{C,Rd}$$

siendo, para secciones de clase 4:

$$M_{C,Rd} = \frac{W_{ef,min} * f_y}{\gamma M_0}$$

obteniendo como resultado:

$$M_{C,Rd,y} = 22,09 \text{ Kn} * m$$

$$M_{C,Rd,z} = 17,29 \text{ Kn} * m$$

y como :

$$M_{Ed,y} = 1,68 \text{ Kn} * m \leq 22,09 \text{ Kn} * m$$

$$M_{Ed,z} = 11,14 \text{ Kn} * m \leq 17,29 \text{ Kn} * m$$

Podemos afirmar que nuestra viga más desfavorable cumple con la comprobación de momento flector.

Comprobación de esfuerzo axial de compresión:

De acuerdo con el apartado 34.3 de la EAE, el valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión N_{ed} deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd}$$

con $N_{C,Rd}$ para secciones de clase 4:

$$N_{C,Rd} = \frac{A_{eff} * f_y}{\gamma M_0}$$

Por lo que, para nuestro caso, obtenemos un valor de:

$$N_{Ed} = 64,042 \text{ Kn} \leq 1010,04 \text{ Kn}$$

Podemos afirmar que nuestra sección resiste el esfuerzo axial de compresión.



Comprobación a esfuerzo cortante:

De acuerdo con el apartado 34.5 de la EAE, el valor de cálculo del esfuerzo cortante V_{Ed} deberá cumplir para cualquier sección transversal:

$$V_{Ed} \leq V_{C,Rd}$$

siendo $V_{C,Rd}$ para secciones en ausencia de torsión:

$$V_{C,Rd} = \frac{A_v \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma M_0}$$

donde A_v para secciones de perfiles laminados en T con carga paralela al alma será:

$$A = b * t_f + (t_w + 2r) * \frac{t_f}{2}$$

con:

A= Área sección transversal= 4800 mm²

b= Ancho total de la sección=300mm

t_f= Espesor del ala= 8mm

t_w= Espesor del alma= 16mm

r= Radio de acuerdo= 12mm

de donde obtenemos el valor de A_v :

$$A_v = 2512 \text{ mm}^2$$

Por lo que obtenemos el valor de $V_{C,Rd}$:

$$V_{C,Rd} = 342,7 \text{ Kn}$$

Por lo tanto, dado que:

$$V_{Ed} = 1,24 \text{ Kn y } 7,46 \text{ Kn} \leq V_{C,Rd} = 342,7 \text{ Kn}$$

Podemos afirmar que nuestra sección resistirá a cortante.



Aprovechamiento de la sección:

De acuerdo con el apartado 34.7.2.3 de la EAE, para comprobar la sección emplearemos la fórmula:

$$\frac{N_{ED}}{\frac{A_{eff} * f_y}{\gamma Mo}} + \frac{M_{y,ED} + N_{ED} * e_{Ny}}{\frac{W_{eff,y} * f_y}{\gamma Mo}} + \frac{M_{z,ED} + N_{ED} * e_{Nz}}{\frac{W_{eff,z} * f_y}{\gamma Mo}} \leq 1$$

Debido a la reducción de nuestra sección, el centro de gravedad de la sección variará su posición respecto a la inicial. En nuestro caso, solo variará la posición del eje Z de nuestra pieza, por lo que obtendremos unos valores de e_{Ny} y e_{Nz} tales como:

$$e_{Ny} = 0 ; e_{Nz} = -10,543 \text{ mm}$$

Estos resultados se interpretan como el desplazamiento en el eje de las Z positivo, situándose en una cota mayor que la anterior.

Con estos datos podemos calcular el valor del aprovechamiento de nuestra sección, obteniendo un resultado tal que:

$$0,825 \leq 1$$

Podemos afirmar que nuestra viga presenta un aprovechamiento del 82,5%.

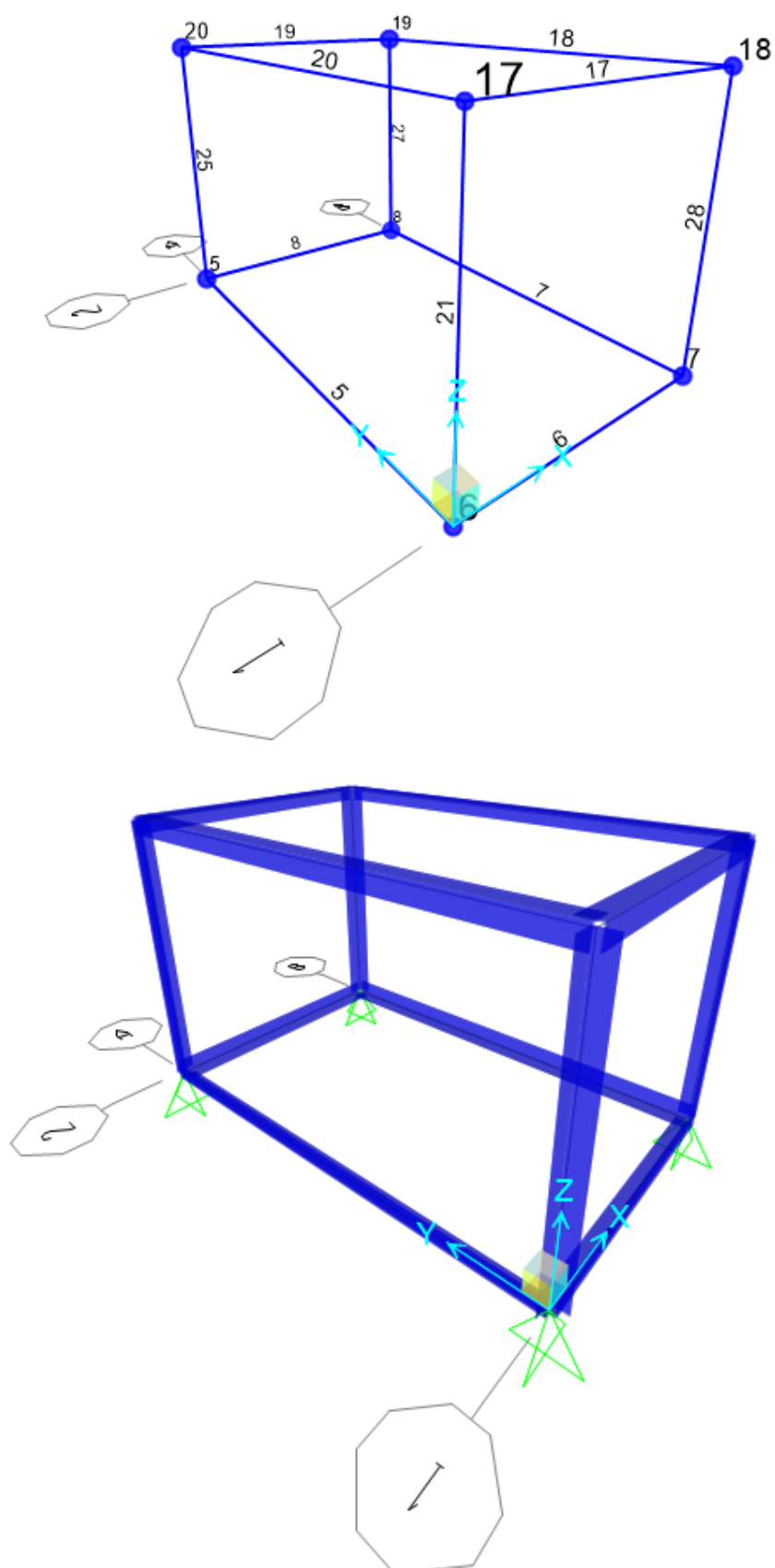


ANEXOS

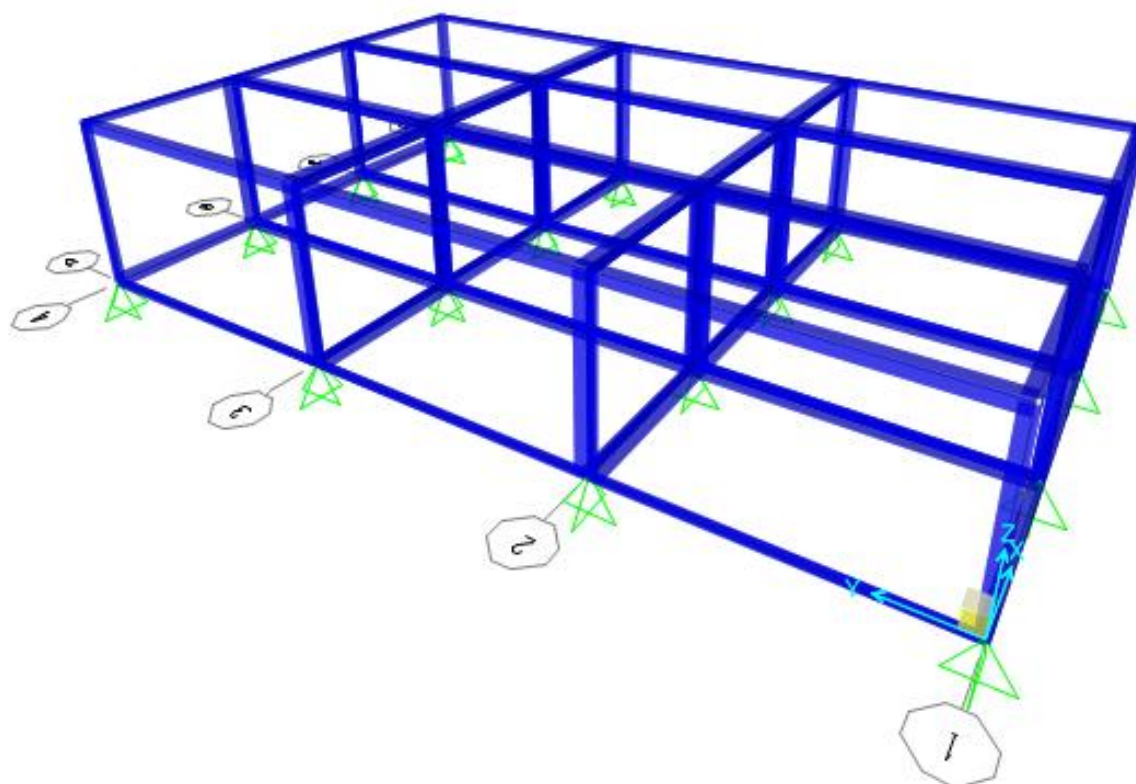
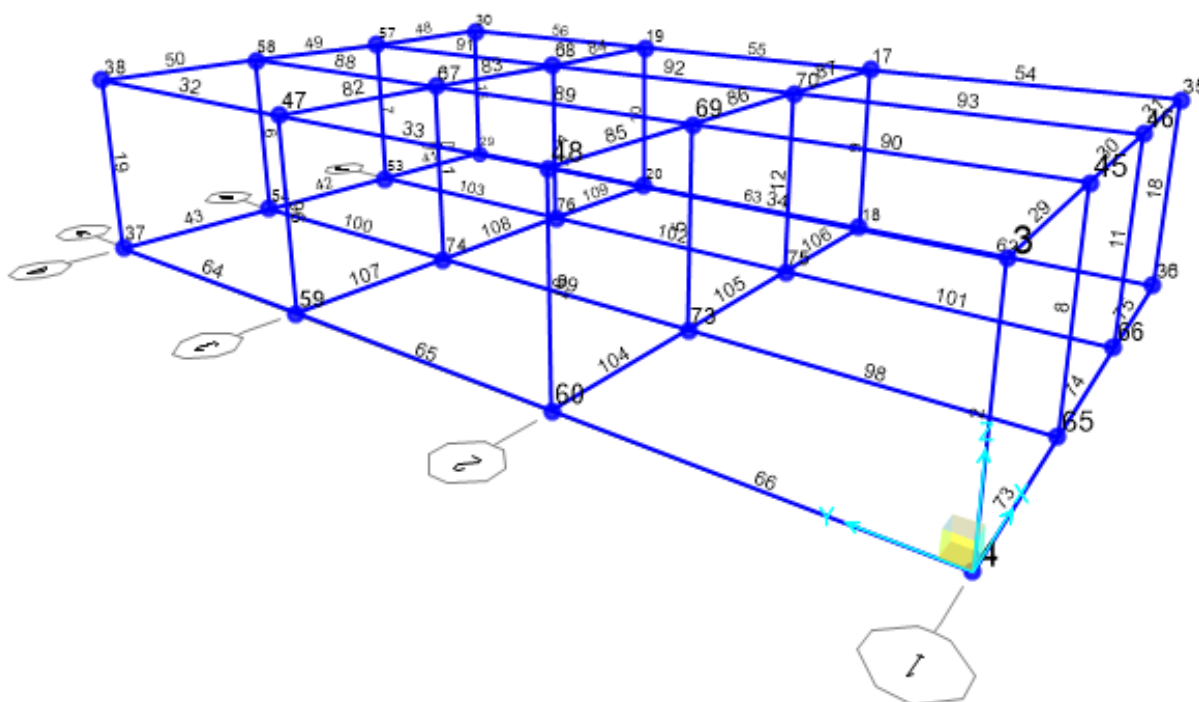


ANEXO Nº1: DISEÑOS EN SAP2000

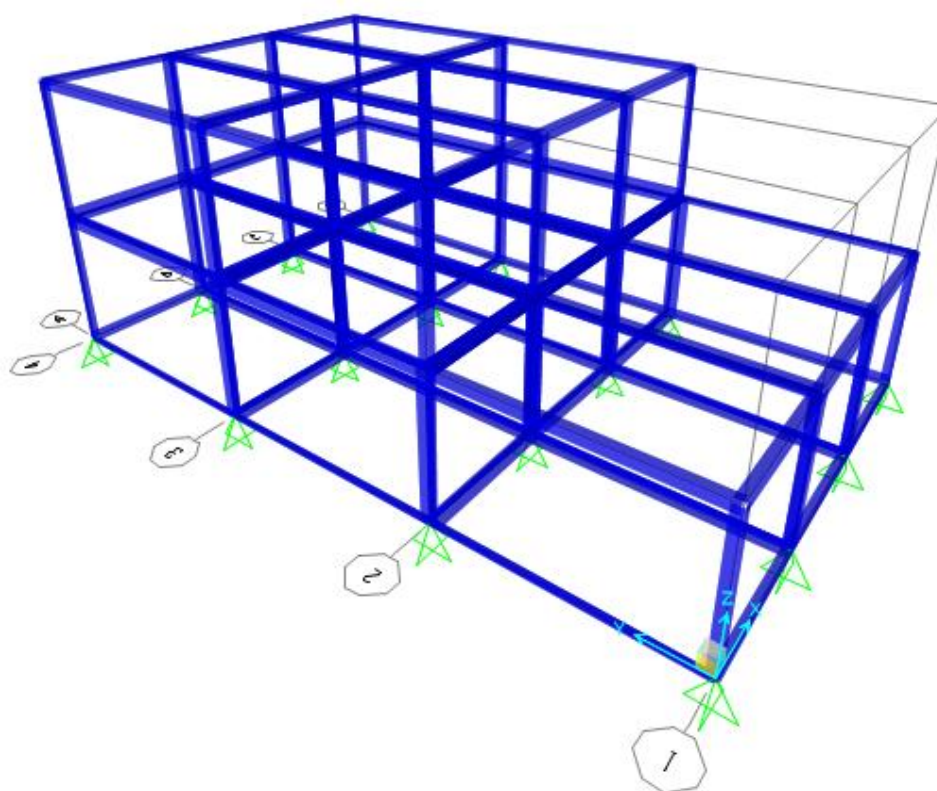
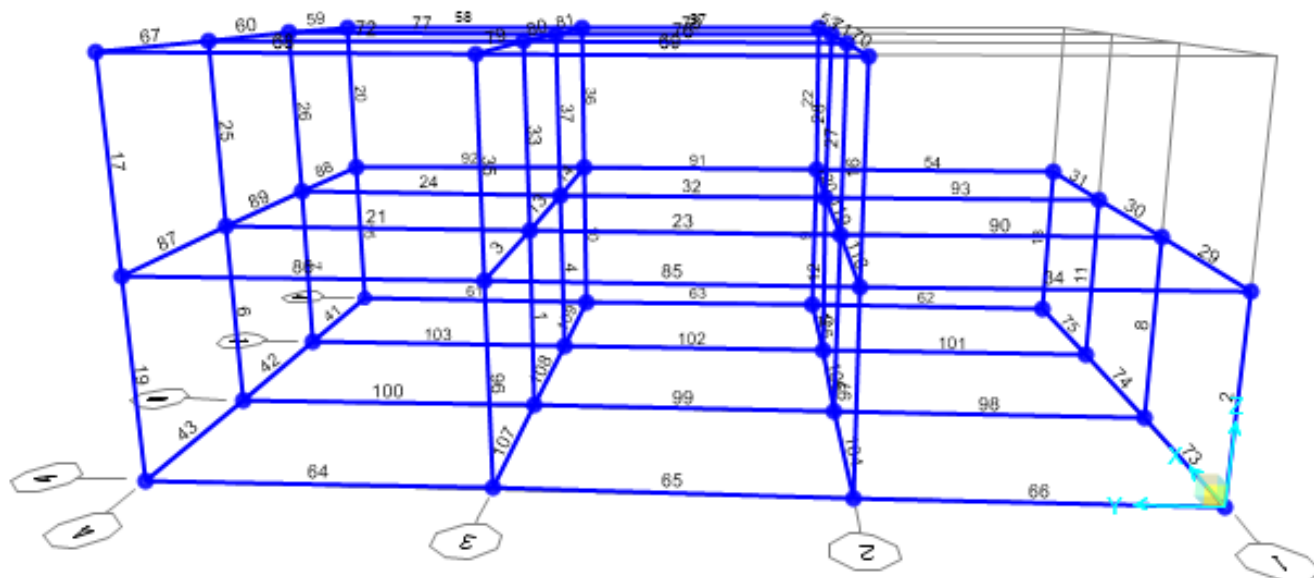
Diseño 1: Módulo individual



Diseño 2: Conjunto de módulos de 1 nivel



Diseño 3: Conjunto de módulos de 2 niveles





ANEXO Nº2: RESULTADOS DEL SAP2000

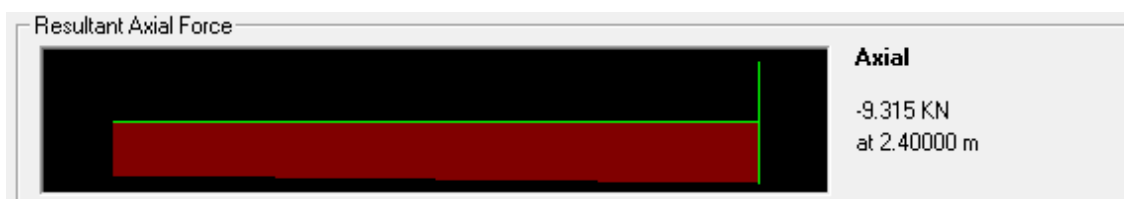


A modo de representación global de los resultados mostraremos los esfuerzos obtenidos en la sección de viga y pilar más solicitadas de cada diseño, demostrando que se encuentran correctamente dimensionados. Las secciones de cada diseño se pueden localizar en el ANEXO Nº1.

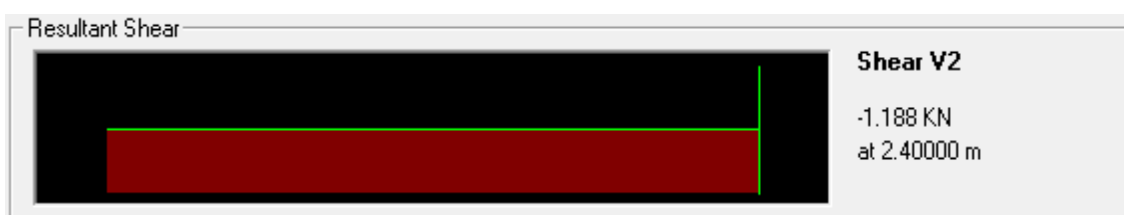
Resultados del diseño 1

Pilar 28

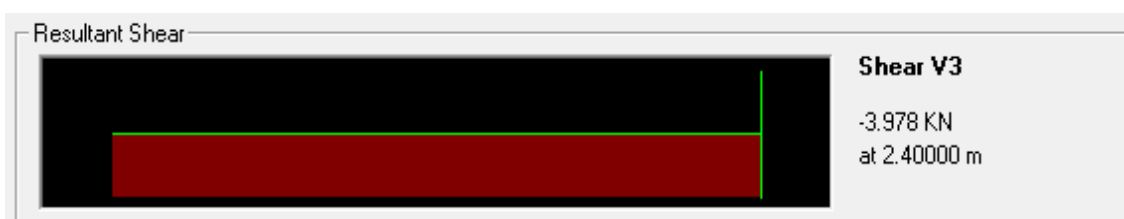
Axil



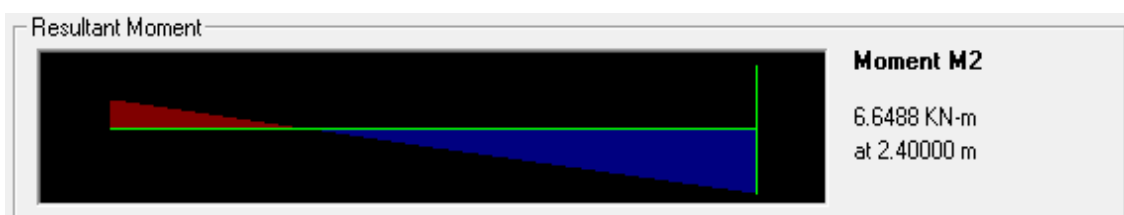
Cortante plano ZX



Cortante plano ZY

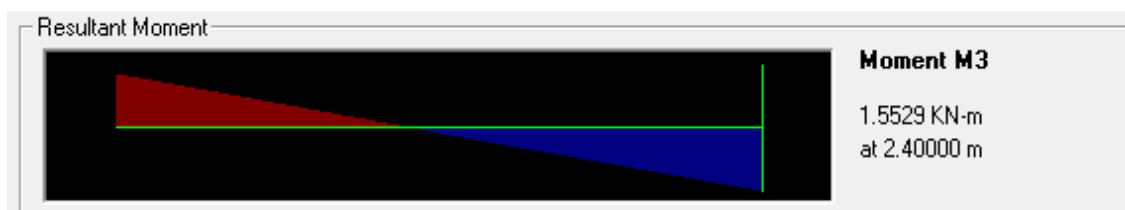


Momento plano ZX



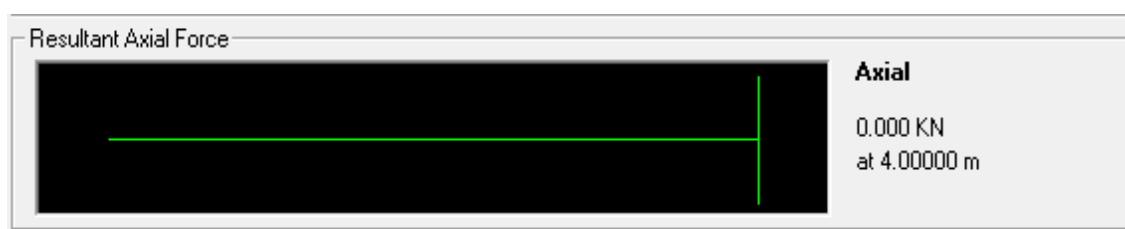


Momento plano ZY

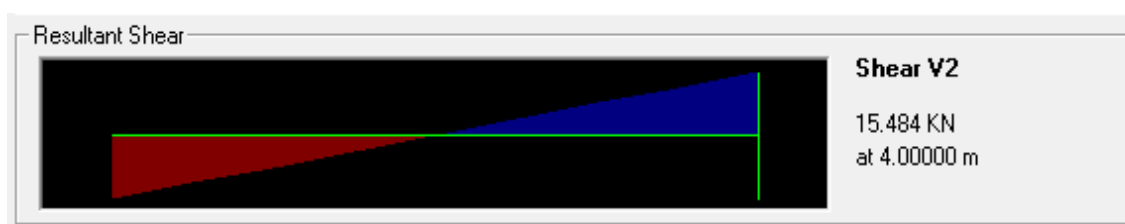


Viga 5

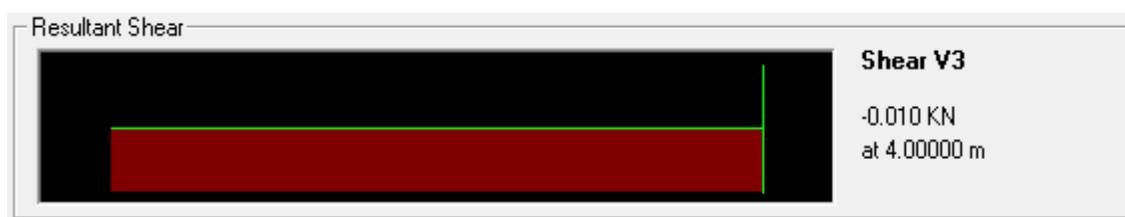
Axil



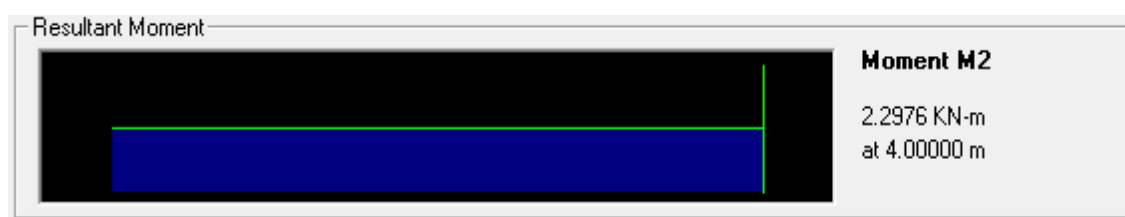
Cortante plano ZX



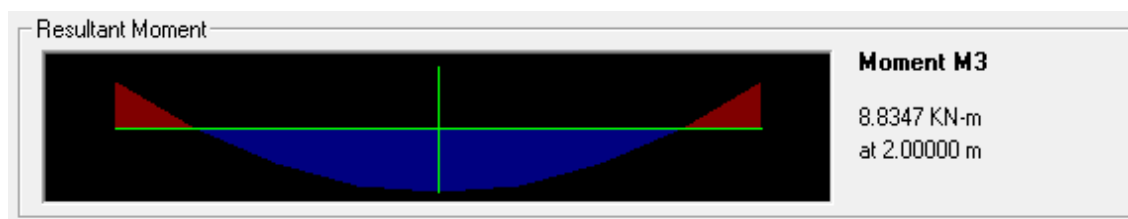
Cortante plano ZY



Momento plano ZX



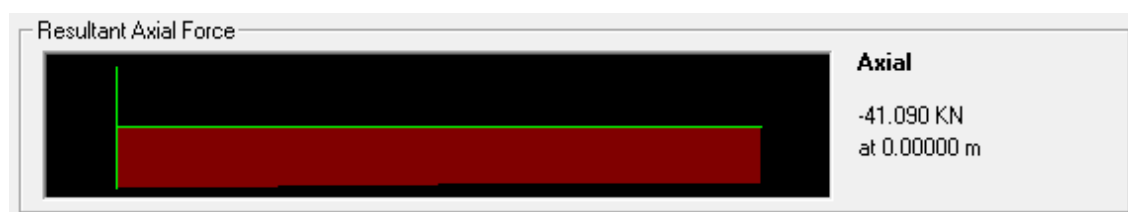
Momento plano ZY



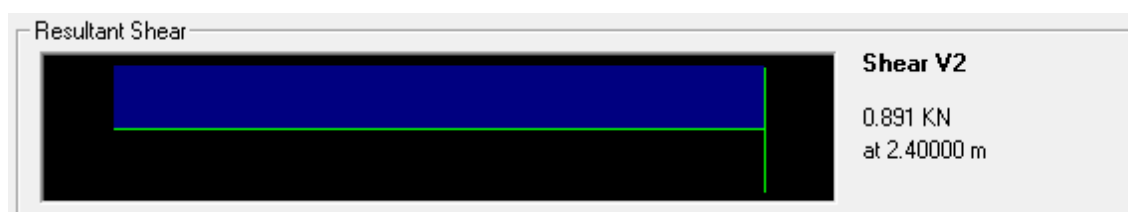
Resultados del diseño 2

Pilar 5

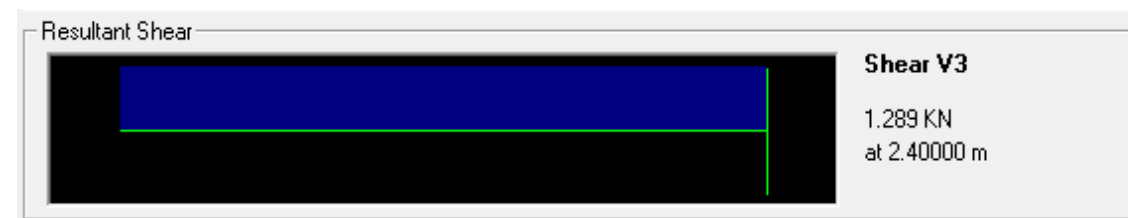
Axil



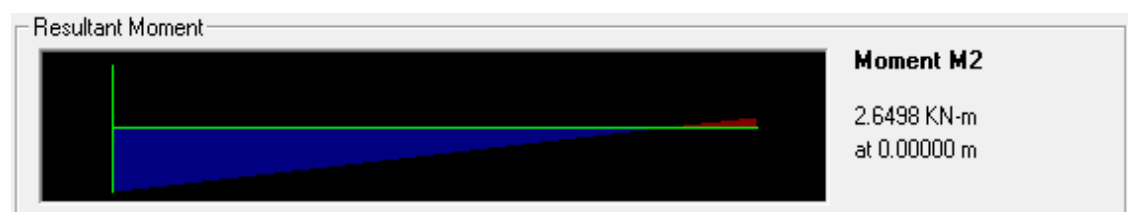
Cortante plano ZX



Cortante plano ZY

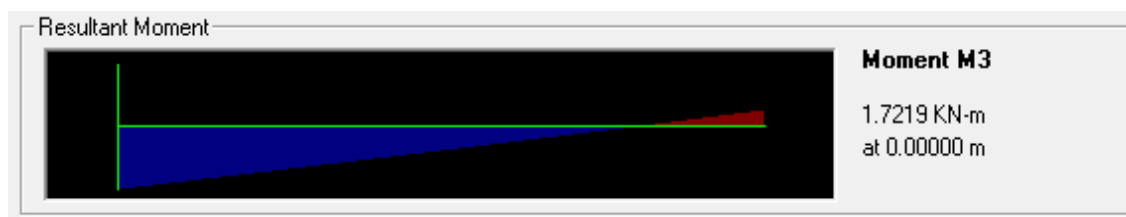


Momento plano ZX



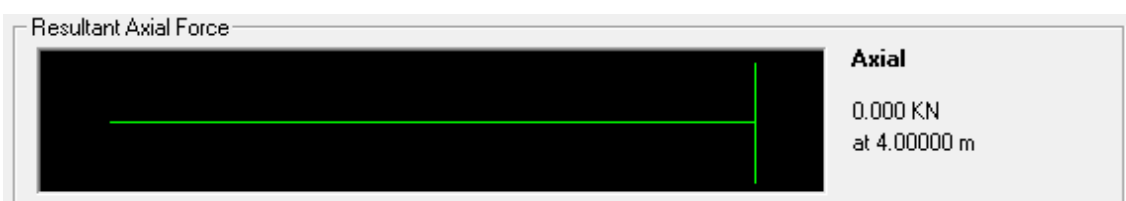


Momento plano ZY

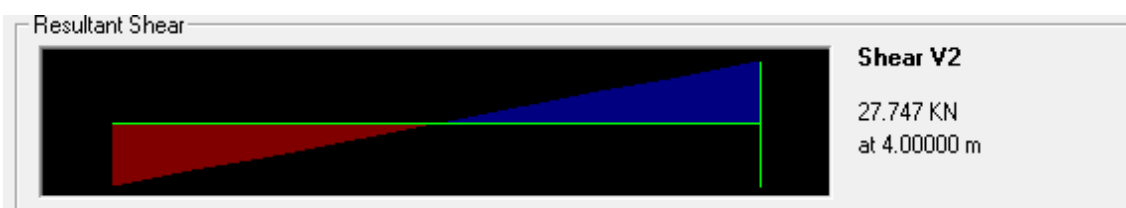


Viga 99

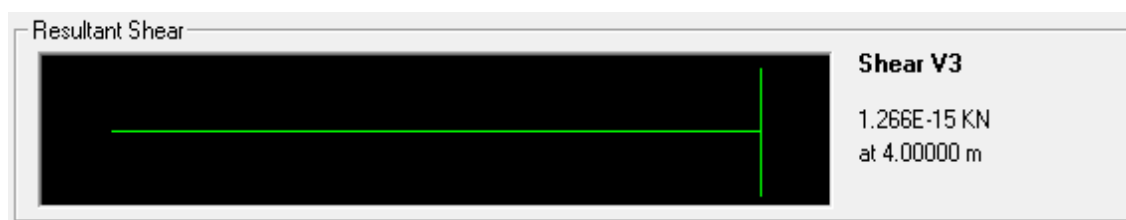
Axil



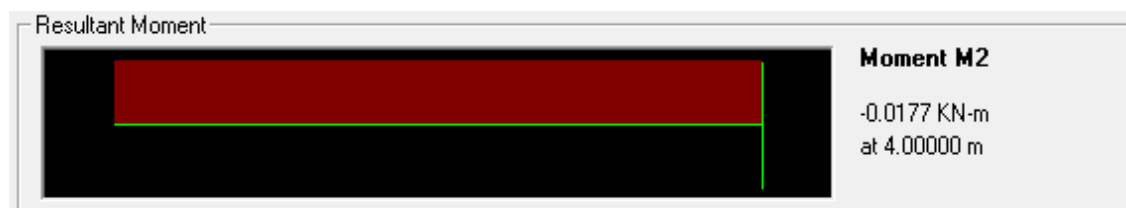
Cortante plano ZX



Cortante plano ZY

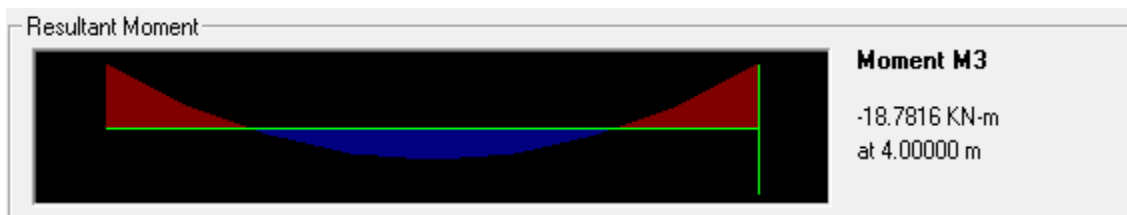


Momento plano ZX





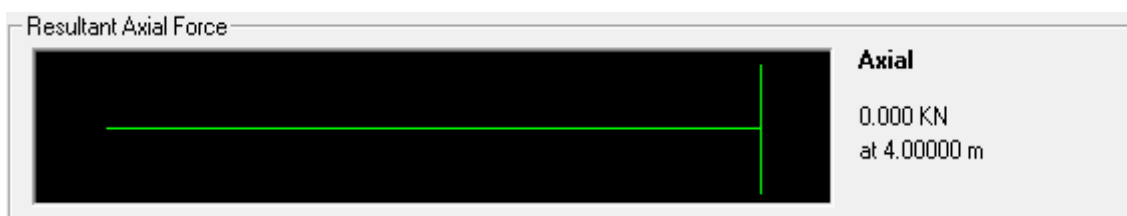
Momento plano ZY



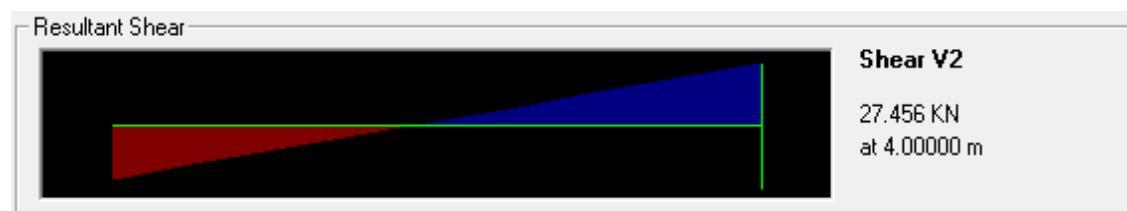
Resultados del diseño 3

Viga 98

Axil



Cortante plano ZX

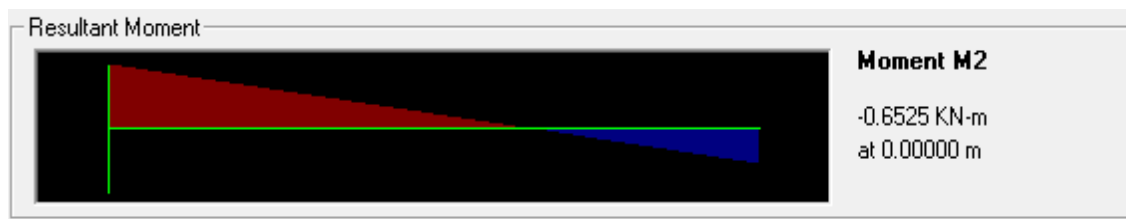


Cortante plano ZY

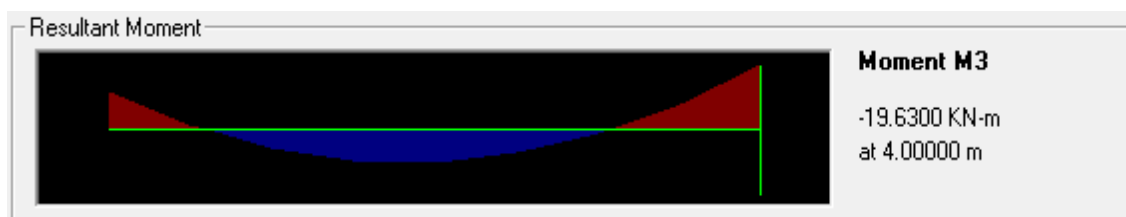




Momento plano ZX

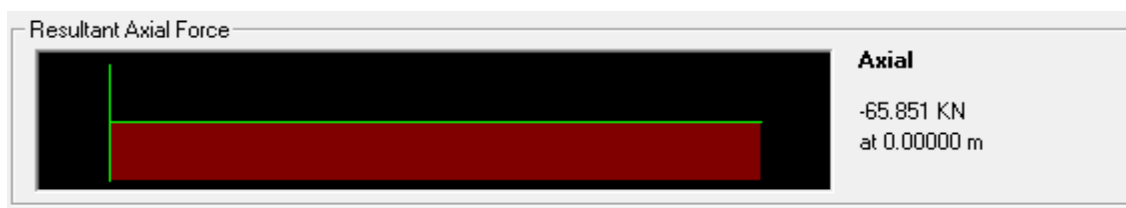


Momento plano ZY

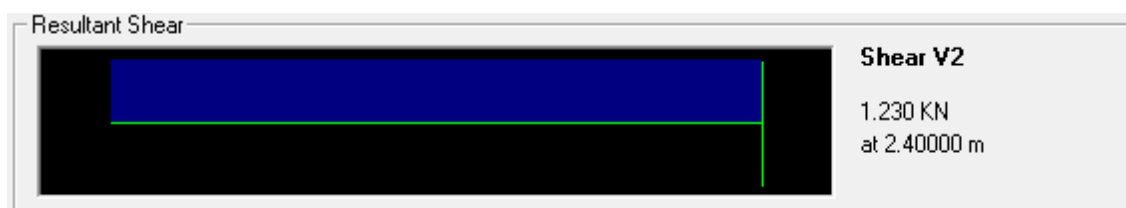


Pilar 6

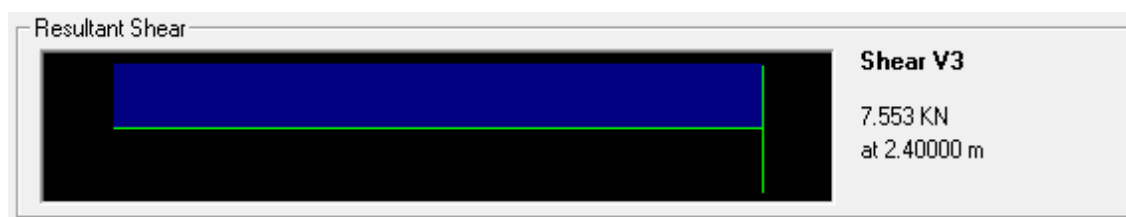
Axil



Cortante plano ZX

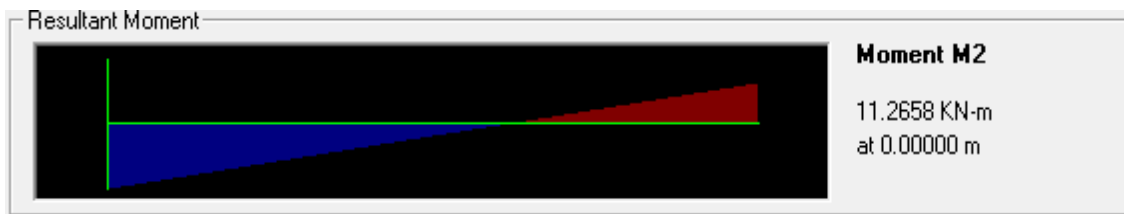


Cortante plano ZY

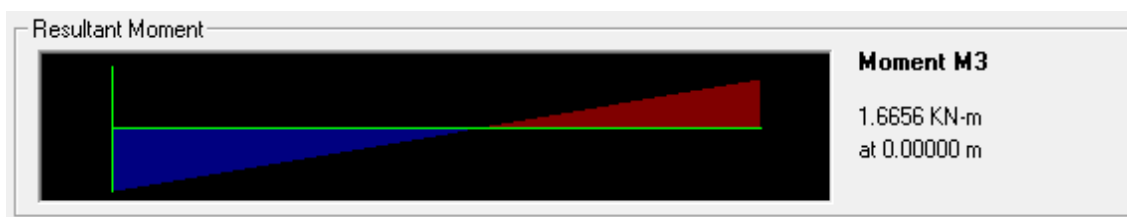




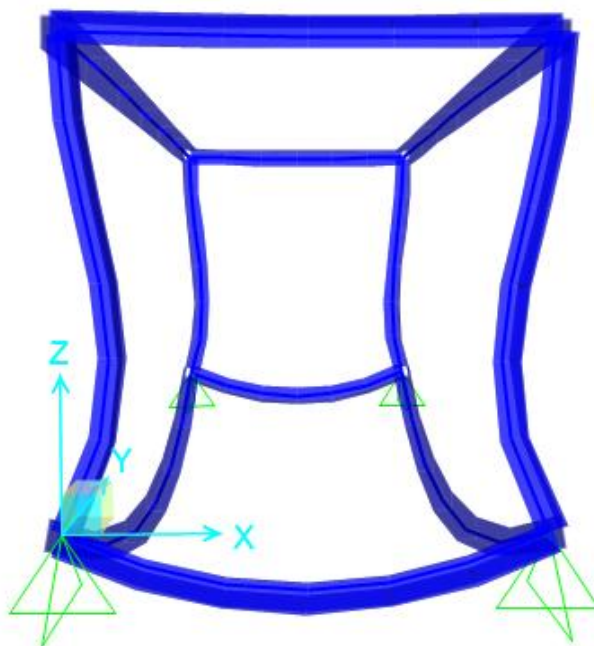
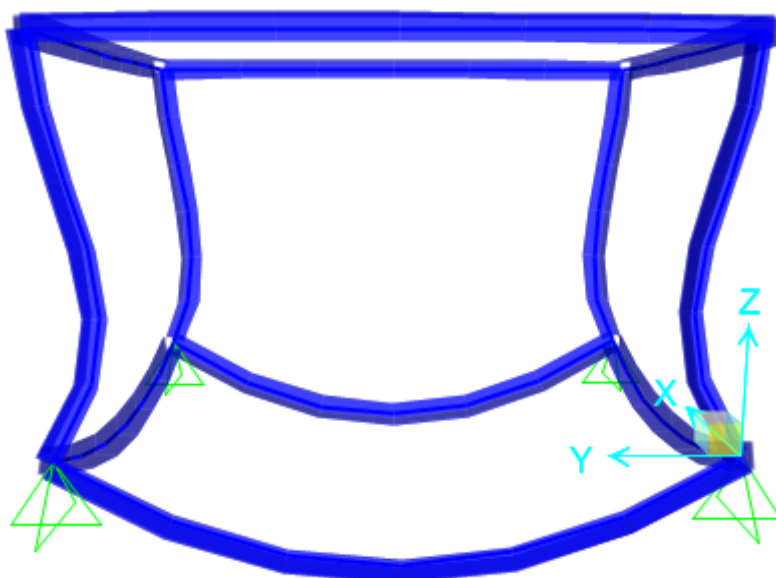
Momento plano ZX



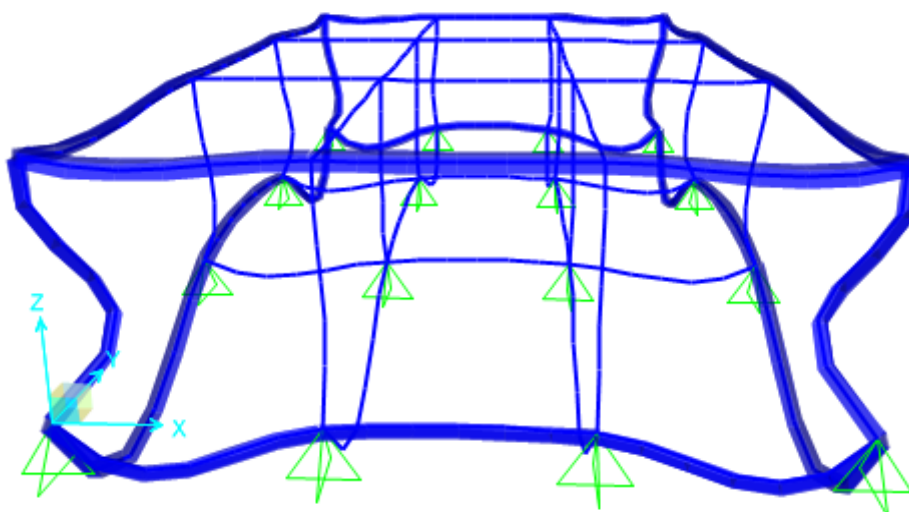
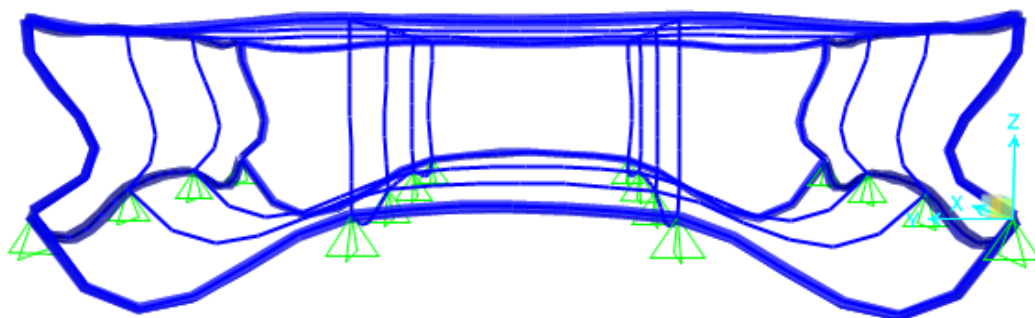
Momento plano ZY



Deformadas para la combinación más desfavorable del diseño 1



Deformadas para la combinación más desfavorable del diseño 2



Deformadas para la combinación más desfavorable del diseño 3

