

Índice

1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y LA CIMENTACIÓN	
2. NORMATIVA DE APLICACIÓN	
3.CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	
4. BASES DE CÁLCULO	
4.1. ACCIONES	
4.1.1. PERMANENTES	
4.1.2. VARIABLES	
4.2. COMBINACIONES	
4.2.1. ELU	
4.2.2. ELS	
5. DESCRIPCIÓN DEL MODELO	
6. COMPROBACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA	
6.1. ELU	
6.1.1. SELECCIÓN DE SECCIONES METÁLICAS	
·VIGA IRREGULAR	
·IPES	
6.1.2. REDACCIÓN DE QUE COMPRUEBA EL PROGRAMA	
6.2. COMPROBACIONES DE ELS	
·FLECHA EN CENTRO VANO	
·FLECHA EN LA RAMPA MÁS DESFAVORABLE	
7. COMPROBACIÓN DE SUBESTRUCTURA	
CIMENTACIÓN PROFUNDA	
7.1. PILOTES	
7.2. ENCEPADOS	

1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y LA CIMENTACIÓN

La solución adoptada se trata de una pasarela metálica en arco con celosía cuya luz principal es de 27 metros, llegando a 40 metros en su totalidad. Esta conformada con dos rampas en cada extremo, a continuación se explica los principales elementos de la estructura resistente :

Estructura metálica

·Tablero:

Se trata de un tablero metálico con pavimento de madera. Su longitud total es de 40 metros y su trazado es recto. Esta formado por dos vigas armadas colocadas longitudinalmente y por IPEs transversales de 240 cada 4'5 metros y entre ellos IPEs 120 con una separación de 0'75 metros.

Su ancho es de 4 metros.

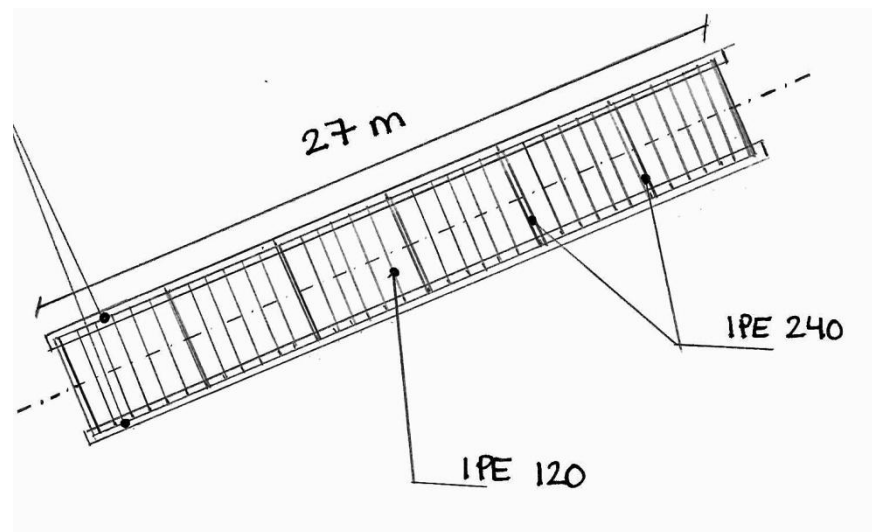


Imagen 1. Tablero en planta

·Arco y celosía:

El arco apoya sobre el terreno en sus extremos , esta conformado con un perfil hueco de acero de 244'5 mm de diámetro y 6'3 mm de espesor.

Las diagonales de la celosía son perfiles hueco de acero de 139'7 mm de diámetro y 10 mm de espesor.

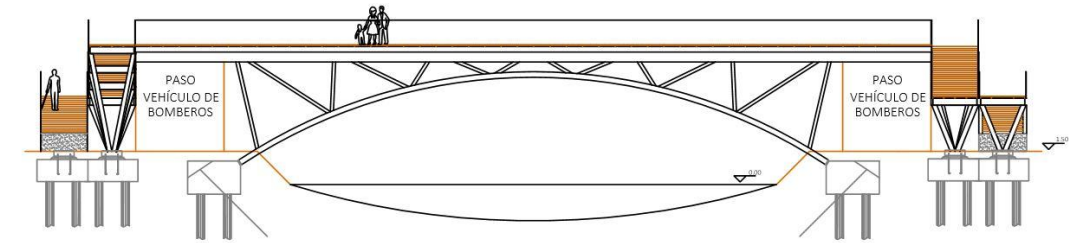


Imagen 2. Alzado del arco y celosía

·Intersección tablero rampa :

En el último IPE 240 comienzan 4'5 m de 4 metros de gálibo hasta llegar al descansillo donde comienza la rampa.

En el tramo de 4'5 metros aparecen 5 IPEs 120 transversalmente , el descansillo mencionado anteriormente tiene unas dimensiones de 2 metros por 4 metros (el ancho continuado de la pasarela). Las vigas longitudinales de la rampa IPE 330 se alargan formando así las transversales de los extremos del descansillo. El resto de transversales vuelven a ser IPEs 120 esta vez con una separación de 0'5 m.

Las rampas no invaden el camino , dejando 4 metros entre el apoyo del arco y el siguiente apoyo donde comenzaría la rampa.

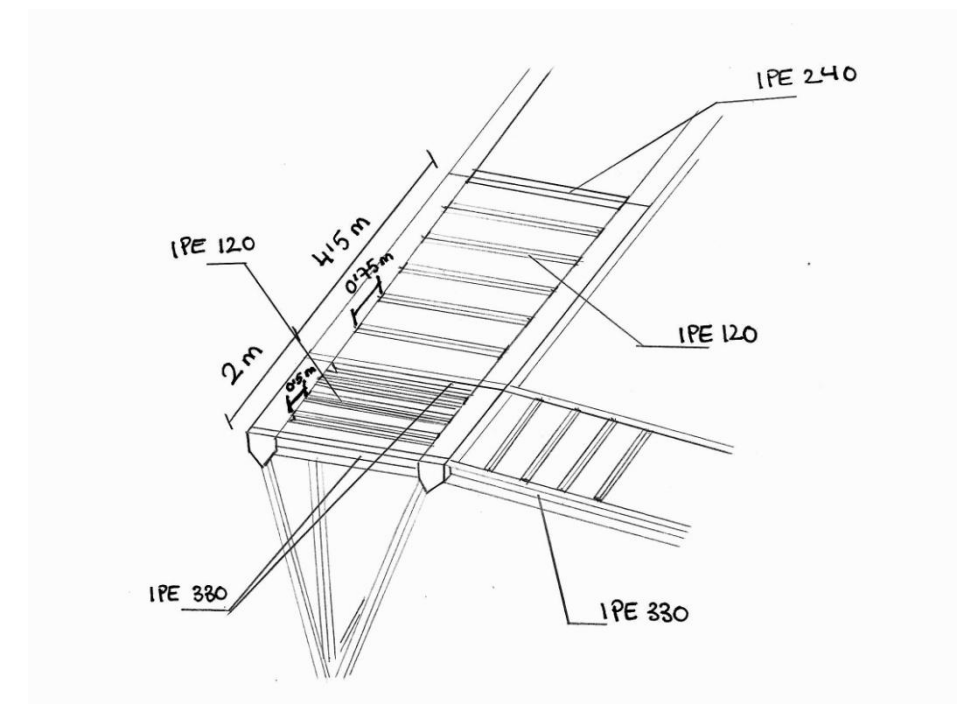


Imagen 3. Encuentro tablero y rampa

·Rampa:

Tienen un total de 80 metros , se han dividido en dos tramos de 37’5 m el primero y 43’5 el segundo.
Con un ancho de 2 metros.

En el cambio de sentido de las rampas encontramos un descansillo. No aparece ninguno más a lo largo de la rampa ya que tiene una pendiente algo inferior al 6% y aplicando la norma de accesibilidad no es necesario la presencia de descansillos.

En el último tramo los últimos 19’5 metros de los 43’5 encontramos una cuña de hormigón unida a la estructura metálica.

Las vigas longitudinales de las rampas son IPEs 330 y IPEs 360 en el último tramo de estructura metálica entre el último apoyo y la cuña de hormigón. Las transversales son IPE 100 excepto las transversales que se encuentran sobre los apoyos que son IPE 330.

·Apoyos rampa y descansillo:

Los apoyos a lo largo de las rampas son perfiles huecos de acero en uve con un diámetro de 219’1 mm y espesor de 10 mm.

En el primer tramo de rampa encontramos dos apoyos en uve hasta llegar al descansillo y en el último únicamente un apoyo en uve , ya que más adelante nos encontramos con la cuña de hormigón.

Subestructura

Debido al tipo de terreno se deberá disponer de una cimentación profunda.

La cimentación del estribo del arco es una cimentación profunda con encepado rígido y 6 pilotes de 350 mm de diámetro.

En los apoyos de cuatro perfiles huecos el encepado tendrá cuatro pilotes de 350 mm también.

Y en los apoyos de dos tubulares el encepado llevará 2 pilotes de 35 cm.

2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

·EAE

·EHE

·Eurocódigo 2 y eurocódigo 3

·IAP-11 Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera.

·Accesibilidad

·Plan Especial del Clot (Ajuntamiento de Burriana)

3.CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

·Acero

Acero para toda la estructura metálica S275 JR

La estructura metálica esta expuesta a ataques corrosivos es por ello que se deberá proteger mediante la preparación y pintura de las superficies metálicas según la EAE :

·Preparación de superficies mediante granallado o chorreado con arena hasta conseguir un grado Sa 2 ½- SIS-055900

·Capa de imprimación con base de Zinc (dos componentes, 100 MICRAS) , tipo Epomix Primer Zinc o similar.

·Capa intermedia Epoxi de alto espesor (dos componentes, 100 MICRAS), tipo Epomix Intercoat Miox HB o similar.

·Capa de acabado de Poliuretano Alifatico color rojo luminosos (dos componentes, 100 MICRAS), color RAL 6027 (sólo en caras vistas), tipo Epomix PU A/AL o similar.

·Hormigón

Hormigón para cimentación : HA-30/F/40/IIIa

Marina IIIa: Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km).

Fuente : Tabla 8.2.3.a de la EHE Instrucción de Hormigón Estructural

·Acero de armar

B500 S

4. BASES DE CÁLCULO

4.1. Acciones

·Permanentes

Peso propio

-Peso propio de todas las vigas

Cargas muertas

·Rastreles

$$PP=(0'03\cdot0'06\cdot1\cdot9)\cdot10=0'162\text{ KN/m}$$

·Pavimento

-Tablero

Lamas de pino de 2 kg cada pieza, con unas dimensiones de 205 cm de largo , 0'09 m de ancho y un grosor de 17 mm.

A lo largo de los 40 metros que tiene el tablero irán dispuestas un total de 480 láminas por 2, ya que a lo ancho de la pasarela entran dos filas de lámina.

Por cada metro lineal entran dos filas de 12 láminas cada una.

300 láminas por 2 filas por 2 kg cada pieza hacen un total de 1200 Kg.

Por metro lineal son 24 láminas, 24 por 2 kg son 48 Kg/m que en KN/m son 0'47 KN/m.

-Rampa

El ancho de la rampa es justo la mitad del ancho de la pasarela , por lo tanto por metro entrarán 12 láminas.

12 láminas por 2 kg son 24 KN/m , que en KN/m son 0'24 KN/m.

·Barandilla

$$1'20\cdot0'015\cdot26\text{KN/m}^3=0'468\text{ KN/m}$$
 cada barandilla, por lo tanto son 0'94 KN/m en total.

Cargas muertas totales en el tablero:

$$CM_t=0'47\text{ KN/m}+0'94\text{KN/m}+0'162\text{ KN/m}=1'572\text{ KN/m}$$

Cargas muertas totales en la rampa:

$$CM_r=0'24\text{KN/m}+0'94\text{KN/m}+0'162\text{ KN/m}=1'342\text{ KN/m}$$

·Variables

·Sobrecarga de uso

Las sobrecargas de uso a lo largo de toda la estructura serán de 5KN/m² distribuida a lo largo de 0'75 m.

·Temperatura

Temperatura media en Burriana :

Mes	Temperatura
Mayo	16'8 ºC
Junio	19'9 ºC
Julio	22'7 ºC
Agosto	23'6ºC

Considerando que la obra podría durar como máximo unos 4 meses y cogiendo los meses reflejados en la tabla como los meses de trabajo, obtenemos la temperatura media.

$$\text{Temperatura media} = 21\text{ ºC} = T_0$$

Acción térmica en tableros según la normativa IAP-11 , nuestro tablero seria tipo 1.

Los intervalos de temperatura máxima los encontramos en la siguiente imagen:

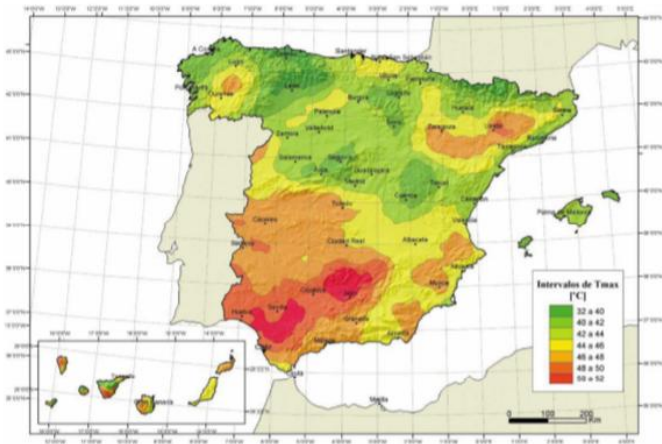


Imagen 4. Isotermas de la temperatura máxima anual del aire, $T_{m\acute{a}x}$ (Plan especial sobre Burriana , coincide con el mapa correspondiente del Código Técnico de la Edificación).

Nuestro intervalo será entre 42°C y 44°C



Imagen 5. Zonas climáticas de invierno (Plan especial sobre Burriana , coincide con el mapa correspondiente del Código Técnico de la Edificación).

Estamos en zona 5 y con una altitud de 0 , la temperatura mínima es de -5°C

TABLA 4.3-a TEMPERATURA MÍNIMA ANUAL DEL AIRE, T_{min} [°C]
(Coincide con la tabla correspondiente del Código Técnico de la Edificación)

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

Imagen 6. Temperatura mínima anual del aire , T_{min} (°C) (Plan especial sobre Burriana , coincide con la tabla correspondiente con el Código Técnico de la Edificación).

Siguiendo la normativa IAP-11 para el cálculo de la temperatura máxima y mínima :

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

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

$$\Delta T_{e,min} = -3$$

$$\Delta T_{e,max} = +16$$

$$T_{e,min} = -5 + (-3) = -8$$

$$T_{e,m\acute{a}x} = 42 + 16 = 58$$

$$T_{min} = T_0 - (T_{e,min}) = 21 - (-8) = 29^{\circ}$$

$$T_{max} = T_{e,max} - T_0 = 58 - 21 = 37^{\circ}$$

El rango de temperatura a que actúa sobre la estructura es de 29 grados como mínima y 37 como máxima.

·Viento

El viento actuante sobre la estructura siguiendo los cálculos de la norma IAPP11 es 2’46 KN/m siendo la parte proporcional de viento longitudinal actuante en el mismo momento en la misma dirección de 0’615 KN/m.

4.2.Combinaciones

4.2.1.ELU

Según la norma IAP-11 Situación persistente o transitoria capítulo 6.3.1.1

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

De las combinaciones para las verificaciones de ELU,hemos cogido las cuatro más restrictivas redactadas en la norma IAP-11.

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	

Imagen 7. Factores de simultaneidad para las combinaciones de estados límiteúltimo y de servicio (Norma IAP-11)

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0	1,35
	Carga muerta	1,0	1,35
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P_1	1,0	1,0 / 1,2 ⁽¹⁾ / 1,3 ⁽²⁾
	Pretensado P_2	1,0	1,35
	Otras presolicitaciones	1,0	1,0
	Reológicas	1,0	1,35
	Empuje del terreno	1,0	1,5
	Asientos	0	1,2 / 1,35 ⁽³⁾
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,35
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,35
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,5
	Acciones climáticas	0	1,5
	Empuje hidrostático	0	1,5
	Empuje hidrodinámico	0	1,5
	Sobrecargas de construcción	0	1,35

Imagen 8 . Coeficientes parciales para las acciones ELU (Norma IAP-11)

Combinaciones:

ELU 1 : 1’35·(PP+CM) + 1’35 ·SC + 1’5· ψ_0 ·Viento

ELU 2 : 1’35·(PP+CM)+1’35·SC+1’5· ψ_0 ·Temperatura

ELU 3 : 1’35·(PP+CM)+1’5·Temperatura+ 1’35· ψ_0 ·SC

ELU 4 : 1’35·(PP+CM)+1’5·Viento

4.2.2. ELS

Para las comprobaciones en estado límite de servicio utilizamos la combinación frecuente según la norma IAP-11 Combinación frecuente capítulo 6.3.2.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

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 ¹)	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

Imagen 9 . Coeficientes parciales para las acciones ELS (Norma IAP-11)

Las combinaciones de ELS son las siguientes:

ELS 1 : 1·(PP+CM) + 1·0’4·SC + 1·0’5·Temperatura

ELS 2 : 1·(PP+CM) + 1·0’2·Viento + 1·0’5·Temperatura

ELS 3 : 1·(PP+CM) + 1·0’6·Temperatura

5.DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Se ha empleado el programa SAP 2000 para modelar y comprobar la estructura metálica. El modelo introducido es un modelo de barras con uniones rígidas y apoyos empotrado, excepto en extremos de rampa en los que se colocan carritos.

Las barras , tanto los distintos IPE mencionados en la descripción de la estructura , los perfiles huecos y la viga armada desarrollada más adelante , son elementos de acero S 275 JR. El comportamiento de los materiales es lineal.

Se distingue tres tipos de sección para los elementos estructurales:

·Perfiles circulares huecos para el arco , soportes y diagonales.

·Perfiles laminados para las vigas longitudinales de la pasarela y las vigas transversales de piso.

·Secciones armadas en las vigas longitudinales del tramo principal.

Se han introducido las acciones correspondientes a cada uno de los casos de carga, y se han definido las combinaciones de acuerdo con lo expuesto en apartados anteriores.

El programa lleva a cabo un análisis lineal de la estructura, y comprueba que los elementos resisten frente a las acciones introducidas.

Del modelo de cálculo rescatamos imágenes de la comprobación final.

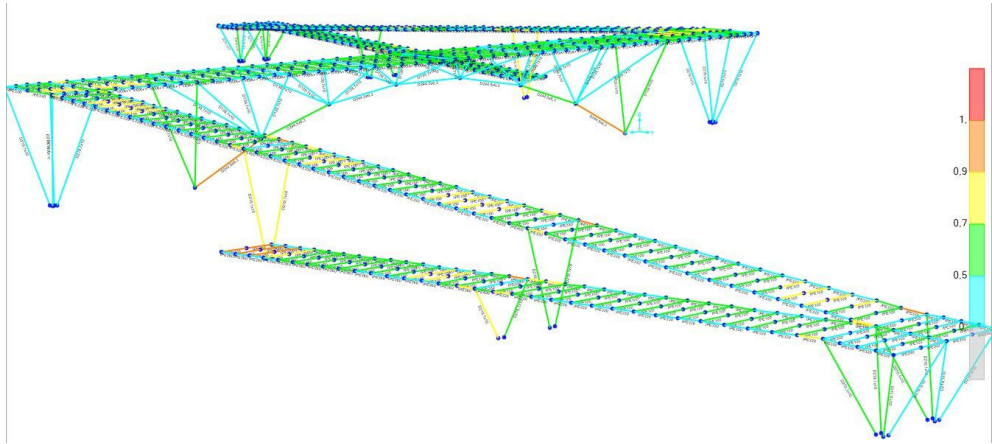


Imagen 10 . Vista perfil rampa y tablero (Programa SAP 2000)

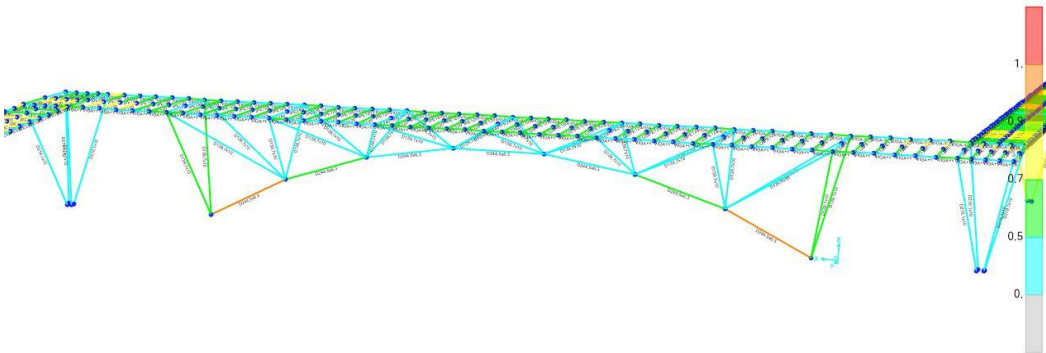


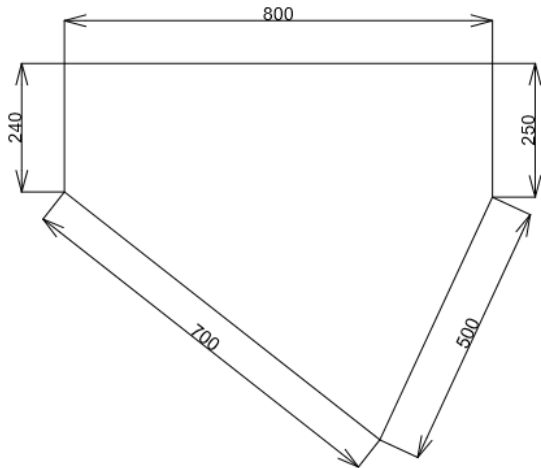
Imagen 11 . Vista alzado pasarela (Programa SAP 2000)

6.COMPROBACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

6.1.ELU

6.1.1. Selección de secciones metálicas

·Cálculo de la viga longitudinal de la pasarela



1- Cálculo del Factor de reducción.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{255}{f_y}}$$

Tabla 27.1.a
Aceros no aleados laminados en caliente

Grado \ Tipo	S 235	S 275	S 355
JR	S 235 JR	S 275 JR	S 355 JR
J0	S 235 J0	S 275 J0	S 355 J0
J2	S 235 J2	S 275 J2	S 355 J2
K2	—	—	S 355 K2

Imagen 12 . Aceros laminados en caliente (EAE)

Buscamos el valor de fy en la tabla 4.1 “Características mecánicas mínimas de los aceros”
Designamos S275JR y el otro valor del que depende es del espesor “tf” que no tenemos, por lo que comprobaremos los dos rangos más posibles.

Tabla 27.1.b
CEV máximo

Tipo	Espesor nominal de producto t (mm)			
	≤ 30	30 < t ≤ 40	40 < t ≤ 150	150 < t ≤ 250
S 235	0,35	0,35	0,38	0,40
S 275	0,40	0,40	0,42	0,44
S 355	0,45	0,47	0,47	0,49

Imagen 13 . Espesor nominal (EAE)

-tf ≤ 16mm -> fy = 275 N/mm2 -> ε (tf ≤ 16mm) = $\sqrt{\frac{235}{275}}$ =0.924

-16mm < tf ≤ 40mm -> fy= 265 N/mm2 -> ε (16mm < tf ≤ 40mm) = $\sqrt{\frac{235}{265}}$ =0.941

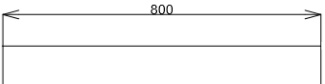
2-Calculo de la clase del alma; sólo realizaremos este cálculo porque es una estructura metálica cerrada y no posee alas.

- Clase 1 -> 72* ε
 - 72*0.924 = 66.5
 - 72*0.941 = 67.8
 - Clase 2 -> 83* ε
 - 83*0.924 = 76.73
 - 83*0941 = 78.16

Límites de espesor de esbeltez ($\frac{c}{t}$ máx.)

3-Cálculo de los límites de esbeltez. (Una segunda opción sería igualar y ver el ancho que más se ajusta)
*

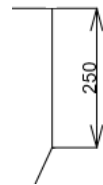
1º cara
C1 = h1- 2*tf



Suponemos tf= 15mm = 800- (15*2) =770
c/tf = 770/15=51.33 < 66.5 <76.73
Suponemos tf=20mm =800-(20*2) = 760
c/tf= 760/20=38 <67.8<78.16

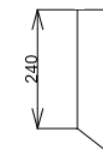
2º cara

$C2 = h2 - 2 \cdot tf$



Suponemos $tf = 15\text{mm} = 250 - (15 \cdot 2) = 220$
 $c/tf = 220/15 = 14.66 < 66.5 < 76.73$
Suponemos $tf = 20\text{mm} = 250 - (20 \cdot 2) = 210$
 $c/tf = 210/20 = 10.5 < 67.8 < 78.16$

$C5 = h5 - 2 \cdot tf$



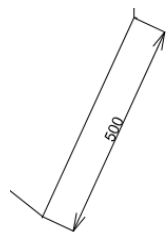
• Suponemos $tf = 15\text{mm} = 240 - (2 \cdot 15) = 210$
 $c/tf = 210/15 = 14 < 66.5 < 76.73$
• Suponemos $tf = 20\text{mm} = 240 - (2 \cdot 20) = 200$
 $c/tf = 200/20 = 10 < 67.8 < 78.16$

Al cumplir todas las comprobaciones elegiremos el menos espesor por temas económicos, por lo que el espesor de nuestra viga será de 15mm.

4-*

3º cara

$C3 = h3 - 2 \cdot tf$



• Suponemos $tf = 15\text{mm} = 500 - (15 \cdot 2) = 470$
 $c/tf = 470/15 = 31.33 < 66.5 < 76.73$
• Suponemos $tf = 20\text{mm} = 500 - (20 \cdot 2) = 460$
 $c/tf = 460/20 = 23 < 67.8 < 78.16$

10.16 -> El máximo igualando a $\frac{h - 2 \cdot tf}{tf}$ siendo $h = 800 \Rightarrow 76.73$

- Cara de 800mm = 10.16mm
- Cara de 250mm = 3.17mm
- Cara de 500 mm = 6.35mm
- Cara de 750 mm = 9.25mm
- Cara de 240 mm = 3.04 mm

Espesor de tubulares según el catálogo del Grupo CONDESA = 6.3 mm

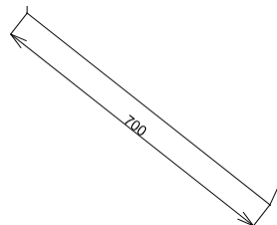
Espesor IPE = 6.2mm (alma); = 9.8mm (ala)

Por lo tanto, elegimos entre:

- 15 mm
- 10.16 mm = 12 mm

4º cara


$C4 = h4 - 2 \cdot tf$



• Suponemos $tf = 15\text{mm} = 700 - (2 \cdot 15) = 670$
 $c/tf = 670/15 = 44.67 < 66.5 < 76.73$
• Suponemos $tf = 20\text{mm} = 700 - (2 \cdot 20) = 660$
 $c/tf = 660/20 = 33 < 67.8 < 78.16$

5º cara

·Rastreles

0,03 m x 0,06 m 

$$PP=(0'5 \cdot 0'02 + 0'03 \cdot 0'06) \cdot 10 = 0'12 \text{ KN/m}$$

$$\text{Sobrecarga de uso} = 5 \text{ KN/m}^2 \cdot 0'5 = 2'5 \text{ KN/m}$$

$$Q_d = 0'12 \cdot 1'35 + 2'5 \cdot 1'5 = 4 \text{ KN/m}$$

$$M_d = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{4 \cdot (0'75)^2}{8} = 0'28 \text{ Kn}\cdot\text{m}$$

$$I = \frac{3 \cdot 6^3}{12} = 54 \text{ cm}^4$$

$$\text{Tensión máxima} = \frac{Md}{I} \cdot y = \frac{0'28}{54 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{0'06}{2} = 15.560 \text{ kPa}$$

$$Md = \frac{fyd \cdot I}{h/2} = \frac{19.200 \cdot 54 \cdot 10^{-8}}{0'03} = 0'3456 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

Igualamos la fórmula de momento:

$$M_d = \frac{q \cdot L^2}{8} = 0'3456 \rightarrow \text{Despejamos } L \rightarrow L = 0'8 \text{ m (} 0'75 \text{ m OK)}$$

Rastreles separados entre ellos 0'5 m

·IPEs

TABLERO

-Vigas intermedias entre IPEs 240 en el tablero

Los rastreles tienen una longitud de 0'75 m , y la distancia entre vigas IPE 240 del tablero es de

4,5 m.

Por lo tanto :

$$4'5 \text{ m} / 0'75 \text{ m} = 6 \text{ espacios} \rightarrow 5 \text{ vigas}$$

-Cálculo del IPE de las vigas intermedias

$$PP=(6 \cdot 0'75 \cdot 0'03 \cdot 0'06 + 0'75 \cdot 0'02) \cdot 10 + 0'08 = 0'31 \text{ KN/m}$$

$$\text{Sobrecarga de uso} = 0'75 \text{ m} \cdot 5 \text{ KN/m}^2 = 3'75 \text{ KN/m}$$

$$Q_d = 1'35 \cdot 0'31 + 3'75 \cdot 1'5 = 6 \text{ KN/m}$$

$$F_{yd} = \frac{275}{1'1} = 250 \text{ MPa}$$

$$M_d = \frac{Q_d \cdot L^2}{8} = \frac{6 \cdot 4^2}{8} = 12 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$W = \frac{12 \text{ KN}\cdot\text{m}}{250.000 \text{ KPa}} = 4'8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 48 \text{ cm}^3$$

Con este dato nos vamos al prontuario de perfiles IPE:

$$34 \text{ cm}^3 \text{ (IPE 100)} < 48 \text{ cm}^3 < 53 \text{ cm}^3 \text{ (IPE 120)}$$

·Vigas entre IPEs 240 en el tablero : 5 vigas IPE 120

-RAMPA

La rampa esta dividida en dos tramos, de 37,5m el primero y 43'5 m el segundo con una pendiente del 6 % , cumpliendo con la norma de accesibilidad mencionada en la memoria con esta pendiente no son necesarios descansillos a lo largo de la rampa, exceptuando el descansillo situado en el giro de la rampa el cuál la divide en dos.

Hacemos los cálculos necesarios para ver que IPE sería necesario en la rampa, tanto las longitudinales como los transversales, cuantos serían necesarios y a qué distancia deberíamos poner los apoyos.

Como primer tanteo, colocamos un apoyo a mitad de la rampa (a partir de ahora cuando hablemos de rampa consideraremos la mitad de esta, es decir, uno de los dos tramos en los que se ha dividido la bajada). Colocamos en apoyo en medio, a 18,75 m

-Cálculo de los IPES longitudinales con el apoyo en medio:

$$PP = 0'36 \text{ KN/m}$$

$$SC = 5 \text{ Kn/m}^2 \cdot 1 = 5 \text{ KN/m}$$

$$Q_d = 1'35 \cdot 0'36 + 1'5 \cdot 5 = 8 \text{ KN/m}$$

$$M_d = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{8 \cdot 18'75^2}{8} = 351'56 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$f_{yd} = 250 \text{MPa}$$

$$W = \frac{M_d}{f_{yd}} = \frac{351'56}{250000} = 0'001406 \text{ cm}^3 \quad \text{Prontuario} = \text{IPE 450, demasiado grande}$$

-Cálculo de los IPEs necesarios con dos apoyos, el primero a 12m y el segundo a 13 m del primero, siendo el último tramo de la rampa hasta el descansillo también de 12 m.

$$M_d = 0'113 \cdot p \cdot l^2 = 0'113 \cdot 8 \cdot 12^2 = 130'176 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$W = \frac{M_d}{f_{yd}} = 520'7 \text{ cm}^3 \quad \text{Prontuario: IPE 300}$$

En los tramos extremos de la rampa cumplirían IPEs 300, pero en el tramo central haría falta un IPE330.

La rampa se une con la pasarela a la viga irregular la cual tiene de canto 0'70 m , por lo tanto decidimos adoptar un perfil IPE330 a lo largo de toda la rampa.

-Vigas transversales en la rampa

Tramo 1: Longitud de 12 metros con una separación de 0'75 m , existen un total de 16 espacios.

$$PP = (16 \cdot 0'75 \cdot 0'03 \cdot 0'06 + 0'75 \cdot 0'02) \cdot 10 + 0'08 = 0'446 \text{ KN/m}$$

$$SC = 0'75 \cdot 5 = 3'75 \text{ KN/m}$$

$$Q_d = 1'35 \cdot 0'446 + 1'5 \cdot 3'75 = 6'227 \text{ KN/m}$$

$$M_d = \frac{Q_d \cdot L^2}{8} = \frac{6'227 \cdot 2^2}{8} = 3'1135 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$F_{yd} = 250 \text{ MPa}$$

$$W_x(\text{cm}^3) = \frac{3'1135}{250.000} = 12'45 \text{ cm}^3 \quad \text{Prontuario, IPE 80}$$

Tramo 2 : Longitud de 13 metros con una separación de 0'75 m, espacios 18.

$$PP = (18 \cdot 0'75 \cdot 0'03 \cdot 0'06 + 0'75 \cdot 0'02) \cdot 10 + 0'08 = 0'473 \text{ KN/m}$$

$$SC = 0'75 \cdot 5 = 3'75 \text{ KN/m}$$

$$Q_d = 1'35 \cdot 0'473 + 1'5 \cdot 3'75 = 6'26 \text{ KN/m}$$

$$M_d = \frac{Q_d \cdot L^2}{8} = \frac{6'26 \cdot 2^2}{8} = 3'13 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$W_x(\text{cm}^3) = \frac{3'13}{250.000} = 12'52 \text{ cm}^3 \quad \text{Prontuario, IPE 80}$$

Las vigas transversales a lo largo de toda la rampa (excepto en los apoyos que pondremos IPE330)

Serán IPE 80, en el programa SAP2000 no tenemos disponible el IPE 80, por tanto cogemos IPE 100.

· Perfiles huecos de acero

A lo largo de la estructura encontramos distintos tamaños de diámetro de tubulares dependiendo del lugar que ocupen.

.En el arco :

El arco esta formado por la unión soldada de tramos de perfiles metálicos huecos de 244'5 mm de diámetro y 6'3 mm de espesor.

·Celosía:

La celosía la componen perfiles huecos de 139'7 mm de diámetro y 10 mm de espesor.

·Apoyos :

Tanto en los apoyos de cuatro en los extremos del tablero , como los apoyos en uve a lo largo de la rampa y los apoyos en los descansillos de las misma , son de diámetro 219'1 mm y 10 mm de espesor.

Todos los perfiles están obtenidos del “ Catálogo Condesa , Tubo Estructural “, escogiendo los diámetros oportunos para cada función a desempeñar y comprobando que estos cumplieran y resistieran a las cargas y esfuerzos actuantes en la estructura.

6.1.2.-Comprobación del SAP 2000

El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras

Los datos obtenidos de las diferentes comprobaciones sobre las barras como elementos individuales y estructura en su totalidad con las distintas combinaciones quedan reflejadas en el Anexo de Resultados de cálculo.

Sap 2000 comprueba las secciones de los elementos estructurales para las combinaciones de carga definidas y obtiene para cada barra un índice de aprovechamiento que debe ser inferior a 1 para que la barra cumpla.

Este índice es el resultado de evaluar la interacción de los distintos esfuerzos (axil , cortantes y flectores) en relación con los esfuerzos últimos de la sección de acuerdo con las comprobaciones de ELU definidas en el Eurocódigo 3.

Como ejemplo seleccionamos la hoja de resultados de cada uno de los tipos de perfiles al igual que las tablas de resultados que obtenemos del programa , todo ello recogido en el Anexo de Resultados de cálculo.

6.2.-Comprobaciones de ELS

Flecha máxima de $\frac{L}{1200}$ para pasarelas con un factor de simultaneidad del 40% según la norma IAPP11.

Flecha:

ELS1 flecha en el centro del vano de 0'0206,aplicando el 40% 0'00824

ELS 2 flecha en centro vano 0'0141 aplicando el 40% 0'00564

ELS 3 flecha en centro vano 0'00111 aplicando el 40% 0'00444

Todas las deformaciones tienen que ser menores a la flecha máxima

$$\text{Flecha}_{\text{máx}} = \frac{27}{1200} = 0'0225, \text{ cumplen}$$

-Flecha en centro vano

Pasarela

En el centro de vano, dónde la deformada por flecha es más desfavorable, tenemos una flecha de 0'0265, aplicando el 40% en ese punto existirá una deformada de 0'0106.

La luz es de 27 metros , por lo tanto la flecha máxima será :

$$\text{Flecha}_{\text{máx}} = \frac{27}{1200} = 0'0225$$

$$0'0106 < 0'0225$$

-Flecha en la rampa más desfavorable

-En la rampa tenemos una flecha de $U_3=0,0204$ aplicando el 40% según la norma IAP-11

$$0'00816$$

La luz en ese tramo es de 16'75 m , por lo tanto la flecha máxima será:

$$\text{Flecha}_{\text{máx}} = \frac{16'75}{1200} = 0'01395$$

$$0'00816 < 0'01395$$

En el tramo más pequeño de la rampa de 10'5 m tenemos una deformada de flecha de 0'019

Aplicando el 40% según la normativa, la flecha es de 0'0076

La flecha máxima en ese punto es de $Flecha_{m\acute{a}x}=0'00875$

$0'0076 < 0'00875$

7.SUBESTRUCTURAS

El diseño de la cimentación se desarrolla a nivel de predimensionamiento. Las características geotécnicas en la zona de implantación conducen a una cimentación profunda. La cimentación del arco debe transmitir al terreno los empujes horizontales del mismo.

Hemos propuesto una solución de cimentación en base a las fuerzas que llegan al terreno y a las características y niveles geotécnicos existentes que se desarrolla a continuación.

Los datos al igual que las comprobaciones geotécnicas de este anejo para la cimentación de la pasarela situada sobre el Clot de la Mare de Déu en Burriana (Castellón) están basados en los datos recogidos en un estudio geotécnico desarrollado por Ingenieros para el Ayuntamiento de Burriana para una obra futura cercana a nuestra zona de actuación. "Tomo estudio geológico y geotécnico".

Los restantes datos necesarios se extraen del "Curso aplicado de Cimentaciones" y la "Guía de cimentaciones de carreteras".

·Corte geológico

Como se ha desarrollado en la memoria en la zona de actuación tenemos unos estratos de poca resistencia, con un SPT pequeño, insuficiente para soportar una cimentación superficial.

La existencia de un nivel de 1'90 m de arcillas orgánicas implicaría además una deformación excesiva, requiriendo su sustitución, lo que a su vez implicaría una cimentación a la cota -3'80 m con el fondo de excavación bajo el nivel freático.

Por todo ello, para cimentar una estructura de las características previstas se deberá con toda seguridad recurrir a una cimentación profunda mediante pilotes.

A la cota 8'5 metros encontramos un estrato de gravas y arena de limos arcillosos con SPT hasta 67, adecuado para hincar pilotes.

Por todo ello y la existencia de estratos sobre la cota 8'5 despreciables para cimentar y con valores de SPT menores a 9, se deberá con toda seguridad recurrir a una cimentación profunda mediante pilotes.

Decidimos adoptar una cimentación profunda de pilotes y encepados.

·Predimensionado de la cimentación y el estribo del arco

La cimentación en el estribo del arco es la más singular ya que el empuje horizontal que produce el arco debe ser adecuadamente transmitido el terreno.

Para recoger esos empujes adoptamos como solución una combinación de pilotes verticales y anclajes inclinados unidos a un encepado que recibe la estructura del arco.

Del estrato de limos arcillosos hasta la cota 8’5 :

Pilotes en terrenos cohesivos (Guía de cimentaciones):

“ Cimentaciones por pilotaje-I aspectos geotécnicos”

$$Q_h=c_u\cdot N_c \cdot A_p + c_a \cdot A_f$$

Siendo:

C_u:cohesión aparente sin drenaje

N_c: coeficiente de capacidad portante que puede tomarse igual a 9 para una penetración > 4 diámetros en el estrato del apoyo.

C_a : adherencia desarrollada en el fuste del pilote , en el caso de pilotes perforados la relación c_a/c_u puede tomarse con un valor medio de 0’45.

En el caso del estrato donde irán empotrados los pilotes , podemos suponer terrenos granulares , adoptando el valor de resistencia por punta de 60 Kp/cm².

·Dimensionamiento de los pilotes :

Consideramos las cargas permanentes , las sobrecargas de uso y la temperatura en el punto extremos del arco.

A las fuerzas verticales le sumamos la descomposición de la tensión en el arco.

$$Q_{topo.c} = \frac{Q_{topo}}{\gamma_R} \geq N$$

Fórmula “Guía de cimentaciones”

Siendo:

Q_{tope} : Número de pilotes · Área del pilote · resistencia por punta en el estrato de empotramiento de los pilotes.

F : factor de seguridad (tomamos 3)

N : axil actuante sobre cada pilote (calculado con el sumatoria de las fuerzas verticales y la parte vertical al descomponer el arco)

De donde obtenemos el número de pilotes necesario.

Con una iteración de diámetro de pilotes de 350 mm :

$$A_p = \frac{\pi \cdot 0'35^2}{4} = 0'096$$

Con la combinación más desfavorable y las acciones permanentes , sobrecarga de uso y temperatura, calculamos el axil actuante sobre cada pilote.Los datos de las tensiones que llegan al punto del estribo del arco las obtenemos con el SAP 2000.

·Permanente V=152 KN Incremento de V = 150’8 KN Resultante = 302’8 KN

·Sobrecarga de uso V=295’3 KN Incremento de V = 289’5 KN Resultante = 584’8 Kn

·Temperatura V= 40 KN Incremento de V = 65’3 KN Resultante = 105’3 KN

Resultante total de axil actuante = 992’9 KN

$$\text{Número de pilotes con diámetro 350 mm : } \frac{3 \cdot 992'9}{6000 \cdot 0'096} = 5'17 \sim 6 \text{ pilotes}$$

El encepado será rígido , cumpliendo lo establecido en la norma :

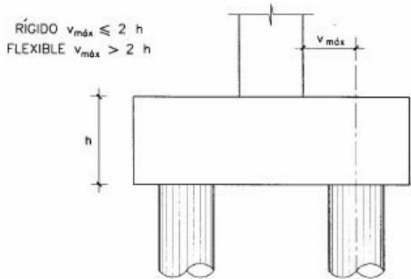


Imagen 14. Condiciones para encepado rígido o flexible (Guía de cimentaciones).

El dimensionamiento del armado del encepado y de los pilotes no se ha desarrollado en nuestro Anteproyecto , quedándonos con una cimentación profunda de encepado y pilotes , con un número de pilotes aplicando las cargas reales en ese punto y anclajes que recojan las tensiones horizontales.

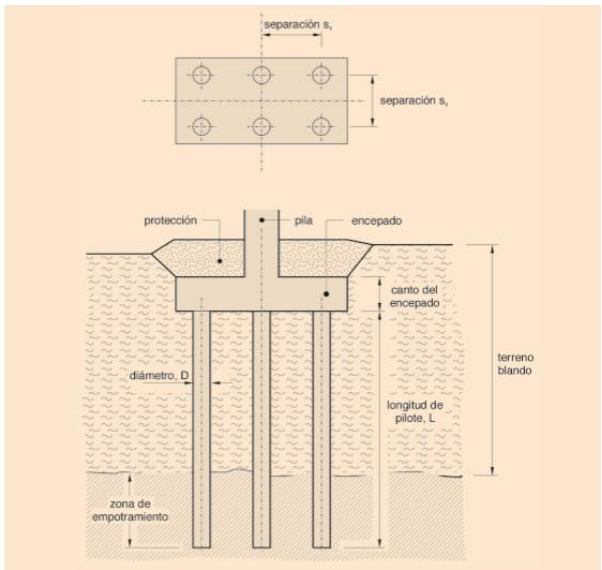


Imagen 15. Ejemplo cimentación profunda mediante encepado y pilotes

La solución adoptada es una combinación de pilotes verticales y anclajes inclinados unidos a un encepado que recibe la estructura del arco.

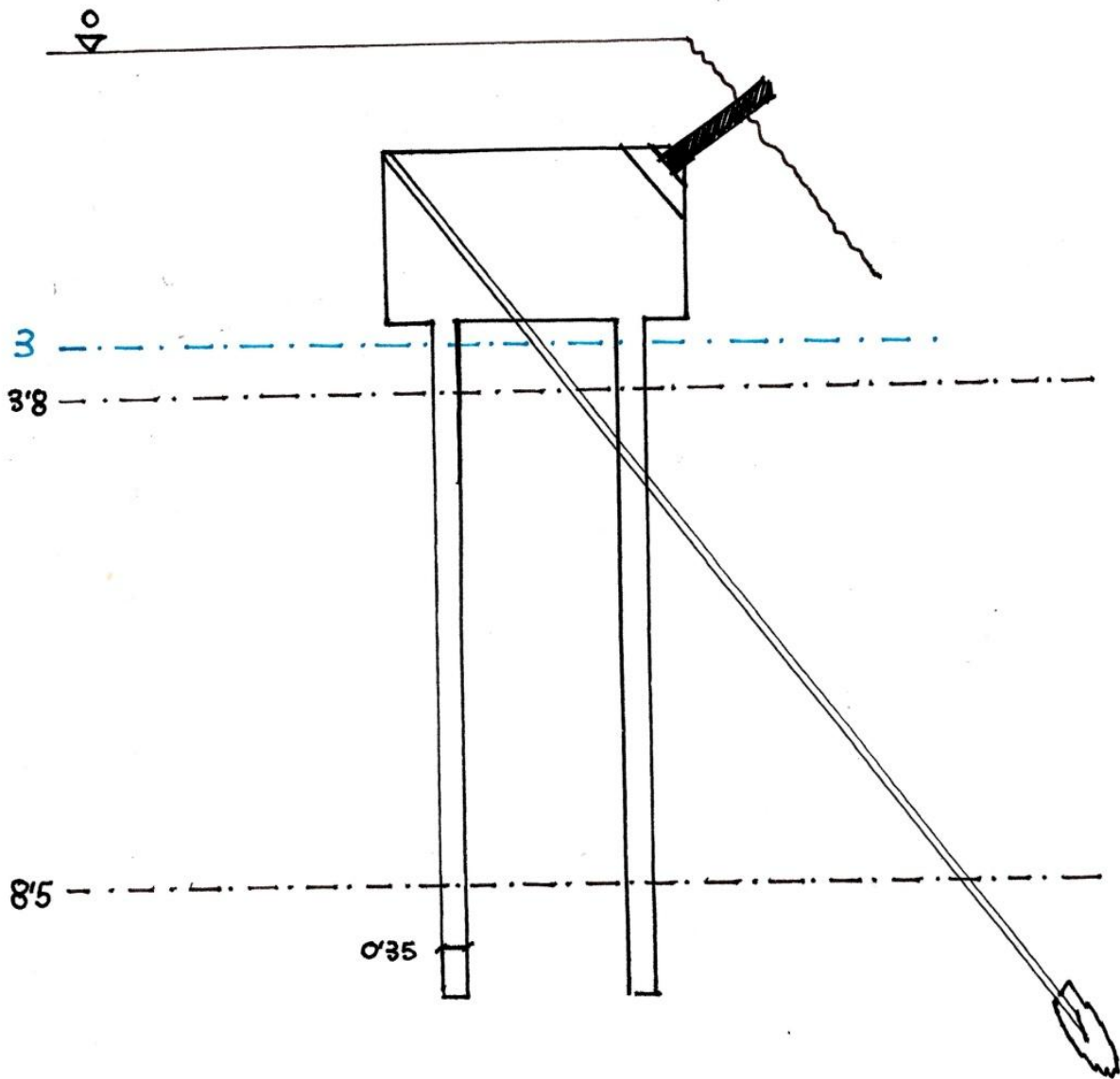


Imagen 16 . Esquema de cimentación profunda en el estribo del arco.