

ANEJO II. CÁLCULO ESTRUCTURAL

3.3.2.3.1.3.	RANGO DE LA COMPONENTE UNIFORME DE LA TEMPERATURA.....	7
3.3.2.3.2.	COMPONENTE DE LA DIFERENCIA VERTICAL.....	8
3.3.2.3.3.	RESULTADOS.....	8
3.3.2.4.	NIEVE	8
3.3.3.	ACCIONES ACCIDENTALES	8
3.3.3.1.	IMPACTOS	8
3.3.3.2.	ACCION SISMICA.....	8
3.4.	BASES PARA LA COMBINACION DE ACCIONES.....	8
3.4.1.	VALOR REPRESENTATIVO DE LAS ACCIONES PERMANENTES	8
3.4.2.	VALOR REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES VARIABLES.....	9
3.4.3.	VALOR DE CÁLCULOS DE LAS ACCIONES.....	9
3.4.3.1.	ELU.....	9
3.4.3.2.	ELS	9
3.4.4.	COMBINACION DE ACCIONES.....	10
4.	ANALISIS ESTRUCTURAL	10
4.1.	MODELO DE CALCULO Y GEOMETRIA.....	10
4.1.1.	NUDOS.....	11
4.1.2.	DEFINICION GEOMETRICA.....	12
4.1.3.	GEOMETRIA Y PROPIEDADES DE LAS BARRAS	
4.2.	CARGAS	15
4.2.1.	COMBINACION DE ACCIONES	15
4.3.	COMPROBACION ESTADO LIMITES.....	15
4.3.1.	ELU	15
4.3.2.	ELS	18
5.	ELEMENTOS SECUNDARIOS.....	18

1.Objeto

El siguiente anejo tiene como objetivo describir, definir la estructura. dimensionar y realizar la comprobación de la estructura y de los diferentes elementos que lo componen. Todos los cálculos se realizarán conforme a la normativa vigente.

2.Descripción de la obra.

La obra se encuentra en el Término municipal de L'Eliana, en la cuenca de recepción del Barranco Mandor, en su confluencia con el río Turia, en el PK 0+000.

La estructura consiste en dos vanos de 21.0 metros biapoyados de 3.5 metros de ancho cada uno unidos en la isla central artificial mediante una plataforma que da acceso al Molino.

Los dos vanos son idénticos y se componen de dos vigas en celosía en sus laterales unidos por la parte superior mediante vigas de arriostramiento y en su parte inferior por vigas que sirven de apoyo para el tablero.

3.Bases de cálculo

3.1.Normativa

Instrucción de acero estructural. EAE-11

Instrucción de hormigón estructural. EHE-08

Instrucción sobre las acciones a considerar en proyectos de puentes de carretera IAP-11

Guia de cimentación en obras de carretera 2011

3.2. Materiales

3.2.1 Acero S275 JR

Acero empleado en la toda la estructura

- Modulo de elasticidad $E=210\text{GPa}$
- Módulo de rigidez $G=81\text{GPa}$
- Coeficiente de Poisson $\nu=0,3$
- Coeficiente de dilatación térmica $\alpha= 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Densidad $\rho=7850 \text{ kg/m}^3$
- Limite elástico $f_y=275 \text{ MPa}$

3.2.2 Madera teca

Se ha optado para madera de teca debido a su elevada resistencia y su mínimo deterioro ante agentes externos.

Tiene una resistencia a flexión de 40Mpa y a cortante 4Mpa. Su densidad es de 660kg/m³

3.3.Acciones

3.3.1 Acciones permanentes de valor constante

Las cargas permanentes son producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte del puente. Se clasifican por peso propio y cargas muertas.

3.3.1.1. Peso propio

El valor de esta acción corresponde al peso del valor del material usado en la estructura. En este caso el material utilizado es el acero por lo tanto.

$\gamma_s=78.5\text{KN/m}^3$

3.3.1.2. Cargas muertas

Estas cargas son las debidas a los elementos no estructurales que gravitan sobre los estructurales

- En la barandilla se adoptará una carga sobre el elemento superior de 1,5kN/m
- Pavimento de madera de teca.

3.3.2 Acciones variables

3.3.2.1 Sobrecarga de uso

- En zonas de uso peatonal se supone aplicada una sobrecarga uniforme vertical de 5 kN/m².
- Se supone una fuerza horizontal longitudinal Q_{flk} de valor igual al 10% del total de la carga vertical uniformemente distribuida, actuando en el eje del tablero al nivel de la superficie del pavimento.

3.3.2.2 Viento

La acción del viento se asimilará a una carga estática equivalente sin necesidad de considerar efectos aeroelásticos debido a:

- Luz inferior a 200m
- Luz efectiva menor que 30 veces el canto
- Anchura del tablero superior a 1/10 de la distancia entre puntos de momento transversal nulo.

Para el cálculo del viento consultamos la IAP-11 donde define el empuje del viento horizontal, vertical y longitudinal.

3.3.2.2.1 Velocidad básica del viento(V_b)

Es la velocidad media a lo largo de un periodo de 10 minutos, con un periodo de retorno T de 50 años, medida con independencia de la dirección del tiempo a una altura 10m sobre el suelo.

$$V_b = C_{dir} C_{season} V_{b,0}$$

Donde:

- C_{dir} factor direccional del viento que, a falta de estudios mas precisos, puede tomarse 1,0
- C_{season} , factor estacional del viento que puede tomarse igual a 1,0
- $V_{b,0}$ velocidad básica fundamental del viento, según el siguiente mapa de isotacas.



3.3.2.2.2 Velocidad media del viento Vm

La velocidad media del viento a una altura z sobre el terreno dependerá de la rugosidad del terreno, de la topografía y de la velocidad básica del viento. Se determina:

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_o \cdot V_b(T)$$

donde:

- vb(T), velocidad básica del viento [m/s]para un período de retorno T
- co, factor de topografía que se toma igual a 1.0
- cr(z), factor de rugosidad obtenido de la siguiente fórmula: $cr(z)=kr \ln (z/z_o)$
 - kr, factor del terreno
 - z, altura del punto de aplicación del empuje de viento respecto del terreno
 - zo, longitud de la rugosidad
 - zmin, altura mínima

TIPO DE ENTORNO	k_r	z_o [m]	z_{min} [m]
0	0,156	0,003	1
I	0,170	0,01	1
II	0,190	0,05	2
III	0,216	0,30	5
IV	0,235	1,00	10

-Tipo II: Zona rural con vegetación baja y obstáculos aislados.

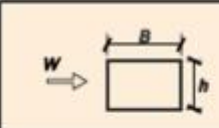

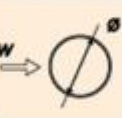
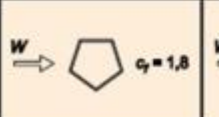
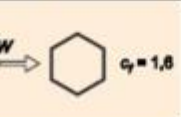
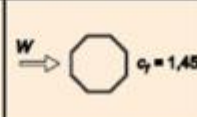
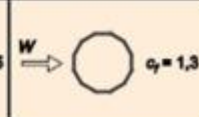
3.3.2.2.3 Empuje del viento

Una vez calculados los anteriores factores retomamos la fórmula inicial, este empuje se calculará por separado para cada elemento del puente:

$$F_w = \left[\frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] c_e(z) c_f A_{ref}$$

Siendo:

- Fw, empuje horizontal del viento [N].
- 1/2*ρ*vb (T), presión de la velocidad básica del viento vb [N/mm].
- P, Densidad del aire, que se tomará igual a 1.25 kg/m3.
- vb(T), velocidad básica del viento [m/s]para un período de retorno T.
- Aref, área de referencia.
- ce(z,) coeficiente de exposición.
- cf, coeficiente de fuerza del elemento considerado.

	$\frac{B}{h}$	$\leq 0,2$	0,4	0,6	0,7	1,0	2,0	5,0	$\geq 10,0$
	c_f	2,0	2,2	2,35	2,4	2,1	1,85	1,0	0,9
	<div>  <div> sección circular con superficie lisa y tal que: $\varnothing v_b(T) / c_e(z) > 6 \text{ m/s}$ $c_f = 0,7$ </div> <div> sección circular con superficie rugosa⁽¹⁾, o lisa tal que: $\varnothing v_b(T) / c_e(z) < 6 \text{ m/s}$ $c_f = 1,2$ </div> </div>								
									

3.3.2.2.4 Dirección del viento

Para evaluar la acción del viento sobre la estructura se considerará su actuación en dos direcciones:

- Perpendicular al eje del tablero: Dirección transversal (X)
- Paralela al eje del tablero: Dirección longitudinal(Y)

3.3.2.2.5.1 Efectos provocados por el viento transversal

3.3.2.2.5.1.1 Empuje horizontal

En tableros tipo celosía se calculará de forma independiente para cada celosía, en función del área sólida expuesta al viento.

3.3.2.2.5.1.2 Empuje vertical

Se considerará un empuje vertical en dirección Z actuando sobre el sentido más desfavorable igual:

$$F_{w,z} = \left[\frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] c_e(z) c_{f,z} A_{ref,z}$$

Siendo:

- $F_{w,z}$; empuje vertical del viento
- $\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$; presión de la velocidad básica del viento
- $c_e(z)$; coeficiente de exposición
- $c_{f,z}$; coeficiente de fuerza en la dirección vertical z, se tomara ± 0.9
- $A_{ref,z}$; área en planta del tablero

3.3.2.2.5.1.3 Momento de vuelco sobre el tablero

A falta de datos precisos sobre el momento de vuelco ejercido por la acción de los empujes transversales y verticales de viento sobre el tablero, se supondrá que:

- El empuje transversal esta aplicado una altura media ponderada de los centros de gravedad de las diferentes áreas que compongan el primer frente máximo adoptado en el calculo del área expuesta a la componente horizontal del viento transversal, incluyendo la SCU.
- El empuje vertical está aplicado a una distancia de borde del barlovento igual a un cuarto de la anchura del tablero.

3.3.2.2.5.2 Empuje provocado por el viento longitudinal

Se considerará un empuje horizontal paralelo al eje del puente sobre los elementos de desarrollo longitudinal (tablero y barandillas)

Este empuje longitudinal será una fracción del empuje transversal producido por el viento transversal multiplicado por un coeficiente reductor cuyo valor será un 25% para los elementos sólidos y 50% para los elementos que presenten huecos.

3.3.2.2.4 Resultados

3.3.2.2.4.1 Empuje horizontal

Como ambos vanos son idénticos, basta con comprobar uno. En caso de falta de datos para obtener algún coeficiente, se escoge el más restrictivo.

La velocidad básica del viento (v_b), con un periodo de retorno T de 100 años, da un valor de 27 m/s

La velocidad media (V_m), se halla multiplicando la velocidad básica por el coeficiente de rugosidad(Tipo II) de 0,89 a una altura media de 5,5metros , y se obtiene un valor de 24,11m/s.

Por lo que el valor del empuje del viento unitario(F_{wu}) será de 1.525kN/m²

3.3.2.2.4.2Empuje vertical

El empuje vertical viene dado multiplicado por el coeficiente de fuerza en el eje Z, que os indica que es el 90% del valor del empuje horizontal.

$$F_{wz} = F_{wu} \cdot A_{tablero} \cdot 0.9$$

3.3.2.7.3 Empuje longitudinal

En celosías el empuje longitudinal es el 25% del transversal en celosías:

$$F_{wy} = 0.25 \cdot F_{wx}$$

En el SAP se ha da asignado el valor del viento como carga distribuida a lo largo de cada barra, multiplicando el valor del empuje del viento unitario por el espesor de la barra.

3.3.2.3 Acción térmica

Para evaluar el efecto de la acción térmicas se considera un tablero Tipo 1: Tableros de acero con sección transversal en cajón, viga armada o celosía.

Los valores representativos de la acción térmica se evaluarán considerando la componente uniforme de temperatura y las componentes de la diferencia de temperaturas vertical y horizontal.

3.3.2.3.1 Componente uniforme de la temperatura del tablero

3.3.2.3.1.1 Temperatura máxima y mínima del aire

Para calcular los efectos de la componente uniforme de temperatura se partirá del valor de la temperatura del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento de la pasarela.

El valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra T_{max} depende del clima del lugar y de la altitud, la cual la podemos obtener de la siguiente mapa:

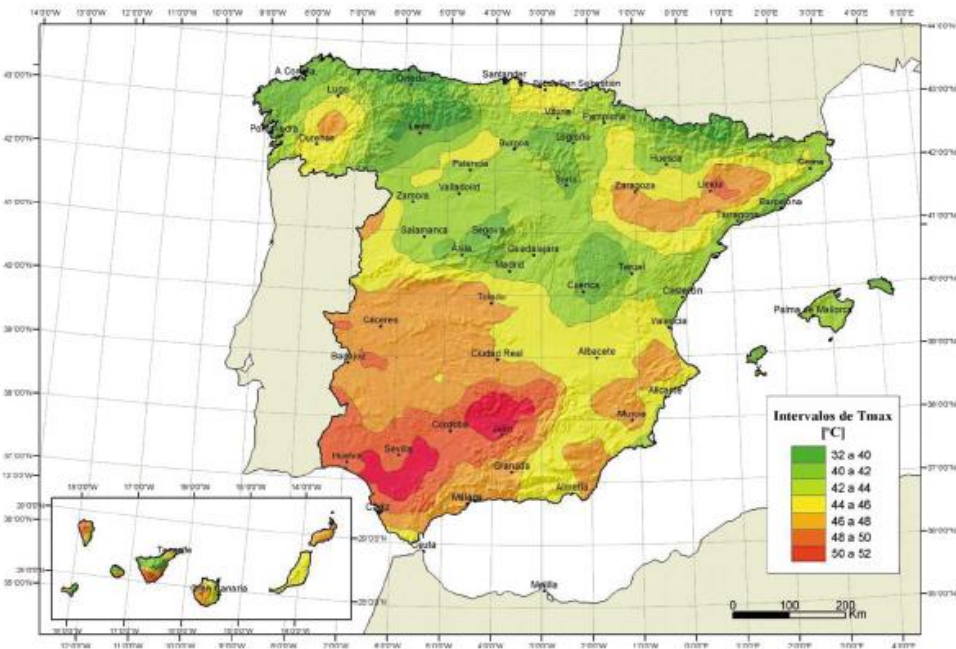


FIGURA 4.3-a ISOTERMAS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA ANUAL DEL AIRE, T_{max} [°C]
(Coincide con el mapa correspondiente del Código Técnico de la Edificación)

Como valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra T_{min} se tomará, para un periodo de 50 años el que se deduce en la siguiente tabla:

ALTITUD [m]	ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

La tabla está en función de la altitud (En la comunidad valenciana estamos mas próximos a 0 metros) y de la zona de clima invernal, el cual se halla del siguiente mapa:



FIGURA 4.3-b ZONAS CLIMÁTICAS DE INVIERNO

Para periodos diferentes de 50 años(en nuestro caso T=100años), se deben calcular la temperatura máxima y minima como :

$$T_{max,p} = T_{max} \{k_1 - k_2 \ln [-\ln (1 - p)]\}$$

$$T_{min,p} = T_{min} \{k_3 + k_4 \ln [-\ln (1 - p)]\}$$

Siendo p, el inverso del periodo de retorno (p=0,01) y los coeficientes:

K1=0.781; k2=0.056;k3=0.393 y k4=-0.156

3.3.2.3.1.2 Componente uniforme de temperatura

La componente uniforme de la temperatura del tablero tend´ra un valor minimo y valor máximo que se determinaran a partir de la temperatura del aire, mediante las expresiones siguientes:

$$T_{e,min} = T_{min} + \Delta T_{e,min}$$

$$T_{e,max} = T_{max} + \Delta T_{e,max}$$

Los valores característicos de la temperatura minima y máxima ya la hemos hallado en el apartado anterior las variaciones la encontramos en la siguiente tabla.

TIPO DE TABLERO	$\Delta T_{e,min}$ [°C]	$\Delta T_{e,max}$ [°C]
Tipo 1: Tablero de acero	-3	+16

En caso de celosías el valor de $\Delta T_{e,max}$ puede reducirse en 3°C.

El coeficiente de dilatación termina para el acero estructural es de $\alpha=12 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

3.3.2.3.1.3 Rango de la componente uniforme de temperatura.

La variación de la componente uniforme de temperatura ocasionara en una estructura sin coacción al movimiento un cambio de longitud del elemento. Teniendo en cuenta lo hallado en el apartado anterior, el rango de variación de la componente uniforme de temperatura en el tablero será : $\Delta T_N = T_{max} - T_{min}$

A partir de los valores característicos máximo y minimo de la componente uniforme de temperatura y a partir de la temperatura inicial T0(17.4°C), se obtendrán los rangos de variación térmica que permita determinar la contracción y la dilatación:

Valor característico de la máxima variación de temperatura en contracción será:

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min}$$

Valor característico de la máxima variación de temperatura en dilatación será:

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0$$

3.3.2.3.2 Componente de la diferencia de temperatura. Diferencia vertical

En puentes de acero (tipo 1), el calentamiento y enfriamiento da lugar a una variación de temperatura en que tendrá un valor de máximo calentamiento (cara superior mas caliente) y un valor máximo de enfriamiento(cara inferior mas fría)

Los valores se recogen en la siguiente tabla:

TIPO DE TABLERO	FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE	FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA
	$\Delta T_{M,heat} [^{\circ}C]$	$\Delta T_{M,cool} [^{\circ}C]$
Tipo 1: Tablero de acero	18	13

3.3.2.3.3 Resultados

Componente uniforme	T(°C)	Componente lineal vertical	T(°C)
Tmax,p	45,7	ΔTm,heat	18
Tmin,p	-5,5	ΔTm,cool	13
Te,max	62		
Te,min	-8,5		
To	17,4		
ΔTN,co	25,9		
ΔTN,di	44,6		

3.3.2.4 Nieve

La carga de nieve en Valencia, al estar a altitud 0 sería de 0.2 kN/m2

TABLA 4.4-a SOBRECARGA DE NIEVE EN UN TERRENO HORIZONTAL, s_k [kN/m²]
(Coincide con la tabla correspondiente del Código Técnico de la Edificación)

ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b)							
ALTITUD [M]	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Pero al haber considerado una sobrecarga de uso de 5kN/m2 se podría despreciar la carga de nieve ya que ambas cargas no son concomitantes.

3.3.3 Acciones accidentales

3.3.3.1 Impactos

Al ser una pasarela peatonal no se tiene en cuenta eñ impacto de vehículos, tampoco se encuentra lo suficientemente cerca a una carretera para que se tenga en cuenta esta posibilidad.

3.3.3.2 Acción sísmica

Clasificamos la pasarela como puentes de importancia moderada, ya que la consideración de la acción sísmica no sería económicamente justificable, por lo que se le aplica un factor de importancia de valor 0.

3.4 Bases para la combinación de acciones

3.4.1 Valores representativos de las acciones permanentes

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico Gk.

3.4.2 Valores representativos de las acciones variables

- Valor combinación ψ_0 Q_k : Será el valor de la acción cuando actúe con alguna otra acción variable.
- Valor frecuente ψ_1 Q_k : Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante un periodo de corta duración respecto a la vida útil del puente.
- Valor casi-permanente ψ_2 Q_k : Será el valor de la acción tal que sea sobrepasado durante una gran parte de la vida útil del puente.

Estos factores de simultaneidad ψ será diferente según la acción de que se trate, se adoptara los valores de la siguiente tabla:

ACCIÓN			ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de uso	gr 1, Cargas verticales	Vehículos pesados	0,75	0,75	0
		Sobrecarga uniforme	0,4	0,4	0 / 0,2 ⁽¹⁾
		Carga en aceras	0,4	0,4	0
	gr 2, Fuerzas horizontales		0	0	0
	gr 3, Peatones		0	0	0
	gr 4, Aglomeraciones		0	0	0
	Sobrecarga de uso en pasarelas		0,4	0,4	0
Viento	F_{wk}	En situación persistente	0,6	0,2	0
		En construcción	0,8	0	0
		En pasarelas	0,3	0,2	0
Acción térmica	T_k		0,6	0,6	0,5
Nieve	$Q_{sn,k}$	En construcción	0,8	0	0
Acción del agua	W_k	Empuje hidrostático	1,0	1,0	1,0
		Empuje hidrodinámico	1,0	1,0	1,0
Sobrecargas de construcción	Q_c		1,0	0	1,0

3.4.2 Valor de cálculos de las acciones

El valor de cálculo de una acción se obtiene multiplicando su valor representativo por el coeficiente parcial γ_f , que tendrán diferentes valores según la situación de proyecto que se trate

- ELU

ACCIÓN		EFECTO	
		ESTABILIZADOR	DESESTABILIZADOR
Permanente (G y G*)	Peso propio	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Carga muerta	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Empuje del terreno	1,0	1,5
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,35
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,5
	Acciones climáticas ⁽²⁾	0	1,5
	Empuje hidrostático	0	1,5
	Empuje hidrodinámico	0	1,5
	Sobrecargas de construcción	0	1,35

- ELS

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0	1,0
	Carga muerta	1,0	1,0
Permanente de valor no constante (G')	Pretensado P_1	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Pretensado P_2	1,0	1,0
	Otras presolicitaciones	1,0	1,0
	Reológicas	1,0	1,0
	Empuje del terreno	1,0	1,0
	Asientos	0	1,0
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,0
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,0
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,0
	Acciones climáticas	0	1,0
	Empuje hidrostático	0	1,0
	Empuje hidrodinámico	0	1,0
	Sobrecargas de construcción	0	1,0

3.4.3 Combinación de acciones

-Para comprobaciones en ELU(Estado Límite Último)

$$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m=1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Al combinar diferentes acciones variables se tendrán en cuenta las prescripciones siguientes:

- Cuando se considere el viento transversal sobre el tablero, se considerara la actuación simultánea de la componente vertical del viento y su momento de vuelco.
- Cuando se considere el viento longitudinal sobre el tablero no se considerara la actuación simultánea del viento transversal, ni el empuje vertical ni el momento de vuelco correspondiente.
- Cuando se considere a la acción del viento como predominante, no se tendrá en cuenta la actuación de sobrecarga de uso.
- No se considerara simultanea la acción del viento y la acción térmica

-Para comprobaciones en ELS(Estado Límite de Servicio)

$$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m=1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

4. Análisis estructural

4.1 Método de cálculo y geometría.

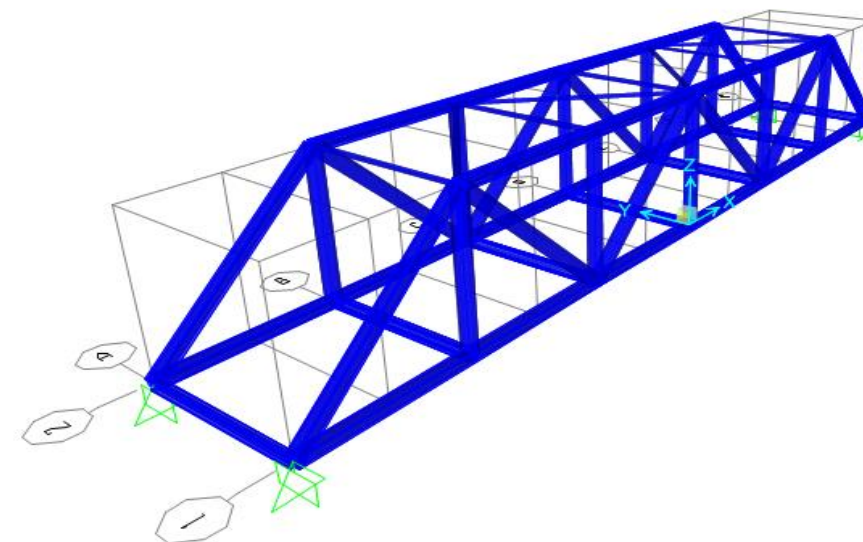
Para llevar a cabo el análisis estructural se ha utilizado el programa SAP2000 v16, en el cual se ha llevado a cabo un modelo de la estructura mediante barras. El modelo de la estructura creada en el SAP2000 es una idealización real sometida a unos esfuerzos(axiles, cortantes, momentos y torsores) según combinaciones de acciones.

El procedimiento ha consistido en:

Inicialmente creamos la geometría de la estructura modelizando cada barra de la celosía independientemente unidas entre sí. Posteriormente se crea las diferentes combinaciones de acciones que se le aplicará a la estructura según la IAP-11, descrita en el apartado 3.4.3. Una vez analizada la estructura se lleva a cabo un proceso iterativo de dimensionamiento de las secciones y tipos de barras de la celosía cambiando los elementos con poca eficacia por barras con aprovechamiento óptimo.

La estructura consiste en dos vanos idénticos de 21m unidos en la isla central, por lo que es suficiente el cálculo de un solo vano.

La pasarela se apoya con dos apoyos en el tramo lateral del cauce mientras que en la isla central se une con el otro vano formando entre ellas una plataforma que facilita el acceso a la isla donde se halla El Molino.



4.1.1 Nudos

Los elementos de la pasarela los podemos clasificar en:

-Viga Superior(VS)

-Viga Inferior(VI)

-Diagonales

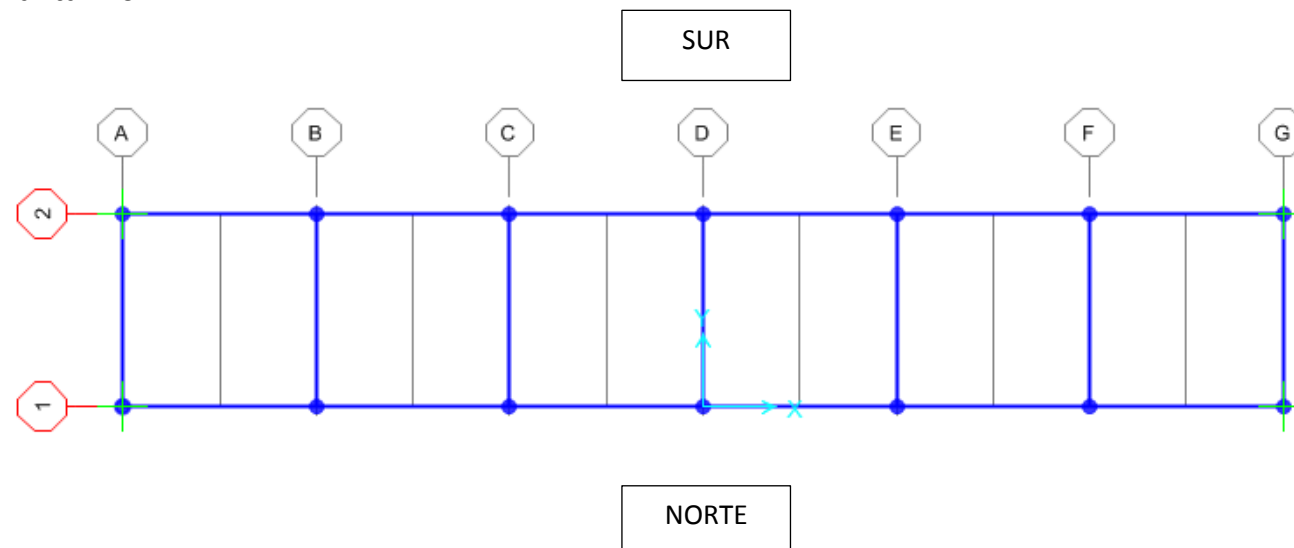
-Costillas

-Barras de arrojamiento

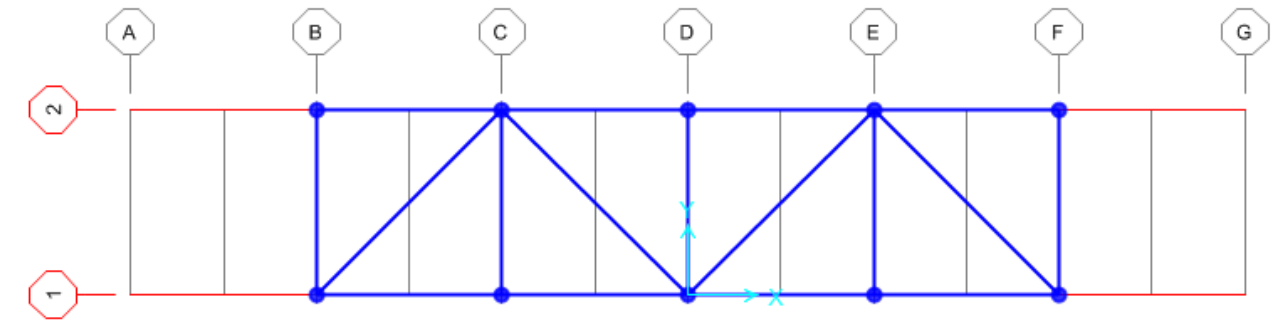
-Barras verticales

Las diagonales unen a la viga inferior y a la viga superior por tanto los nudos de éstas llevarán la nomenclatura de las vigas, al igual que las costillas unen a la viga inferior y las barras de arrojamiento a la viga superior.

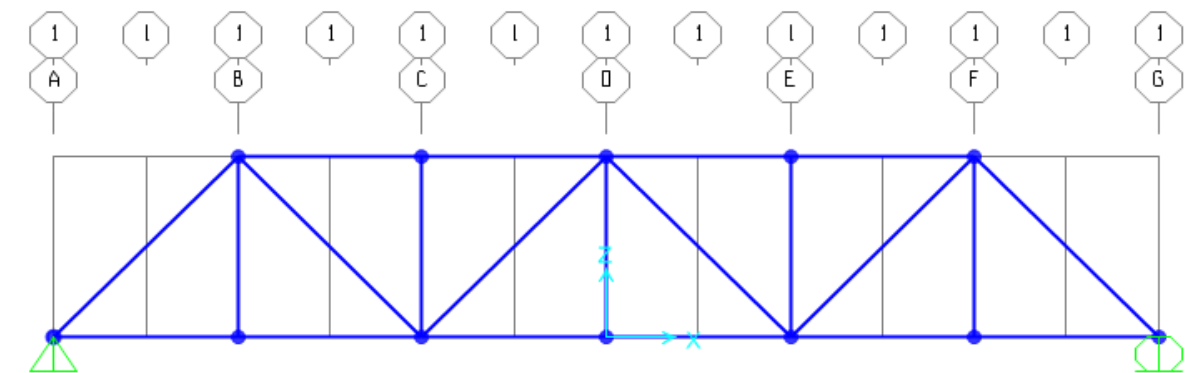
Planta z=0m



Planta z=3.5m



Alzado



A continuación se adjunta la tabla importada del SAP 2000 de coordenadas de los nudos divididas en: Viga inferior sur, viga inferior norte, viga superior sur y viga superior norte.

Nudos	X	Y	Z
	m	m	m
VIGA INFERIOR SUR			
VI 1A	-10,5	0	0
VI 1B	-7	0	0
VI 1C	-3,5	0	0
VI 1D	0	0	0
VI 1E	3,5	0	0
VI 1F	7	0	0
VI 1G	10,5	0	0
VIGA INFERIOR NORTE			
VI 2A	-10,5	3,5	0
VI 2B	-7	3,5	0
VI 2C	-3,5	3,5	0
VI 2D	0	3,5	0
VI 2E	3,5	3,5	0
VI 2F	7	3,5	0
VI 2G	10,5	3,5	0
VIGA SUPERIOR SUR			
VS 1B	-7	0	3,5
VS 1C	-3,5	0	3,5
VS 1D	0	0	3,5
VS 1E	3,5	0	3,5
VS 1F	7	0	3,5
VIGA SUPERIOR NORTE			
VS 2B	-7	3,5	3,5
VS 2D	0	3,5	3,5
VS 2C	-3,5	3,5	3,5
VS 2E	3,5	3,5	3,5
VS 2F	7	3,5	3,5

4.1.2 Definición geométrica

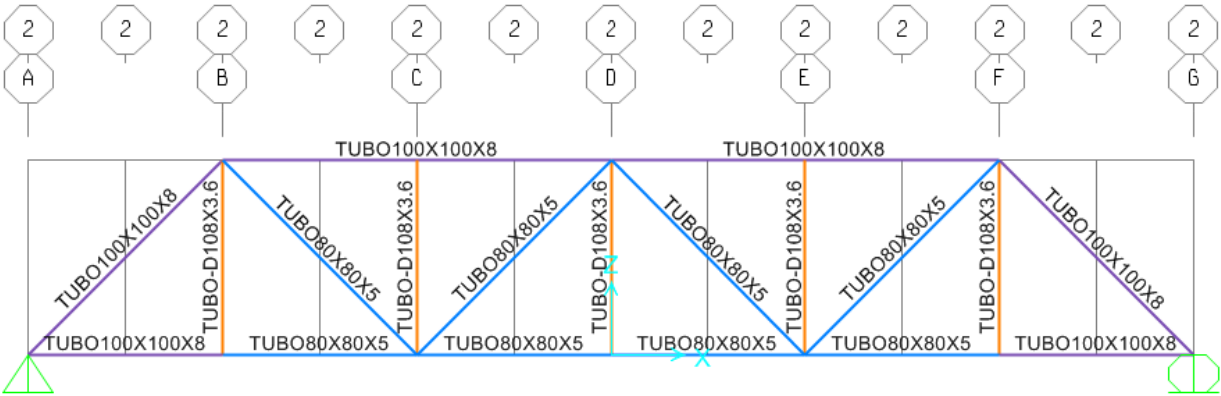
Los elementos se han dimensionados de forma iterativa aplicando las diferentes combinaciones de carga a la que estará sometida la estructura, conociendo previamente su forma de trabajar, se predimensiona hasta que se halla la dimensión óptima.

Los apoyos se han dimensionado de tal manera que la estructura global queda fija:

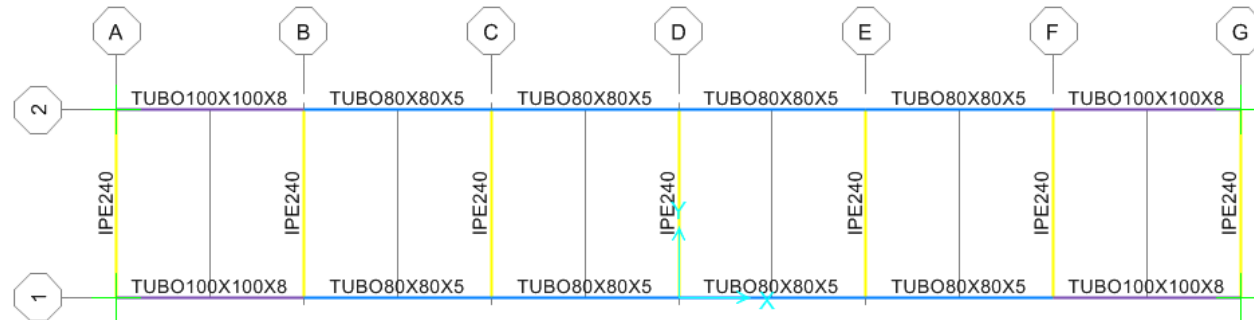
Apoyo	Restricciones		
	x	y	z
1A	si	si	si
2A	No	si	si
1G	si	No	si
2G	No	No	si

En las siguientes vistas se pueden observar las distintas dimensiones optadas para los elementos de la estructura.

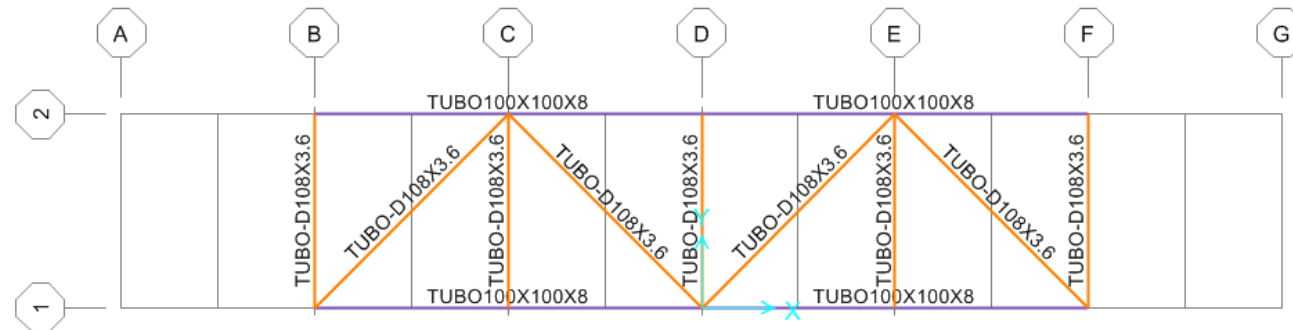
Alzado



Planta(z=0)



Planta(z=3.5m)



4.1.3 Geometría y propiedades del material de las barras.

4.1.3.1 Viga superior e inferior.

Al ser los elementos principales de la estructura, se ha optado por un elemento tipo tubo cuadrangular de 0.22m de lado y un espesor generoso ya que la viga superior, al estar trabajando a compresión, necesita resistencia a pandeo.

Section Name TUBO100X100X8 **Display Color** [Color]

Section Notes [Modify/Show Notes...]

Extract Data from Section Property File

Open File... [c:\program files (x86)\computers and] **Import...**

Dimensions

Outside depth (t3) [0,1]

Outside width (t2) [0,1]

Flange thickness (tf) [8,000E-03]

Web thickness (tw) [8,000E-03]

Material [Steel] **Property Modifiers** [Set Modifiers...]

Section

Properties

[Section Properties...]

[Time Dependent Properties...]

4.1.3.2 Vigas inferior y diagonales

Las barras inferiores trabajan principalmente a tracción y las diagonales a cortante por lo que no es necesario dotarlas de un gran espesor.

Section Name TUBO80X80X5 **Display Color** [Color]

Section Notes [Modify/Show Notes...]

Extract Data from Section Property File

Open File... [c:\program files (x86)\computers and] **Import...**

Dimensions

Outside depth (t3) [0,08]

Outside width (t2) [0,08]

Flange thickness (tf) [5,000E-03]

Web thickness (tw) [5,000E-03]

Material [Steel] **Property Modifiers** [Set Modifiers...]

Section

Properties

[Section Properties...]

[Time Dependent Properties...]

4.1.3.3 Costillas

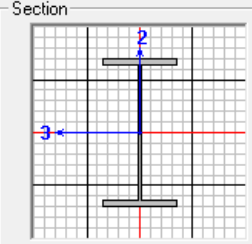
Sobre las vigas de las costillas va el tablero por lo que absorbe todo la sobrecarga de la pasarela trabajando principalmente a flexión, para ello se ha optado por un perfil IPE 240.

Section Name
IPE240
Display Color

Section Notes
Modify/Show Notes...

Extract Data from Section Property File
Open File...
c:\program files (x86)\computers and
Import...

Dimensions
Outside height (t3)
0,24
Top flange width (t2)
0,12
Top flange thickness (tf)
9,800E-03
Web thickness (tw)
6,200E-03
Bottom flange width (t2b)
0,12
Bottom flange thickness (tfb)
9,800E-03

Section


Properties
Section Properties...
Time Dependent Properties...

Material
+ Steel
Property Modifiers
Set Modifiers...

4.1.3.4 Barras de arrostramiento

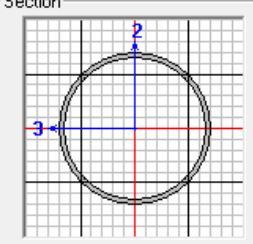
Para las barras de arrostramiento se ha optado por una sección circular hueca para darle un factor mas estético a la estructura.

Section Name
TUBO-D108x3.6
Display Color

Section Notes
Modify/Show Notes...

Extract Data from Section Property File
Open File...
c:\program files (x86)\computers and
Import...

Dimensions
Outside diameter (t3)
0,108
Wall thickness (tw)
3,600E-03

Section


Properties
Section Properties...
Time Dependent Properties...

Material
+ A992Fy50
Property Modifiers
Set Modifiers...

4.2 Cargas

En la siguiente tabla se muestran las cargas que se han tenido en cuenta para el dimensionamiento de la estructura:

Tipos	Descripción	Método
DEAD	Peso de la estructura	Automático
Tablero	Carga muerta	Carga lineal en las costillas
Barandillas	Carga muerta	Carga lineal en las vigas inferiores
SCU W	Sobrecarga Oeste	Carga lineal en costillas
SCU E	Sobrecarga Este	Carga lineal en costillas
Viento transversal	Viento transversal	Carga lineal en las barras expuestas dirección Y
Viento longitudinal	Viento longitudinal	Cargas lineal en la primera costilla direccion X
Viento vertical	Viento vertical	Carga repartidas en las costillas dirección Z
Tmax	Temperatura máxima	Aplicada a cada barra
Tmin	Temperatura mínima	Aplicada a cada barra

4.2.1 Combinación de acciones:

-Estado límite último(ELU):

Según el apartado 3.4.3 de este anejo se crean las posibles ecuaciones en la que se encuentran las combinaciones de cargas a la que puede estar sometida la estructura:

	Combinaciones
ELU 1	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCU + 0,3 (Vx+Vz)
ELU 2	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCU + 0,3 Vy
ELU 3	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCU + 0,3 (Vx-Vz)
ELU 4	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCU + 0,6 Tmax
ELU 5	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCU + 0,6 Tmin
ELU 6	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCUw + 0,3 (Vx+Vz)
ELU 7	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCUw + 0,3 Vy
ELU 8	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCUw + 0,3 (Vx-Vz)
ELU 9	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCUw + 0,6 Tmax
ELU 10	1,35 (PP+CM) + 1,5 SCUw + 0,6 Tmin
ELU 11	1,35 (PP+CM) + 1,5 (Vx+Vz)
ELU 12	1,35 (PP+CM) + 1,5 Vy
ELU 13	1,35 (PP+CM) + 1,5 (Vx-Vz)

PP:Peso propio; CM:Cargas muertas(Tablero y barandillas); SCU:Sobrecarga de uso(SCUw: Sobrecarga de uso en la parte oeste); Vx:viento transversal ; Vy:Viento longitudinal; Vz:Viento vertical.

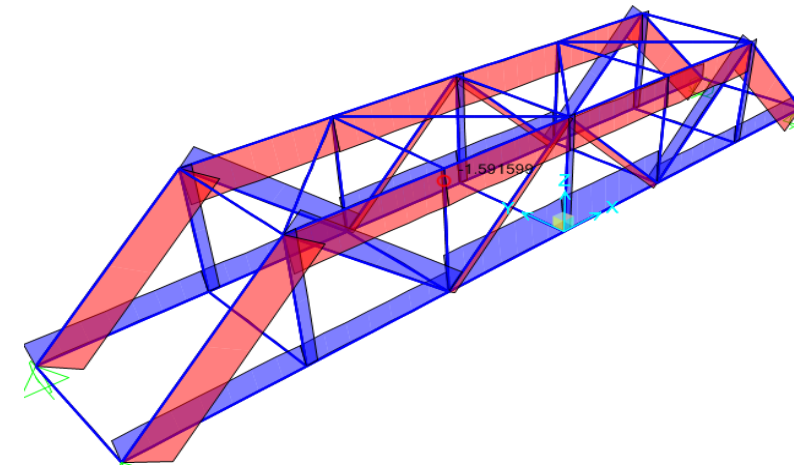
	Combinaciones
ELS 1	1 (PP+CM) + 0,4 SCU
ELS 2	1 (PP+CM) + 0,4 SCUw

4.3 Comprobacion de estados límites

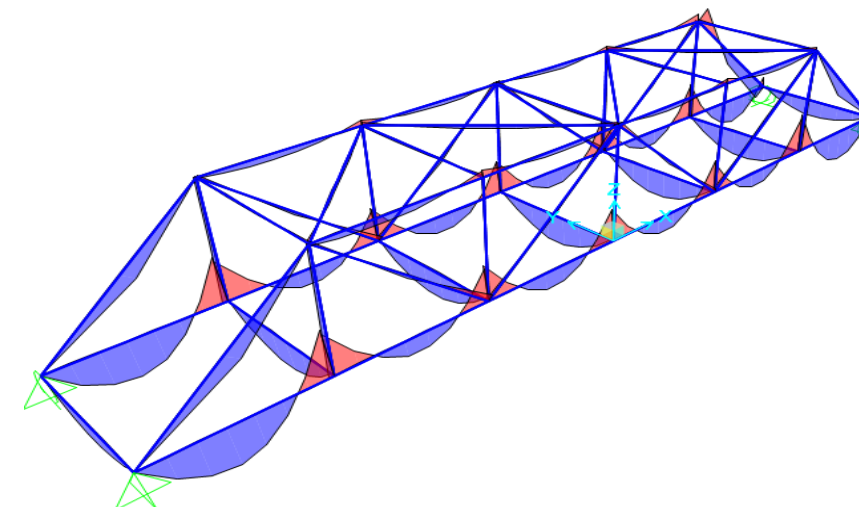
4.3.1 ELU: Una vez metidos todas las cargas en el SAP 2000, e introducidas todas las ecuaciones posibles llevamos a cabo el análisis de la estructura y obtenemos los diferentes diagramas y los ratios de aprovechamientos de cada barra.

Diagramas(Para ELU 8):

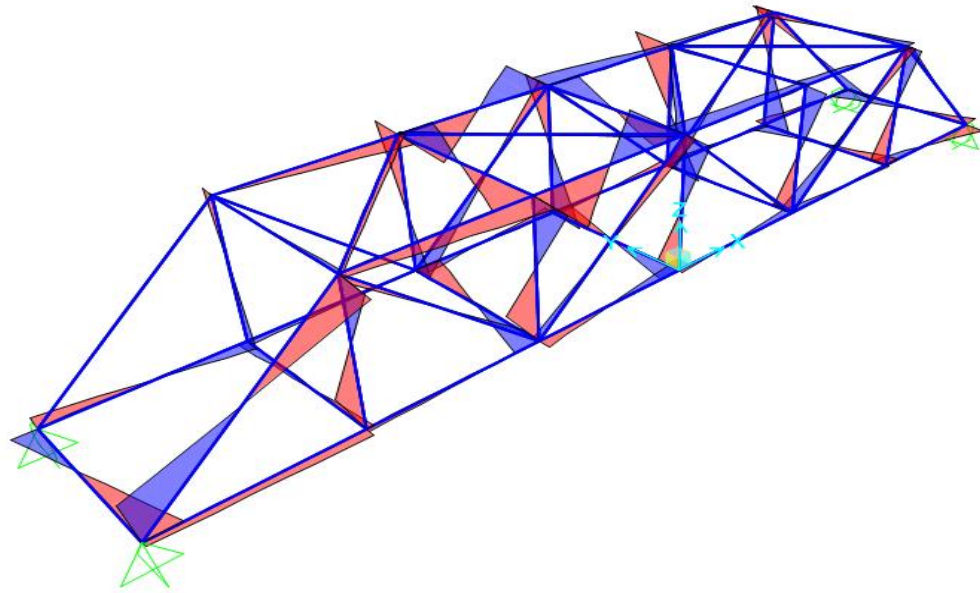
Axil:



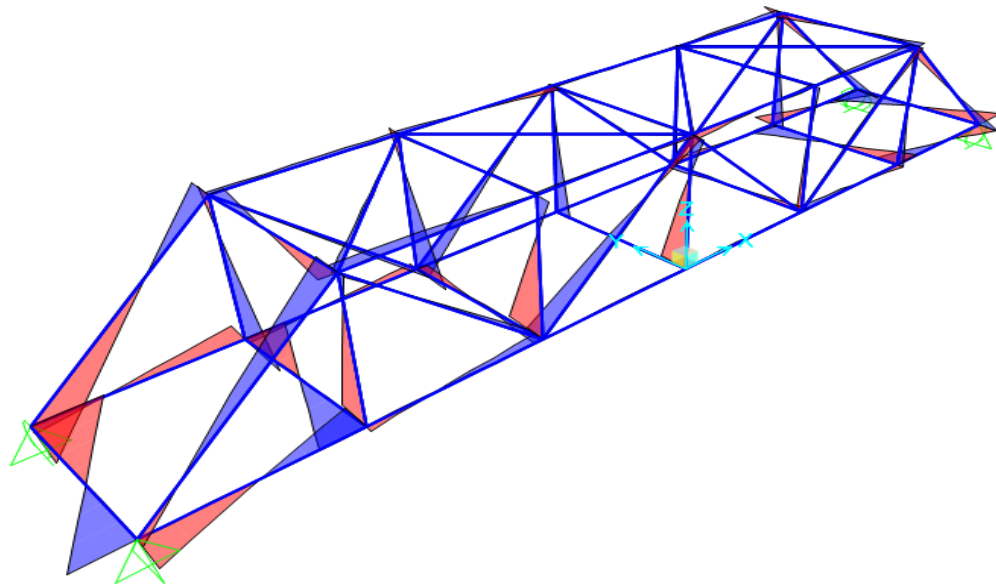
Momentos 3-3:



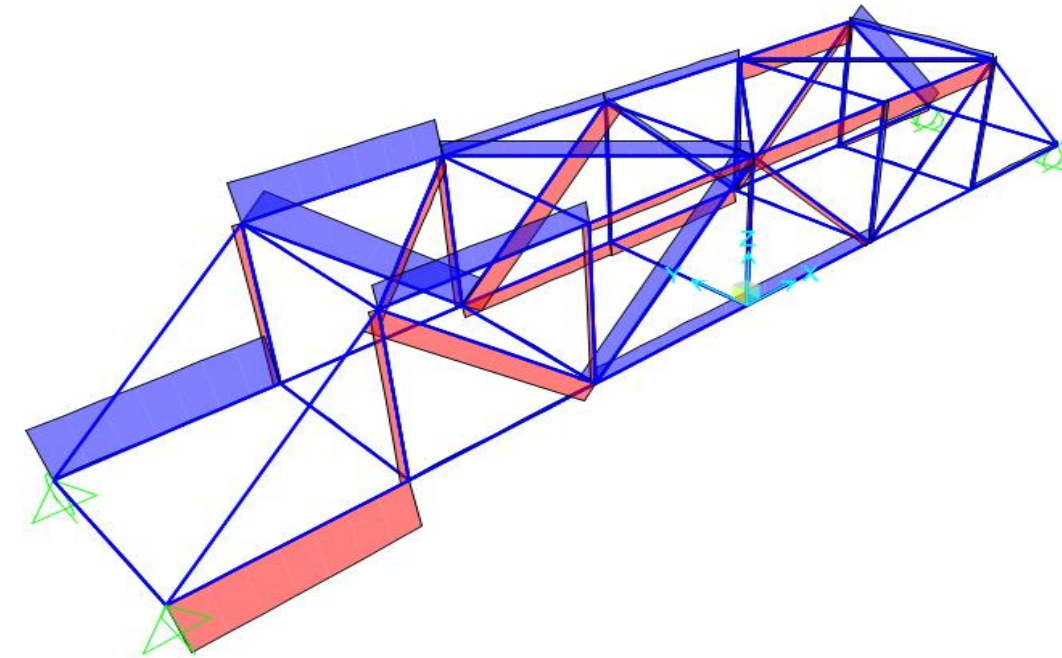
Momento 2-2:



Cortante:



Torsión:

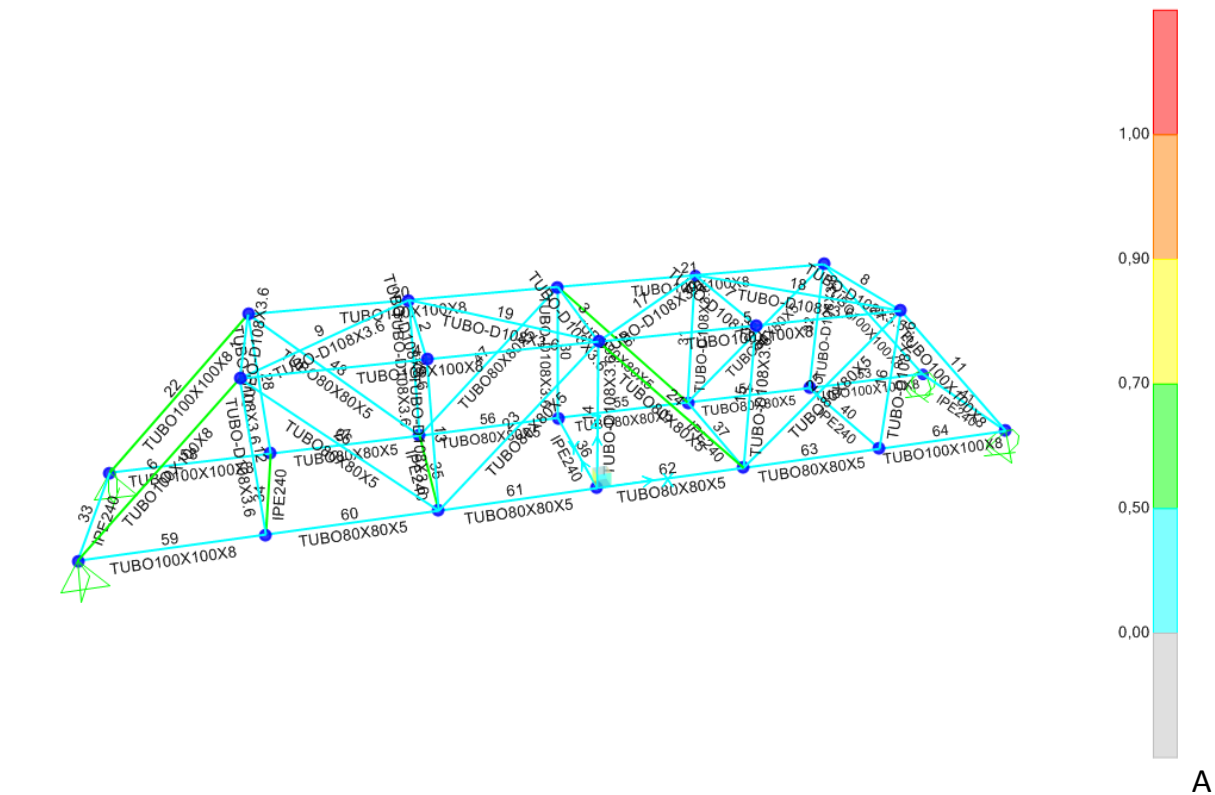


4.3.1.1 Ratio de aprovechamiento.

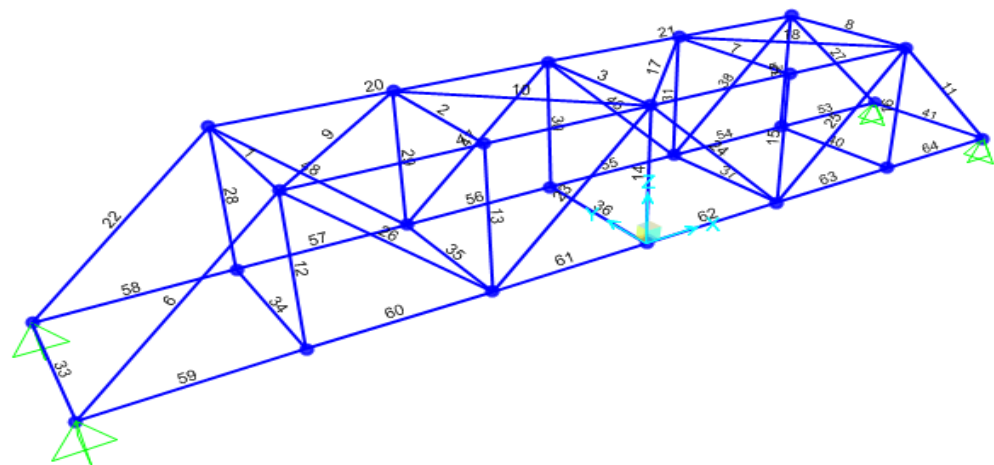
Con el SAP 2000, podemos comprobar el aprovechamiento de cada elemento de la estructura. El ratio varía entre 0-1, si el ratio del elemento es cercano a 1 es conveniente sustituir el elemento por otro de mayor resistencia, mientras que es muy cercano a 0 el elemento está sobredimensionado, por lo que es conveniente que el ratio global sea aproximadamente del 0.5.

Por el que el proceso de dimensionamiento ha consistido en ir sustituyendo los elementos con un ratio muy próximo o superiores a uno hasta llegar a una estructura con un aprovechamiento óptimo.

Ratio de aprovechamiento de cada barra:



continución se adjunta un esquema con las barras de la estructura numeradas, una tabla con los ratios de aprovechamiento de cada barra y en que ELU lo alcanza:



Barra	Sección tipo	Ratio	Combinación
4	TUBO100X100X8	0,353048	ELU8
5	TUBO100X100X8	0,263277	ELU8
6	TUBO100X100X8	0,619948	ELU8
11	TUBO100X100X8	0,419005	ELU13
20	TUBO100X100X8	0,357036	ELU8
21	TUBO100X100X8	0,260624	ELU8
22	TUBO100X100X8	0,638188	ELU8
53	TUBO100X100X8	0,201992	ELU11
58	TUBO100X100X8	0,210077	ELU11
59	TUBO100X100X8	0,201568	ELU13
64	TUBO100X100X8	0,19438	ELU13
27	TUBO100X100X8	0,451266	ELU13
33	IPE240	0,475031	ELU13
34	IPE240	0,632156	ELU8
35	IPE240	0,572867	ELU8
36	IPE240	0,318514	ELU8
37	IPE240	0,212505	ELU13
40	IPE240	0,294142	ELU13
41	IPE240	0,450323	ELU13
54	TUBO80X80X5	0,247357	ELU11
55	TUBO80X80X5	0,364086	ELU8
56	TUBO80X80X5	0,364209	ELU8
57	TUBO80X80X5	0,259111	ELU11
60	TUBO80X80X5	0,253369	ELU13
61	TUBO80X80X5	0,354992	ELU8
62	TUBO80X80X5	0,354893	ELU8
63	TUBO80X80X5	0,250073	ELU13
23	TUBO80X80X5	0,23674	ELU13
24	TUBO80X80X5	0,607818	ELU8
25	TUBO80X80X5	0,16938	ELU8
26	TUBO80X80X5	0,169319	ELU8
38	TUBO80X80X5	0,168643	ELU8
46	TUBO80X80X5	0,595394	ELU8
47	TUBO80X80X5	0,190052	ELU13
48	TUBO80X80X5	0,16927	ELU8

Barra	Sección tipo	Ratio	Combinación
12	TUBO-D108X3.6	0,286795	ELU9
13	TUBO-D108X3.6	0,146439	ELU8
14	TUBO-D108X3.6	0,18856	ELU8
15	TUBO-D108X3.6	0,080456	ELU13
16	TUBO-D108X3.6	0,242155	ELU11
28	TUBO-D108X3.6	0,33079	ELU8
29	TUBO-D108X3.6	0,150918	ELU8
30	TUBO-D108X3.6	0,159662	ELU9
31	TUBO-D108X3.6	0,074782	ELU11
32	TUBO-D108X3.6	0,292702	ELU13
1	TUBO-D108X3.6	0,331015	ELU13
2	TUBO-D108X3.6	0,041298	ELU9
3	TUBO-D108X3.6	0,084614	ELU13
7	TUBO-D108X3.6	0,043854	ELU13
8	TUBO-D108X3.6	0,306575	ELU13
9	TUBO-D108X3.6	0,108101	ELU11
17	TUBO-D108X3.6	0,047299	ELU13
18	TUBO-D108X3.6	0,100925	ELU11
19	TUBO-D108X3.6	0,046855	ELU13

Una vez obtenidos los ratios de aprovechamiento de cada barra, calculamos el ratio global de la estructura haciendo la media.

Σ Ratio=0.29, por lo que la estructura tiene un aprovechamiento óptimo ya que esta varios puntos por debajo del 0.5.

4.3.2 Estado límite de servicio.

-Estado límite de deformación.

Para calcular el estado límite de deformación se calcula la flecha máxima a la que puede estar sometida la estructura, que viene dado por la expresión, $y=L/1200$ siendo L la luz.

$$Y_{max}=21000/1200=17.5mm$$

Sacando del SAP2000 el desplazamiento del nudo central, que es el que más desplazamiento presenta 14mm, por lo que cumplen con la normativa.

5 Dimensionamiento elementos secundarios

5.1 Apoyos

Los aparatos de apoyos consiste en bases de neopreno zunchado. Para su dimensionamiento iremos al catalogo de Mecnogumbra , apoyos elastómeros.

Cada apoyo estará sometido en su situación mas desfavorable a 150 kN.

Formato Dimensiones en planta a · b D	Carga Admisible	Módulo E	Nº de capas	Desplaza- miento admisible Tipo 1	Altura total	
					del apoyo Tipo 1	de elastómero Tipo 1 T
mm	kN	N/mm²		mm	mm	mm
100 x 150	225	235	1	7,0	14	10
			2	10,5	21	15
			3	14,0	28	20
			4	16,3	35	25
			5	18,0	42	30
			6	--	--	--

Un apoyo de dimensiones 100x150mm resiste 225kN por lo que sería suficiente.

Hay que comprobar si el apoyo sería tipo standard o anclado, por lo que calculamos la presión a la que está sometido cada apoyo:

$\sigma \text{ (MPa)}=150.000\text{N}/(100\times150)=10\text{MPa}>5\text{Mpa}$. Por lo que al estar sometido a más de 5MPa tiene suficiente presión para evitar sufrir deslizamiento y prescindir del apoyos anclado.

5.2 Pavimento de la isla central.

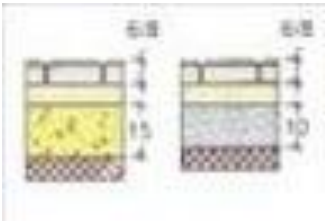
A los dos vanos se le dará continuidad en la isla central con un pavimento conformado por una subcapa granular de zahorra o una capa de hormigón en masa y sobre el madera de teca para dar uniformidad a los pavimentos de las pasarelas. El área del pavimento será 8x3.5m

Los espesores de las capas serán:

Teniendo una categoría de tráfico C4 debido a que su uso es únicamente peatonal:

USO PREVISTO	CATEGORÍA DE TRÁFICO
ÁREAS PEATONALES, CALLES RESIDENCIALES	C4

Un tipo de explanada E2 debido a que $10<\text{CBR}<20$.



El pavimento constará:

- Explanada compactada
- Capa de 10 cm de hormigon en masa
- Madera de teca

5.3. Desarrollo del tablero

Para desarrollar el tablero dispondremos correas apoyadas en las costillas IPE 240 cada 70cm, calculándose de forma secundaria en el SAP2000. Las correas son de sección tubular con una dimensión de 60x60x4.5 y una longitud de 3.5m(separación entre costillas).

Sobre las correas se dispone la madera de teca conformada por tablas 3cm de espesor, 15cm de ancho y las longitudes varían entre 7, 14 y 21 cm, colocadas de modo que no coincidan dos juntas de manera consecutiva para evitar descolocaciones.

5.4 Unión tablero-pavimento.

Entre el tablero y el pavimento se dejara una junta de entre 3-5 cm, en la que se rellenera con un elastómero sobre un bulbo circular.