

ANEJO N°7

Puente sobre la Ría

Índice

1	Introducción	1
2	Puente sobre la Ría	2
2.1	Tablero Móvil	2
2.1.1	Cargas consideradas	2
2.1.2	Materiales	3
2.1.3	Resultados del análisis	6
2.1.4	Esfuerzos en los mecanismos (SLS)	7
2.1.5	Estado límite de servicio - Vibraciones	7
2.1.6	Diseño del mecanismo	9
2.2	Estructura fija	11
2.2.1	Descripción de la estructura	11
2.2.2	Características del terreno	12
2.2.3	Cargas aplicadas	12
2.2.4	Resultados de calculo	13

1 Introducción

El objeto del presente anejo es la descripción de las estructuras existentes en el “**Proyecto de Construcción de Puente peatonal y ciclable entre Barakaldo y Erandio**”.

Proyecto de Construcción de Puente peatonal
y ciclable entre Barakaldo y Erandio

Anejo nº7: Puente sobre la Ría

1

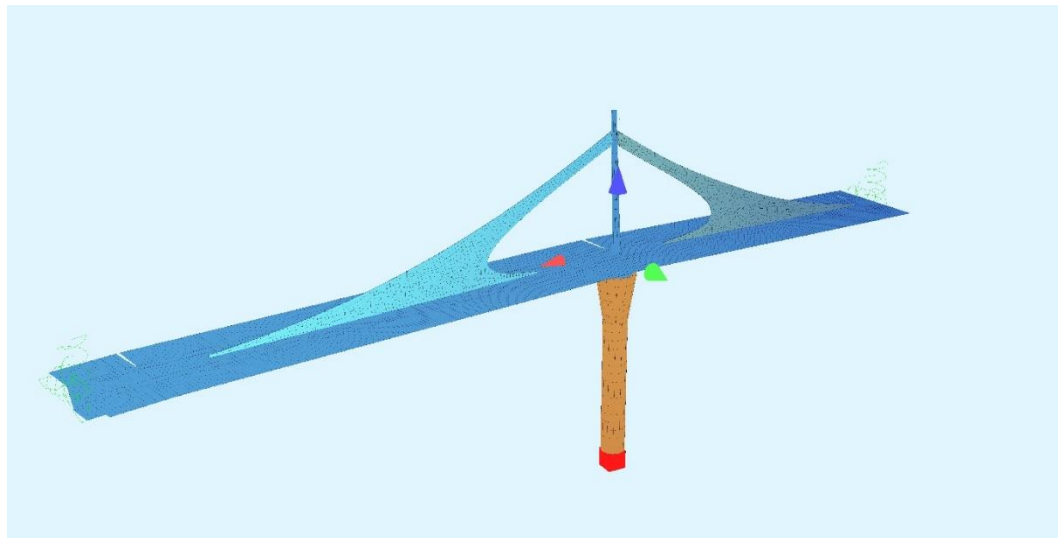
2 Puente sobre la Ría

La estructura propuesta para el cruce de la ría está compuesta por dos tramos fijos y dos tramos móviles, que se unen para forma suave y armoniosa acompañando el trazado curvo.



2.1 Tablero Móvil

La estructura del tramo móvil se analizó mediante un modelo de elementos finitos 3D en Sofistik, considerando un tramo completo de tablero móvil, hasta el nivel superior del encepado de la pila móvil.



El tablero presenta dos vanos de 30.0 y 20.0 m respectivamente.

El tablero se modeló mediante elementos de viga, considerando la sección cajón con sus correspondientes espesores y anchos efectivos de las alas, mientras que las velas se modelaron mediante elementos planos, incluyendo todos los grados de libertad (i.e. membrana y losa).

La pila de hormigón se modeló mediante elementos de barra, con su correspondiente sección transversal circular.

El mecanismo se modeló mediante una sección tubular equivalente al sistema de rodamientos de bolas de 8 puntas.

Para el análisis se consideraron dos situaciones:

- 1) Puente cerrado: se incorporaron restricciones en los extremos del tablero para simular los mecanismos de bloqueo con muelles calculados específicamente a tales efectos, restringiendo los grados de libertad del cortante vertical, cortante transversal y la torsión, y liberando los grados de libertad de flexión y axil del tablero
- 2) Puente abierto: Extremos del tablero con libertad de movimiento en todas direcciones.

2.1.1 Cargas consideradas

En **Situación 1**, se aplicaron las siguientes cargas al modelo global de la estructura (según IAP 11):

Cargas permanentes

- Peso propio de la estructura.
Densidad del acero $\rho = 78.5 \text{ KN/m}^3$
incrementada un 20% en el tablero para tener en cuenta diafragmas, rigidizadores y costillas transversales
Hormigón $\rho = 25 \text{ KN/m}^3$
- Cargas permanentes: carga de barandillas, mobiliario, etc.
carga uniformemente distribuida de 2 KN/m

Cargas variables

- Sobrecarga de uso en puentes
Carga vertical de 5 KN/m^2
Fuerza horizontal de 0.5 kN/m^2
- Viento de diseño de período de retorno $T=50$ años
 $v_b = 29 \text{ m/s}$
Rugosidad tipo I

Los coeficientes de exposición c_e se han considerado de forma simplificada a $z=10 \text{ m}$ en todos los casos.

Proyecto de Construcción de Puente peatonal
y ciclable entre Barakaldo y Erandio

Anejo nº7: Puente sobre la Ría

Los coeficientes de fuerza c_f se han considerado de acuerdo con los valores incluidos en le IAP 11 para cada elemento.

- Acciones térmicas con período de retorno de T=50 años
 $T_{max} = 46\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{min} = -7^{\circ}\text{C}$
 $T_0 = 15^{\circ}\text{C}$
 $-DT_N = 25^{\circ}\text{C}, +DT_N = 53^{\circ}\text{C}, DT_{M,heat} = 18^{\circ}\text{C}, DT_{M,cool} = 13^{\circ}\text{C}$
 - Empujes hidrodinámicos
A falta de datos específicos del caudal de avenida de período de retorno T=100 años, se ha considerado simplifcadamente una velocidad de corriente de v=10 m/s
- En **Situación 2**, se aplicaron las mismas cargas que para la opción 1, salvo los casos indicados:
- Cargas variables**
- No se considera sobrecarga de uso
 - Viento de diseño de período de retorno T=2 años
 $v_b = 17.5\text{ m/s}$
Rugosidad tipo I

- Empujes hidrodinámicos

Se considera un empuje hidrodinámico reducido de v=2m/s

Combinaciones

Las acciones mencionadas más arriba se combinaron de acuerdo con la IAP-11 tanto para ELU como para SLS.

2.1.2 Materiales

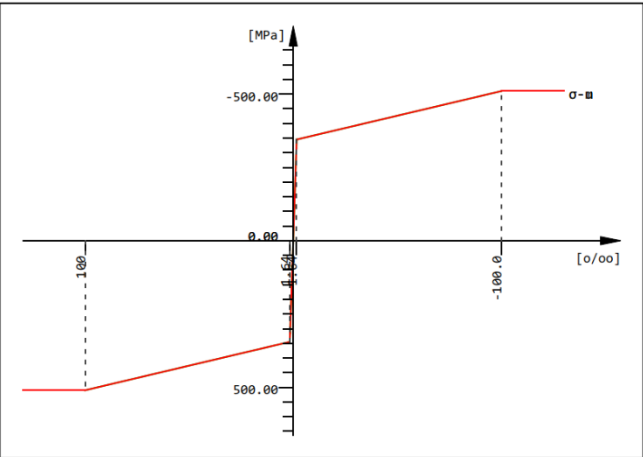
Los diferentes materiales utilizados en el modelo se presentan en las siguientes páginas:

2.1.2.1 ACERO ESTRUCTURAL

Mat 1 S 355 (EN 10025-2) (mod)					
Young's modulus	E	210000	[N/mm2]	Safetyfactor	1.00 [-]
Poisson's ratio	μ	0.30	[-]	Yield stress	fy 345.00 [MPa]
Shear modulus	G	80769	[N/mm2]	Compressive yield	fyc 345.00 [MPa]
Compression modulus	K	175000	[N/mm2]	Tensile strength	ft 510.00 [MPa]
Nominal Weight	γ	94.2	[kN/m3]	Compressive strength	fc 510.00 [MPa]
Mean density	ρ	7850.0	[kg/m3]	Ultimate strain	100.00 [o/oo]
Elongation coefficient	α	1.20E-05	[1/K]	relative bond coeff.	0.00 [-]
max. thickness	t-max	100.00	[mm]	EN 1992 bond coeff.	k1 0.00 [-]
				Hardening modulus	Eh 0.00 [MPa]
				Proportional limit	fp 315.00 [MPa]
				Dynamic allowance	σ-dyn 0.00 [MPa]

Stress-Strain for serviceability	ε[o/oo]	σ-m[MPa]	E-t[N/mm2]
Is also extended beyond the	1000.000	510.00	0
defined stress range	100.000	510.00	0
	1.643	345.00	1678
	1.500	315.00	210000
	0.000	0.00	210000
	-1.500	-315.00	210000
	-1.643	-345.00	1678
	-100.000	-510.00	0
	-1000.000	-510.00	0
Safetyfactor			1.00

Stress-Strain for ultimate load	ε[o/oo]	σ-u[MPa]	E-t[N/mm2]
Is also extended beyond the	1000.000	510.00	0
defined stress range	100.000	510.00	0
	1.643	345.00	1678
	1.500	315.00	210000
	0.000	0.00	210000
	-1.500	-315.00	210000
	-1.643	-345.00	1678
	-100.000	-510.00	0
	-1000.000	-510.00	0
Safetyfactor			1.00



S 355 (EN 10025-2) (mod)

Proyecto de Construcción de Puente peatonal y ciclable entre Barakaldo y Erandio

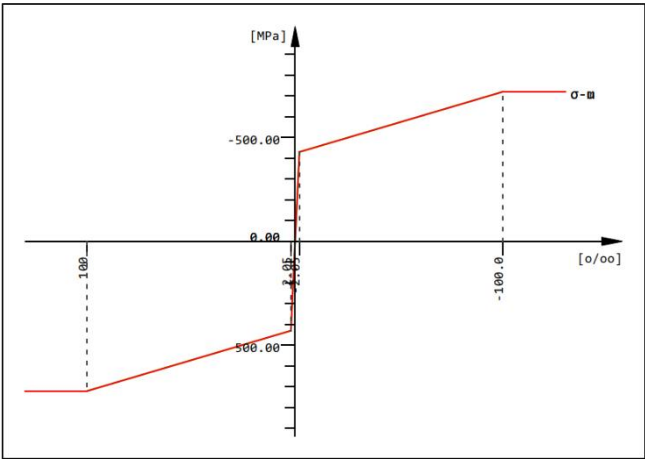
Anejo nº7: Puente sobre la Ría

Mat 10 S 460 (EN 10025-2) (mod)

Young's modulus	E	210000	[N/mm2]	Safetyfactor		1.00	[-]
Poisson's ratio	μ	0.30	[-]	Yield stress	fy	430.00	[MPa]
Shear modulus	G	80769	[N/mm2]	Compressive yield	fyc	430.00	[MPa]
Compression modulus	K	175000	[N/mm2]	Tensile strength	ft	720.00	[MPa]
Nominal Weight	γ	94.2	[kN/m3]	Compressive strength	fc	720.00	[MPa]
Mean density	ρ	7850.0	[kg/m3]	Ultimate strain		100.00	[o/oo]
Elongation coefficient	α	1.20E-05	[1/K]	relative bond coeff.		0.00	[-]
max. thickness	t-max	63.00	[mm]	EN 1992 bond coeff.	k1	0.00	[-]
				Hardening modulus	Eh	0.00	[MPa]
				Proportional limit	fp	430.00	[MPa]
				Dynamic allowance	σ-dyn	0.00	[MPa]

Stress-Strain for serviceability	ε[o/oo]	σ-m[MPa]	E-t[N/mm2]
Is also extended beyond the defined stress range	1000.000	720.00	0
	100.000	720.00	0
	2.048	430.00	2961
	0.000	0.00	210000
	-2.048	-430.00	2961
	-100.000	-720.00	0
	-1000.000	-720.00	0
	Safetyfactor		1.00

Stress-Strain for ultimate load	ε[o/oo]	σ-u[MPa]	E-t[N/mm2]
Is also extended beyond the defined stress range	1000.000	720.00	0
	100.000	720.00	0
	2.048	430.00	2961
	0.000	0.00	210000
	-2.048	-430.00	2961
	-100.000	-720.00	0
	-1000.000	-720.00	0
	Safetyfactor		1.00



S 460 (EN 10025-2) (mod)

2.1.2.2 HORMIGÓN

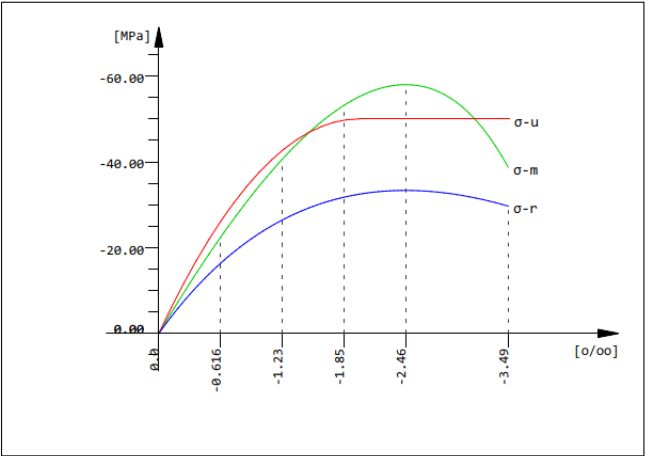
Mat 6 C 50/60 (EN 1992)

Young's modulus	E	37000	[N/mm2]	Safetyfactor		1.50	[-]
Poisson's ratio	μ	0.20	[-]	Strength	fc	50.00	[MPa]
Shear modulus	G	15417	[N/mm2]	Nominal strength	fck	50.00	[MPa]
Compression modulus	K	20556	[N/mm2]	Tensile strength	fctm	4.07	[MPa]
Nominal Weight	γ	1.0	[kN/m3]	Tensile strength	fctk,05	2.85	[MPa]
Mean density	ρ	0.0	[kg/m3]	Tensile strength	fctk,95	5.29	[MPa]
Elongation coefficient	α	1.00E-05	[1/K]	Bond strength	fdb	4.28	[MPa]
				Service strength	fcu	58.00	[MPa]
				Fatigue strength	fcd,fat	22.67	[MPa]
				Tensile strength	fctd	1.90	[MPa]
				Tensile failure energy	Gf	0.15	[N/mm]

Stress-Strain for serviceability	ε[o/oo]	σ-m[MPa]	E-t[N/mm2]
Is only valid within the defined stress range	0.000	0.00	39142
	-0.616	-22.38	33229
	-1.232	-40.56	25432
	-1.849	-53.15	14855
	-2.465	-58.00	0
	-3.491	-38.77	-42498
	Safetyfactor		1.50

Stress-Strain for ultimate load	ε[o/oo]	σ-u[MPa]	E-t[N/mm2]
Is only valid within the defined stress range	0.000	0.00	50000
	-2.000	-50.00	0
	-3.500	-50.00	0
	Safetyfactor		1.50

Stress-Strain of calc. mean values	ε[o/oo]	σ-r[MPa]	E-t[N/mm2]
Is only valid within the defined stress range	0.000	0.00	32618
	-0.616	-16.33	20968
	-1.232	-26.42	12173
	-1.849	-31.74	5370
	-2.465	-33.33	0
	-3.491	-29.68	-6730
	Safetyfactor		(1.50)



C 50/60 (EN 1992)

Proyecto de Construcción de Puente peatonal y ciclable entre Barakaldo y Erandio

Anejo nº7: Puente sobre la Ría

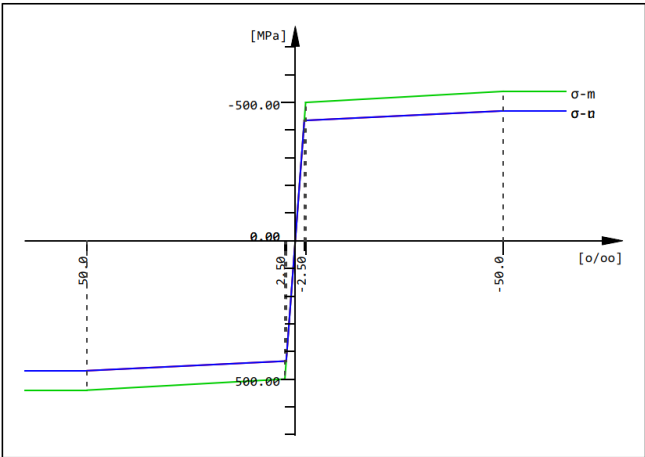
2.1.2.3 ACERO DE REFUERZO

Mat 11 B 500 B (EN 1992) (mod)					
Young's modulus	E	200000	[N/mm2]	Safetyfactor	1.15 [-]
Poisson's ratio	μ	0.30	[-]	Yield stress	fy 500.00 [MPa]
Shear modulus	G	76923	[N/mm2]	Compressive yield	fyc 500.00 [MPa]
Compression modulus	K	166667	[N/mm2]	Tensile strength	ft 540.00 [MPa]
Nominal Weight	γ	78.5	[kN/m3]	Compressive strength	fc 540.00 [MPa]
Mean density	ρ	7850.0	[kg/m3]	Ultimate strain	50.00 [o/oo]
Elongation coefficient	α	1.20E-05	[1/K]	relative bond coeff.	1.00 [-]
max. thickness	t-max	32.00	[mm]	EN 1992 bond coeff.	k1 0.80 [-]
				Hardening modulus	Eh 0.00 [MPa]
				Proportional limit	fp 500.00 [MPa]
				Dynamic allowance	σ-dyn 152.17 [MPa]

Stress-Strain for serviceability	ε[o/oo]	σ-m[MPa]	E-t[N/mm2]
Is also extended beyond the	1000.000	540.00	0
defined stress range	50.000	540.00	0
	2.500	500.00	842
	0.000	0.00	200000
	-2.500	-500.00	842
	-50.000	-540.00	0
	-1000.000	-540.00	0
Safetyfactor			1.15

Stress-Strain for ultimate load	ε[o/oo]	σ-u[MPa]	E-t[N/mm2]
Is also extended beyond the	1000.000	469.57	0
defined stress range	50.000	469.57	0
	2.174	434.78	727
	0.000	0.00	200000
	-2.174	-434.78	727
	-50.000	-469.57	0
	-1000.000	-469.57	0
Safetyfactor			(1.15)

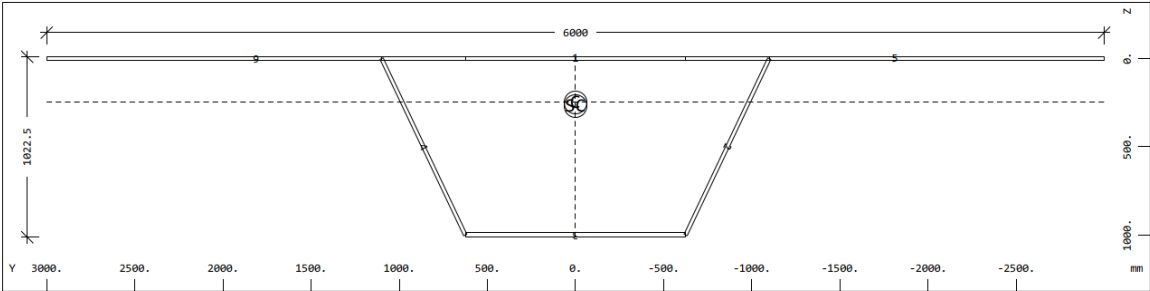
Stress-Strain of calc. mean values	ε[o/oo]	σ-r[MPa]	E-t[N/mm2]
Is also extended beyond the	1000.000	469.57	0
defined stress range	50.000	469.57	0
	2.174	434.78	727
	0.000	0.00	200000
	-2.174	-434.78	727
	-50.000	-469.57	0
	-1000.000	-469.57	0
Safetyfactor			(1.15)



B 500 B (EN 1992) (mod)

Ejemplo de sección transversal del tablero

Cross section No. 101 - Deck - Box Girder



Cross section No. 101 - Deck - Box Girder

Static properties of cross section

Mat	A[m2]	Ay[m2]	Iy[m4]	yc[mm]	ysc[mm]	E[N/mm2]	g[kg/m]	I-1[m4]
MR-F	It[m4]	Az[m2]	Iz[m4]	zc[mm]	zsc[mm]	G[N/mm2]		I-2[m4]
		Ayz[m2]	Iyz[m4]					α[°]
1	2.1453E-01	2.009E-01	3.272E-02	0.0	0.0	210000	2020.9	4.123E-01
	4.400E-02	8.913E-02	4.123E-01	248.9	269.0	80769	(BEAM)	3.272E-02

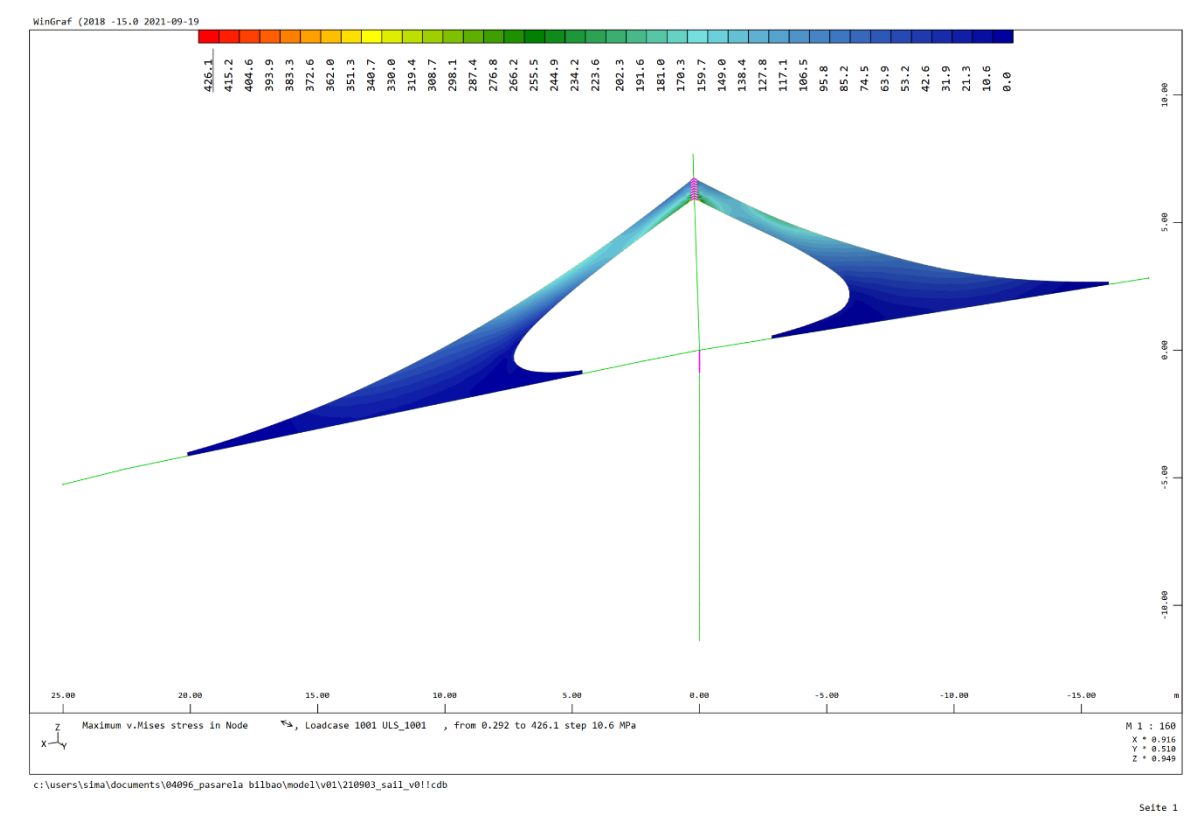
2.1.3 Resultados del análisis

Los casos críticos de diseño de tablero, velas y pilono, corresponden a la situación 1, mientras que la situación 2 es relevante para el diseño de pilas y fundaciones.

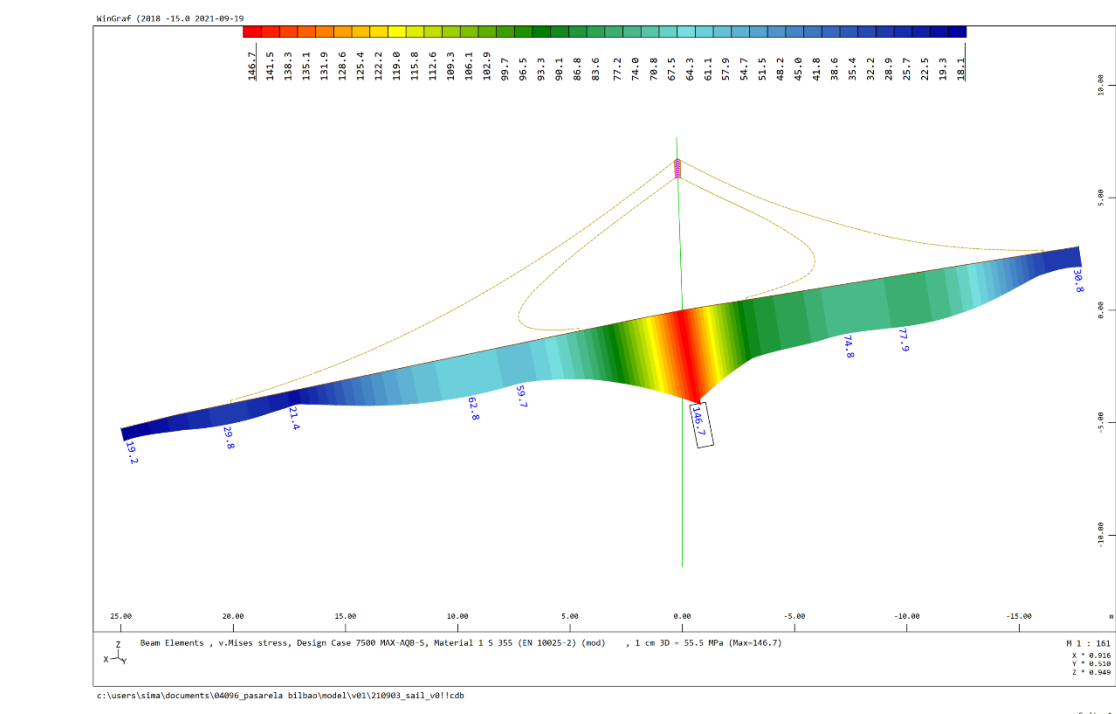
En las figuras siguientes se muestran algunos de los resultados.

Tensiones de Von Misses en las velas en ELU (acero S355)

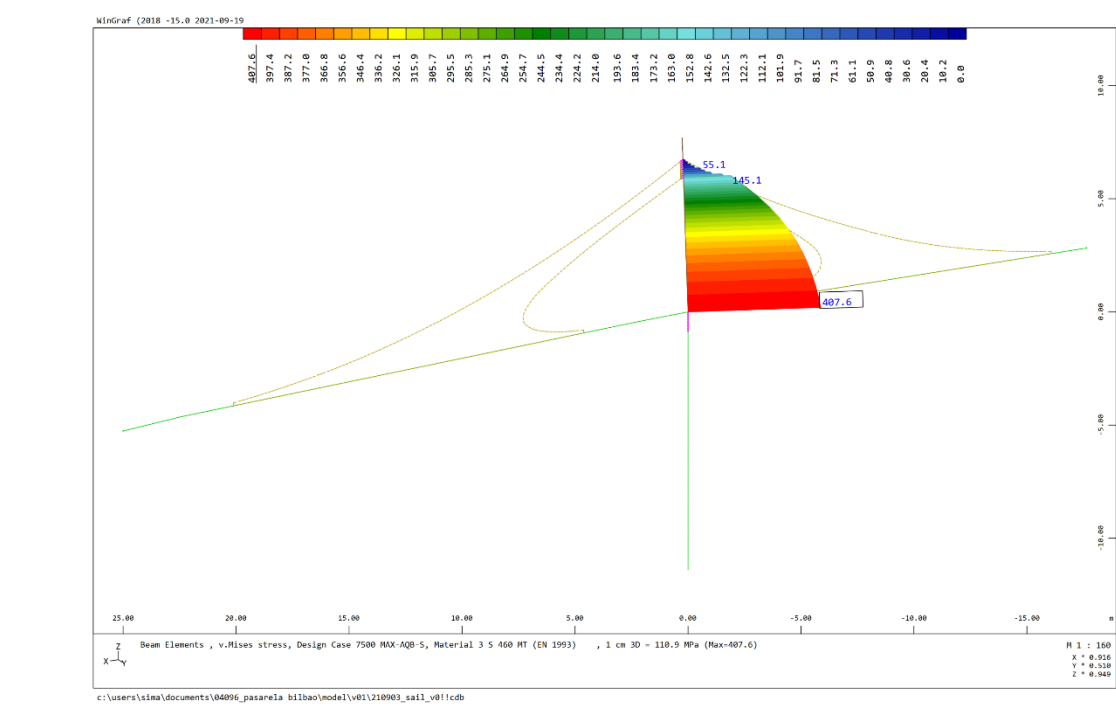
ELU 1001 1.35 Cargas permanentes + 1.35 Sobrecarga de tráfico



Tensiones máximas de Von Mises en el tablero en ELU (acero S355)



Tensiones máximas de Von Mises en el pilono en ELU (acero S460)



Proyecto de Construcción de Punte peatonal y ciclable entre Barakaldo y Erandio

Anejo nº7: Punte sobre la Ría

2.1.4 Esfuerzos en los mecanismos (SLS)

En Situación 2 (durante el giro):

LC	LC-title	NR	X	N	VY	VZ	MT	MY	MZ
				[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
2020	MAX-N	5006	0	-2195.8	-27.89	-3.94	92.9	14.83	-1046.95
2021	MIN-N	5006	0	-2195.8	0	0	0	4.34	-972.54
2022	MAX-VY	5006	0	-2195.8	0	0	0	4.35	-972.54
2023	MIN-VY	5006	0	-2195.8	-92.98	-13.06	309.67	39.2	-1220.58
2024	MAX-VZ	5006	0	-2195.8	0	0	0	4.35	-972.54
2025	MIN-VZ	5006	0	-2195.8	-92.98	-13.1	309.5	39.24	-1220.57
2026	MAX-MT	5006	0	-2195.8	-92.98	-13.06	309.67	39.2	-1220.58
2027	MIN-MT	5006	0	-2195.8	0	0	0	4.34	-972.54
2028	MAX-MY	5006	0	-2195.8	-92.98	-13.1	309.5	39.25	-1220.57
2029	MIN-MY	5006	0	-2195.8	0	0	0	4.34	-972.54
2030	MAX-MZ	5006	0	-2195.8	0	0	0	4.35	-972.54
2031	MIN-MZ	5006	0	-2195.8	-92.98	-13.06	309.67	39.19	-1220.58

En situación 1 (servicio):

LC	LC-title	NR	X	N	VY	VZ	MT	MY	MZ
SLS			[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
2020	MAX-N BEAM	5006	0	-2058.6	-37.4	-4.9	9.4	-157.7	-979.7
2021	MIN-N BEAM	5006	0	-3769.5	15.8	155.6	25.4	-42.0	-1632.0
2022	MAX-VY BEAM	5006	0	-2993.2	70.7	86.2	2.5	86.1	-2192.4
2023	MIN-VY BEAM	5006	0	-2257.4	-106.5	10.9	27.0	190.1	-1242.8
2024	MAX-VZ BEAM	5006	0	-3754.8	17.3	155.9	20.3	-97.0	-1624.2
2025	MIN-VZ BEAM	5006	0	-2174.2	-100.7	-12.9	24.8	8.9	-1301.2
2026	MAX-MT BEAM	5006	0	-2597.2	-97.8	24.3	40.3	-305.7	-1534.2
2027	MIN-MT BEAM	5006	0	-2597.5	-0.4	61.5	-5.7	642.7	-966.2
2028	MAX-MY BEAM	5006	0	-2626.6	-31.4	57.5	7.8	733.8	-1086.6
2029	MIN-MY BEAM	5006	0	-3253.8	12.7	93.7	26.2	-867.9	-1561.7
2030	MAX-MZ BEAM	5006	0	-2065.1	-7.2	-1.0	1.9	-159.0	-881.1
2031	MIN-MZ BEAM	5006	0	-3001.4	39.0	82.0	15.0	142.6	-2298.8

2.1.5 Estado límite de servicio - Vibraciones

Análisis modal:

Eigenvalues													
No.	LC	λ [rad2/sec2]	error [-]	ω [rad/sec]	f [Hz]	T [sec]	ξ [%]	Meff			participation		
								X[%]	Y[%]	Z[%]	X[%]	Y[%]	Z[%]
1	4000	7.7330E+01	0.0E+00	8.794	1.400	0.715	0.000	0.0	13.8	0.1	0.0	13.9	0.1
2	4001	1.0953E+02	0.0E+00	10.466	1.666	0.600	0.000	14.5	31.9	1.1	14.6	32.1	1.1
3	4002	1.2123E+02	5.9E-15	11.010	1.752	0.571	0.000	50.3	9.0	0.6	50.6	9.0	0.6
4	4003	1.5608E+02	0.0E+00	12.493	1.988	0.503	0.000	1.4	30.9	0.0	1.4	31.1	0.0
5	4004	2.4763E+02	6.0E-15	15.736	2.505	0.399	0.000	23.1	2.2	10.3	23.2	2.3	10.3
6	4005	3.0753E+02	0.0E+00	17.537	2.791	0.358	0.000	0.2	1.2	0.0	0.2	1.2	0.0
7	4006	4.3020E+02	0.0E+00	20.741	3.301	0.303	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
8	4007	6.5259E+02	0.0E+00	25.546	4.066	0.246	0.000	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
9	4008	1.0193E+03	4.5E-15	31.926	5.081	0.197	0.000	0.5	1.0	2.9	0.5	1.0	2.9
10	4009	1.2871E+03	0.0E+00	35.876	5.710	0.175	0.000	1.3	0.0	13.6	1.3	0.0	13.6
11	4010	1.4967E+03	0.0E+00	38.688	6.157	0.162	0.000	1.5	0.3	4.2	1.5	0.3	4.2
12	4011	1.9236E+03	7.9E-15	43.859	6.980	0.143	0.000	0.1	0.0	0.9	0.1	0.0	0.9
13	4012	1.9443E+03	0.0E+00	44.094	7.018	0.142	0.000	0.0	0.6	0.0	0.0	0.6	0.0
14	4013	2.3745E+03	0.0E+00	48.729	7.755	0.129	0.000	0.0	0.3	1.2	0.0	0.3	1.2
15	4014	2.6510E+03	0.0E+00	51.488	8.194	0.122	0.000	0.0	0.1	3.3	0.0	0.1	3.3
16	4015	3.4667E+03	0.0E+00	58.879	9.371	0.107	0.000	0.0	0.0	27.8	0.1	0.0	28.0
17	4016	4.0864E+03	6.0E-15	63.925	10.174	0.098	0.000	0.0	0.1	2.0	0.0	0.1	2.0
18	4017	4.5910E+03	5.0E-15	67.757	10.784	0.093	0.000	0.0	0.2	0.9	0.0	0.2	0.9
19	4018	4.9741E+03	0.0E+00	70.527	11.225	0.089	0.000	0.0	0.4	0.5	0.0	0.4	0.5
20	4019	6.5673E+03	0.0E+00	81.039	12.898	0.078	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Los primeros modos relevantes para el análisis de vibraciones (modos de vibración global) se muestran continuación

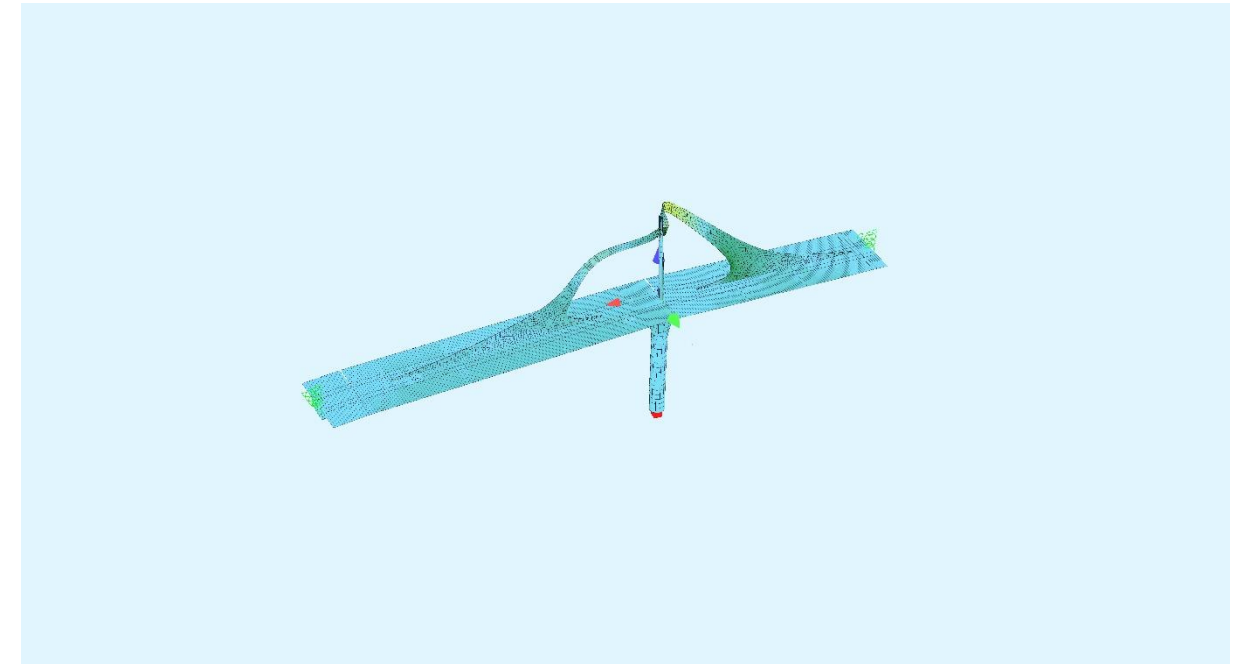
Modo 2 – 1.67 Hz (Horizontal longitudinal-transversal)



Modo 3 - 1.75 Hz (Horizontal longitudinal)



Modo 4 – 1.99 Hz horizontal-vertical



Como es habitual en este tipo de estructuras ligeras, las frecuencias de los modos de vibración más bajos resultan en el rango crítico.

Se selecciona el siguiente rodamiento:

Kaydon slewing bearing selector results

Log in to access 3D models, CAD files, and engineering software

Forgot password? | Register

Your bearing search for **Other, Service factor 1.7, Ball bearings, Roller bearings, Internal gear, 2200 mm max exterior bolt circle, 1900 mm max interior bolt circle, 2760 kN normal axial load, 3800 kN max axial load, 160 kN max radial load, 1500 kNm normal tilting moment, 2300 kNm max tilting moment, Vertical rotation axis, Bearing under compression, 0.1 rpm normal speed, 0.2 rpm max speed** yielded **3 results**.

[Edit your search](#)

Search results are based on standard part numbers in the [Kaydon Slewing Ring Bearings Catalog 290](#). For detailed information and for custom part numbers, [contact us](#).

Click on the Kaydon part number in the chart below to view full bearing dimensions, load chart, and download 3D drawings. **Click on the column name to sort your results.**

(*) Indicates bearing measurements were converted from inches to mm.

Search results per page

Kaydon part number	Dimensions in mm			Operational safety factor	Kaydon bearing series
	Inside diameter	Outside diameter	Height		
16275001	1209.040*	1676.400*	203.200*	1.56	DT
16276001	1275.080*	1790.700*	219.075*	1.87	DT
16379001	1728.013*	2215.998*	177.013*	1.57	TR

<< first < prev

Page 1 of 1

next > last >>

Kaydon part number	Load chart	Internal gear																			Max gear tooth load F _z (lbs)	Moment rating C _{rm} (ft-lbs)	
		Outline dimensions & weight								Mounting holes						Gear data α = 20°							
		D _o (in)	d _i (in)	H (in)	H _o (in)	H _i (in)	D _z * (in)	d _z (in)	G approx. (lbs)	L _o (in)	n _o	B _o (in)	L _i (in)	n _i	B _i (in)	Tooth form	D ₂ (in)	P _d or (m)	z ₂	x ₂			b ₂ (in)
16276001		70.500	50.200	8.625	8.312	8.312	-	52.125	3,700	67.625	36	1 1/2-6	55.000	40	1.625	SD	51.000	2	102	0	5.000	56,400	4,863,400

Technical drawing of a vertical access platform (Escala de Acceso) with dimensions and labels. The drawing shows a side view of the platform structure, including the ladder, access door, and internal components.

Dimensions:

- 2.00 (Total width of the platform)
- 1.83 (Width of the access door)
- 0.49 (Height of the access door)
- 1.48 (Distance between the two main support legs)
- 0.30 (Distance from the center line to the right support leg)
- 0.51 (Width of the ladder steps)
- 1.00 (Height of the platform)
- 1.40 (Width of the base)
- 1.08 (Width of the base)

Labels:

- ESCOTILLA DE ACCESO PARA MANTENIMIENTO DESDE EL TABLERO
- ESCALERRILLA PARA INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO
- ACCESO MANTENIMIENTO
- CORONA MÓVIL CON ENGRANAJE INTERIOR
- CORONA FIJA
- RODAMIENTO
- PIÑÓN
- TRANSMISIÓN/REDUCTOR DE VELOCIDAD
- MOTOR ELÉCTRICO (3x)
- CUADRO DE CONTROL MANUAL DEL MECANISMO
- CUADRO ELÉCTRICO
- ESCALERRILLA INTERIOR PARA INSPECCIÓN

$$M_w = \frac{\mu (4.4M_k + F_a D_p + 2.2F_r D_p)}{2}$$

D_p = diámetro de paso del rodamiento, (pies)

En nuestro caso par de rozamiento será

$$M_w = 25.5 \text{ kNm}$$

Y el par de esfuerzos de torsión

$$M_T = 310 \text{ kNm}$$

Par de salida o Torque de salida será

$$M_o = 340 \text{ kNm}$$

Asumiendo que la fuerza tangencial en el diente del anillo y el del piñón es la misma, conociendo el D2 tenemos que la fuerza contra el diente es la siguiente:

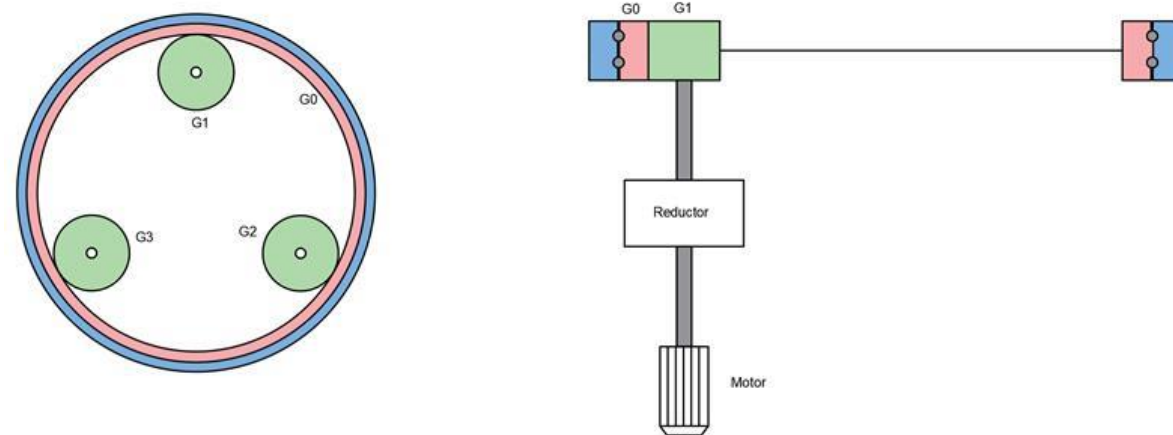
$$F_t = 340 / 1.2954 = 263 \text{ kN (en servicio), tomaremos un coeficiente de seguridad de 2 en esta fase.}$$

$F_{td} = 526 \text{ kN}$ y sabiendo que la capacidad de un diente es del entorno de los 250kN, estimamos 3 piñones para vencer el esfuerzo crítico para el viento de diseño.

$$F_{\text{piñon}} = 526 / 3 = 175 \text{ kN (en estado límite último).}$$

Por otro lado como condición de diseño el puente debe girar 90 grados en aproximadamente 120 seg.

$$W_o = 0.0131 \text{ rad/s}$$



Se estiman las siguientes relaciones de transmisión y las velocidades de salida:

$$i_{\text{engranaje-piñón}} = 6.8 \rightarrow P_{\text{piñón}} = 0.85 \text{ rpm}$$

$$i_{\text{piñón motor reductor}} = 900 \text{ rpm Aprox. Se estima un motor con velocidad de sincronismo de 750 rpm y 4 polos.}$$

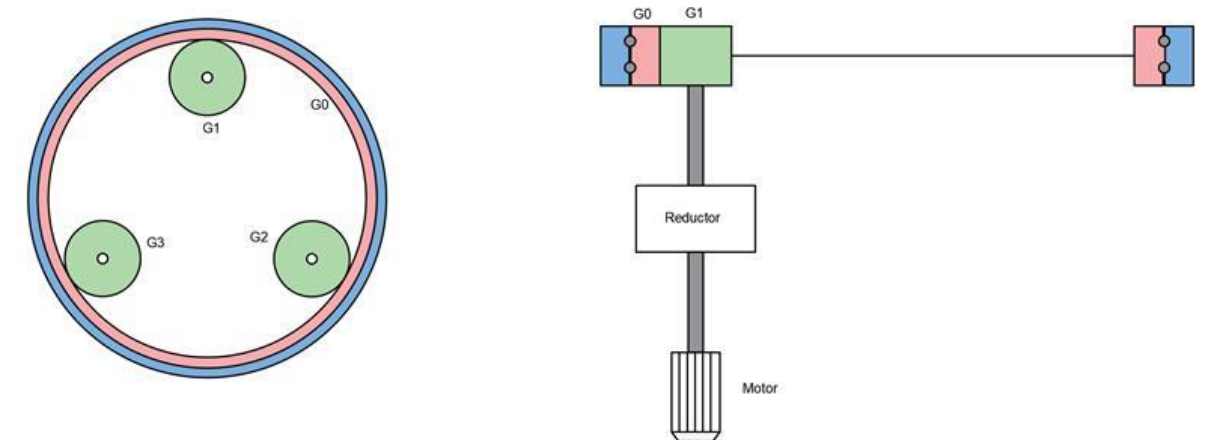
$$P_{\text{mec piñón}} = 980 \text{ W aproximadamente.}$$

$$P_{\text{motoreductor eléctrica}} = 1500 \text{ W}$$

Se recomienda que se limiten las condiciones de apertura el puente a un viento de 10m/s, que permitirían reducir dimensiones del motor. Solo en caso muy excepcionales debería abrirse para las condiciones de viento de diseño, solo en caso de emergencia, pero como consigna para el sistema de control se recomienda indicar un viento máximo recomendado.

Es importante destacar que en condiciones normales de uso y no extremas se disponen de equipos redundantes de actuadores, puesto que no en todos los casos se va a abrir en las peores condiciones meteorológicas.

Sistema de engranaje + piñón interior con moto reductor de 1.5kW



Piñón G1-G2-G3:
3 Ruedas dentadas (G1-G2-G3) en transmisión directa por engranaje de 15 dientes rotando a una velocidad comprendida entre 0,56 y 0,85 rpm y compatible con corona (G0) de engranaje interno tipo Kaydon número de referencia 16276001 con las siguientes características (o similar):

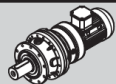
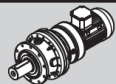
Kaydon part number	Load chart	Internal gear																			Max gear tooth load F_z (lbs)	Moment rating C_{rm} (ft-lbs)	
		Outline dimensions & weight								Mounting holes						Gear data $\alpha = 20^\circ$							
										Outer ring			Inner ring										
		D_o (in)	d_i (in)	H (in)	H_o (in)	H_i (in)	D_r^* (in)	d_r (in)	G approx. (lbs)	L_o (in)	n_o	B_o (in)	L_i (in)	n_i	B_i (in)	Tooth form	D_2 (in)	P_d or (m)	z_2	x_2			b_2 (in)
16276001		70.500	50.200	8.625	8.312	8.312	-	52.125	3,700	67.625	36	11/2-6	55.000	40	1.625	SD	51.000	2	102	0	5.000	56,400	4,863,400

El piñón soportará al menos un par 6kN·m.

Conjunto motoreductor:
3 Motoreductores con coeficiente de reducción comprendido entre 900:1 y 1200:1, motor asíncrono de 4 pares de polos, velocidad de sincronismo 750 rpm, Potencia eléctrica 1,5 kW.

Control:
Sistema de control que permita el control remoto de motores y por lo tanto la velocidad de giro del puente, incluyendo sondas de campo tipo estación meteorológica para monitorizar la velocidad del viento y acelerómetro para monitorizar los movimientos de la estructura. Se incluirá un variador de frecuencia para cada motor eléctrico de 1.5kW con el fin de adaptar el funcionamiento del motor a los esfuerzos cambiantes durante la maniobra de apertura/cierre de la pasarela.

Para esta fase de diseño se ha estudiado utilizar los equipos motorreductor de NRV drive technologies.

P1 (kW)		iges	n2 (rpm)	M2 (Nm)	fs	Pt (20°C) (kW)	Pt (40°C) (kW)	Motor IE2	FR (kN)				
									MC	MS	PC	PS	CPC
1.50		1270.1	0.7	17531	0.9	11.0	7.7	100L/6D	60.0	106.0	140.0	186.0	45.0
		1093.7	0.8	15096	1.0				60.0	106.0	140.0	186.0	45.0
		1008.9	0.9	13925	1.4				60.0	106.0	140.0	186.0	45.0
		907.3	1.0	12523	1.1				60.0	106.0	140.0	186.0	45.0
		806.4	1.1	11130	1.2				60.0	106.0	140.0	186.0	45.0
		724.4	1.2	9999	1.4				60.0	106.0	140.0	186.0	45.0
		640.5	1.4	8841	2.0				60.0	106.0	140.0	186.0	45.0
		612.0	1.5	8447	2.0				60.0	106.0	140.0	186.0	45.0
		576.1	1.6	7952	1.6				51.0	90.1	119.0	158.1	38.3
		554.4	1.6	7652	2.5				51.0	90.1	119.0	158.1	38.3
		531.4	1.7	7335	2.3				51.0	90.1	119.0	158.1	38.3
		507.7	1.8	7008	2.7				51.0	90.1	119.0	158.1	38.3
		459.9	2.0	6348	2.9				51.0	90.1	119.0	158.1	38.3
		440.9	2.0	6086	2.7				51.0	90.1	119.0	158.1	38.3

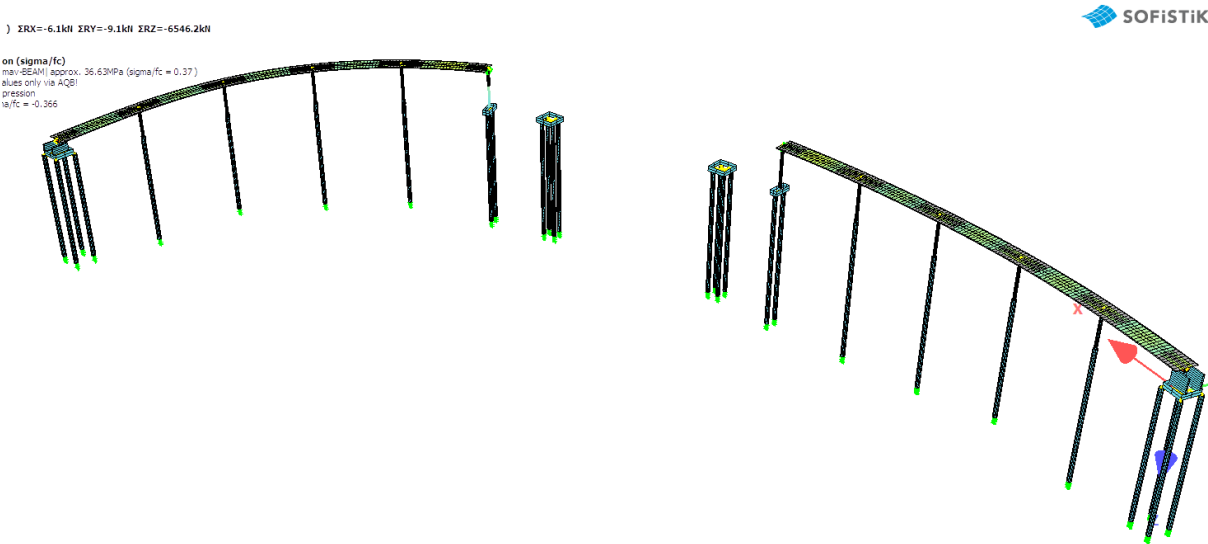
2.2 Estructura fija

2.2.1 Descripción de la estructura

Para los cálculos de la parte fija de la pasarela se ha utilizado el software *Sofistik*. Se han modelizado todos los elementos estructurales (tablero, pilas y pilotes) con elementos tipo viga.

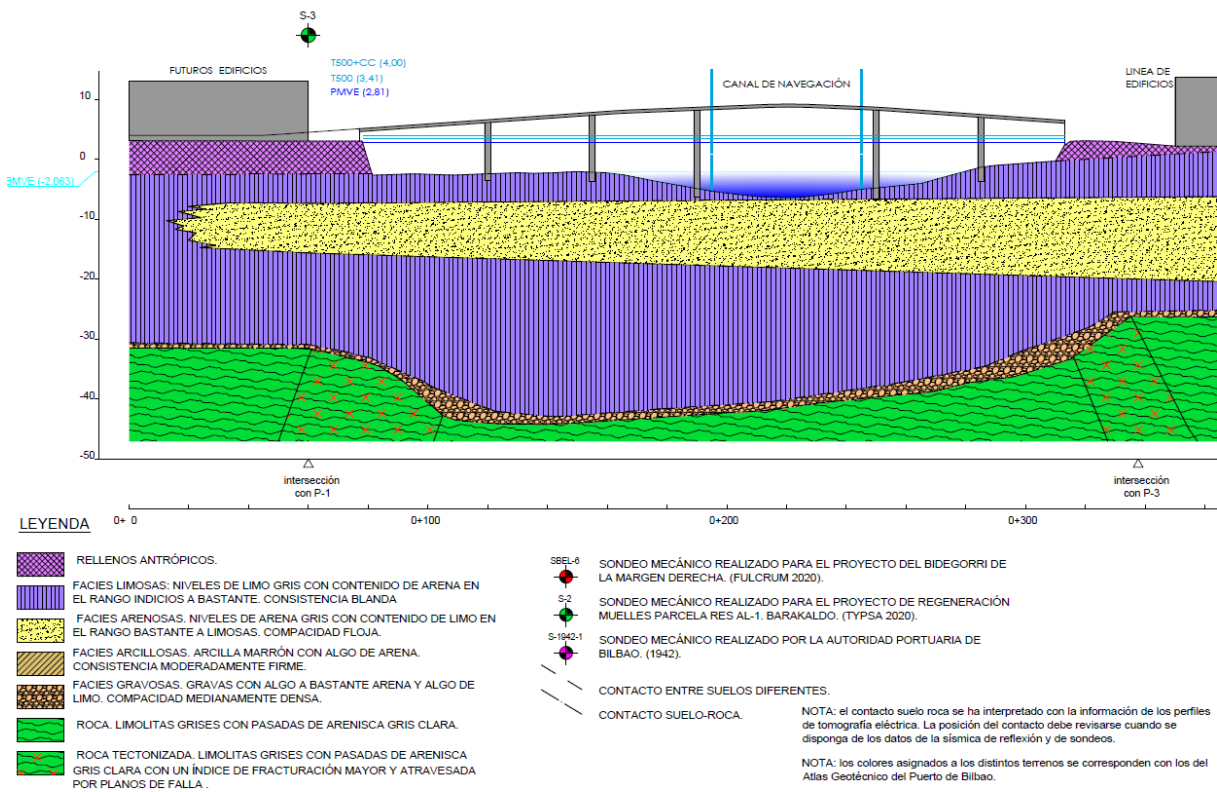
En la siguiente imagen se puede observar la estructura sin la parte móvil. En las transiciones se han implementado las cargas y rigideces correspondientes de la parte móvil a la estructura fija.

Las rigideces del terreno se han modelado mediante muelles.



2.2.2 Características del terreno

En la siguiente imagen se muestra el perfil geotécnico adaptado para el calculo de las cimentaciones.



Con la información facilitada de los sondeos, se han determinado las siguientes resistencias para cargas verticales y horizontales:

Terreno	Cota (m)		N _{SPT}	C _u (kN/m²)	E' (MPa)	Terreno	Cota (m)		N _{SPT}	C _u (kN/m²)	Resist fuste f (kN/m²)	
	de	a					de	a			Compresión	Tracción
Rellenos	3,0	-2,0	15			Rellenos	3,0	-2,0	15		0	0
Limos arenosos grises Consistencia muy blanda	-2,0	-7,0	0 - 3			Limos arenosos grises Consistencia muy blanda	-2,0	-7,0	0 - 3		0	0
Arenas grises. Compacidad floja	-7,0	-15,0	5 - 10		8,0	Arenas grises. Compacidad floja	-7,0	-15,0	5 - 10		0	0
Limos arenosos grises Consistencia blanda	-15,0	-25,0 a -40,0	1 / 9	40	8,0	Limos arenosos grises Consistencia blanda	-15,0	-25,0 a -40,0	1 / 9	40	0	0
Gravas arenosas	-25,0 a -40,0	-27,0 a 42,0	≥ 50		50	Gravas arenosas	-25,0 a -40,0	-27,0 a 42,0	≥ 50		100	50
Limolitas grises meteorizadas	-27,0 a 42,0	-29,0 a -44,0			50	Limolitas grises meteorizadas	-27,0 a 42,0	-29,0 a -44,0			100	50
Limolitas grises sanas	-29,0 a -44,0				200	Limolitas grises sanas	-29,0 a -44,0				200	100

Respecto a la resistencia por fuste y punta frente a cargas verticales, se seguirán las recomendaciones reflejadas en el informe geotécnico:

TABLA 5.IIIa. Cimentaciones de la pasarela.

APOYO	E-1	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6
Prof roca (m)	35,5	35,0	28,0	40,5	40,5	38,5	36,0
Parámetros roca sana	σ _c	8,7 MPa		8,7 MPa	8,7 MPa	8,7 MPa	
	α ₁	0,6		0,6	0,6	0,6	
	α ₂	1		1	1	1	
	α ₃	1		1	1	1	
Parámetros roca tectoni-zada	PI		4,7 MPa				4,7 MPa
	P ₀		0,28 MPa				0,28 MPa
Tens adm punta	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa
Tens adm fuste	0,12 MPa	0,02 MPa	0,02 MPa	0,12 MPa	0,12 MPa	0,12 MPa	0,02 MPa

TABLA 5.IIIb. Cimentaciones de la pasarela.

APOYO	P-7	P-8	P-9	P-10	P11	P-12	E-2
Prof roca (m)	33,0	33,5	34,5	34,0	34,0	37,5	37,0
Parámetros roca sana	σ _c	8,7 MPa	8,7 MPa	8,7 MPa			
	α ₁	0,6	0,6	0,6			
	α ₂	1	1	1			
	α ₃	1	1	1			
Parámetros roca tectoni-zada	PI				4,7 MPa	4,7 MPa	4,7 MPa
	P ₀				0,28 MPa	0,28 MPa	0,28 MPa
Tens adm punta	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa
Tens adm fuste	0,12 MPa	0,12 MPa	0,12 MPa	0,12 MPa	0,02 MPa	0,02 MPa	0,02 MPa

Se recomienda la ejecución de pilotes de gran diámetro (≥ 1.20 metros), hormigonados in situ, empotrados un mínimo de 3 diámetros en la limolitas grises sanas.

Dada la muy reducida consistencia previsible de los limos grises superficiales, se recomienda su ejecución al amparo de lodos tixotrópicos, con entubación perdida empotrada 1.0 metro en las arenas detectadas en torno a la cota -7.0.

Para la pasarela propuesta se han considerado pilotes (Ø 1.20 m) con longitudes entre 30 y 42m.

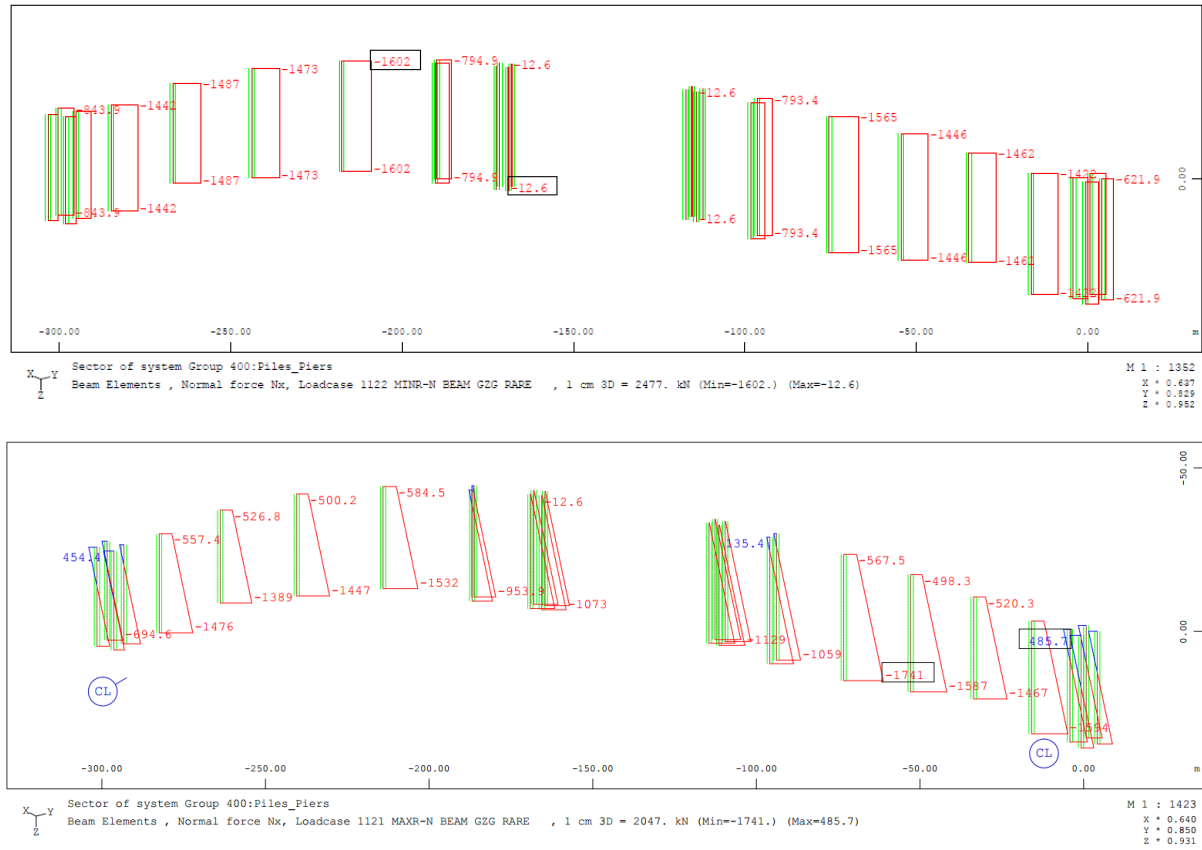
2.2.3 Cargas aplicadas

Se han aplicadas las siguientes cargas al modelo global de la estructura (según IAP 11):

- Peso propio de la estructura
- Cargas permanentes
- Viento transversal
- Acciones térmicas
- Empujes hidrodinámicos

2.2.4 Resultados de calculo

A continuación se presentan los axiles máximos y mínimos en combinación característica en los pilotes.



Compresión máxima del pilote: 1600 kN

En una primera aproximación y del lado de la seguridad, se considera que la máxima carga vertical se transmite a las limonitas sanas únicamente por la punta del pilote. Se comprueba que la tensión transmitida al terreno es menor que la tensión admisible por punta.

$$1600 \text{ kN} / (\pi * 1.2^2 / 4 \text{ m}^2) = 1131 \text{ kN/m}^2 = 1.13 \text{ MPa}$$
 (aún en el caso de considerar todo el peso propio del pilote la carga transmitida a las limonitas sanas sería aceptable)

Tracción máxima del pilote: 486 kN en la parte superior del mismo. Por lo tanto se considera que en vista de los resultados obtenidos no será necesario considerar la resistencia del terreno frente a las tracciones que le pueda transmitir los pilotes.

En el caso de que en cálculos posteriores se produjera alguna variación en estos esfuerzos, llegando a traccionarse algún pilote, se dimensionará la longitud necesaria a disponer en las limonitas sanas de la forma que se indica a continuación:

$$L_{necesaria} \text{ [m]} = F_{tracc,max} \text{ [kN]} / (\text{tens adm fuste [kN/m}^2\text{]} * \text{coef. red} * \pi * 1.2\text{m})$$

Siendo:

- $L_{necesaria}$ = longitud de empotramiento en las limonitas sanas
- $F_{tracc,max}$ = fuerza máxima de tracción en el pilote analizado
- Tens. Adm. Fuste = tensión admisible en el fuste que se estudia
- Coef. red = coeficiente reductor de la resistencia por fuste a tracción (0.5)

En la siguiente imagen se muestran los momentos máximos en pilotes y a continuación un prediseño de armadura en pilotes y pilas:

