

ANEJO. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

1 OBJETO.....3

2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....3

3 SOFTWARE5

4 NORMATIVA EMPLEADA.....5

5 SOLICITACIONES EMPLEADAS.....5

6 VALORES DE CÁLCULO5

7 MATERIALES.....5

7.1 CONSIDERACIONES DE DURABILIDAD6

7.1.1 CLASES DE EXPOSICIÓN:6

7.1.2 HORMIGON EMPELADO6

7.1.3 MEDIDAS ESPECIFICAS PARA LA FASE DE EJECUCIÓN6

8 CÁLCULO SECCIONAL6

8.1 ARMADO ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA6

8.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS7

ANEXOS9

ANEXO 1. PROYECTO PASARELA DE MADERA10

ANEXO 2. COMPROBACIONES SECCIONALES11

1 OBJETO

La estructura objeto del presente proyecto salva el río Cadagua a su paso por el municipio vizcaíno de Alonsotegi. En este anejo se recoge toda la información relacionada con la metodología de cálculo utilizada en el dimensionamiento de la subestructura.

De manera adicional, queda reflejado en el Anexo 1: Proyecto pasarela de madera, el proyecto de la estructura principal de la pasarela.

En el Anexo 2 Comprobación seccional queda definida las comprobaciones realizadas.

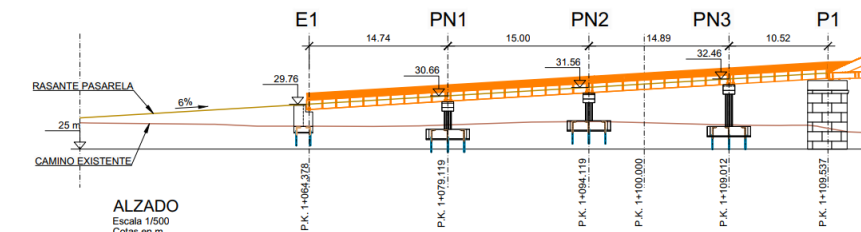
2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura objeto es una pasarela de madera situada en el municipio de Alonsotegi que sirve de unión entre las orillas del río Cadagua, salvando el propio río así como la carretera Bi-3651

La pasarela cuenta con una longitud total de 205.5 metros aproximadamente, repartidos en 7 vanos.

Se pueden diferenciar dos zonas. Por un lado, la estructura nace en el margen izquierdo del río Cadagua, dando continuidad al camino existente mediante la prolongación de este. Esta primera zona cuenta con 4 vanos, 3 de ellos con una longitud de 15 metros y un último de aproximadamente 11 metros. Todos ellos presentan una pendiente longitudinal del 6%.

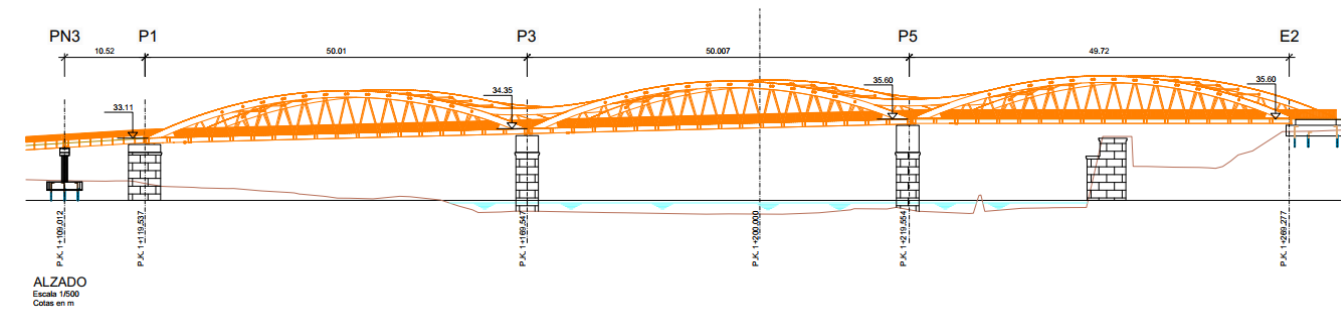
Esta primera zona cuenta con una tipología bijacena, permitiendo una anchura transversal útil de 4 metros de anchura.



Zona primera

En una segunda zona, se ha empleado la subestructura existente de un antiguo puente ferroviario empleando 3 de sus 6 pilas. La demolición de 2 de ellas, es objeto del presente proyecto. Esta segunda zona, cuenta con 3 vanos de aproximadamente 50 metros cada uno. Los 2 primeros vanos cuentan con una pendiente longitudinal del 2.5% mientras que el último vano cuenta con un perfil longitudinal horizontal.

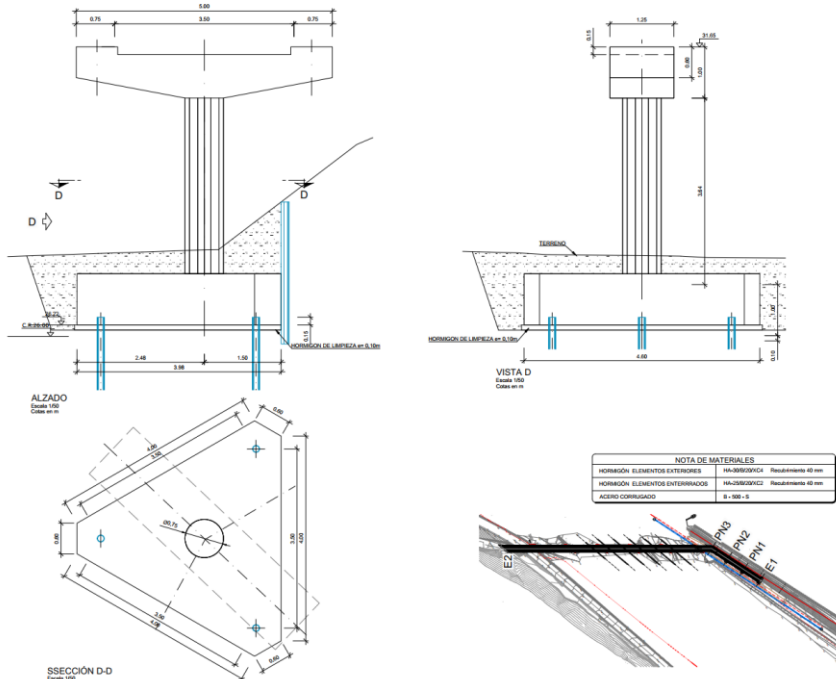
Esta segunda zona, al igual que la primera, cuenta con una anchura transversal útil de 4 metros. La tipología de esta segunda zona varía, presentando una tipología en arco.



Zona segunda



Antiguo puente ferroviario

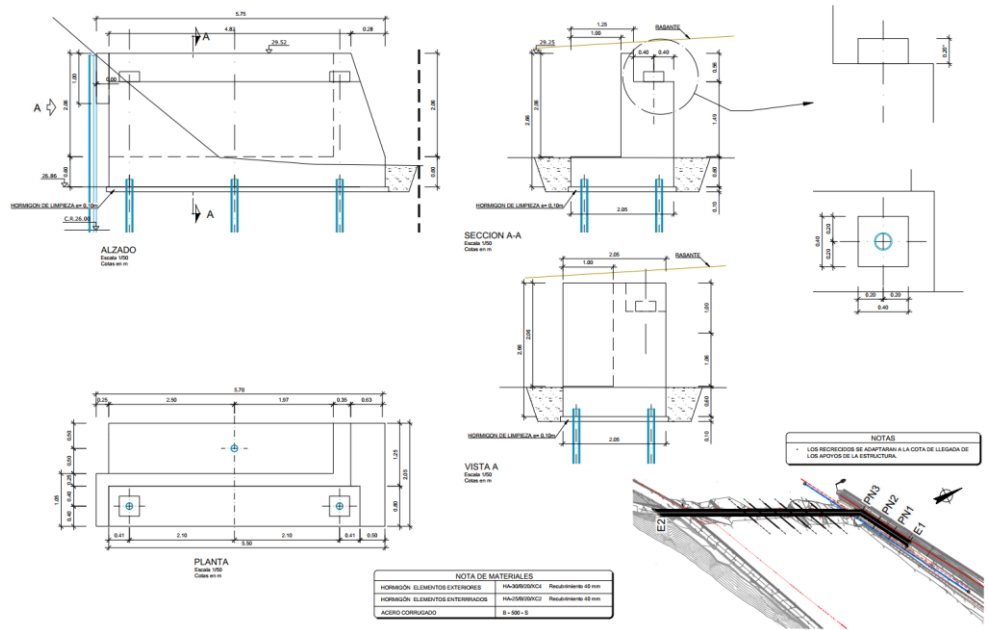


Pila PN3

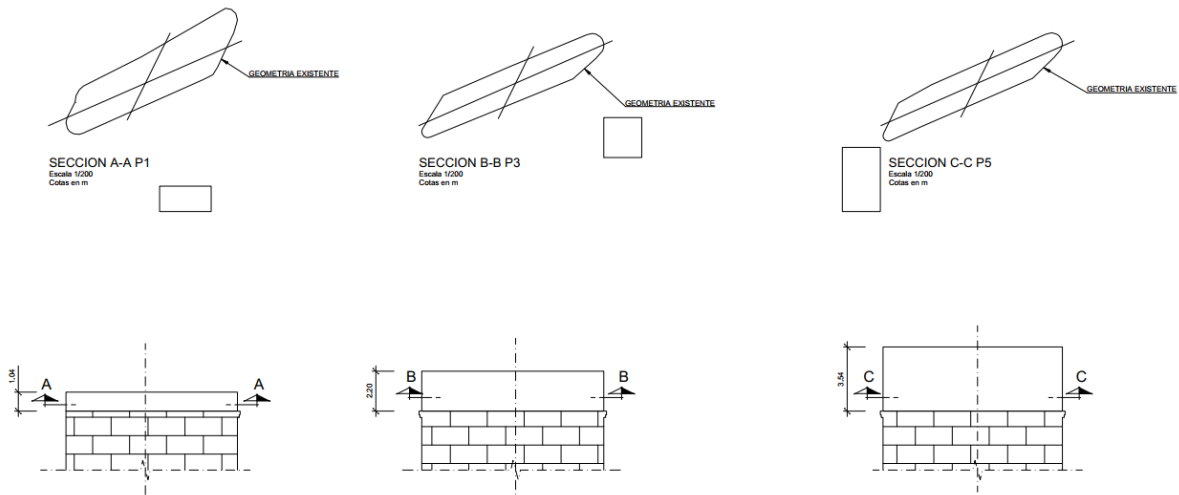
En la primera zona, se ha diseñado la subestructura mediante cimentaciones profundas con micropilotes. En el estribo 1, se ha realizado un cargadero pilotado con 3 micropilotes mientras que para el resto de pilas (PN1 a PN3) se ha dimensionado una pila formada por un fuste de altura variable y un dintel, sobre un encepado triangular de 3 micropilotes.

Para el sostenimiento en las excavaciones, se propone la disposición de carril hincado en el perímetro de las excavaciones.

En la segunda zona de la estructura, se ha empleado la subestructura existente de un antiguo puente ferroviario. Se ha requerido realizar sendos recrecidos para alcanzar la cota requerida.



Estribo 1



Recrecida pila

3 SOFTWARE

Se han utilizado los siguientes softwares:

- Matchad 9 Prime, para los cálculos de las acciones y comprobaciones seccionales.

4 NORMATIVA EMPLEADA

Para la realización de los cálculos aquí presentes, se ha empleado la normativa que se muestra a continuación:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carreteras (IAP-11).
- Código Estructural. (Real Decreto 470/2021, del 29 de junio de 2021)
- Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera.

5 SOLICITACIONES EMPLEADAS

Las solicitaciones consideradas por la estructura han sido las siguientes:

- Peso propio
- Sobrecarga
- Viento

Los valores considerados en los materiales empleados para el dimensionamiento de la subestructura han sido los siguientes:

- Hormigón armado: 25 kN/m³.
- Hormigón armado: 30 kN/m³.

6 VALORES DE CÁLCULO

Para la redacción del presente proyecto, se han empleado los coeficientes de mayoración y minoración expuestos en la normativa anteriormente citada.

7 MATERIALES

En este capítulo, se presentan las características de los materiales empleados. Éstos han sido los siguientes:

- Hormigón armado f_{ck} :25 MPa (HA-25).
- Hormigón armado f_{ck} :30 MPa (HA-30)
- Acero B-500

Las características mecánicas son:

TABLE:		
Material	UnitWeight	E1
	KN/m3	KN/m2
HA-25	25	31000
HA-30	30	33000
B-500	78.5	210000000

7.1 CONSIDERACIONES DE DURABILIDAD

Dentro de la normativa anteriormente citada, se recogen las directrices a seguir en este campo.

7.1.1 CLASES DE EXPOSICIÓN:

Dentro del presente documento, se ha diferenciado 2 casuísticas diferentes. Por un lado, las estructuras enterradas, y por otro lado las expuestas al exterior.

Ambas se encuentran expuestas a la corrosión inducida por la carbonatación, con nivel de exposición XC2 en las estructuras enterradas y XC4 en las estructuras exteriores.

7.1.2 HORMIGON EMPELADO

Siguiendo las características del presente proyecto, se ha establecido el siguiente hormigón:

- Estructuras enterradas: HA-25/B/20/XC2
- Estructuras exteriores: HA-30/B/20/XC4

El cemento a emplear es CEM I.

7.1.3 MEDIDAS ESPECIFICAS PARA LA FASE DE EJECUCIÓN

Dentro de este apartado, se establece el recubrimiento a disponer en la zona superior de la losa. Las consideraciones consideradas han sido:

- Control de ejecución “otros” a lo que el recubrimiento nominal respecta.
- Vida útil del proyecto: 100 años.
- $F_{ck}: 25\text{ MPa} \leq f_{ck} \leq 40\text{ MPa}$

Con todo ello, se ha llegado a los siguientes recubrimientos:

- Estructuras enterradas: 40 milímetros.
- Estructuras exteriores: 40 milímetros.

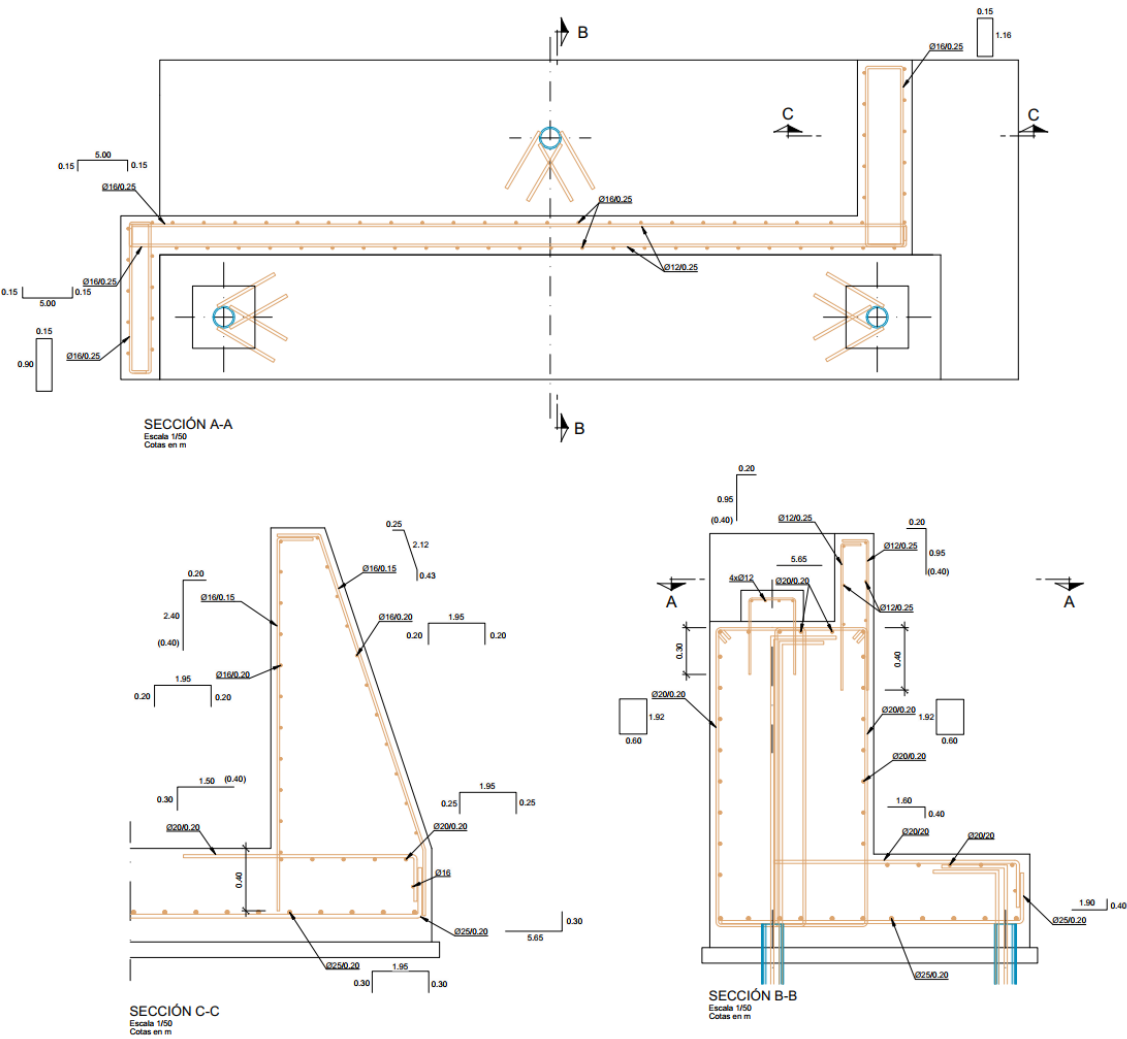
8 CÁLCULO SECCIONAL

Finalmente, la solución obtenida es una pasarela ciclable de madera que combina la tipología bijacena y en arco.

8.1 ARMADO ELEMENTOS DE LA SUBESTRUCTURA

A lo que la subestructura se refiere, se han realizado los siguientes dimensionamientos:

- **Estribo 1:** Se trata de un estribo tipo cargadero micropilotado con una anchura transversal de 5 metros y una longitud longitudinal de 2 metros, formado por el cargadero, espaldín, aleta y talón. En cuanto al armado, se ha dispuesto un emparrillado de 20x20 centímetros de $\Phi 25$ en la zona inferior del estribo en toda su planta. El talón ha sido reforzado en su parte superior con $\Phi 20$, separados 20 centímetros tanto en la dirección longitudinal como en la longitud transversal. En cuanto al cargadero, se han dispuesto un armado de piel horizontal de $\Phi 20$ separados 20 centímetros. Para el armado vertical, se han colocado 2 cercos separados 20 centímetros de manera transversal toda la longitud del estribo. El espaldín, ha quedado armado de manera simétrica con $\Phi 16$ el armado vertical y $\Phi 12$ el armado horizontal, ambos separados cada 25 centímetros. Para sustentar la escollera lateral existente, se ha dimensionado una aleta lateral. Ésta, se ha armado mediante $\Phi 16$ tanto el vertical como en horizontal, separadas 20 y 25 centímetros respectivamente. Finalmente, se ha dispuesto una especie de tapa de protección en el lado opuesto, armado mediante $\Phi 16$ y separados 25 centímetros en ambas direcciones.



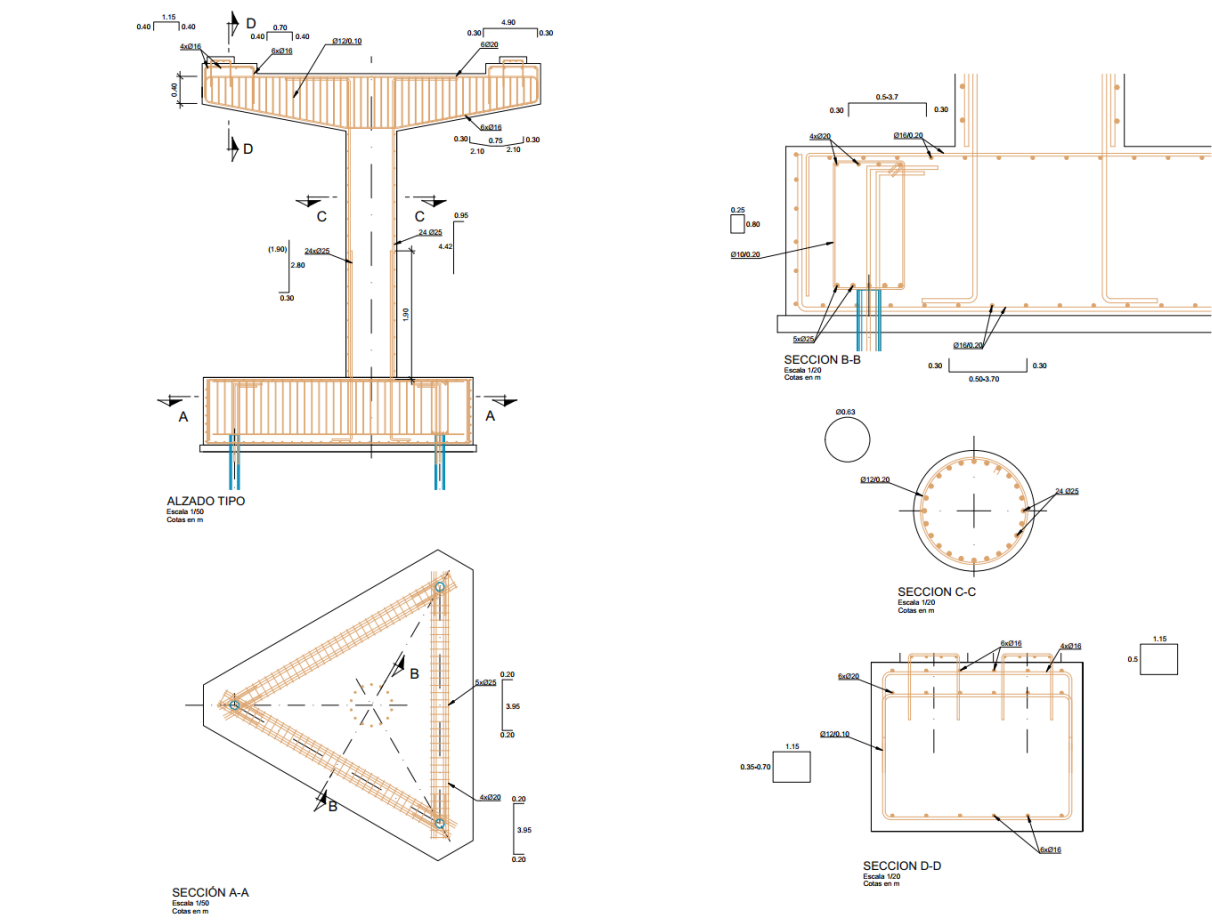
Armado estribo 1

- **Pila PN-** Se trata de la tipología empleada en las pilas de la primera zona. Se dispone una pila formada por un dintel y un fuste, este último de altura variable. Bajo la pila, queda un encepado triangular micropilotado mediante e3 micropilotes.

Para el armado del encepado triangular, se han dispuesto sendos tirantes a cada lado de cada micropilote. El tirante superior ha quedado diseñado mediante 4 $\Phi 20$ y el tirante inferior ha quedado diseñado con 5 $\Phi 25$. Ambos tirantes quedan dentro de cercos dispuestos a cada 20 centímetros mediante $\Phi 10$. En el resto del encepado se ha dispuesto armado de piel $\Phi 16$ a 20 centímetros.

En cuanto al fuste, se ha dispuesto mediante 24 $\Phi 25$ de armado a flexión y cercos $\Phi 12$ cada 20 centímetros. El armado vertical se ha dispuesto con anclajes y esperas tanto en el encepado como en el dintel.

Por último, el dintel ha quedado definido mediante 6 $\Phi 16$ en el armado inferior y 6 $\Phi 20$ en el armado superior. Se ha dispuesto cercos $\Phi 12$ cada 10 centímetros. En la zona de apoyos, queda reforzado mediante $\Phi 16$.

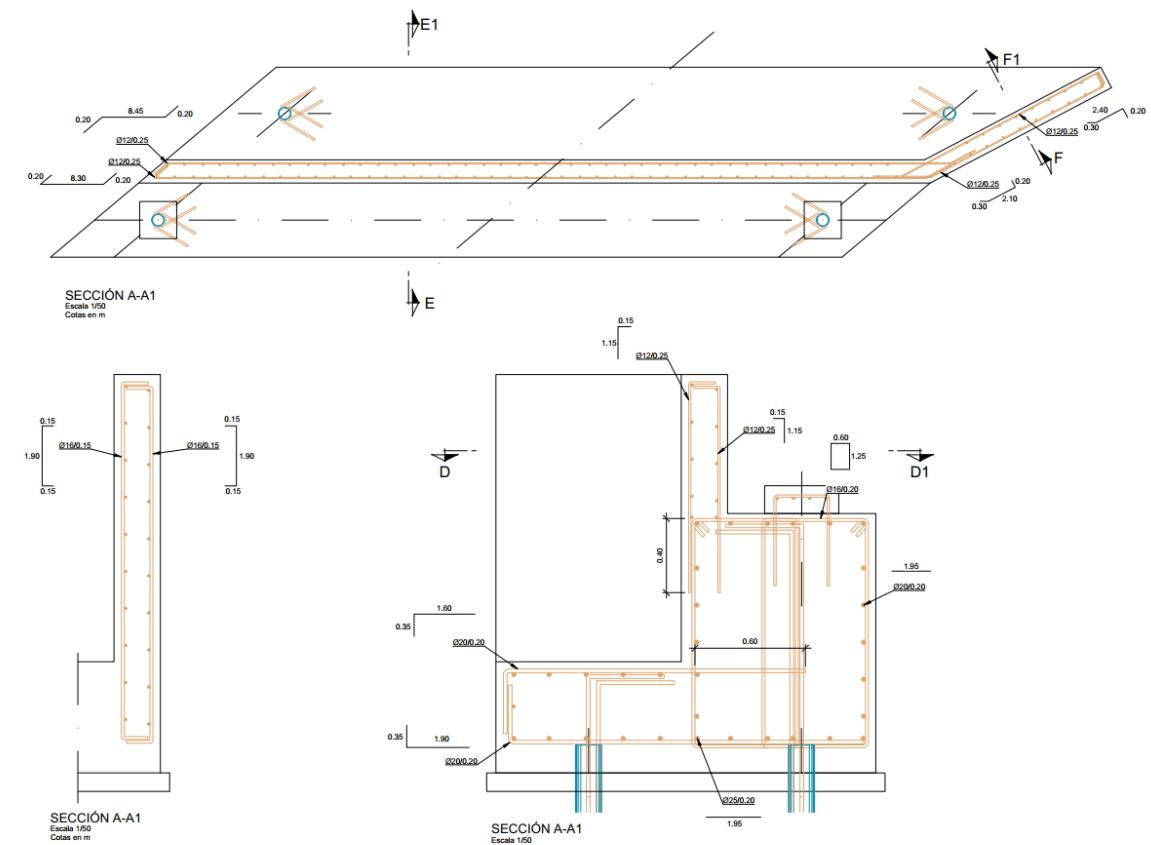


Armado tipo pila PN

- **Recrecido pilas:** En la zona 2, se ha realizado el recrecido de las pilas existentes. Se ha dispuesto un armado tipo jaula de $\Phi 16$ cada 20 centímetros.
- **Estribo 2:** Se trata de un cargadero micropilotado con una anchura transversal de 5 metros y longitudinal de 2 metros en planta. Está formado por el cargadero, espaldín, aleta y talón.

En cuanto al armado, se ha dispuesto un emparrillado de 20x20 centímetros de $\Phi 25$ en la zona inferior del estribo en toda su planta. El talón ha sido reforzado en su parte superior con $\Phi 20$, separados 20 centímetros tanto en la dirección longitudinal como en la longitud transversal. En cuanto al cargadero, se han dispuesto un armado de piel horizontal de $\Phi 20$ separados 20 centímetros. Para el armado vertical, se han colocado 2 cercos separados 20 centímetros de manera transversal toda la longitud del estribo. El espaldín, ha quedado armado de manera simétrica con $\Phi 12$ el armado vertical y horizontal separados cada 25 centímetros.

Finalmente, para sustentar la escollera lateral existente, se ha dimensionado una aleta lateral. Ésta, se ha armado mediante $\Phi 16$ el vertical y $\Phi 12$ en horizontal, separadas 15 y 25 centímetros respectivamente.



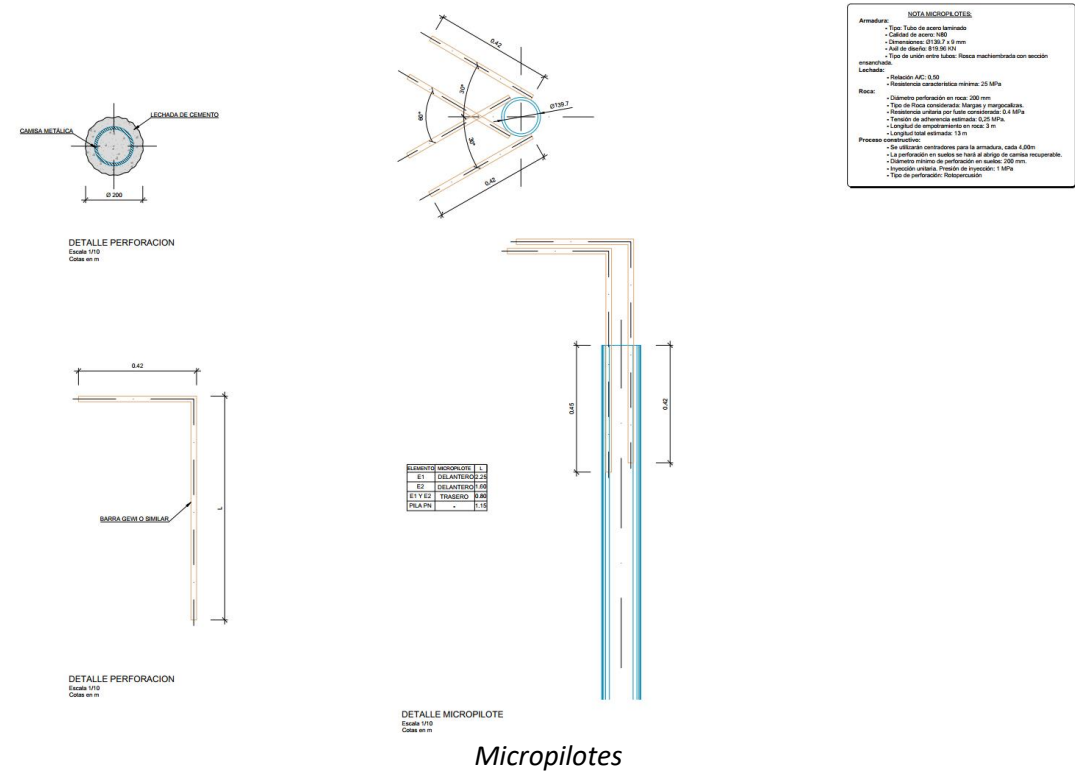
Armado estribo 2

Las dimensiones de todos los elementos quedan detalladas en el documento N.º 2 Planos del presente proyecto.

8.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS

Para el dimensionamiento de las cimentaciones profundas, se han considerado los siguientes parámetros:

- Tipo de roca: Margas y margocalizas
- Resistencia unitaria de cálculo 0.40 MPa.
- Calidad del acero: N80
- Dimensiones de la tubería: $\Phi 139.7 \times 9 \text{ mm}$.
- Axil de cálculo: 819.96 kN.
- Diámetro de perforación en roca: 200 mm.



Micropilotes

ANEXOS

ANEXO 1. PROYECTO PASARELA DE MADERA

PROYECTO:
PASARELA CICLOPEATONAL 205 x 4 m en Alonsótegui,
Bizkaia





II. Memoria



1. Objeto y alcance

El presente documento tiene como objeto recoger las condiciones técnicas ESPECÍFICAS por las que se registrará el contrato de **SUMINISTRO DE PUENTE PREFABRICADO DE MADERA**, que, en este caso particular será de 205 m de largo y de 4 metros de ancho útil a situar en el término municipal de Alonsotegi (Vizcaya).

Dado que este tipo de estructuras se realizan todas con patentes exclusivas de marcas comerciales especializadas, en el proyecto de suministro a que se refiere este Pliego de Prescripciones, únicamente se fijarán las condiciones exigibles en cuanto a geometría, calidades, tipo de madera a utilizar (pino silvestre seco, estabilizado y tratado clase de uso IV, MLE (Madera Laminada Encolada) GI30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto)), seguridad, certificados, pruebas y estética, siendo obligación del licitador el presentar el proyecto estructural de detalle del puente que propone suministrar, instalar y montar adecuado al Proyecto técnico constructivo contenido en el Pliego Técnico de este Contrato, para su aprobación previa por el órgano de contratación. El futuro adjudicatario será, a todos los efectos, el responsable legal último a través de sus "técnicos competentes" del correcto diseño, fabricación, transporte e instalación del puente.

Es por ello que, el licitador presentará dentro de la Oferta Técnica, y como ELEMENTO PRINCIPAL de su oferta, su propia justificación técnica debidamente firmada por técnico competente adecuada al Proyecto Técnico Constructivo de referencia contenido en el Pliego Técnico de este Contrato y cuyo contenido incluirá, al menos los contenidos detallados en el mismo.

No se espera, por tanto, una simple adhesión nominal a la información preexistente en el Pliego Técnico sino una propuesta específica y desarrollada por parte de cada licitador.

LA NO PRESENTACIÓN, O PRESENTACIÓN INCOMPLETA, DEL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE DETALLE POR PARTE DEL LICITADOR SERÁ CAUSA DE EXCLUSIÓN.

2. Motivación de la solución estructural adoptada

Debido al entorno en el que será ubicado en donde existe un gran valor paisajístico, natural y cultural se ha decidido utilizar la madera como elemento estructural de partida.

EL PARLAMENTO EUROPEO APOYA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN EN MADERA (informe no. A5-0384-2000, el informe completo puede obtenerse en la página web: <http://www.europarl.eu.int/>). Los siguientes textos están extraído directamente del informe:

"Wood is an environmentally friendly material which is easy to work with and which binds CO2 for the whole life cycle of the product."

"Wood may be used to replace more energy-intensive products in building and in the timber products industry, and at the end of its life cycle - unlike many other building materials - it can still be used for energy production."

En la actualidad nos encontramos en un momento en el que es preciso re direccionar el sector de la construcción hacia un desarrollo más sostenible, tratando de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas. Para cumplir con dichas directrices, la madera y sus productos derivados son los materiales más adecuados para ello, tanto por sus cualidades técnicas como ambientales.

La madera, además de ser un material ecológico, reúne otra serie de propiedades, como resistencia, durabilidad, adaptabilidad, versatilidad, etc., que la convierten en uno de los referentes de para el sector de la construcción. Algunos motivos para usar la madera.

- Recurso histórico más natural y estético
- El uso de la madera está ligado a la eficiencia energética:
 - La madera es el único material capaz de reducir las emisiones de CO2, por lo que desempeña un papel crucial en la lucha contra el cambio climático
 - La madera consumo menos energía en su transformación y produce menos impactos que otros materiales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.
 - La madera es un sumidero neto de CO2 mientras los productos y estructuras construidos con ella mantengan su vida operativa.
 - Prácticamente no hay desperdicio durante los procesos de manufacturación de la madera y se trata de procesos sencillos y limpios.
 - La madera es un recurso natural, abundante y renovable cuyo consumo favorece la explotación forestal local y la protección medioambiental.
 - Con la gestión forestal sostenible la industria de transformación ve garantizado el suministro de su materia prima en el futuro; además, fortalece el sentido de responsabilidad social y ambiental.

- El consumo de los productos de madera facilita el cumplimiento de los compromisos del protocolo de Kyoto.

- Material duradero, con las nuevas tecnologías aplicadas a los tratamientos de la madera, los procesos de impregnación periférica (sobre todo la inmersión rápida) y los procesos de impregnación profunda por autoclave vacío y presión se obtienen unos niveles de penetración suficientes, que conservan las propiedades de la madera, pudiendo renovarse, con un simple proceso de mantenimiento.

- Material reutilizable, recuperable y reciclable, procedente de fuentes de suministro sostenible, atractivo y técnicamente avanzado.

- Debido a su estructura celular la madera es un excelente aislante acústico, debido a su composición en lignina y celulosa absorbe una parte importante de la energía de las ondas que recibe, con la consiguiente reducción de la polución acústica y fenómenos como, por ejemplo, la reverberación.

- Breve tiempo de montaje y gran estabilidad estructural, etc.

3. Descripción de las estructuras propuestas

El puente se realiza en madera de Pino silvestre (*Pinus sylvestris*) tratada en autoclave mediante tratamiento de protección profunda para clase de uso IV (siempre antes de laminar en el caso de la madera laminada), con una longitud de 205 metros y un paso de ancho útil de 4 metros.



Ilustración 1. Vista general

Por un conjunto de motivos técnicos que incluyen, entre otras, las siguientes: a) falta de durabilidad natural, b) incapacidad de tratamiento c) problemática con el correcto secado, d) gran coeficiente de contracción (hinchado-contracción) que perjudica la estabilidad dimensional de la madera perjudicando el comportamiento de las uniones, del encolado y favoreciendo el aumento de deslaminados, deformaciones y también el fendado (y, por tanto, también la penetración de agua líquida que perjudica la durabilidad), etc. **quedan expresamente prohibido entre otras especies (o subespecies/variedades) tales como:** Picea Abies (también conocida como Pícea, Abeto, Abeto Rojo, etc.), Pseudotsuga (comúnmente llamado también abeto Douglas, pino-abeto, pino Oregón, etc.), Pinus Radiata (también conocido como pino insigne, pino de Monterrey, pino de California, etc.), Pinus Pinaster (conocido también como Pino marítimo, pino resinero, pino negro, etc.) Alerce, etc. y en líneas generales cualquier especie que no tenga durabilidad natural para clase de uso IV o que no sea impregnable para conseguir dicha durabilidad).

Todas las vigas, tanto las principales como las secundarias serán de MLE (Madera Laminada Encolada) GI30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto).

Los vanos principales de 50 metros de luz presentan una tipología tied-bow. Consisten en un tablero suspendido mediante diagonales de acero de dos arcos esviados de madera laminada. El arriostramiento de los arcos se consigue mediante la utilización de diagonales de acero.



Ilustración 2. Arcos principales

En un segundo orden estructural se disponen las vigas riostras, colocadas perpendicularmente a las vigas del tablero, realizando la doble labor de sustentar los elementos inmediatamente superiores y asegurar la

estabilidad transversal de la estructura al servir de arriostramiento junto con las cruces de San Andrés a las vigas principales.



Ilustración 3. Vista inferior vanos principales

El tercer orden estructural lo componen las viguetas de madera laminada colocadas sobre las vigas riostras y se dispone sobre éstas el tablón de piso.



Ilustración 4. Vista desde la carretera

La barandilla, también de madera está formada por montantes rectos, entre los que se disponen barrotillos.



Ilustración 5. Vista interior

En cuanto a los tramos de acceso, se sigue una tipología de viga recta con tablero rebajado. Se disponen vigas riostras con diagonales de madera que hacen la doble labor de arriostrar las vigas principales y servir de sustentación para el tablero.



Ilustración 6. Tramos de acceso



Ilustración 7. Vista inferior de los tramos de acceso

La estructura se anclará a la cimentación mediante herrajes de acero galvanizado S275 JR. Estos apoyos están diseñados de tal forma que evitan el contacto de la madera con el terreno, permiten la ventilación de la madera y facilitan la evacuación del agua de lluvia impidiendo que se estanque en contacto con la madera.

Estos herrajes se fijan al hormigón mediante anclajes tipo mecánico de tipo "SPIT".

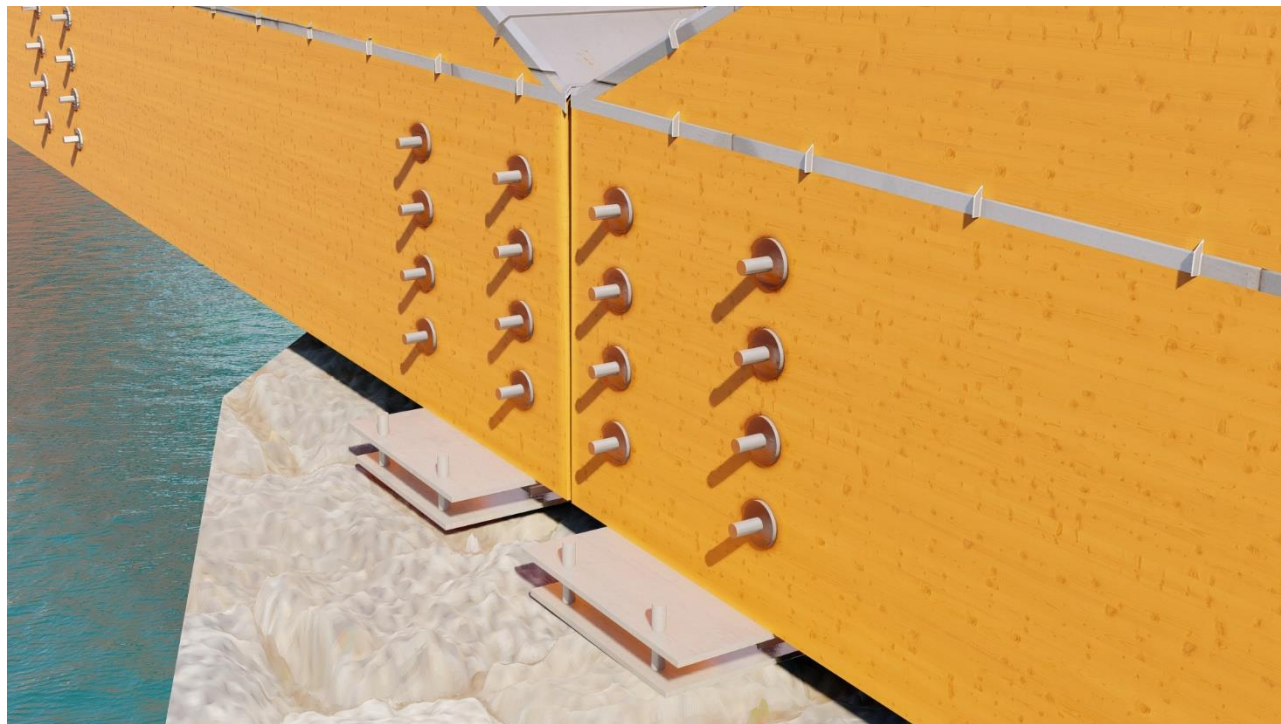


Ilustración 8. Detalle del apoyo

Las vigas del arco y tirante deberán estar protegidos en su cara superior por una cubierta de zinc gris antracita prepatinado de 0,6 mm de espesor.

Todas las vigas, viguetas y riostras deberán disponer de protección butílica en testas y caras superiores. Con todo ello se consigue la protección de los elementos principales de la pasarela para asegurar una correcta durabilidad de la misma. Las vigas principales de los tramos de acceso dispondrán también de tabla de protección en testas y caras superiores.

3.1. Condiciones de servicio

3.1.1. Ubicación y clase de servicio

La ubicación del puente afecta a la determinación de acciones:

Se determinan según EUROCÓDIGO 1

Sobrecarga de viento

Cálculo a sismo (se precisa también)

Se determina según IAP-11 (Instrucción sobre las Acciones a considerar en el proyecto de Puentes)

En cuanto a la clase de servicio para los elementos de madera de la estructura, se asignará la clase de servicio siguiente:

- Clase CS-3: en elementos exteriores a la intemperie sin contacto con el terreno

3.2. Cálculos y dimensionamiento

El cálculo de la estructura de madera se efectuará de acuerdo a la normativa europea en cuanto al cálculo estructural y dimensionamiento de estructuras de madera y acero (UNE ENV-1995-1-1 Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación; UNE EN-1993 Eurocódigo nº 3: Proyecto de estructuras de acero).

El cálculo estático se efectúa siguiendo las leyes de resistencia de materiales.

3.2.1. Seguridad estructural

El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en asegurar que la estructura tiene un comportamiento adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.

Las prescripciones aplicadas son:

- **UNE ENV-1995-1-1** Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera Documento Básico

- **UNE ENV-1993-1-1** Eurocódigo nº 3 Proyecto de estructuras de acero. Reglas generales y reglas para edificios
- **IAP-11** Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera

El proceso seguido para el cálculo estructural es el siguiente: primero, determinación de situaciones de dimensionado; segundo, establecimiento de las acciones; tercero, análisis estructural; y cuarto dimensionado. Los métodos de comprobación utilizados son el de *Estado Límite Ultimo* para la resistencia y estabilidad, y el de *Estado Límite de Servicio* para la aptitud de servicio.

El dimensionado de secciones se realiza según la Teoría de los Estados Límites Últimos y los Estados Límites de Servicio.

3.2.2. Resistencia y estabilidad- aptitud al servicio

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibile y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

3.3. Bases de cálculo

En las actuales normativas citadas los métodos de cálculo tradicionales en la madera (tensiones admisibles) han sido sustituidos por los de coeficientes parciales.

3.3.1. Valores de cálculo

El valor de cálculo de una acción tiene en cuenta los siguientes factores:

- Coeficiente parcial de seguridad para las acciones. Contempla la posibilidad de una desviación desfavorable del valor de las acciones, la posibilidad de falta de precisión en el modelo de las acciones y las incertidumbres en la evaluación del efecto de las mismas
- Valor característico de la acción. En las cargas de carácter permanente es el valor medio. En las cargas variables se adopta un criterio probabilístico o un valor especificado. Estos valores se definen en el Documento Básico DB-SE-AE Acciones en la Edificación

3.3.2. Combinación de acciones

La normativa citada establece los coeficientes aplicables a las diferentes combinaciones de acciones. Debido a la variación de la resistencia en función de la duración de la carga (asignada a la acción de más breve

duración en una combinación) deberán comprobarse las diversas posibilidades de simultaneidad de las cargas; es posible que una actuación de pocas cargas pero de mucha duración de lugar a situaciones más desfavorables que la actuación de más acciones con una duración menor.

3.3.3. Valores de túnel de viento

Justificación por cálculo en TUNEL DE VIENTO por un ORGANISMO INDEPENDIENTE de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) con valores de referencia inferiores a los siguientes: Cd:3,6 Cl:-0,9, Cm:4,2 y determinación de las frecuencias de vibración.

3.3.4. Factores que influyen en las propiedades mecánicas de la madera

Los valores característicos de las propiedades mecánicas de la madera se obtienen mediante ensayos realizados en unas condiciones normalizadas de contenido de humedad y duración del ensayo para cada calidad definida en la norma de clasificación. Por este motivo se aplican correcciones a las resistencias cuando estos factores no coinciden con los de referencia.

3.3.4.1. Contenido de humedad

Al aumentar en contenido de humedad de la madera se disminuyen sus propiedades mecánicas. Los ensayos mecánicos que se realizan para determinar las propiedades de la madera se efectúan en unas condiciones ambientales determinadas ($20 \pm 2^{\circ}$ C y $65 \pm 5\%$ de Humedad Relativa). En la mayoría de las coníferas, estas condiciones ambientales implican un contenido de humedad del 12%. Cuando el contenido de humedad de la madera sea diferente, deberá efectuarse una corrección de sus características mecánicas. Para ello, las estructuras quedan asignadas a una de las clases de servicios definidas a continuación:

- Clase de servicio 1: Se caracteriza por un contenido de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de $20 + 2^{\circ}$ C y una humedad relativa del aire que solo exceda el 65% unas pocas semanas al año.
- En la Clase de servicio 1 el contenido de humedad medio de equilibrio higroscópico en la mayoría de las coníferas no excede el 12%.
- Clase de servicio 2: Se caracteriza por un contenido de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de $20 + 2^{\circ}$ C y una humedad relativa del aire que sólo exceda el 85% unas pocas semanas al año
- En la clase de servicio 2 el contenido de humedad medio de equilibrio higroscópico en la mayoría de las coníferas no excede el 20%.
- Clase de servicio 3: Condiciones climáticas que conduzcan a contenidos de humedad superiores al de la clase de servicio 2

3.3.4.2. Duración de la carga

La duración de la carga influye significativamente en la resistencia de la madera. Los ensayos mecánicos normalizados se realizan con una duración aproximada de la carga de 3 a 7 minutos, siendo preciso corregir sus propiedades para duraciones diferentes.

Las clases de duración de la carga se caracterizan por el efecto de una carga constante actuando por un determinado periodo de tiempo. En las acciones variables la clase de duración correspondiente se determinará basándose en la interacción entre la variación típica de la carga con el tiempo y las propiedades reológicas del material.

Clase de duración	Orden de duración acumulada de la carga característica	Ejemplos de cargas
Permanente	Más de 10 años	Peso propio, cerramientos
Larga duración	6 meses - 10 años	Andamios
Media duración	1 semana - 6 meses	Sobrecarga de uso
Corta duración	Menos de una semana	Nieve, viento
Instantánea		Sismo

Tabla 1. Duración de las cargas

3.3.4.3. Efecto del tamaño de la pieza en la resistencia

Existe una relación entre la resistencia de la madera y el tamaño de la pieza, de forma que cuanto mayor sea su volumen, menor resulta la tensión de rotura. El criterio seguido en la normativa de cálculo para las solicitaciones de flexión y tracción paralela consiste en tomar un valor de referencia del canto en flexión (o ancho en tracción paralela) y permitir la mayoración de la resistencia para valores inferiores y no modificarla para valores superiores.

3.3.4.4. Carga compartida

En los sistemas estructurales formados por varias piezas iguales y separadas a una misma distancia, que se encuentran unidas transversalmente por otra estructura secundaria que además de arriostrarlas distribuye la carga, las resistencias de cálculo de las piezas pueden aumentarse multiplicándose por un factor denominado de carga compartida.

3.4. Caracterización del material y condiciones de servicio

3.4.1. Elementos de madera

Los elementos estructurales, quitamiedos y pasamanos, se resuelven con madera de *Pinus sylvestris* (Pino silvestre, pino norte) tratada en profundidad en autoclave con sales hidrosolubles para clase de uso IV para madera aserrada y para madera laminada, para la cual se utilizan láminas tratadas previamente. No se trata la madera después de su laminación. **Para la madera laminada encolada de *Pinus sylvestris* la cual se utilizará para las viguetas, se asigna una clase resistente Gl30h** correspondiéndole las características mecánicas siguientes según UNE EN 1194

Módulo elástico medio ($E_{0\ m}$):	13,6 kN/mm2
Resistencia característica a flexión (f_{mk}):	30 N/mm2
Resistencia característica a tracción $\parallel$ ($f_{t\ 0\ k}$):	24,0 N/mm2
Resistencia característica a tracción $\perp$ ($f_{t\ 90\ k}$):	0,5 N/mm2
Resistencia característica a compresión $\parallel$ ($f_{c\ 0\ k}$):	30 N/mm2
Resistencia característica a compresión $\perp$ ($f_{c\ 90\ k}$):	2,5 N/mm2
Resistencia característica a cortadura (f_{vk}):	3,5 N/mm2

Tabla 2.Propiedades mecánicas de la clase resistente Gl30h

Para la madera aserrada de *Pinus sylvestris* se asigna una clase resistente C24 (coníferas) correspondiéndole las características mecánicas siguientes UNE EN 338

Módulo elástico medio ($E_{0\ m}$):	11 kN/mm²
Resistencia característica a flexión (f_{mk}):	24 N/mm²
Resistencia característica a tracción $\parallel$ ($f_{t\ 0\ k}$):	14 N/mm²
Resistencia característica a tracción $\perp$ ($f_{t\ 90\ k}$):	0,5 N/mm²
Resistencia característica a compresión $\parallel$ ($f_{c\ 0\ k}$):	21 N/mm²
Resistencia característica a compresión $\perp$ ($f_{c\ 90\ k}$):	2,5 N/mm²
Resistencia característica a cortadura (f_{vk}):	2,5 N/mm²

Tabla 3. Propiedades mecánicas de la clase resistente C24

En cuanto a la clase de servicio de las estructuras, se asigna la clase de servicio siguiente:

- Clase CS-3: en elementos exteriores a la intemperie sin contacto con el terreno.

3.4.2. Elementos metálicos

Los herrajes metálicos con acero S 275 JR, el cual tiene las siguientes características:

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura ens. Charpy °C
	Tensión de límite elástico f _y (N/mm ²)			Tensión de Rotura F _u (N/mm ²)	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR S235J0 S235J2	235	225	215	360	20 0 -20
S275JR S275J0 S275J2	275	265	255	410	20 0 -20
S355JR S355J0 S355J2 S355K2	355	345	335	470	20 0 -20 -20 (1)
S450J0	450	430	410	550	0

(1) se le exige una energía mínima de 40J

Ilustración 9. Características mínimas de los aceros según UNE-EN 10025

Los procedimientos de comprobación especificados en el DB SE-A están basados en el comportamiento dúctil del material, la resistencia a rotura frágil ha de ser superior a la resistencia a rotura dúctil.

La temperatura de transición, definida como la mínima a la que la resistencia a rotura dúctil supera a la frágil, ha de ser menor que la mínima a la va a estar sometida la estructura.

No es necesario realizar comprobación si no se sobrepasan los espesores indicados en la tabla:

Grado	Temperatura mínima								
	0 °C			-10 °C			-20 °C		
	JR	J0	J2	JR	J0	J2	JR	J0	J2
S235	50	75	105	40	60	90	35	50	75
S275	45	65	95	35	55	75	30	45	65
S355	35	50	75	25	40	60	20	35	50

Ilustración 10. Espesores de chapa en relación a la temperatura de transición

Grado	Temperatura de ensayo (°C)	Resiliencia (J)		
		t ≤ 150	150 < t ≤ 250	250 < t ≤ 400
JR	20	27	27	-
J0	0	27	27	-
J2	-20	27	27	27
K2	-20	40	33	33

Ilustración 11. Especificaciones de la resiliencia en función del grado del acero.

Los procedimientos de comprobación especificados en el DB SE-A están basados en el comportamiento dúctil del material, la resistencia a rotura frágil ha de ser superior a la resistencia a rotura dúctil.

4. Modelización de la estructura

Los vanos principales responden a un modelo estructural TIED-BOW. El análisis de la estructura se realiza a través del siguiente modelo utilizando el software de cálculo RFEM de la compañía Dlubal Software GmbH.

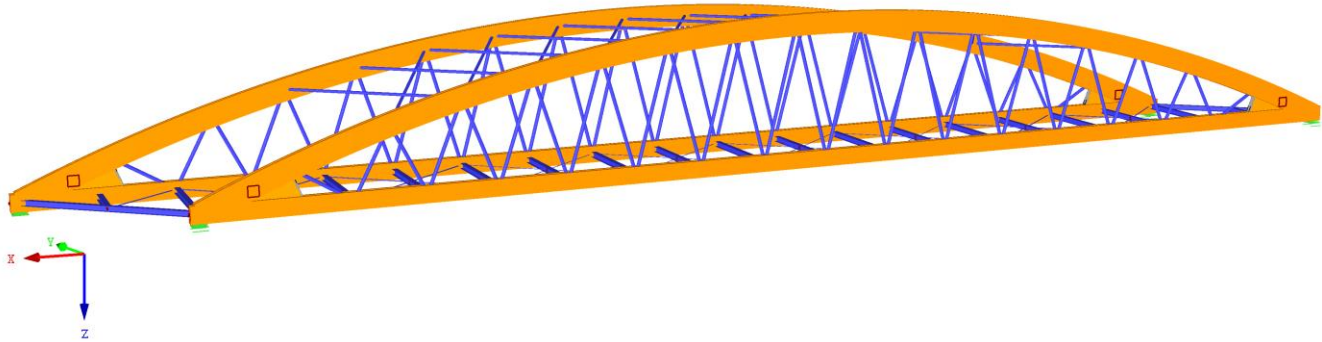


Ilustración 12. Modelización de los vanos principales

Los accesos se realizan mediante vanos independientes biapoyados de tablero rebajado:

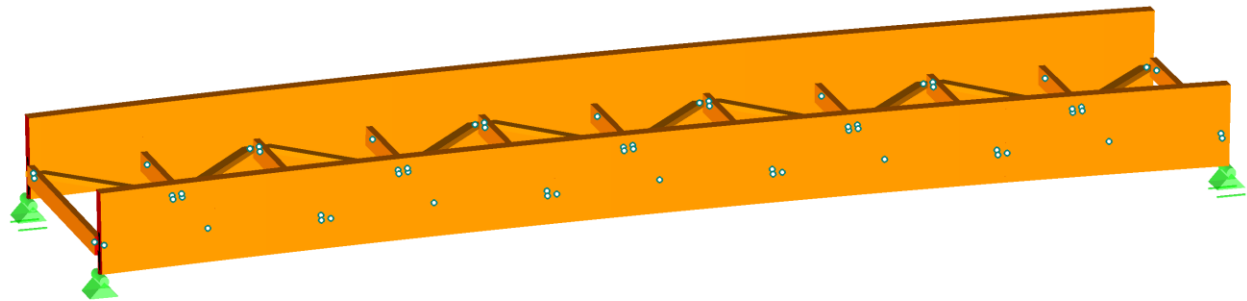


Ilustración 13. Modelización de los accesos

4.1. Hipótesis de carga. Combinaciones de hipótesis

Para la determinación del peso propio se considera un valor de la densidad de la madera de 500 kg/m³.

CARGAS PERMANENTES	
Peso de piso	Tablero: 50 Kg/m²
Pesos propios	Se determinan en función de la densidad de la madera y el acero

SOBRECARGAS	
Uso	Carga uniformemente distribuida de 5 kN/m². Puentes y pasarelas peatonales (Según IAP-11)
(N) Nieve	30 msnm
(V) Viento	- Tipo III: Zona suburbana, forestal o industrial [Según IAP-11]. Coeficiente de exposición: 1,95 Zona C: Vref: 29 m/s

Tabla 4. Cargas consideras

COMBINACIONES CONSIDERADAS	
Combinación 1 (ELU)	1,35 x CP
Combinación 2 (ELU)	1,35 x CP + 1,35 USO

Combinación 3 (ELU)	1,35 x CP ± 1,5 x Vy+z
Combinación 4 (ELU)	0,9 x CP ± 1,5 x Vy+z
Combinación 5 (ELU)	1,35 x CP ± 1,5 x Vx
Combinación 6 (ELU)	1,35 x CP + 1,35 x USO ± 0,3 x 1,5 x Vy+z
Combinación 7 (ELU)	1,35 x CP + 1,35 x USO ± 0,3 x 1,5 x Vx
Combinación 8 (ELS)	USO

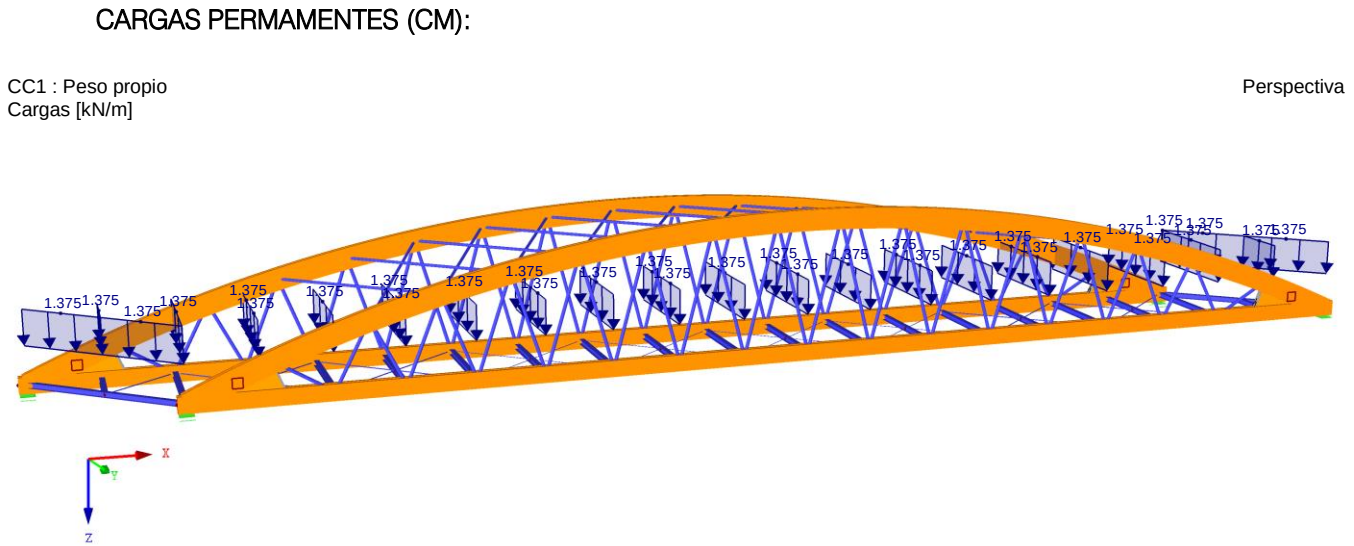
Tabla 5. Combinaciones consideradas

En cuanto a las combinaciones de hipótesis, no se tendrá en cuenta la nieve, pues es de un valor muy inferior a la sobrecarga de uso e incompatible con esta (al menos en su valor máximo).

Tanto el Eurocódigo 1 como la norma IAP-11 estiman un método de cálculo básico con parámetros que a menudo requieren de simulaciones en túnel de viento y reconocen la necesidad de realizar pruebas para tener una evaluación más precisa sobre áreas no estandarizadas. En este caso, debido a la especial ubicación de las pasarelas, el licitador deberá presentar certificados de ensayos empíricos, como la justificación por cálculo en Túnel de Viento, en el que se verifiquen valores de Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento sobre las tipologías estructurales con valores: Cd<3,6; Cl<0,9 y Cm<4,2.

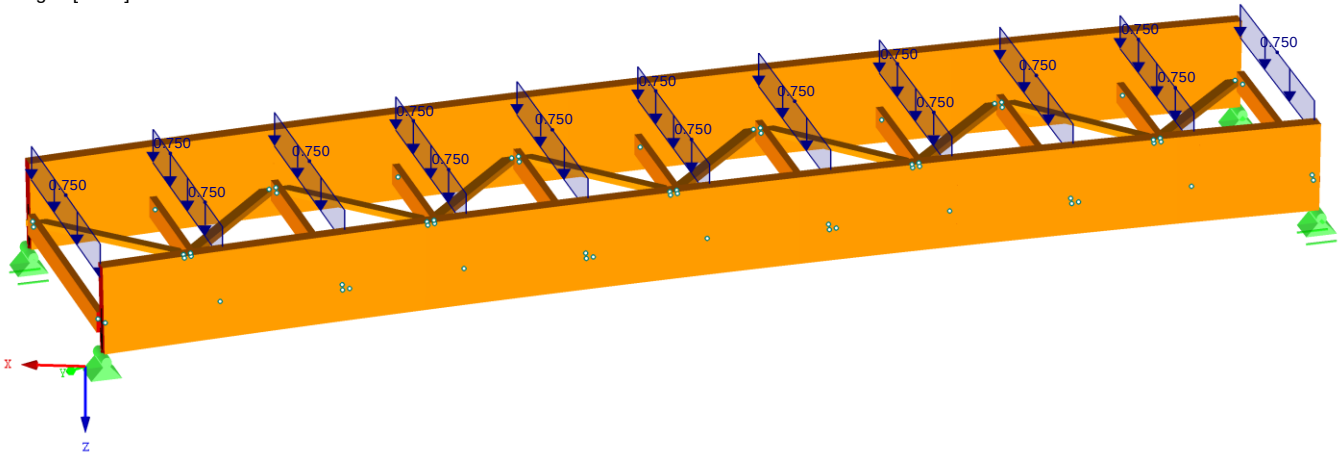
4.1.1. Hipótesis simples

A continuación, se muestra la distribución de cargas en el modelo:



CC1 : Peso propio
Cargas [kN/m]

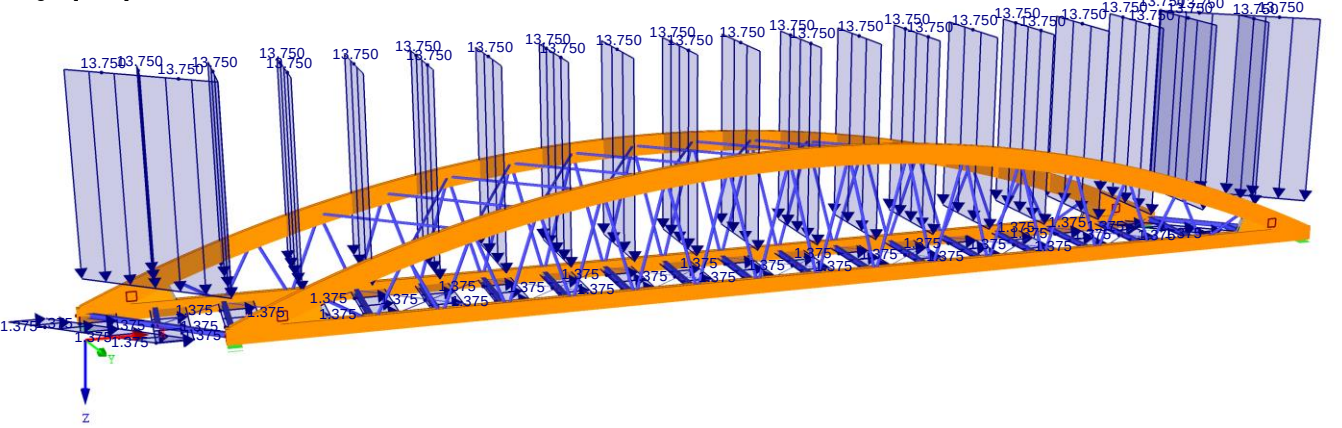
Perspectiva



SOBRECARGA DE USO PEATONAL (Sup):

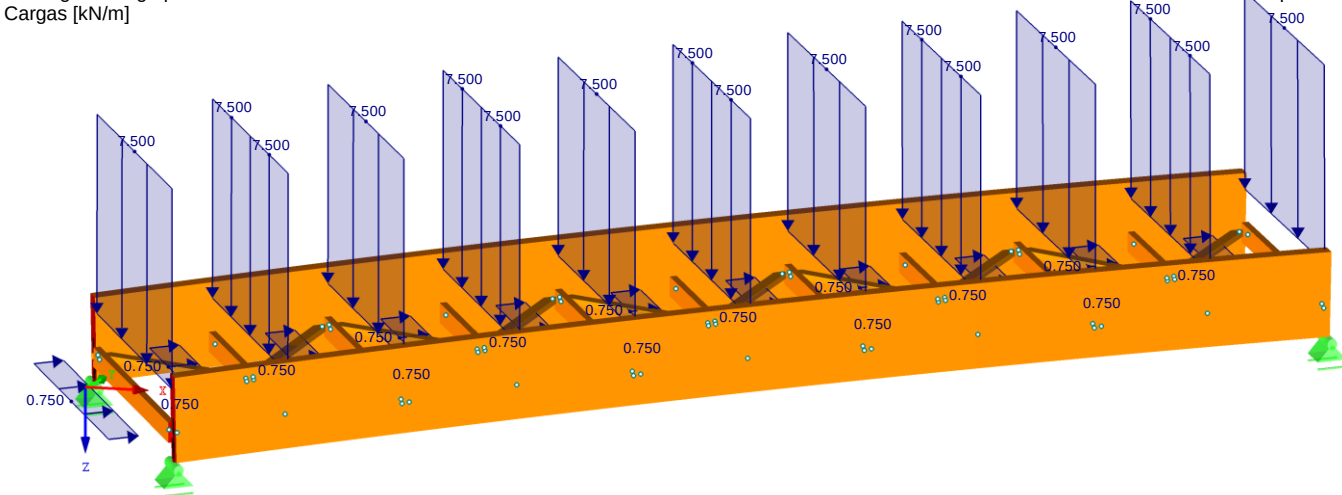
CC2 : gr3 - Carga peatonal
Cargas [kN/m]

Perspectiva



CC2 : gr3 - Carga peatonal
Cargas [kN/m]

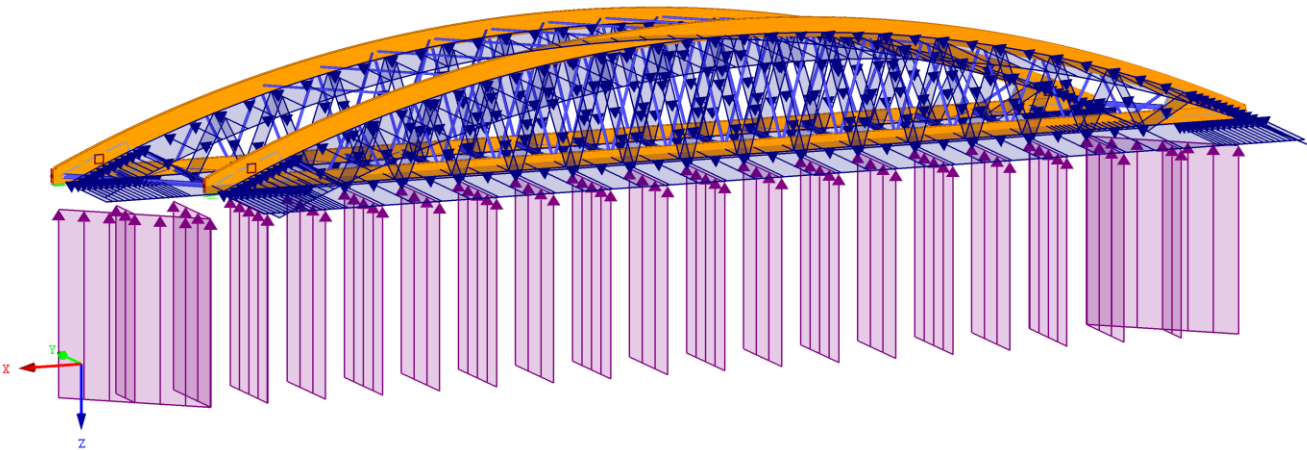
Perspectiva



VIENTO TRANSVERSAL + VERTICAL (Vy + Vz):

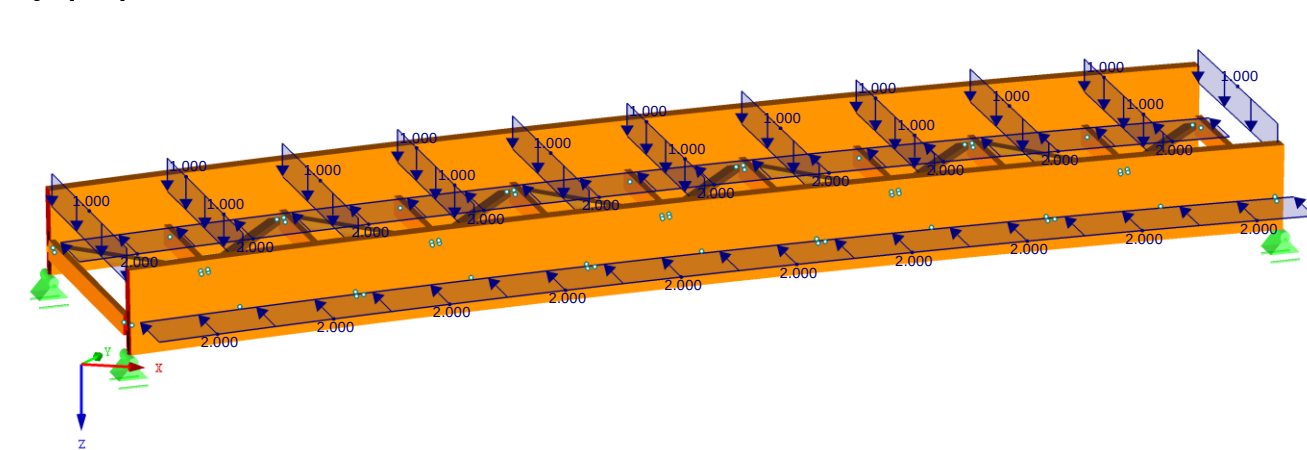
CC4 : Viento

Isométrico



CC3 : Viento
Cargas [kN/m]

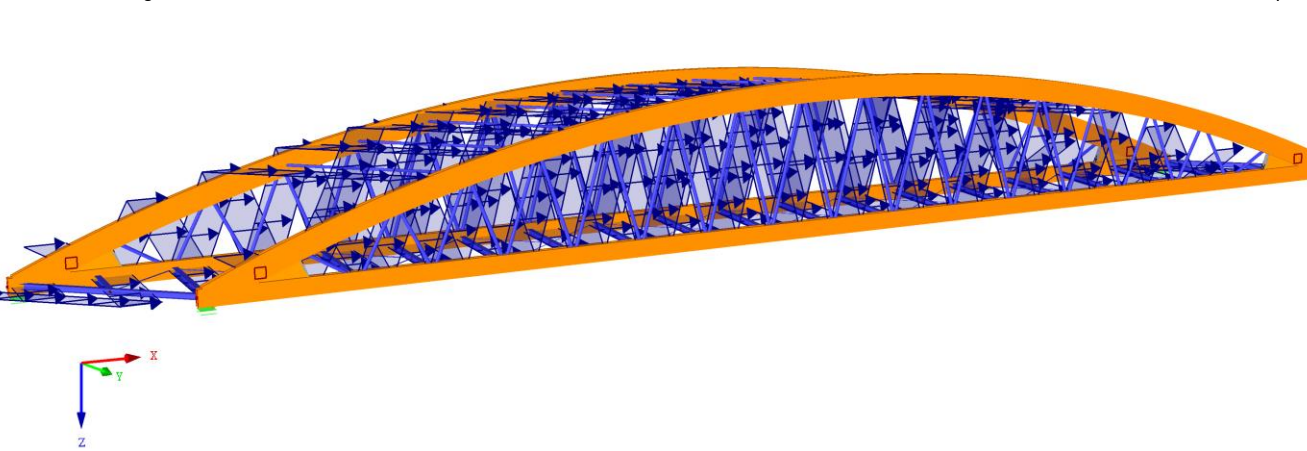
Perspectiva



VIENTO LONGITUDINAL (Vx):

CC3 : Viento longitudinal

Perspectiva



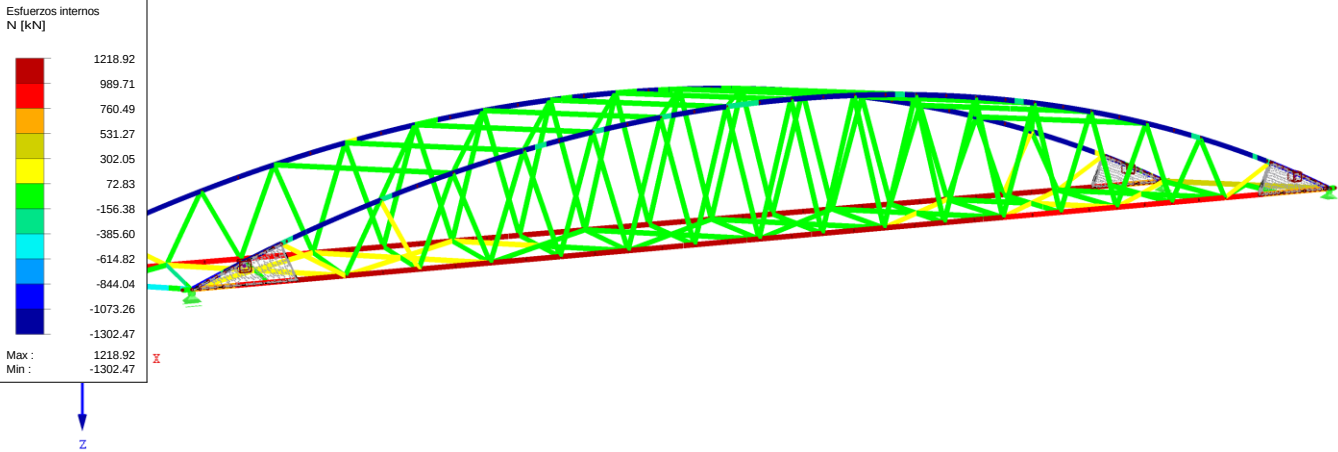
4.2. Esfuerzos y deformaciones

Se muestran a continuación los resultados del cálculo estructural del modelo de la estructura descrito después de un análisis lineal y no lineal de segundo orden por el método incremental (aplicación de la carga mediante incrementos de la misma y actualización de la matriz de rigidez y de la geometría después de cada incremento).

Los esfuerzos reflejados en el presente apartado corresponden a la envolvente de resultados (valores máximos y mínimos), obtenidos tras hacer un análisis estático lineal primero y una doble comprobación mediante análisis no lineal de segundo orden de las combinaciones de carga.

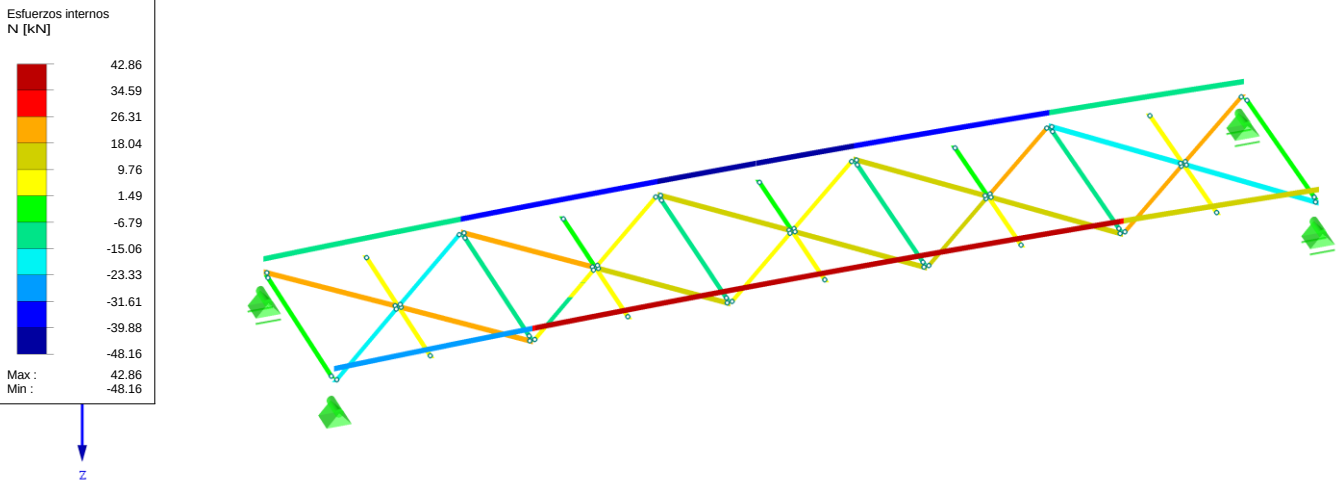
ELU: Esfuerzos axiles [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Barras Esfuerzos internos N
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



Barras Máx. N: 1218.92, Mín. N: -1302.47 [kN]

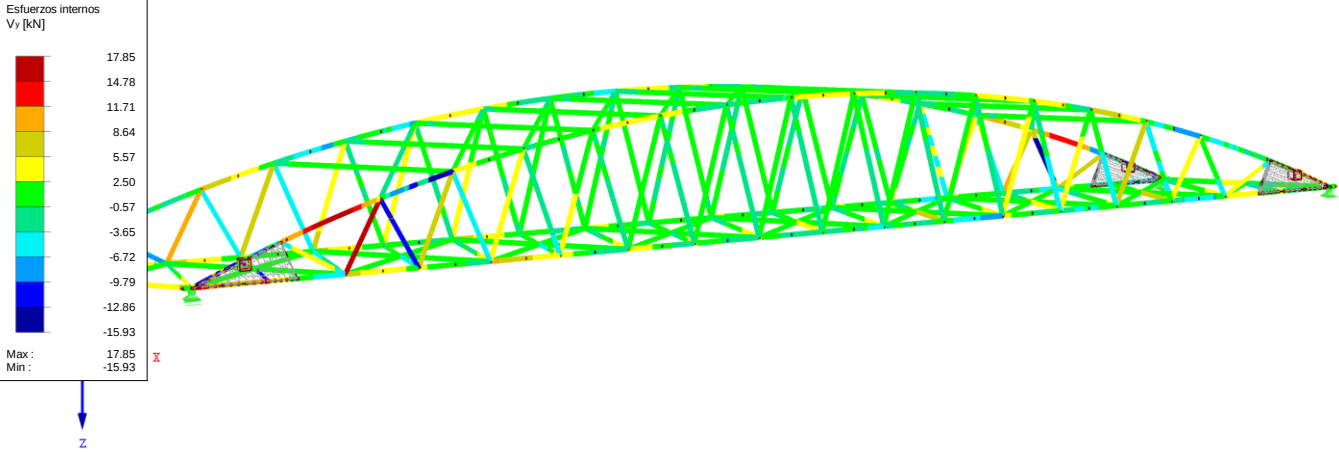
CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos N
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



Máx. N: 42.86, Mín. N: -48.16 [kN]

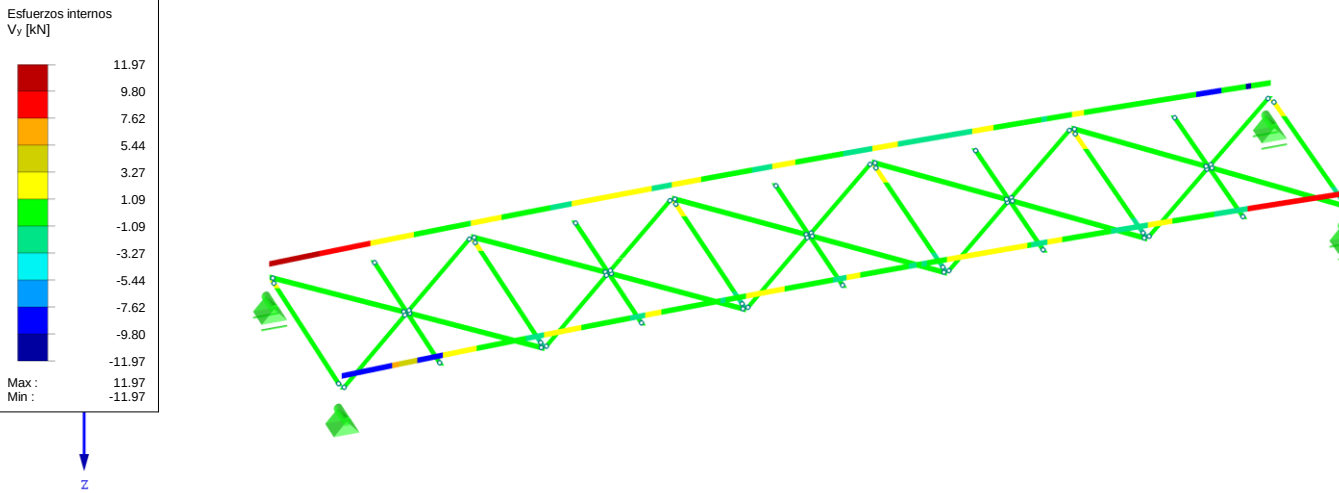
ELU: Esfuerzos cortantes Vy [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Barras Esfuerzos internos V-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.



Barras Máx. V-y: 17.85, Mín. V-y: -15.93 [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

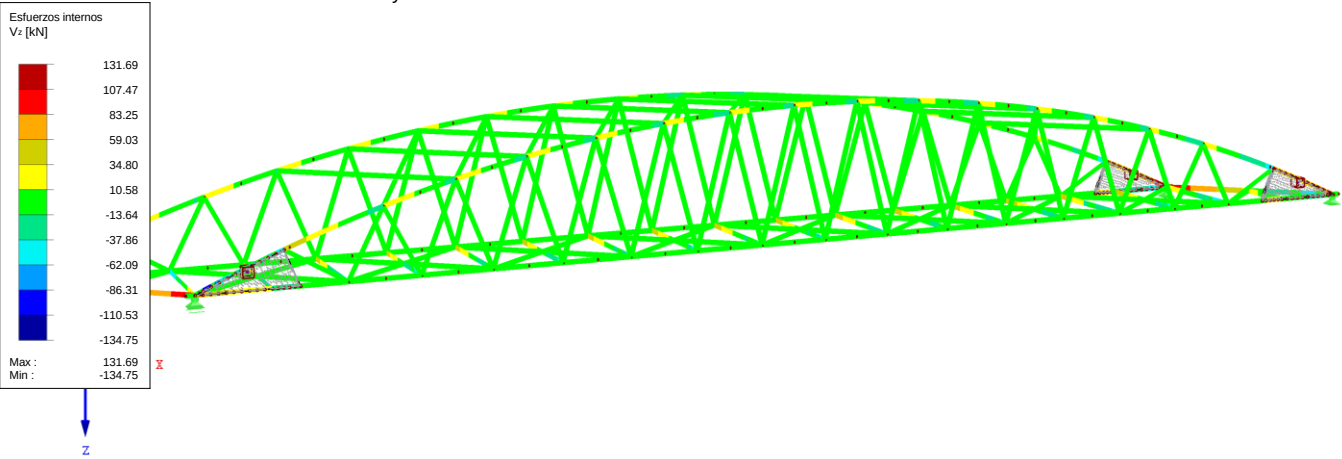


Máx. V-y: 11.97, Mín. V-y: -11.97 [kN]

ELU: Esfuerzos cortantes Vz [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Barras Esfuerzos internos V-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Perspectiva

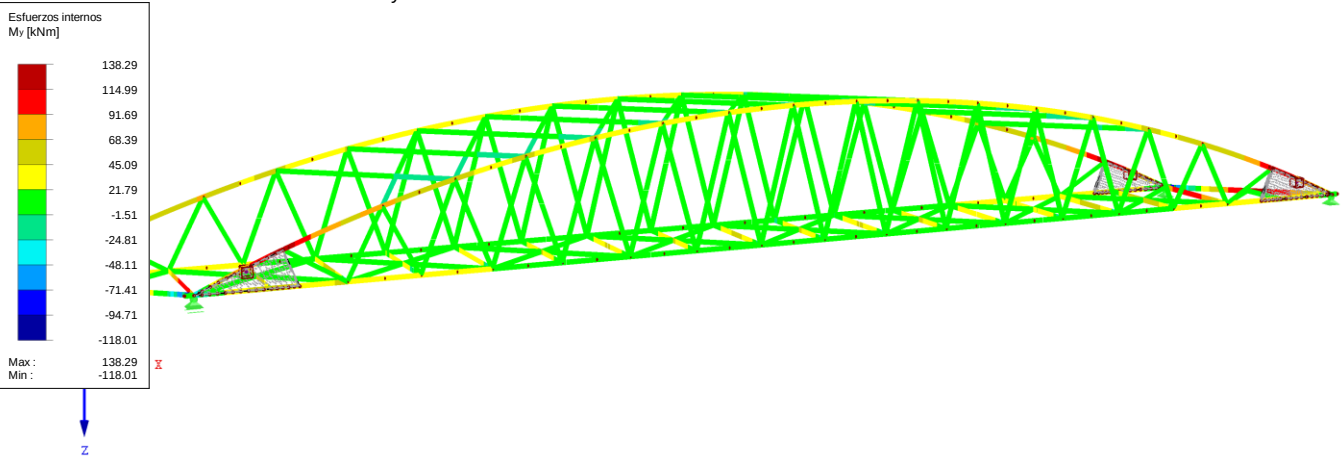


Barras Máx. V-z: 131.69, Mín. V-z: -134.75 [kN]

ELU: Esfuerzos flectores My [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Barras Esfuerzos internos M-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

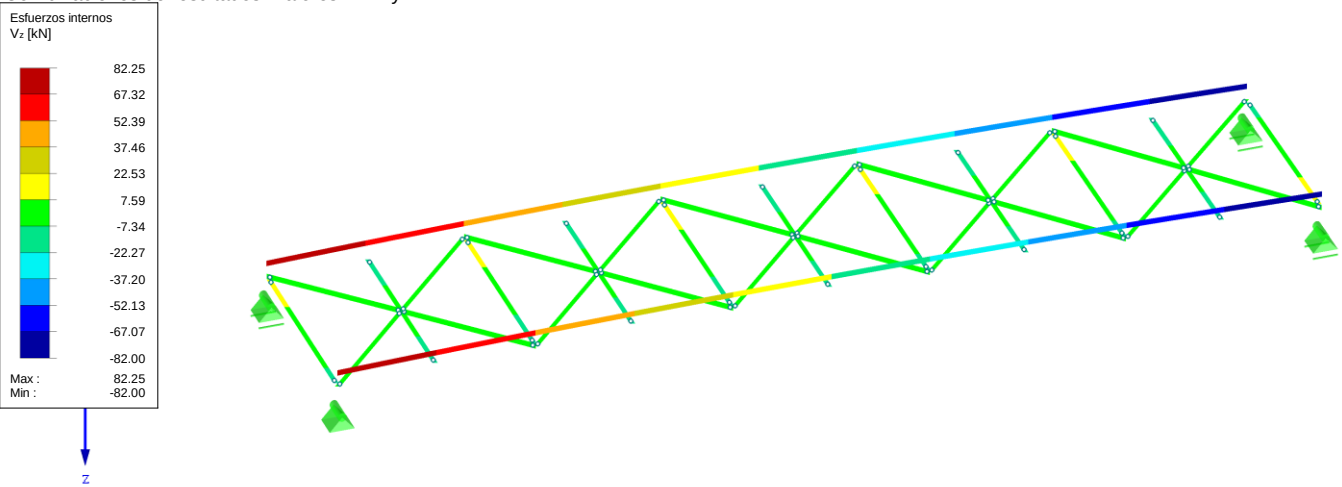
Perspectiva



Barras Máx. M-y: 138.29, Mín. M-y: -118.01 [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos V-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

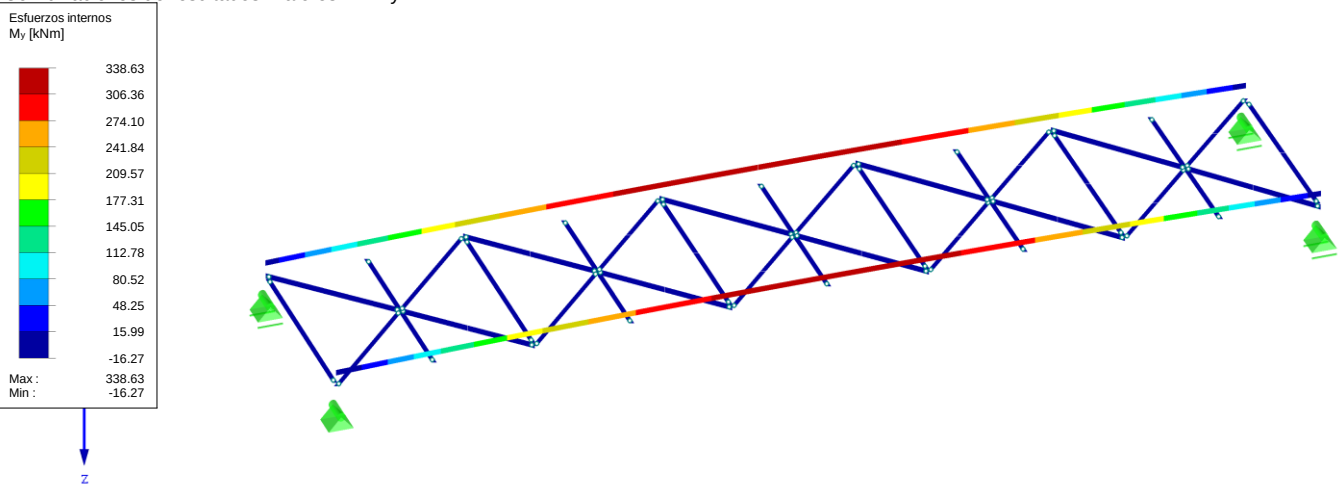
Perspectiva



Máx. V-z: 82.25, Mín. V-z: -82.00 [kN]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-y
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Perspectiva

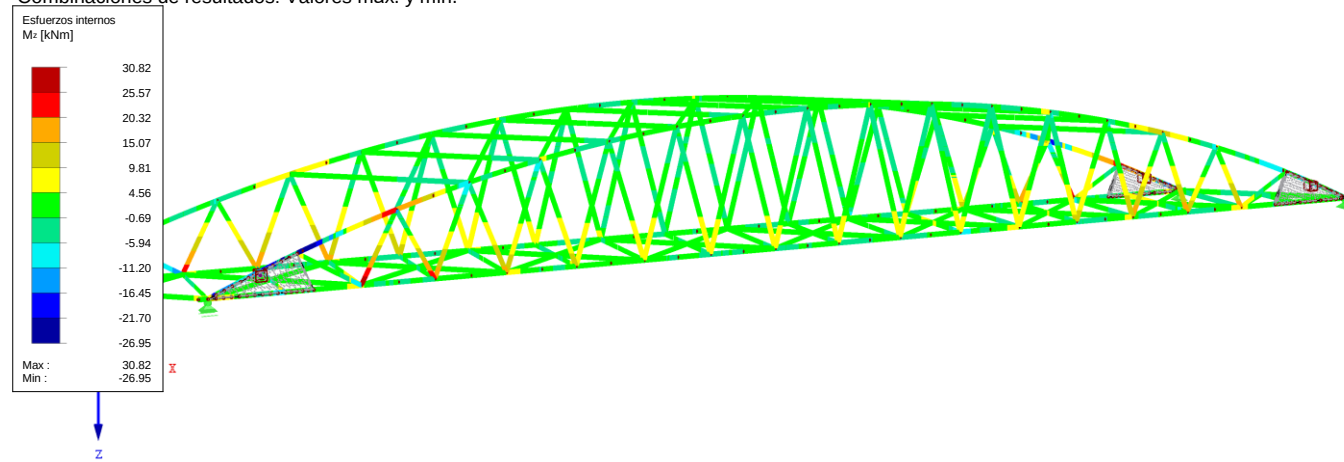


Máx. M-y: 338.63, Mín. M-y: -16.27 [kNm]

ELU: Esfuerzos flectores Mz [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Barras Esfuerzos internos M-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

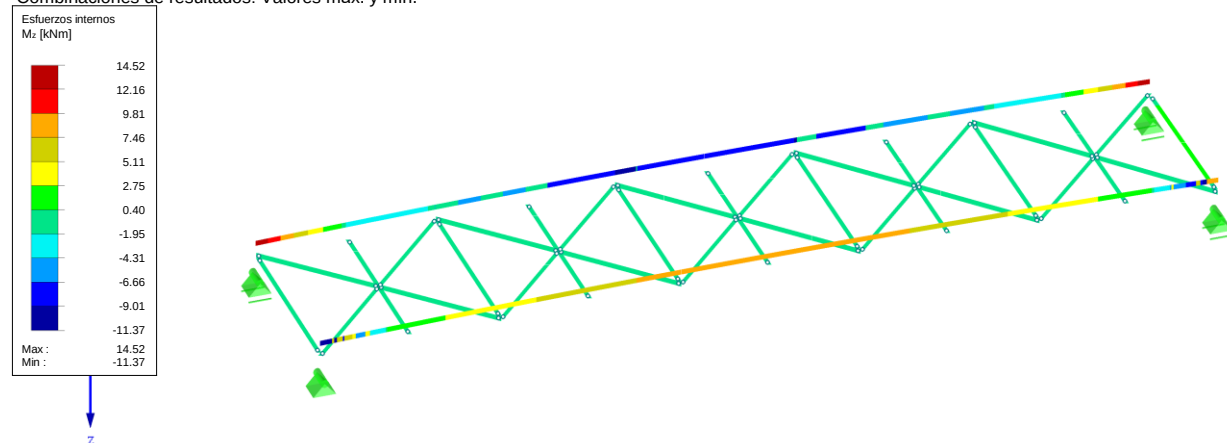
Perspectiva



Barras Máx. M-z: 30.82, Mín. M-z: -26.95 [kNm]

CR1 : ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10
Esfuerzos internos M-z
Combinaciones de resultados: Valores máx. y mín.

Perspectiva



Máx. M-z: 14.52, Mín. M-z: -11.37 [kNm]

4.3. Dimensionamiento y comprobación de elementos

Se realiza la comprobación de las secciones de los elementos principales de acuerdo con las solicitaciones obtenidas en la simulación.

4.3.1. Comprobación ELU

Para la sección de cada elemento se hace la comprobación haciendo referencia a su clase resistente, especie y clase de servicio, indicando las solicitaciones a las que se encuentra sometida para las diferentes hipótesis.

Se indican las características geométrico-resistentes debidas a la geometría de cada una de las secciones y las resistencias características y módulos de elasticidad asociadas a su Clase Resistente, que se modificarán de acuerdo con los factores que influyen sobre la capacidad resistente: clase de servicio, duración de la carga, efecto del tamaño de la pieza...)

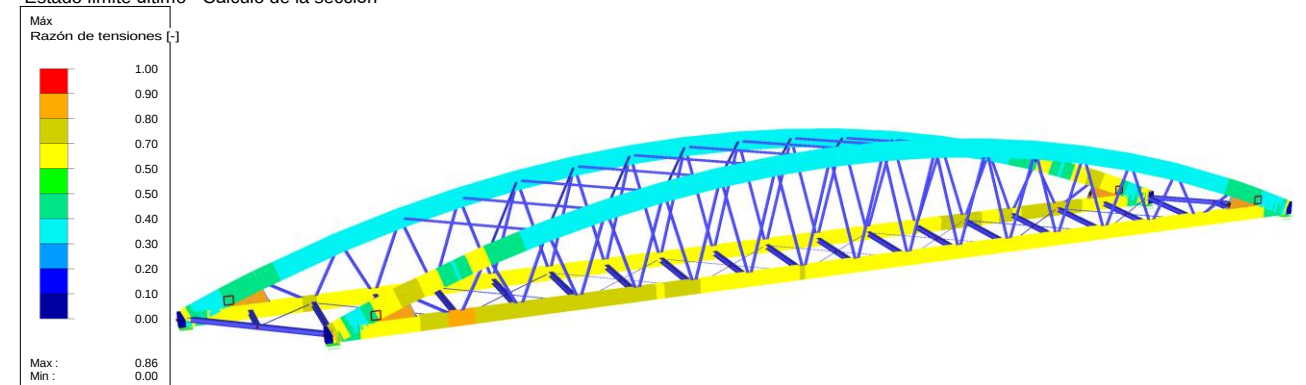
La comprobación de los Estados Límites Últimos se hace por la comparación entre las tensiones de cálculo (obtenidas por aplicación de las fórmulas clásicas de resistencia de materiales sobre las solicitaciones de cálculo) con las resistencias de cálculo (obtenidas por la aplicación sobre las resistencias características de los factores de modificación).

En la comprobación de las secciones comprimidas se aplican parámetros de minoración por pandeo basados en la determinación de la longitud eficaz de pandeo.

La comprobación de las deformaciones se hace de acuerdo con el Eurocódigo 5, en el que se determinan las acciones e influencias simultáneas que deben considerarse para cada situación de dimensionado y criterio, considerando o no la fluencia para la suma de las deformaciones instantáneas previstas para cada acción actuando de manera independiente.

RF-TIMBER Pro CA1
Estado límite último - Cálculo de la sección

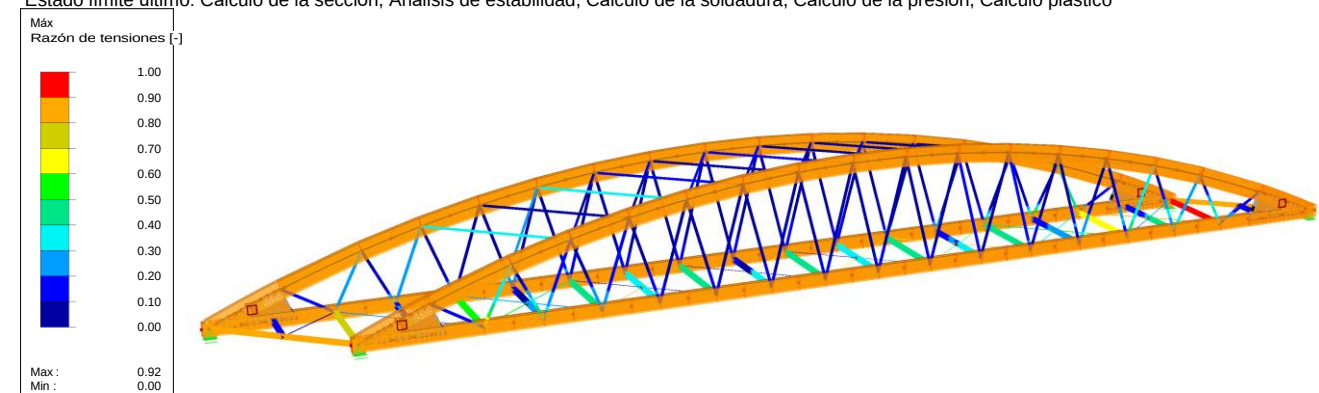
Perspectiva



Barras Máx. Razón de tensiones: 0.86

RF-STEEL EC3 CA1
Estado límite último: Cálculo de la sección, Análisis de estabilidad, Cálculo de la soldadura, Cálculo de la presión, Cálculo plástico

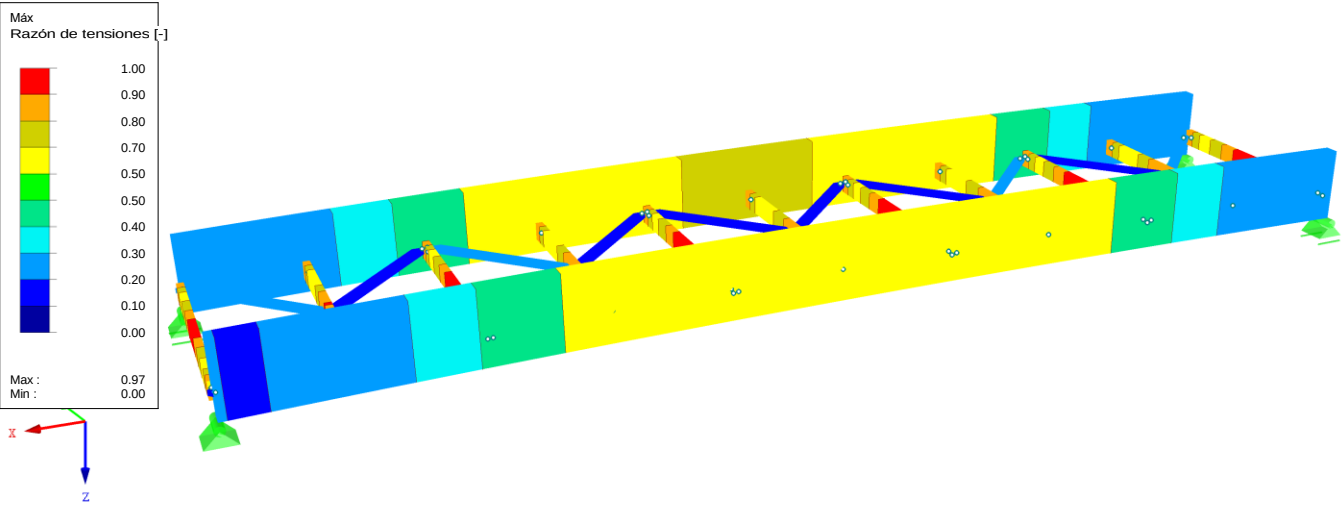
Perspectiva



Barras Máx. Razón de tensiones: 0.92

RF-TIMBER Pro CA1
Estado límite último - Cálculo de la sección

Perspectiva



Máx. Razón de tensiones: 0.97

4.3.2. Comprobación ELS

Los valores límites de las deformaciones están definidos en la norma EN 1995-2: EUROCÓDIGO 5: Proyecto de estructuras de madera, Parte 2: Puentes:

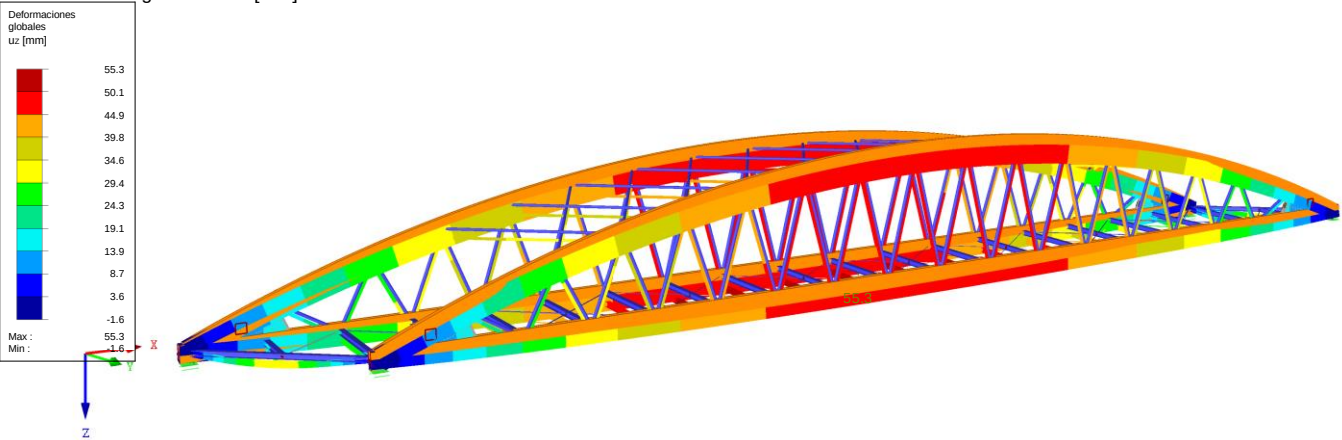
Tabla 7.1 – Valores límites para la flecha de vigas, placas y celosías

Acción	Rango de valores límites
Carga de tráfico característica	$\ell/400$ a $\ell/500$
Carga de peatones y carga de tráfico bajo	$\ell/200$ a $\ell/400$

• $f_{\text{máx}} = 55,3 \text{ mm} < L/200 = 250 \text{ mm}$

CO22 : CC2
Deformaciones globales u-Z [mm]

Perspectiva

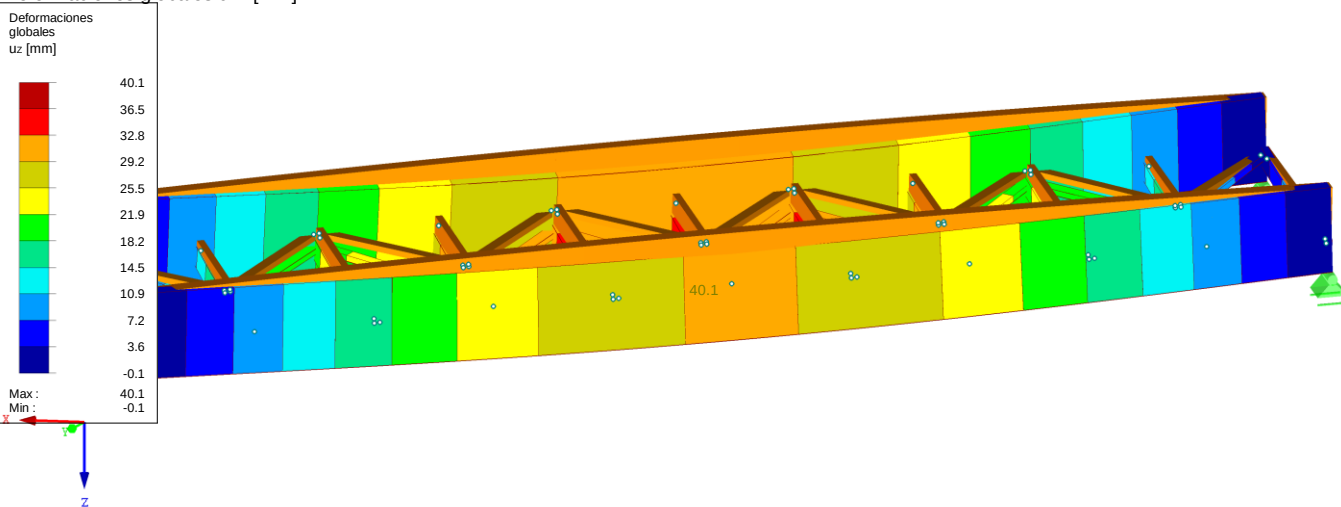


Coefficiente de deformaciones: 10.00
Máx.u-Z: 55.3, Mín. u-Z: -1.6 mm

• $f_{\text{máx}} = 40,1 \text{ mm} < L/200 = 75 \text{ mm}$

CO12 : CC2
Deformaciones globales u-Z [mm]

Perspectiva



Coefficiente de deformaciones: 8.75
Máx.u-Z: 40.1, Mín. u-Z: -0.1 mm

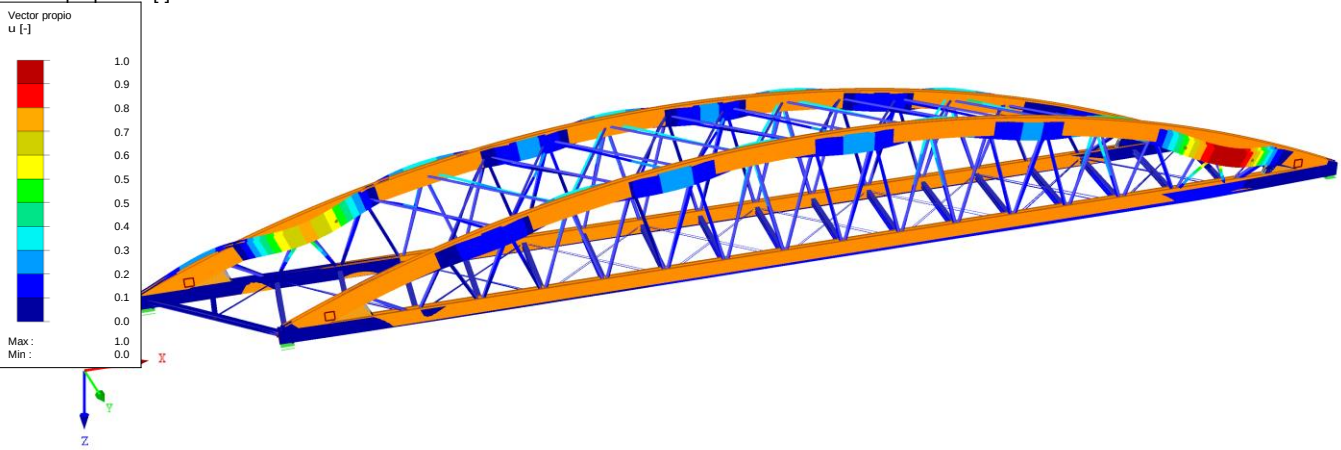
4.4. Análisis de pandeo global

El análisis global de pandeo es un análisis no lineal en el que se consideran los efectos de segundo orden, a través de un cálculo iterativo de sucesivos análisis lineales y recalculando la estructura con la geometría deformada resultante del anterior hasta converger a una solución que satisfaga las condiciones de equilibrio, de compatibilidad y de comportamiento de los materiales. Para el cálculo también se tiene en consideración las imperfecciones iniciales con los coeficientes de minoración del material correspondientes.

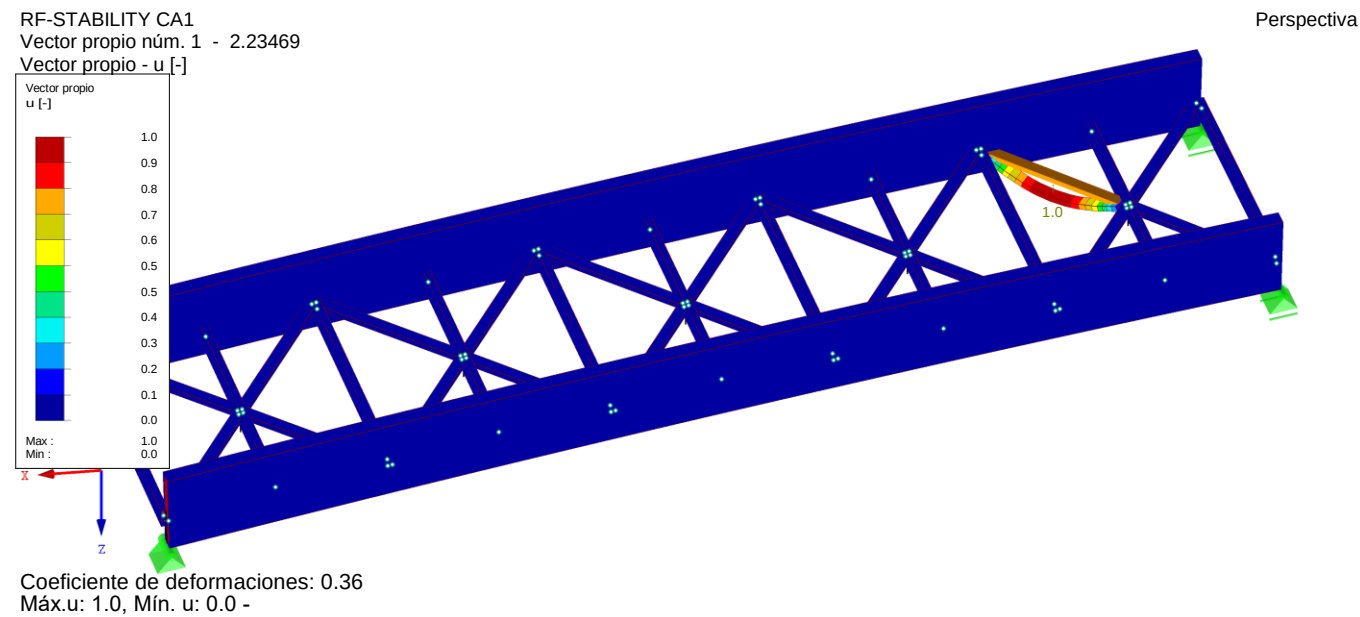
Para el cálculo de pandeo global se ha considerado la combinación de hipótesis más desfavorable:

RF-STABILITY CA1
Vector propio núm. 1 - 1.46000
Vector propio - u [-]

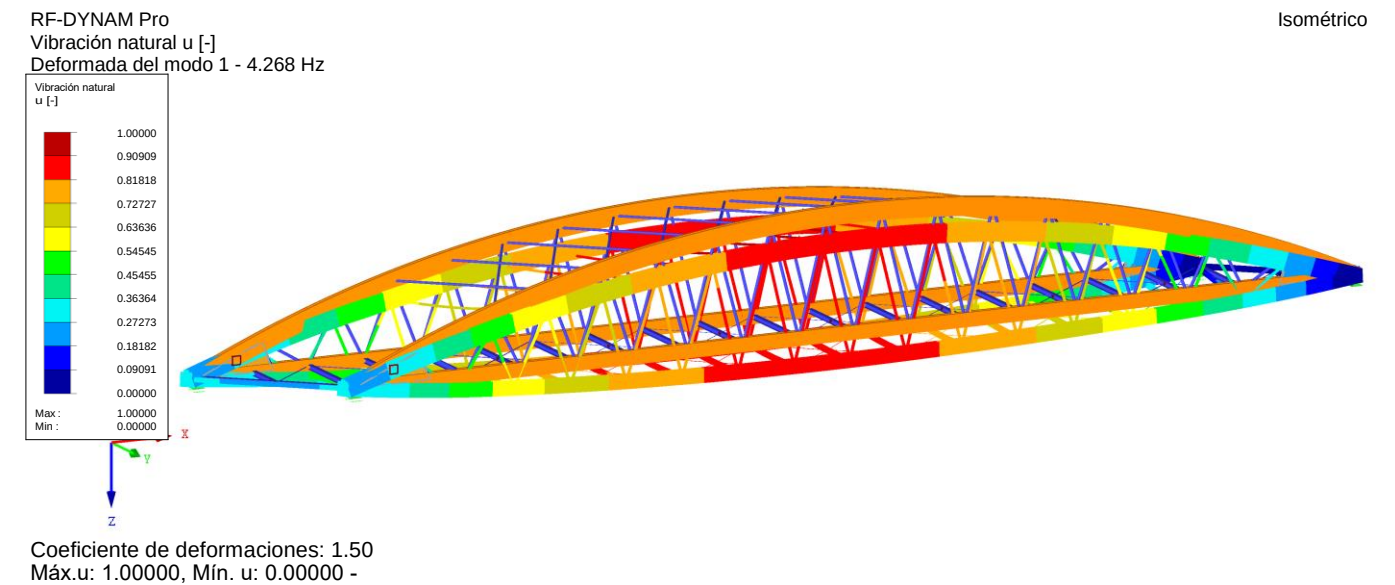
Perspectiva



Coefficiente de deformaciones: 0.50
Máx.u: 1.0, Mín. u: 0.0 -



- MODO 1:



4.5. Modelo vibratorio de la estructura

Se muestra a continuación los primeros modos de vibración correspondientes a las frecuencias naturales de las estructuras.

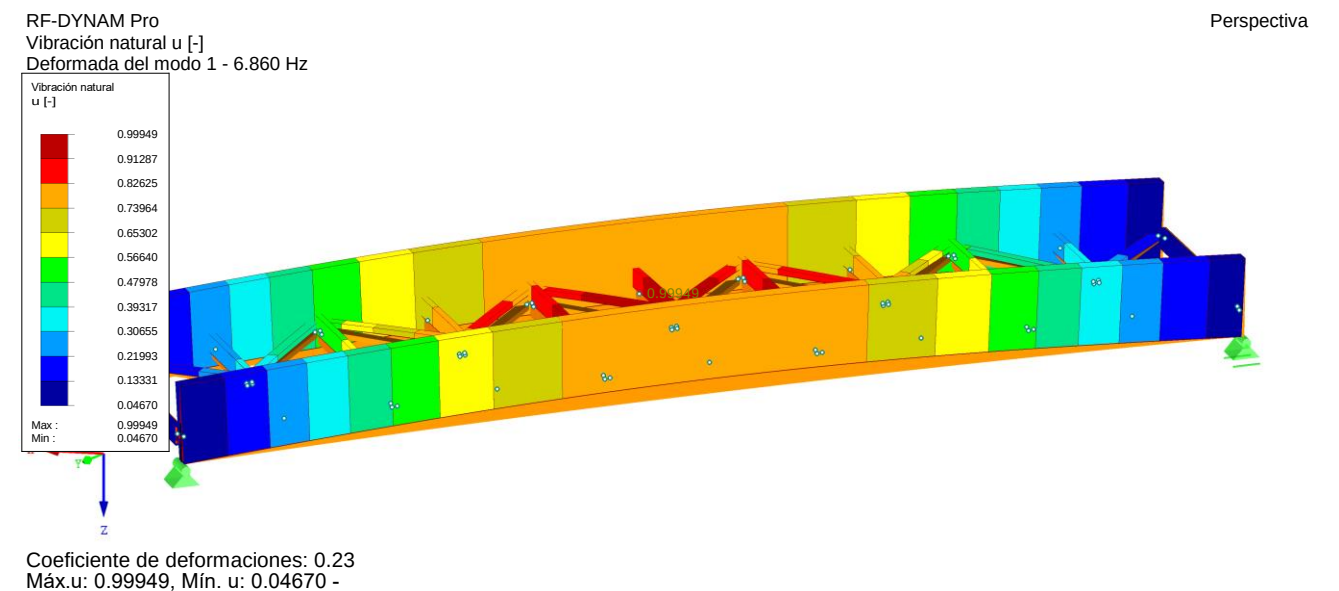
Este análisis es necesario para verificar que las frecuencias de la estructura se encuentran en los valores admitidos por la normativa y se encuentra fuera del rango crítico para vibraciones verticales exigido por el Eurocódigo nº5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 2: Puentes, y que las mismas pueden ser enfrentadas con los valores obtenidos mediante un ensayo dinámico posterior.

En general, se considera verificado el estado límite de servicio de vibraciones en pasarelas peatonales si sus frecuencias naturales se sitúan fuera del rango crítico para vibraciones verticales: de 1,25 a 4,60 Hz.

En pasarelas como estas, en la que se prevé la posibilidad de que algún modo de vibración este dentro de ese rango será necesario efectuar estudios dinámicos específicos para asegurar los requisitos de confort en los peatones. En la práctica esto supone la determinación in situ de los parámetros modales mediante análisis modal experimental in situ sobre la pasarela colocada.

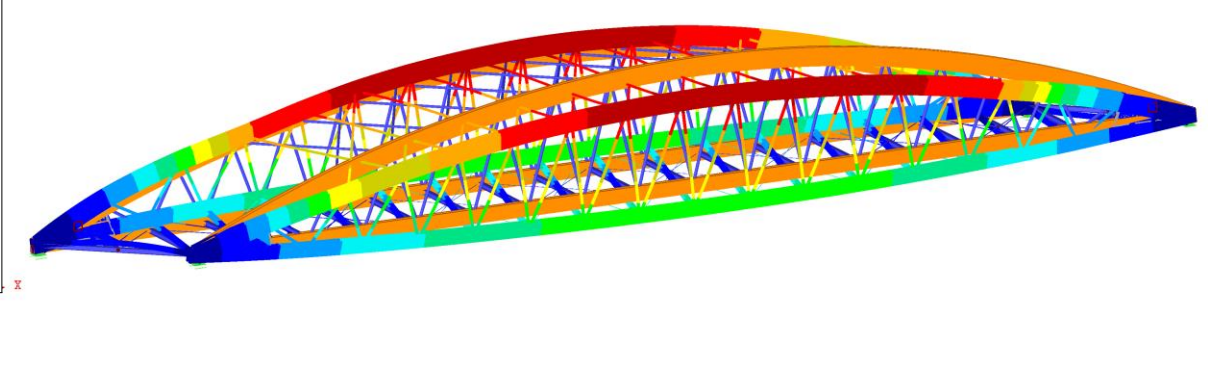
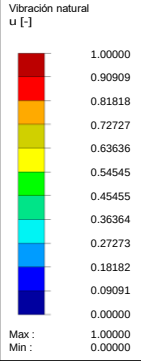
Una vez obtenidos los modos propios se medirán las aceleraciones en condiciones pésimas, es decir, en resonancia con cada uno de los módulos dentro del rango crítico.

Si las aceleraciones son superiores a las necesarias para un grado de confort medio (aceleraciones verticales por encima de 1-2 m/s² se incorporará uno o varios amortiguadores TMD (amortiguador de masa sintonizada) sintonizado a la frecuencia del modo propio problemático.



• MODO 2:

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 2 - 6.435 Hz

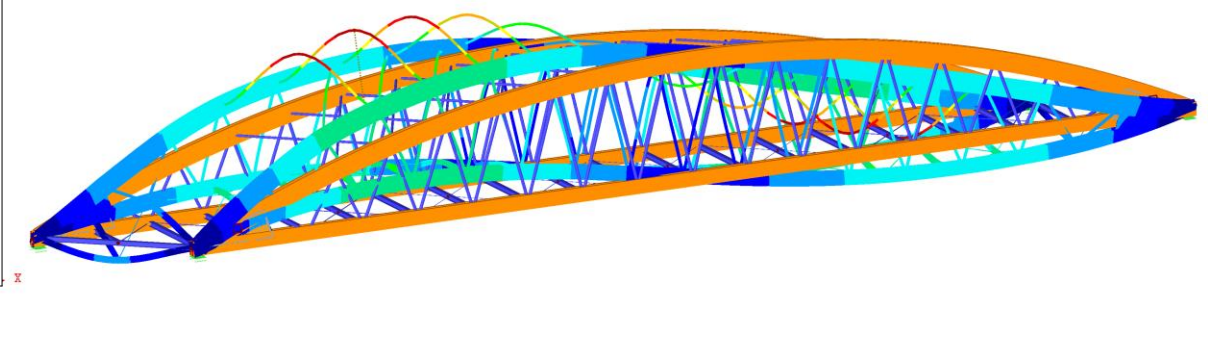
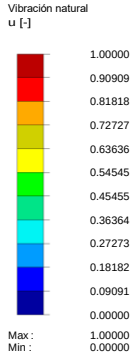


Isométrico

Coefficiente de deformaciones: 2.00
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

• MODO 3:

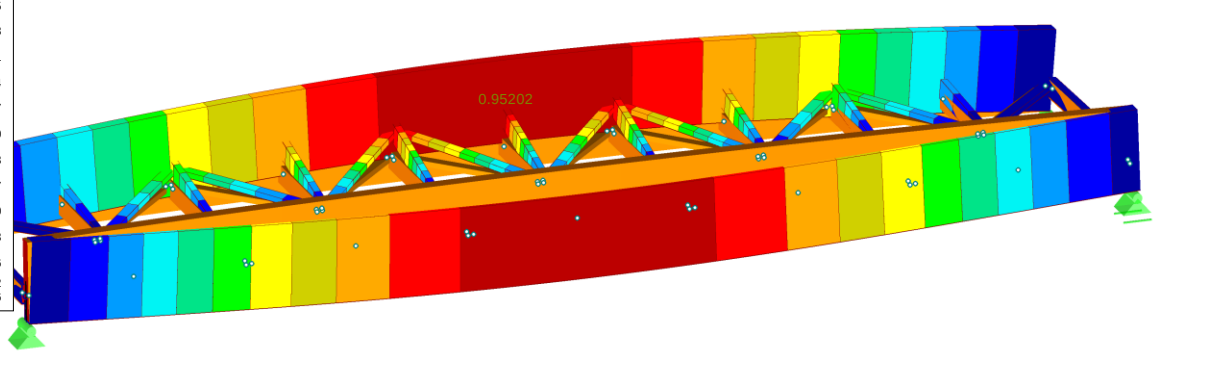
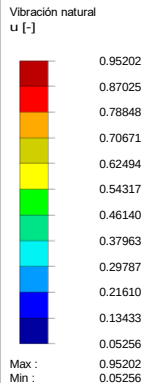
RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 5 - 9.558 Hz



Isométrico

Coefficiente de deformaciones: 4.00
Máx.u: 1.00000, Mín. u: 0.00000 -

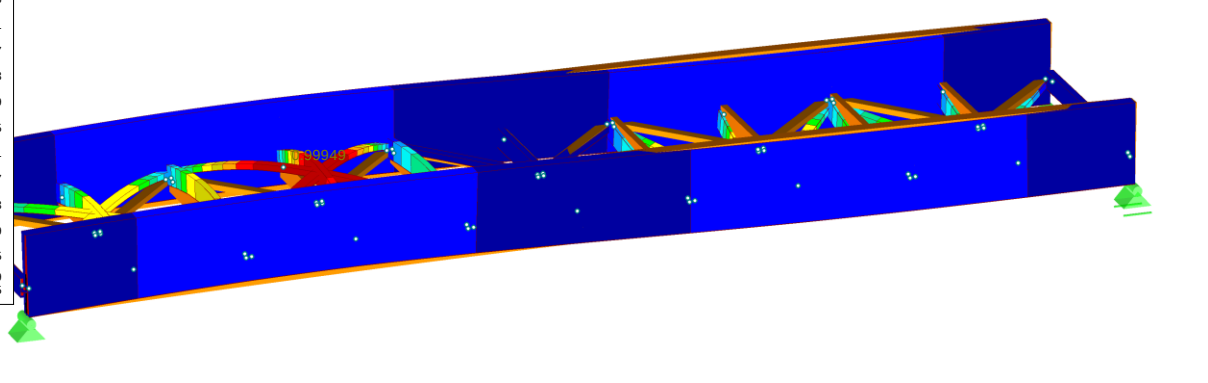
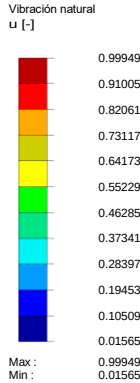
RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 2 - 8.512 Hz



Perspectiva

Coefficiente de deformaciones: 0.36
Máx.u: 0.95202, Mín. u: 0.05256 -

RF-DYNAM Pro
Vibración natural u [-]
Deformada del modo 3 - 16.738 Hz



Perspectiva

Coefficiente de deformaciones: 0.36
Máx.u: 0.99949, Mín. u: 0.01565 -

4.6. Aplicación de acciones sísmicas

En Cumplimiento del Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma Sismorresistente: “Parte General y Edificación (NCSE-02)”, se considera en el cálculo la posibilidad de aplicar Acciones Sísmicas.

La estructura objeto de este proyecto se encuentra en el término municipal de Alonsotegi. Mediante la realización de un estudio dinámico se determina que los esfuerzos generados por las acciones sísmicas no son determinantes para el dimensionamiento de la estructura.

4.7. Cálculo de la huella de carbono

Cálculo de Huella de Carbono certificado por Organismo Independiente según lo establecido en el RD 163/2014. El valor de la huella de carbono será inferior a 1.000 kg CO2 por metro lineal de avance, calculado según la procedencia de la madera utilizada, y teniendo en cuenta todos los procesos llevados a cabo desde la obtención de los materiales hasta la instalación del puente.

5. Descripción de la unidad de obra

Suministro de Infraestructura formada por puente de madera peatonal, con una longitud total de 205 metros y con 4 metros de ancho de paso útil de **Pinus sylvestris** procedente de bosques gestionados con criterios de sostenibilidad avalados por CERTIFICADO PEFC o FSC. Formados por vigas, vigas de tablero, vigas principales curvas, riostras, viguetas, pies derechos y pasamanos según secciones óptimas de **MLE (Madera Laminada Encolada) Gl30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto)** y tablón de piso, diagonales, quitamiedos y entablados según secciones óptimas de MA.C24/sup (Madera Aserrada) de acuerdo con los principios establecidos en el Eurocódigo 5, recogidos en el Código Técnico de la Edificación. CTE SE-M Documento Básico SE-M Seguridad estructural.

Madera seca y estabilizada certificada por organismo Técnico Independiente.

Cálculo con criterio de Sección Óptima Equilibrada con coeficiente de correlación igual o menor a 15.

Barandilla SECURAILING con pies derechos rectos.

Tratamiento clase de Uso IV antes de laminar en autoclave con sales hidrosolubles para Clase de Uso IV, según norma UNE 56-416/88 (Sistema Bethell/Célula llena).

Aplicación adicional de tres fases de tratamiento superficial de todos los elementos de madera mediante Lasur a poro abierto con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, mano de fondo y acabado. Tratamiento adicional superficial. La madera tendrá una aplicación adicional de tratamiento superficial de todos los elementos

de madera mediante lasur a poro abierto con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, manos de fondo y acabado color castaño (3 manos). Calidad superior según parámetros mínimos de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento ≤ 4 -S3-C. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente

Protección por ecodiseño y piezas de sacrificio PS-X.

Arriostramiento Longitudinal (Lenght Bracing en vigas principales y Bending + Contraviento en cubierta y tablero) y Transversal, que anula las inestabilidades laterales características de las pasarelas de madera.

Herrajes de acero galvanizado en caliente, calidad S 275 JR

Antideslizamiento MM-1-Non-Slip con clase de resbaladicidad 3 (resistencia al deslizamiento $R_d > 45$) según CTE DB SU, con colocación en los accesos del puente de solado de alta resistencia al desgaste reforzado con material antideslizante en la superficie, mediante laminas antideslizantes Beige DG1.2x50.

Proyecto. Fabricación. Transporte. Montaje. El futuro adjudicatario será, a todos los efectos, el responsable legal último a través de sus "técnicos competentes" del correcto diseño, fabricación, transporte e instalación del puente

- Puentes calculados con sobrecarga de uso 500kg/m2 según normativa IAP-2011 (y reducción según IAP-11)

- Cálculo de Huella de Carbono certificado por Organismo Independiente según lo establecido en el RD 163/2014.

- Sello PEFC o FSC en Cadena de Custodia para PUENTES DE MADERA a todas las entidades involucradas en el mismo (y no sólo a los proveedores nominados), desde la obtención de la materia prima hasta la colocación del producto final. Y, en concreto, el licitador y/o ejecutor final directo (subcontratista nominado para la ejecución de la partida de madera y no sólo sus proveedores) tendrá certificado de gestión forestal sostenible sello PEFC ó FSC en Cadena de Custodia. **Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.**

- Pruebas dinámicas certificadas por Organismo Independiente para cumplir la IAP-2011

En la presente unidad de obra se verificará:

- **Proyecto Técnico de ejecución de la pasarela de madera ofertada;** Incluyendo planos de conjunto y detalle para que la obra quede perfectamente definida (Incluidas placas de anclaje) y cimentación propuesta. Cálculo con criterio de Sección Óptima Equilibrada con coeficiente de correlación igual o menor a 15
- **Sobrecarga de uso de 500 kg/m2.** Proyecto de ejecución presentado ajustado a la normativa IAP-11, y por tanto a esa sobrecarga de uso indicada.

- **Modelo vibratorio teórico del proyecto** presentado ajustado a la normativa IAP-11 y con un rango de vibraciones donde frecuencia natural de la estructura se sitúe por encima de 4,6 Hz para vibraciones verticales y longitudinales.
- **Propuesta de Prueba de carga dinámica**, en la que se calcule experimentalmente la frecuencia natural real de la pasarela y sus modos de vibración certificada por Organismo Técnico Independiente.
- **El Cálculo de la Huella de carbono** del proyecto del proyecto presentado certificado por Organismo Técnico Independiente según lo establecido en el RD 163/2014.
- **Certificado E.P.D. (Environmental Product Declaration, EPD) o en castellano D.A.P. (Declaración Ambiental de Producto, DAP) de la Madera Laminada Encolada** conforme a la Norma Internacional ISO 14025, que define los requisitos que deben cumplir estas Declaraciones ambientales, incluyendo la verificación por tercera parte
- **Certificados técnicos:**
 - o El cálculo de las estructuras ofertadas.
 - o Características y procedencia de la madera.
 - o Clase resistente.
 - o Calidad del protector utilizado.
 - o Método de aplicación empleado.
 - o Certificado de secado de la madera y periodo de estabilización del mismo.
 - o Tipo de acero de los herrajes y protección.
 - o Certificado de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 por Organismo Técnico Independiente.
 - o Certificados de Pintura. Tratamiento superficial con Lasur al agua (no disolvente) a poro abierto, específico para madera, con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, con manos de fondo y acabado color castaño (3 manos). Calidad superior según parámetros mínimos de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento ≤ 4 -S3-C. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente.
- **Se facilitará LIBRO DE MANTENIMIENTO** redactado por empresa externa y especializada.

6. Descripción resumida

Suministro de Infraestructura formada por puente de madera peatonal, con una longitud total de 205 metros y con 4 metros de ancho de paso útil de **Pinus sylvestris**.

Formada por vigas principales curvas, riostras A, riostras B, viguetas, pies derechos, pasamanos, riostras, viguetas, pies derechos, tablón de piso, diagonales, quitamiedos (barandilla SECURAILING con pies derechos rectos) y entablados según secciones óptimas **MLE (Madera Laminada Encolada) GI30h/sup con Certificado CE, DoP (Declaración de Prestaciones), PEFC y/o FSC y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto)**. Tratamiento clase de Uso IV antes de laminar. Protección por ecodiseño. Arriostramiento longitudinal Lenght Bracing y transversal Bending. Dispositivos de monitorización dinámica uniaxial DMD-2BT bimodal flexión torsión. Certificado de Rango de Frecuencia de Vibraciones 3/sup. mediante ensayo de análisis modal experimental. Herrajes de acero galvanizado en caliente, calidad S 275 JRy tornillería Hprotec. Tarima con sistema Antideslizamiento MM-1-Non-Slip (clase de resbaladicidad 3 con resistencia al deslizamiento $R_d > 45$) según CTE DB SU. Protocolo prueba de carga. Libro de mantenimiento. Certificados PGA. Proyecto. Fabricación. Transporte

- Puentes calculados con sobrecarga de uso 500 kg/m2 según normativa IAP-2011 (y reducción según IAP-11)

- Cálculo de Huella de Carbono certificado por Organismo Independiente según lo establecido en el RD 163/2014. El valor de la huella de carbono será inferior a:

- 1.000,00 kg CO2 por cada metro lineal de puente.

- Sello PEFC ó FSC en Cadena de Custodia para PUENTES DE MADERA

- Pruebas dinámicas certificadas por Organismo Independiente para cumplir la IAP-2011

- Sección Óptima Equilibrada. Con un coeficiente de correlación menor o igual a 15

- Tratamiento adicional superficial. La madera tendrá una aplicación adicional de tratamiento superficial de todos los elementos de madera mediante lasur a poro abierto con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, manos de fondo y acabado color castaño (3 manos). Calidad superior según parámetros mínimos de acuerdo a Norma UNE-EN-927-6 (ver pliego técnico). Características Mínimas de la pintura: Variación Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB. Aspecto Visual según norma EN-ISO 4628 sin signos de ampollamiento, ni escamación. Agrietamiento ≤ 4 -S3-C. Enyesado ≤ 3 . Adherencia según EN-ISO-2409 con Categoría ≤ 3 certificado por Laboratorio o Centro Tecnológico independiente





1. Introducción

Conscientes de los cuidados que necesitan todos los materiales, y con el fin de prolongar la vida útil de los puentes realizados en madera, se realiza un informe de mantenimiento en el que se propone el **seguimiento y diagnóstico de posibles deficiencias observadas a lo largo de su vida útil así como propuestas de conservación y mantenimiento por parte de la propiedad**.

2. Objeto

El objeto del presente anexo es explicar las características de la madera colocada a la intemperie y proponer una serie de acciones a ejecutar por parte de la propiedad para el mantenimiento de los puentes de madera.

3. Análisis de la situación de exposición

El puente se define como CLASE DE USO 3, en el que la estructura se encuentra al descubierto y a la intemperie, no en contacto con el suelo y sometida a una humidificación frecuente. En estas condiciones, el contenido de humedad de los elementos de madera puede sobrepasar el 20%. El riesgo de ataque por hongos cromógenos o xilófagos es marcado si no se tienen en cuenta las medidas preventivas oportunas.

Para el cálculo estructural, se definió la pasarela como sometida a una **CLASE DE SERVICIO 3**, en la que las condiciones climáticas conducen a contenidos de humedad en los materiales correspondiente a una temperatura de 20±2°C y una humedad relativa del aire que exceda el 85%.

4. Especie de madera

La madera empleada para la construcción de puentes de madera al exterior y sin cubierta es *Pinus sylvestris* (Pino silvestre). La durabilidad natural e impregnabilidad de esta especie de madera se detalla a continuación:

Especie de madera	Albura/Duramen	Durabilidad natural						Impregnabilidad
		H	T	Insectos xilófagos larvarios				
				L	A	Hb	Hc	
<i>Pinus sylvestris</i>	A	-	S	NA	S	S	NA	1v
	D	M-pDv	S	NA	S	S	NA	3-4v

Tabla 12. Durabilidad e impregnabilidad del Pino silvestre

- A: Albura
- H: Hongos
- L: Líctidos
- Hb: Hylotrupes bajulus (cerambícido)
- D: Duramen
- T: Termitas
- A: Anóbidos
- Hc: Hesperophanes cinnereus (cerambícido)

La **durabilidad natural** de la madera se define como la resistencia intrínseca de la madera frente a las posibles degradaciones que pueden producir cada uno de los agentes destructores de la madera: hongos xilófagos de pudrición, insectos xilófagos de ciclo larvario (anóbidos, cerambícidos y líctidos), insectos sociales (termitas), xilófagos marinos y fuego.

Durabilidad natural	Descripción
M-pDv	Medianamente - poco durable
S	Sensible
NA	No atacable

Tabla 13. Tipos de durabilidad natural

La **impregnabilidad** de una especie de madera es la capacidad que presenta para que un líquido (como por ejemplo un protector) pueda penetrar en su interior. La cantidad de producto que entra en la madera depende del método de tratamiento que se utilice.

Impregnabilidad	Descripción
1v	Impregnable
3-4 v	Poco impregnable – no impregnable

Tabla 14. Tipos de impregnabilidad

Impregnable: muy fácil de impregnar. La madera aserrada puede ser impregnada totalmente con tratamiento a presión sin dificultad.

Poco impregnable: Difícil de impregnar. Después de 3 a 4 h de tratamiento bajo presión se alcanzan sólo penetraciones de 3 a 6 mm.

No impregnable: Prácticamente imposible de impregnar.

5. Agentes de deterioro

Los agentes de deterioro de la madera se suelen agrupar en función de su origen biótico (insectos y hongos) y abiótico (radiación solar y lluvia). A continuación se detalla un gráfico de estos agentes de deterioro y la influencia que tienen sobre la madera.

PROCESO DE PUDRICIÓN DE LA MADERA NATURAL SIN PROTECCIÓN Y A LA INTEMPERIE

1. AGENTES ATMOSFÉRICOS		
	1.1. SOL	1.2. LLUVIA
ACCIÓN SOBRE:	Superficie (modificación química en el acabado)	Superficie
PROVOCA:	Degradación lignina →pérdida cohesión entre fibras Calentamiento zonal →Aparición fendas superficiales	Aumento contenido humedad
APARIENCIA:	Color grisáceo y aparición surcos superficiales	Aparición fendas superficiales
CONSECUENCIA:	No es un efecto grave en la madera por sí mismo (efecto estético), pero facilita la penetración de otros agentes de deterioro	

Tabla 15. Agentes de deterioro atmosférico

2. AGENTES XILÓFAGOS					
2.1. HONGOS XILÓFAGOS					
Su ciclo biológico se inicia cuando encuentran condiciones favorables: (humedad >22%, Tª aire, presencia O₂)					
	2.1.1. MOHOS	2.1.2. HONGOS CROMÓGENOS	2.1.3. HONGOS DE PUDRICIÓN		
			A. PUDRICIÓN PARDA O CÚBICA	B. PUDRICIÓN BLANCA	C. PUDRICIÓN BLANDA
ACCIÓN SOBRE:	Alimentación de materiales de lumen. No celulosa ni lignina	Alimentación de materiales de lumen	Celulosa (color blanco)	Lignina	Celulosa, pared secundaria
PROVOCA:	No produce pérdidas de resistencia No es peligroso por su mínima acción degradadora.	No produce pérdidas de resistencia No es peligroso por su mínima	Pérdida caract. Físico-mecánicas. La más	Pérdida caract. Físico-mecánicas.	Pérdida caract. Físico-mecánicas

		acción degradadora.	grave.		
APARIENCIA:	Esporas en superficie de madera (color oscuro) Pelusilla sobre la superficie	Coloraciones: azulado, tonos verdes, corazón rojo, ...	Color marrón oscuro, con tendencia a agrietarse. Estructuras prismáticas, laminares...	Color blancuzco, aspecto fibroso.	Aspecto final blando o esponjoso (parecida a queso fresco)
NOTAS:	Crean condiciones para el desarrollo de hongos de pudrición. Fáciles de eliminar con limpieza superficial	Crean condiciones para el desarrollo de hongos de pudrición.		Afecta a madera de frondosas.	

2.2. INSECTOS XILÓFAGOS		
	2.2.1. INSECTOS XILÓFAGOS LARVARIOS	2.2.2. INSECTOS XILÓF.SOCIALES - TERMITAS
ACCIÓN SOBRE:	Huevos: colocados en fendas, ranuras, orificios... Larvas: alimentación de celulosa y lignina	Celulosa de la madera, principalmente a la madera blanda de primavera
PROVOCA:	Larvas: degradación de la madera y modificación de las propiedades mecánicas.	Degradación de la madera y modificación de las propiedades mecánicas.
APARIENCIA:	Larvas: galerías internas Adulto: agujeros en la superficie de la madera	Galerías paralelas a la dirección de la fibra, con tiras de madera sin degradar entre ellas. Aspecto de hoja de libro
TIPOS Y ATAQUE:	CERAMBÍCIDOS (Carcoma grande): ataca albura coníferas LÍCTIDOS (Polilla): Ataca albura frondosas ANÓBIDOS (Carcoma fina): ppalm.albura coníferas y frondosas europeas ANÓBIDOS (Reloj de la muerte): frondosas previamente atacada por hongos de pudrición CURCULIÓNIDOS (Gorgojos): albura frondosas y coníferas y duramen previamente atacado por hongos pudrición	- <i>Reticulitermes lucifugus Rossi</i> (en Península y Baleares) - <i>Cryptotermes brevis Walker</i> (en Canarias) - <i>Kaloterms flavicollis Fabr.</i>
NOTAS:	Su aparición depende de la especie, humedad madera, Tª y presencia de hongos de pudrición	La Tª óptima es aprox. 30°C y humedad relativa del aire de 95-100%. A Tª<2°C se paraliza.
2.3. XILÓFAGOS MARINOS		
	2.3.1. MOLUSCOS XILÓFAGOS (TEREDO)	2.3.2. CRUSTÁCEOS XILÓFAGOS

PROVOCA:	Degradación de la madera y modificación de las propiedades mecánicas	Degradación de la madera y modificación de las propiedades mecánicas
APARIENCIA:	Degradación no visible desde el exterior. Orificios circulares 0,5-1mm diámetro	Galerías longitudinales < 1cm y 2 mm diámetro
NOTAS:	Ataque en aguas transparentes	Ataque en aguas turbias y en aguas transparentes

Tabla 16. Agentes xilófagos

6. Protección de la madera

Una vez conocida la especie de madera a emplear y sus propiedades relacionadas con la protección, su durabilidad natural y su impregnabilidad, la protección preventiva engloba tanto la protección química como la correcta instalación en obra.

Los aspectos que afectan a la protección preventiva de madera se detallan a continuación:

6.1. Clases de uso

Las clases de uso intentan valorar el riesgo de ataques de agentes xilófagos en función del lugar donde se va a instalar la madera. Una vez determinada, teniendo en cuenta las medidas constructivas y la especie de madera, se puede prescribir el tratamiento químico adecuado.

CLASE DE USO	SITUACIÓN A LA EXPOSICIÓN DE LA MADERA	CONTENIDO DE HUMEDAD
1	Cubierto y sin contacto con el suelo	Permanentemente seco
2	Cubierto y sin contacto con el suelo, con riesgo de humedades	Humectaciones ocasionales
3	Al exterior no cubierto y sin contacto con el suelo	Humectaciones frecuentes
3.1	Al exterior por encima del suelo y protegido	Humectaciones frecuentes
3.2	Al exterior por encima del suelo y no protegido	Humectaciones frecuentes
4	En contacto con el suelo o con agua dulce	Humectaciones permanentes
5	En contacto con agua salada	Humectaciones permanentes

Tabla 17. Clases de uso

Tal y como se apuntó anteriormente, los puentes de madera están sometidos a una **clase de uso 3**, permanentemente expuesto a la intemperie, pero evitando el contacto con el suelo mediante los herrajes de apoyo.

6.2. Medidas de tipo constructivo y de saneamiento

En el caso de los puentes de madera sin techo protector alguna de las medidas que se tienen en cuenta a la hora del diseño, y que se deben de mantener a lo largo de la vida útil del puente, son las siguientes:

- Encuentro de piezas de madera con el terreno: se evita esta situación mediante la colocación de herrajes de apoyo metálicos, que impiden el contacto entre el suelo y la madera.
- Encuentro entre dos piezas de madera al exterior: la durabilidad será mayor si se cruzan las piezas (como es el caso de las cruces de arriostramiento) que si se ejecutan ensambles entre ellas que pudieran producir retenciones de agua.
- Viguetas y vigas: se separan estos dos elementos para evitar la creación de una superficie longitudinal en la que se acumularía el agua de lluvia.
- Tablero de piso: las piezas que forman el tablero de piso se colocan sobre las viguetas, separadas entre sí una distancia suficiente, que facilite la ventilación de la superficie; la cara superior de las piezas de tablero se ejecutan con cantos redondeados para que no se acumulen gotas de lluvia; se deja una separación entre las piezas de 6 a 12 mm para facilitar su movimiento y evitar que se acumulen residuos que pueden provocar retenciones de agua.

En cualquier zona donde se pueden producir acumulaciones de residuos de debe realizar una limpieza periódica que evite la acumulación de agua, formando parte esta labor del mantenimiento de la estructura.

Sólo los elementos directamente expuestos, como son las barandillas y las tablas del pavimento, son elementos no protegidos, que deben considerarse como elementos sometidos al desgaste y deben ser instalados de tal manera que puedan ser reemplazados fácilmente sin herramientas especiales y sin generar costos elevados.

Sólo para los elementos estructurales sería necesaria una protección química preventiva contra ataque de insectos, aunque a todos los elementos de madera que constituyen el puente se les aplica una protección química.

6.3. Métodos de tratamiento

El método de tratamiento es el procedimiento para introducir una cantidad de producto protector en un volumen de madera determinado a una penetración especificada. El éxito de la protección depende de la especie de madera (impregnabilidad), de la calidad del protector y del método de tratamiento utilizado.

Se distinguen dos formas para tratar la madera:

- PASIVA: se basa en la capacidad natural de la madera para recibir o absorber el protector, siendo la cantidad de producto absorbida irregular y no controlable. Se incluye en este primer sistema el pincelado, la pulverización y la inmersión breve.
- ACTIVA: se basa en métodos artificiales (fundamentalmente técnicas de vacío-presión), siendo controlable la cantidad de producto absorbida por la madera con mayor precisión. Este sistema incluye todos los métodos que utilizan el autoclave.

6.4. Elección del tipo de protección

El tipo de protección engloba la elección del producto protector y del método de tratamiento, dependiendo de la clase de uso en la que se encuentre el elemento de madera y queda definido por la penetración y por la cantidad de producto que se introduce en la madera.

Estos dos últimos apartados se explican más detalladamente a continuación aplicados a la madera de *Pinus sylvestris* en puentes al exterior si cubierta.

7. Método y tipo de protección de puentes de madera

7.1. Tipo de protección

La norma de referencia para la elección del tipo de protección es la UNE EN 351-1 “Durabilidad de la madera y de los productos derivados de la madera. Madera maciza tratada con productos protectores. Parte 1: Clasificación de las penetraciones y retenciones de los productos protectores”. Esta norma especifica las penetraciones y retenciones requeridas para cada clase de uso en función de la facilidad de impregnación de la madera.

CLASE DE USO	MADERA FÁCILMENTE IMPREGNABLE		MADERA NO FÁCILMENTE IMPREGNABLE		EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE	CONTENIDO DE HUMEDAD
	P	R	P	R		
1	P1	R1	P1	R1	Nula	Máxima 20%
2	P1	R2	P1	R2	Muy débil	En alguna ocasión >20%
3 (3.1 y 3.2)	P4 P8	R3 R3	P1 P5	R3 R3	Débil Fuerte	Frecuentemente >20%
4	P8	R4	P5	R4	Fuerte	Permanentemente >20%
5	P9	R5	En ppio. no recomendable		Fuerte	Permanentemente >20%

Tabla 18. Grado de impregnabilidad en función de la clase de uso

R: Retención de la madera

P: Penetración de la madera

El protector aplicado tendrá una penetración **P8**, válido para **clase de uso 3** y para **clase de uso 4** en madera fácilmente impregnable, como es el caso del *Pinus sylvestris*. Soportan, por lo tanto, una exposición a la intemperie fuerte.

El tipo de protección requerido viene definido por la clase de uso en que se encuentran los elementos de madera.

CLASE DE USO	TIPO DE PROTECCIÓN
1	No necesaria, recomendable una protección superficial
2	Es necesaria una protección superficial, recomendable una protección media
3	Es necesaria una protección media, recomendable una protección profunda
3.1	Es necesaria una protección media
3.2	Es necesaria una protección media
4	Es necesaria una protección profunda
5	Es necesaria una protección profunda

Tabla 19. Tipo de protección en función de la clase de uso

A todos los elementos de madera de los puentes se les aplica una protección profunda para estar del lado de la seguridad en clase de uso 3.

A los puentes de madera se les aplica dos tipos de protección:

- **SUPERFICIAL:** El producto protector superficial que se emplea para su conservación es un lasur hidrófugo a poro abierto (GALPI) que, además de protección, le da un acabado más estético a la madera, pudiendo aplicar el color deseado. Se aplican dos manos de este protector sobre la madera tratada en profundidad previamente. El lasur protector de madera es un productor hidrófugo a poro abierto que penetra en el interior de la madera sin formar un recubrimiento superficial y que permite el intercambio natural de humedad entre madera y ambiente, con elevada resistencia a la fotodegradación. Está formado a base de resinas acrílicas puras en dispersión acuosa. Es una combinación de estabilizadores de la luz solar, a base de absorbentes de radiaciones U.V., ceras hidrofugantes y principios biocidas contra la acción de hongos cromógenos (azulado) e insectos (carcoma). La aplicación se realiza mediante pincelado, consiguiéndose un acabado microporoso, transpirable, con gran elasticidad y duración media.
- **PROFUNDA:** El producto protector aplicado son sales hidrosolubles Wolmanit CX-8, cumpliendo las normas EN113 (curativa hongos), EN-43 (curativa carcoma) y EN-117 (curativa termitas), cuya composición es la siguiente:
 - Bis (N-ciclohexildiazoniumdioxi)-cobre: 2,8%
 - Hidroxicarbonato de cobre: 13,04%
 - Ácido bórico: 4%
 - 2-aminoetanol: 30-40%
 - Aditivos
 - Agua c.s.p. 100%

7.2. Método de protección

La **protección profunda** se consigue con tratamientos con presión mediante el sistema de célula llena, cuyo objetivo es conseguir la máxima retención del protector en la madera tratada. La característica fundamental de este sistema es la realización de un vacío inicial, que extrae el aire del interior de la madera y que facilita que entre más producto. El *sistema Bethell* es el que se emplea y consta de las siguientes fases:

- vacío previo, para extraer parte del aire de la madera
- inyección del protector a presión, que ocupará el lugar del aire extraído
- vacío final para regular la cantidad de protector introducido.

7.3. Vida útil

La vida de servicio de los puentes indica el tiempo durante el cual la madera tratada seguirá desempeñando sus funciones. De forma general, cuanto mayor sean la penetración y la retención, mayor será la vida de servicio.

Algunos fabricantes de productos protectores de la madera aportan los siguientes datos de durabilidad de la madera tratada.

CLASE DE USO	PRODUCTO PROTECTOR	SISTEMA DE TRATAMIENTO EN AUTOCLAVE	DURACIÓN ≥ (AÑOS)
3	Sales hidrosolubles	Vacío - presión	15-30

Esta vida útil puede variar en función de diferentes factores, como son las condiciones específicas de exposición, las condiciones climáticas específicas, la situación, geográfica

8. Revisiones a realizar por la propiedad

No se pueden evitar daños en la vida de un puente, pero un sistema de mantenimiento e inspección mediante revisiones anuales y una inspección más detallada cada 5 años, permite detectar los posibles daños en un estado en el que es fácil la reparación.

Durante las inspecciones tienen que considerarse los aspectos específicos de la madera como el contenido de humedad, hinchamientos de elementos, deterioros de superficie, astillamientos, fisuras,...

Los detalles a revisar están directamente relacionados con las medidas preventivas propuestas, tratando de mantener en todo momento las condiciones iniciales de puesta en servicio del puente. Algunos de ellos son los siguientes:

- Encuentro de piezas de madera con el terreno: evitar esta situación mediante la revisión de la vegetación adyacente que pueda ponerse en contacto con el puente. En caso de que la vegetación crezca demasiado y pase a estar en contacto con el puente, aparecerán determinados puntos de humedad constante que no estaba previsto inicialmente.
- Encuentro de piezas de madera con otros elementos: Lo mismo ocurre con cualquier otra construcción que se ejecute posteriormente al puente y que no tenga en cuenta los criterios de protección considerados inicialmente. Es decir, se debe evitar poner en contacto cualquier otro elemento con la madera del puente, para evitar acumulaciones de suciedad y humedad.
- Viguetas y vigas: Revisar los encuentros entre estas piezas y otras, asegurándose de que no hay suciedad acumulada
- Tablero de piso: las piezas que forman el tablero de piso se colocan sobre las viguetas, separadas entre sí una distancia suficiente, que facilite la ventilación de la superficie; la cara

superior de las piezas de tablero se ejecutan con cantos redondeados para que no se acumulen gotas de lluvia; se deja una separación entre las piezas de 6 a 12 mm para facilitar su movimiento y evitar que se acumulen residuos que pueden provocar retenciones de agua.

- Herrajes y uniones madera-metal: se revisarán todos los herrajes metálicos de la estructura, así como las uniones madera-pernos, observando si existe algún tipo de aplastamiento de la arandela en la madera provocado por la hinchazón de la madera y que pueda provocar acumulación de agua en este punto.

En cualquier zona donde se pueden producir acumulaciones de residuos de debe realizar una limpieza periódica que evite la acumulación de agua, formando parte esta labor del mantenimiento de la estructura.

9. Propuestas de intervención para el mantenimiento

La propuesta de intervención a realizar en los años posteriores a la colocación del puente para su correcto mantenimiento se refleja a continuación:

9.1. Limpieza del puente

El primer paso, y el más importante, para el mantenimiento de los puentes de madera es la limpieza de los mismos, manteniéndolos en todo momento libres de vegetación adyacente y de suciedad acumulada sobre los elementos de madera, prestando especial atención a las zonas de contacto entre dos elementos distintos de madera, donde suele haber polvo y tierra.

9.2. Preparación de la superficie

Se recomienda un lijado suave previo a la aplicación del lasur protector, cada dos años, con el fin de homogeneizar la superficie y facilitar el agarre de las manos posteriores de lasur.

En esta fase se incluye el lijado en profundidad de las posibles zonas atacadas por vandalismo, como pueden ser pintadas, grabados, quemaduras...

9.3. Aplicación del lasur protector

Se recomienda la aplicación del lasur protector cada dos años con la doble función de mantener la estética inicial del puente y de reforzar el tratamiento superficial, pues se va desgastando mediante la acción de los agentes bióticos (ataques por fotodegradación principalmente). De esta manera se consigue la aplicación de

tratamiento superficial también en las fendas de secado que se pudieron haber producido en la puesta en servicio del puente por cambios de humedad, protegiendo estas zonas de la acumulación de agua.

A la vez que se realiza la aplicación del lasur protector, se recomienda la aplicación de masilla en las fendas de secado, así como en los puntos en que se pudo producir alguna incisión.

9.4. Datos adecuados de ejecución

Las medidas correctivas y de conservación se realizan a la intemperie en el lugar de ubicación de la pasarela, con tiempo seco y soleado, para que la madera esté totalmente seca. Por lo tanto, los trabajos de actuación se realizarán a finales de primavera y verano, en función de las condiciones climatológicas concretas del momento.

9.5. Información y especificaciones necesarias

El programa de mantenimiento propuesto está formado por revisiones anuales. Cada año se deberá realizar una revisión minuciosa del puente, con el fin de detectar posibles daños y se procederá a la aplicación de los tratamientos preventivos necesarios para su correcto mantenimiento.

Cualquier fallo o daño imprevisto detectado durante el tiempo transcurrido entre dichas revisiones deberá ser atendido de forma inmediata sin necesidad de esperar a la siguiente fecha oficial de revisión.





VI. Contenidos mínimos del Dossier de Calidad final requerido

De acuerdo a todo lo anteriormente comentado, y en coherencia con ello, Se incluirá, COMO MÍNIMO, la siguiente relación de documentos de acuerdo al siguiente orden y numeración:

1) PROYECTO DE DETALLE Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL LICITADOR

- 1.1 MATERIALES
- 1.2 MEMORIA DE CÁLCULO (Acciones, Cálculos, Hipótesis carga, dimensionamiento, etc.)
- 1.3 ESTUDIOS DINÁMICOS Y MODELO VIBRATORIO OFERTADO
- 1.4 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS
- 1.5 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA
- 1.6 PLANOS
- 1.7 PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA DINÁMICA DEL PROYECTO OFERTADO
- 1.8 TÉCNICO COMPETENTE

2) CERTIFICADOS Y SELLOS

- 2.1 CERTIFICADO MARCADO CE
- 2.2 CERTIFICADO CDC "CADENA DE CUSTODIA" (sello PEFC y/o FSC) para proveedor de madera y contratista fabricante del puente. ACTIVIDAD EMPRESA: Madera y construcción; y con un ALCANCE EMPRESA: Producción y montaje de estructuras de madera.
- 2.3 CERTIFICADO HUELLA DE CARBONO
- 2.4 CERTIFICADO DE TÚNEL DEL VIENTO
- 2.5 CERTIFICADO DE TRATAMIENTO DE LA MADERA
- 2.6 CERTIFICADO DE QUE LA MADERA UTILIZADA EN LA OBRA ESTÁ SECA y ESTABILIZADA, emitido por Organismo Técnico Independiente.
- 2.7 CERTIFICADO DE CLASE RESISTENTE (propiedades mecánicas) DE LA MADERA
- 2.8 CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA (Pinus Sylvestris)

- 2.9 DECLARACION SDD
- 2.10 CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO
- 2.11 CERTIFICADOS DE TORNILLERÍA
- 2.12 CERTIFICADOS DE MATERIAL BASE PARA HERRAJES
- 2.13 CERTIFICADO DE HERRAJES DE ACERO GALVANIZADO
- 2.14 CERTIFICADOS DE TRATAMIENTO ADICIONAL SUPERFICIAL (pintura)
- 2.15 CERTIFICADOS DE LA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA FINALMENTE REALIZADA
- 2.16 CERTIFICADO D.A.P (Declaración Ambiental de Producto) para la MLE GI30h.

3) LIBRO DE MANTENIMIENTO

4) MEJORAS

5) OTROS

Para mayor claridad se desarrolla a continuación, punto por punto

1) **PROYECTO DE DETALLE Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DEL LICITADOR**

Este Proyecto Específico deberá adecuarse (y mejorar si cabe) el PROYECTO CONSTRUCTIVO BÁSICO que se ha presentado por parte de la propiedad. El proyecto debe realizarse por parte de TÉCNICO COMPETENTE lo que exige identificación del técnico competente (titulación y experiencia en la materia) que será el responsable del proyecto

1.1 MATERIALES

Definición de materiales, dimensiones, técnicas constructivas, mantenimiento, protección y tratamiento.

1.1.a) Especie

La especie de madera utilizada en los elementos de madera aserrada será el **Pino silvestre (Pinus sylvestris)** Según EN 350/2 en la que se describen las condiciones de durabilidad e impregnabilidad de la especie.

Dado el desconocimiento al respecto, la gran variedad de especies y subespecies; y nombres comerciales poco claros se realiza la siguiente declaración. Por un conjunto de motivos técnicos que incluyen, entre otras, las siguientes: a) falta de durabilidad natural, b) incapacidad de tratamiento c) problemática con el correcto secado, d) gran coeficiente de contracción (hinchado-contracción) que perjudica la estabilidad dimensional de la madera perjudicando el comportamiento de las uniones, del encolado y favoreciendo el aumento de deslaminados, deformaciones y también el fendado (y, por tanto, también la penetración de agua líquida que perjudica la durabilidad), etc. quedan expresamente prohibido entre otras especies (o subespecies/variedades) tales como: Picea Abies (también conocida como Pícea, Abeto, Abeto Rojo, etc.), Pseudotsuga (comúnmente llamado también abeto Douglas, pino-abeto, pino Oregón, etc.), Pinus Radiata (también conocido como pino insigne, pino de Monterrey, pino de California, etc.), Pinus Pinaster (conocido también como Pino marítimo, pino resinero, pino negro, etc.), Alerce, etc. y en líneas generales cualquier especie que no tenga durabilidad natural para clase de uso IV o que no sea impregnable para conseguir dicha durabilidad)

1.1.b) Clase resistente

Madera aserrada: La clase resistente de la madera aserrada será, **como mínimo C24**, a la que le corresponden las siguientes propiedades mecánicas (Norma UNE-EN 338:2010)

Madera laminada: La clase resistente de la madera laminada será, **como mínimo Gl30h**, a la que le corresponden las siguientes propiedades mecánicas (Norma EN 14080: 2013)

1.1.c) Tratamiento profundo de la madera

Se aplicará a la madera el **tratamiento en profundidad para CLASE DE USO 4**. Se entregará certificado de tratamiento que avale la penetración y retención del protector para la clase

de uso 4 de acuerdo con la norma UNE-EN 335-2. En la madera laminada, **el tratamiento se aplicará antes de laminar**

Tratamiento adicional superficial.

- La madera tendrá una aplicación adicional de tratamiento superficial de todos los elementos de madera mediante Lasur al agua (no disolvente) a poro abierto, específicamente para madera, con acción fungicida, insecticida e hidrófuga, con manos de fondo y acabado color castaño (3 manos).
- La pintura comercial aplicada será de calidad superior de modo que LOS VALORES MÁXIMOS obtenidos de un ensayo estándar de resistencia al envejecimiento según lo descrito en la norma UNE-EN 927-6 (Pinturas y barnices. Materiales y sistemas de recubrimiento para madera exterior. Parte 6: Envejecimiento artificial de los recubrimientos para madera mediante la exposición a lámparas UV fluorescentes y al agua) ofrezca una Variación de Color (ΔE) ≤ 7 según CIELAB (CIE 1976 $L^*a^*b^*$, implica las variaciones de tres parámetros, Luminosidad "L" y las coordenadas cromáticas "a" y "b").
- De igual modo, en aplicación de la norma EN-ISO 4628 (Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos) en donde se valora el aspecto general de las muestras tras el ensayo de envejecimiento habrá de verificarse que no existe síntomas de ampollamiento (según norma EN ISO 4628-2), ni descamación (según norma EN ISO 4628-5); y que el agrietamiento en cantidad, profundidad y tamaño más desfavorable (según norma EN ISO 4628-4) sea $\leq$ al valor 4-s3-c y el valor de enyesado (según norma EN ISO 4628-6) deberá ser ≤ 3 . Por su lado la categoría de Adherencia (según norma EN ISO 2409) deberá ser ≤ 3 .

ENSAYO DE RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO ARTIFICIAL					
UNE-EN- 927-6 (Valores a no superar)					
Pinturas y barnices. Materiales y sistemas de recubrimiento para madera exterior.					
Parte 6: Envejecimiento artificial de los recubrimientos para madera mediante la exposición a lámparas UV fluorescentes y al agua					
Variación Total Color (ΔE) según CIELAB implica Luminosidad "L" + coordenadas cromáticas "a" y "b"	Ampollamiento	Agrietamiento Grado	Descamación	Ensayo Grado	Adherencia Categoría
	EN-ISO-4628-2	EN-ISO-4628-4	EN-ISO-4628-5	EN-ISO-4628-6	EN-ISO-2409
$\Delta E \leq 7$	NO	$\leq 4-S3-C$	NO	≤ 3	≤ 3

Se requiere Certificado emitido por Laboratorio o Centro Tecnológico Independiente al respecto

1.1.d) Humedad

La madera se suministrará con un contenido de humedad inferior al 18%. **La madera estará seca y estabilizada**. Se presentará certificado independiente de esta situación por Centro Tecnológico u Organismo Oficial Independiente

1.2 MEMORIA DE CÁLCULO (Acciones, Cálculos, Hipótesis de carga, dimensionamiento, etc.)

La definición de las acciones y sus combinaciones, así como el establecimiento de los coeficientes de ponderación, a considerar en el proyecto de puentes y pasarelas de madera deberán estar dentro de las recogidas en la instrucción española IAP-11: Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera, cuyo ámbito de aplicación está íntegramente contenido dentro del Eurocódigo 0: Bases de cálculo y del Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras. En el ámbito de aplicación de dicha normativa se incluyen las estructuras asimilables a los puentes, las pasarelas para peatones, ciclistas o ciclomotores y a las obras de acompañamiento.

El esquema contendrá de forma separada al menos:

- 1.b.1 Acciones (sobrecarga de uso 5 kN/m²)
- 1.b.2 Cálculos
- 1.b.3 Hipótesis de carga
 - Carga permanente
 - Sobrecarga de uso
 - Nieve
 - Viento
 - Sismo
 - Justificación Cálculo por Túnel de Viento
- 1.b.4 Combinaciones más desfavorables
- 1.b.5 Dimensionamiento (GI30h)

1.3 ESTUDIOS DINÁMICOS y MODELO VIBRATORIO OFERTADO

Modelo vibratorio del proyecto ofertado. Estudios dinámicos. Vibraciones. Será necesario comprobar mediante estudios dinámicos la adecuada respuesta vibratoria de las pasarelas de madera. Como refleja la IAP-11 se considerará verificado el estado límite de servicio de vibraciones en pasarelas peatonales si sus frecuencias naturales se sitúan fuera de los rangos críticos de vibración: Entre 1,25 y 4,60 Hz para vibraciones verticales y entre 0,5 y 1,2 Hz para las vibraciones laterales. Para ello Se determinarán en proyecto los parámetros dinámicos estructurales (Módulos principales de vibración y sus frecuencias correspondientes)

1.4 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Soluciones constructivas, re-cálculo y comprobación de los elementos y de sus uniones. Proyecto de estructura de madera con una sección Optima Equilibrada con un coeficiente de correlación menor o igual a 15.

1.5 CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE MADERA

El cálculo de la estructura de madera se efectuará de acuerdo a la normativa europea en cuanto al cálculo estructural y dimensionamiento de estructuras de madera (UNE ENV-1995-1-1 Eurocódigo nº 5 Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para la edificación). También serán de aplicación el Cálculo de estructuras C.T.E.-D.B.-S.E.-M (madera), resistencia a fuego D.B.-S.I.(seguridad en caso de incendio) y acciones en la edificación D.B.-S.E.-A.E.

1.6 PLANOS

Planos de conjunto y de detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.

1.7 PROTOCOLO DE PRUEBA DE CARGA DINÁMICA DEL PROYECTO OFERTADO

Protocolo de Prueba de carga dinámica ESPECÍFICO, redactado por el Proyectista del puente y concordante con las características de diseño y constructivas del Proyecto de puente que se pretende ejecutar. Se calculará y se indicará experimentalmente la frecuencia natural real de la pasarela y sus modos de vibración esperados.

1.8 TÉCNICO COMPETENTE

Identificación del técnico competente (titulación y experiencia en la materia) que será el responsable del proyecto

2) CERTIFICADOS Y SELLOS

2.1 CERTIFICADO MARCADO CE

Toda la madera llevará marcado CE, del que se exigirá la documentación correspondiente

2.2 CERTIFICADO CdC “Cadena de Custodia” (sello PEFC y/o FSC) para proveedor de madera y contratista fabricante del puente.

A efectos de garantizar la TRAZABILIDAD de la Cadena de Custodia en todo el proceso que concierne al actual proyecto, **se exige Sello PEFC ó FSC a todas las entidades involucradas en el mismo** (y no sólo a los proveedores nominados), desde la obtención de la materia prima hasta la colocación del producto final.

Y, en concreto, el licitador y/o ejecutor final directo (subcontratista nominado para la ejecución de la partida de madera y no sólo sus proveedores) tendrá certificado de gestión forestal sostenible sello **PEFC ó FSC en Cadena de Custodia. Actividad Empresa: Madera y construcción; y con un Alcance Empresa: Producción y montaje de estructuras de madera.**

2.3 CERTIFICADO HUELLA DE CARBONO

Certificación de Huella de Carbono según lo establecido en el RD 163/2014 emitido por Organismo Técnico Independiente

2.4 CERTIFICADO DE TÚNEL DE VIENTO

Justificación por cálculo en TÚNEL DE VIENTO, CERTIFICADO por un ORGANISMO INDEPENDIENTE, de los valores considerados por la acción del viento en base a los Coeficientes de Arrastre, Sustentación y Momento (Cd, Cl, Cm) con valores de referencia inferiores (en valor absoluto) a los siguientes: Cd:3,6 Cl:-0,9, Cm:4,2 y determinación de las frecuencias de vibración.

2.5 CERTIFICADO DE TRATAMIENTO DE LA MADERA

Emitido por la empresa que ha realizado el tratamiento en donde se indique el producto utilizado, hoja técnica y de seguridad del mismo con los niveles adecuados; y hoja de tratamiento y número de seguimiento (trazabilidad) indicando los niveles obtenidos al lote que se ha utilizado en la obra.

2.6 CERTIFICADO DE QUE LA MADERA UTILIZADA EN LA OBRA ESTÁ SECA y ESTABILIZADA, emitido por Organismo Técnico Independiente.

2.7 CERTIFICADO DE CLASE RESISTENTE (propiedades mecánicas) DE LA MADERA

2.8 CERTIFICADO CERTIFICADO DE LA ESPECIE DE MADERA UTILIZADA (Pinus Sylvestris)

2.9 DECLARACION SDD

Requisito de cumplimiento del Sistema de Diligencia Debida en cumplimiento del RD 1088/2015 de 4 de diciembre y Reglamento de Ejecución (UE) N°607/2012 y Reglamento (UE) N°995/2010 según el NC de producto 9406 00 20 Construcciones prefabricadas.

2.10 CERTIFICADOS DE ANTIDESLIZAMIENTO

Tanto del tablón de piso como de las láminas antideslizantes adicionales que se deberán colocar en los accesos (Rd>45 según CTE DB SU) certificado también por Organismo Técnico Independiente.

2.11 CERTIFICADOS DE TORNILLERÍA

Calidad mínima 8.8 zincado según ISO 8.9.8

2.12 CERTIFICADOS DE HERRAJES ACERO GALVANIZADO

Calidad mínima 505 gr/m2 o 70 micras según EN ISO 1461

2.13 CERTIFICADOS DE BASE DE HERRAJES DE ACERO

Calidad mínima 505 gr/m2 o 70 micras según EN ISO 1461

2.14 CERTIFICADOS DE HERRAJES ACERO GALVANIZADO

Galvanizado en caliente

2.15 CERTIFICADOS DE LA PRUEBA DE CARGA DINÁMICA FINALMENTE REALIZADA emitida por Organismo Técnico Independiente que incluya, al menos,

- a. Ensayo de análisis de vibraciones mediante IMPACT HAMMER PCB PIEZOTRONICS.
- b. Ensayo de ondas de impacto. Microsecond Timer
- c. Ensayo de frecuencia de resonancia mediante PLG (Portable Lumber Grader)

2.16 CERTIFICADO E.P.D. (Environmental Product Declaration, EPD) o en castellano D.A.P. (Declaración Ambiental de Producto, DAP) de la Madera Laminada Encolada conforme a la Norma Internacional ISO 14025, que define los requisitos que deben cumplir estas Declaraciones ambientales, incluyendo la verificación por tercera parte.

3) LIBRO DE MANTENIMIENTO

Se facilitará modelo de Libro de Mantenimiento redactado por la propia empresa y/o empresa externa especializada. En el emplazamiento sólo se verificará el proceso de montaje y colocación del puente.

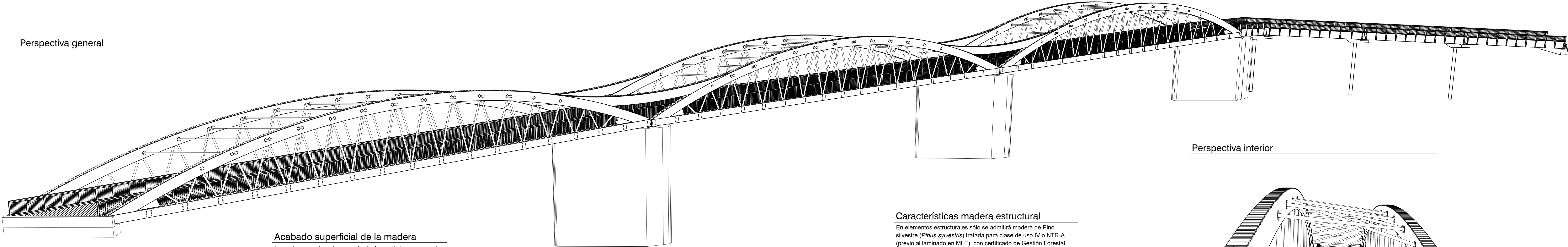
4) MEJORAS

Se relacionarán una a una indicando en qué consiste cada una de ellas.

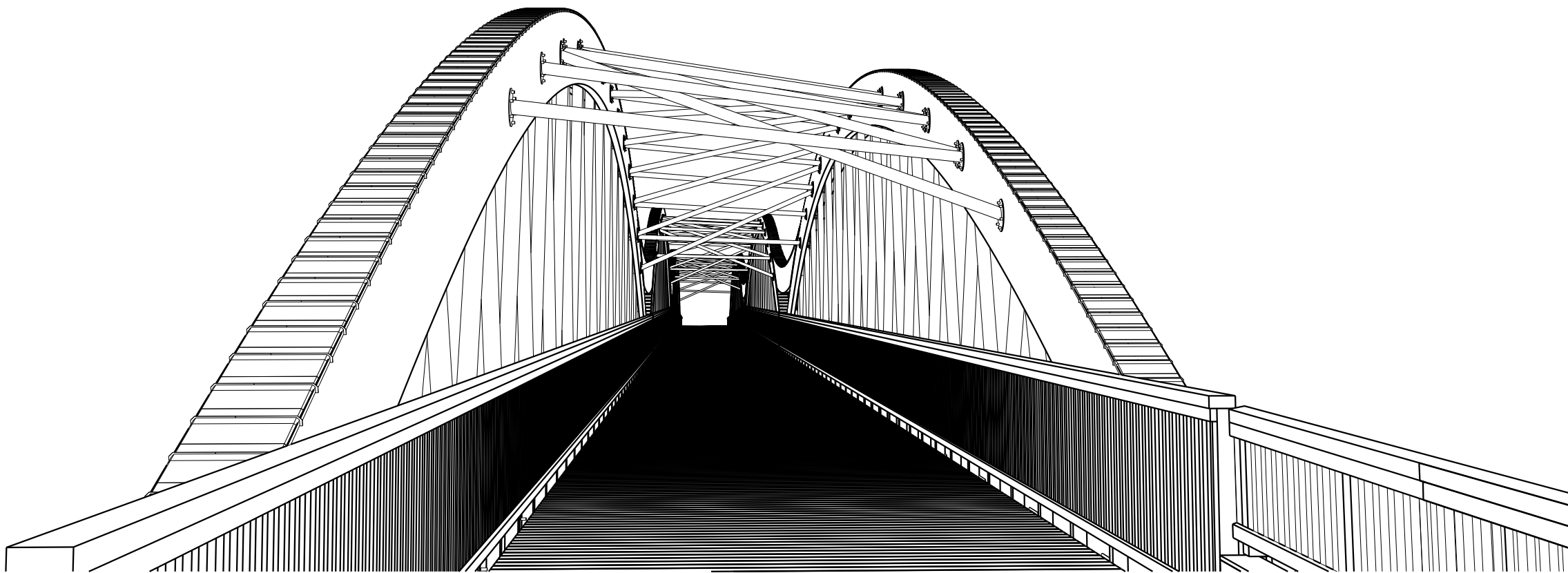
Anexo:

Planos del puente

Perspectiva general



Perspectiva interior



Acabado superficial de la madera

La madera se colocará con acabado de cepillado en sus cuatro caras. Se pintarán todas las superficies vistas de madera con una mano de lasur a poro abierto, de color marrón (castaño o similar).

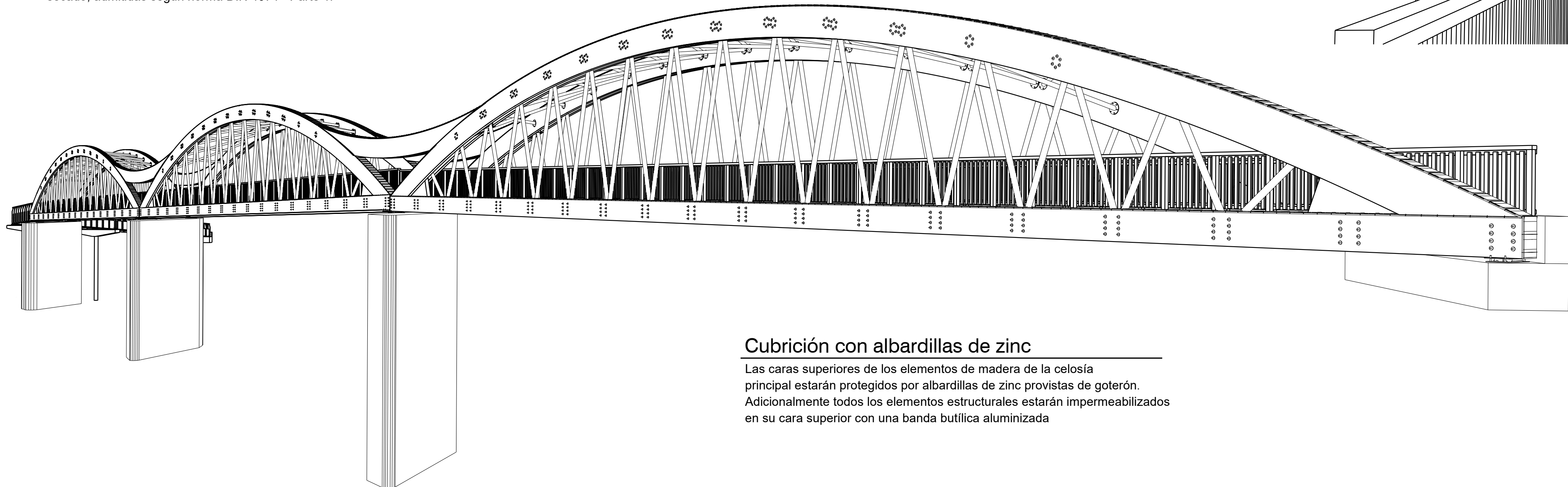
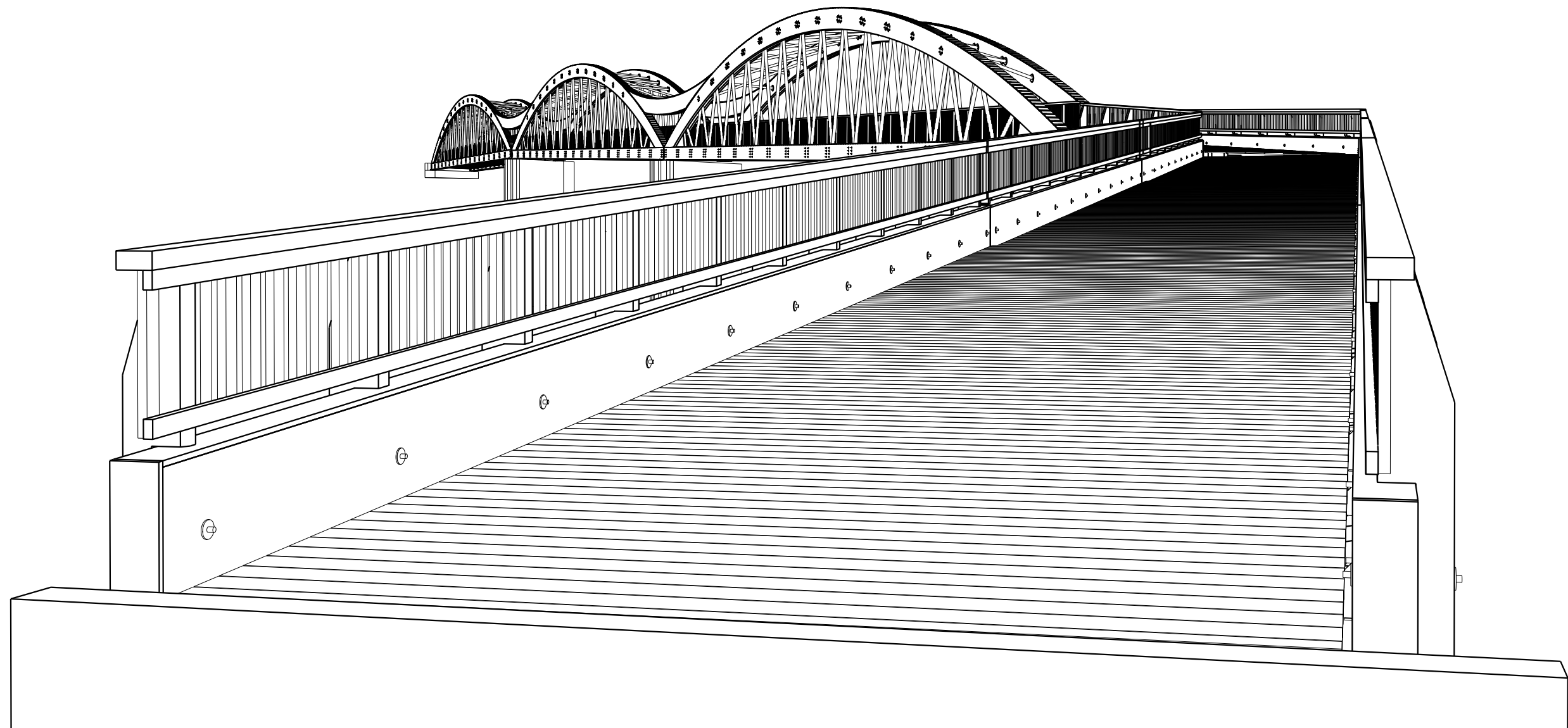
Características madera estructural

En elementos estructurales sólo se admitirá madera de Pino silvestre (*Pinus sylvestris*) tratada para clase de uso IV o NTR-A (previo al laminado en MLE), con certificado de Gestión Forestal Sostenible (PEFC/FSC) cuya trazabilidad será mantenida hasta su puesta en obra.

Higroscopicidad de la madera

La fluctuación de las condiciones ambientales de temperatura y humedad provocará inevitablemente la aparición de fendas de secado, admitidas según norma DIN 4074 - Parte 1.

Perspectiva accesos



Cubrición con albardillas de zinc

Las caras superiores de los elementos de madera de la celosía principal estarán protegidos por albardillas de zinc provistas de goterón. Adicionalmente todos los elementos estructurales estarán impermeabilizados en su cara superior con una banda butílica aluminizada

PROYECTO PUENTE 205x4 m ALONSÓTEGUI

CLIENTE

Dibujado: Sustituye a: Sustituido por: Fecha: 01/12/23

PLANO PERSPECTIVAS

VERSIÓN 1

ESCALA S/E

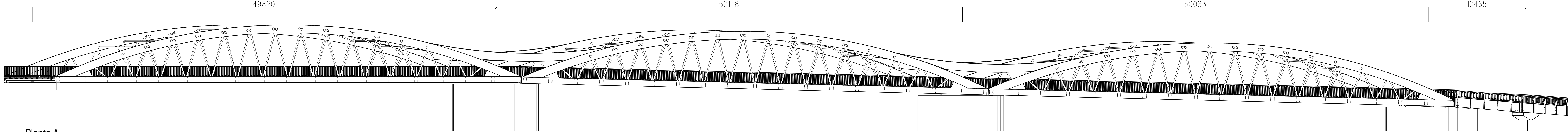
NÚMERO

2212-6217

01

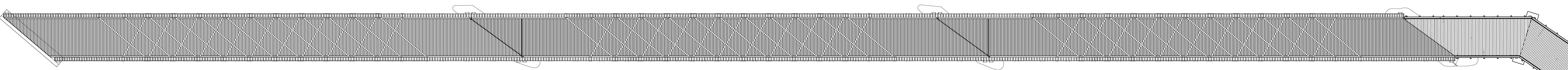
Alzado A

Escala 1:150



Planta A

Escala 1:150



Clase resistente de la madera laminada

Todos los elementos estructurales serán asimilables, como mínimo, a la clase resistente GL30h según UNE EN 1194, con Certificado DoP (Declaration of Performance) según EN 14080:2013 y Certificado DAP (Declaración Ambiental de Producto) según ISO 14025

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS, CLASE GL30h

FLEXIÓN:	30 N/mm2
COMPRESIÓN PARALELA:	30 N/mm2
COMPRESIÓN PERPENDICULAR:	2,5 N/mm2
TRACCIÓN PARALELA:	24 N/mm2
TRACCIÓN PERPENDICULAR:	0,5 N/mm2
CORTANTE:	3,5 N/mm2
MÓDULO ELÁSTICO MEDIO:	13,6 kN/mm2

Clase resistente de la madera aserrada

Todos los elementos estructurales serán asimilables, como mínimo, a la clase resistente C-24, según UNE EN 338, con Certificado DoP (Declaration of Performance) según EN 14080:2013

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS, CLASE C-24

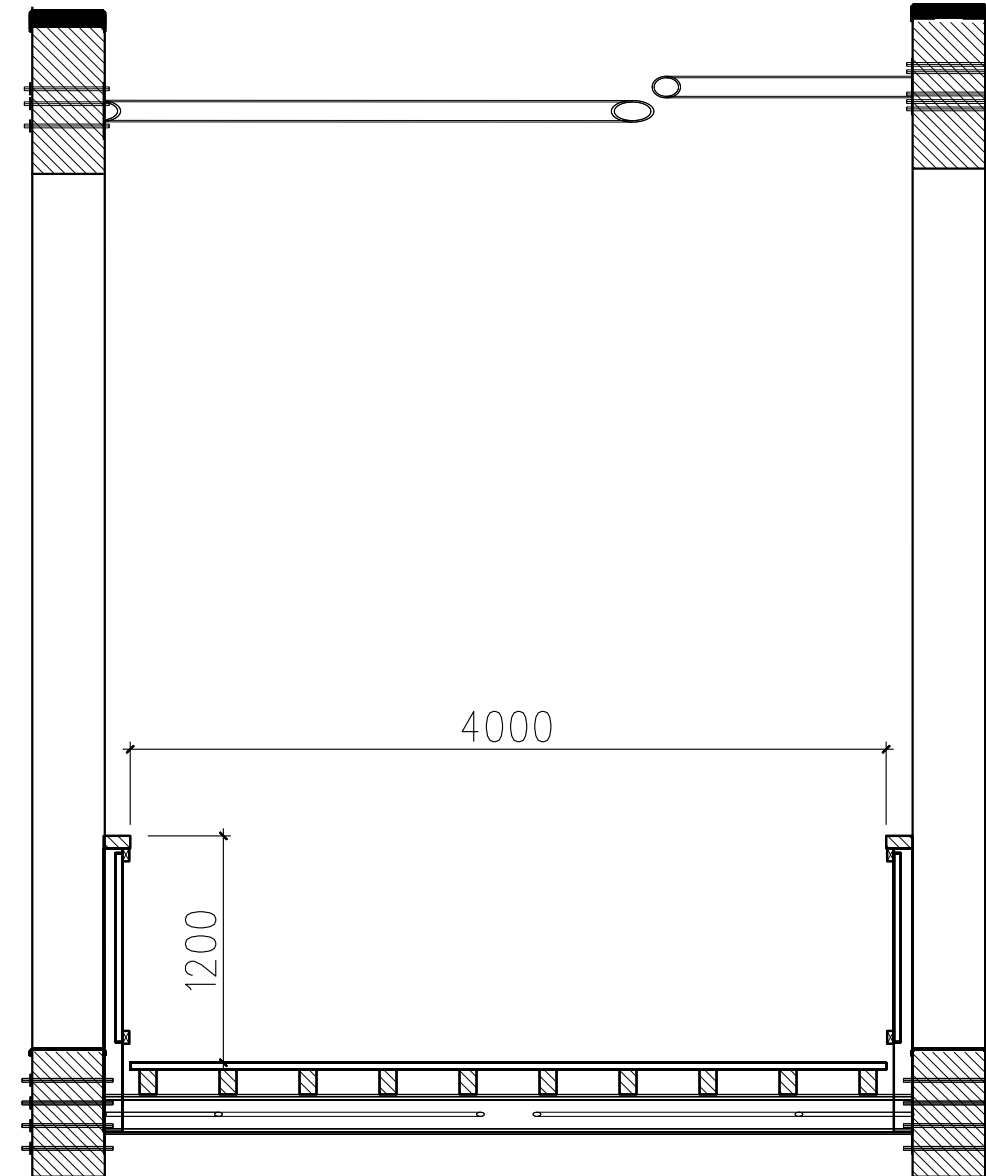
FLEXIÓN:	24 N/mm2
COMPRESIÓN PARALELA:	21 N/mm2
COMPRESIÓN PERPENDICULAR:	2,5 N/mm2
TRACCIÓN PARALELA:	14 N/mm2
TRACCIÓN PERPENDICULAR:	0,5 N/mm2
CORTANTE:	2,5 N/mm2
MÓDULO ELÁSTICO MEDIO:	11 kN/mm2

Elementos metálicos galvanizados

Elementos metálicos de acero de clase resistente S 275 JR galvanizados en caliente para Clase de Exposición C3, con un recubrimiento mínimo de 85 micras, correspondiente al valor mínimo del espesor medio exigido sobre elementos estructurales de espesor superior a 6 mm, según UNE-EN ISO 14713.

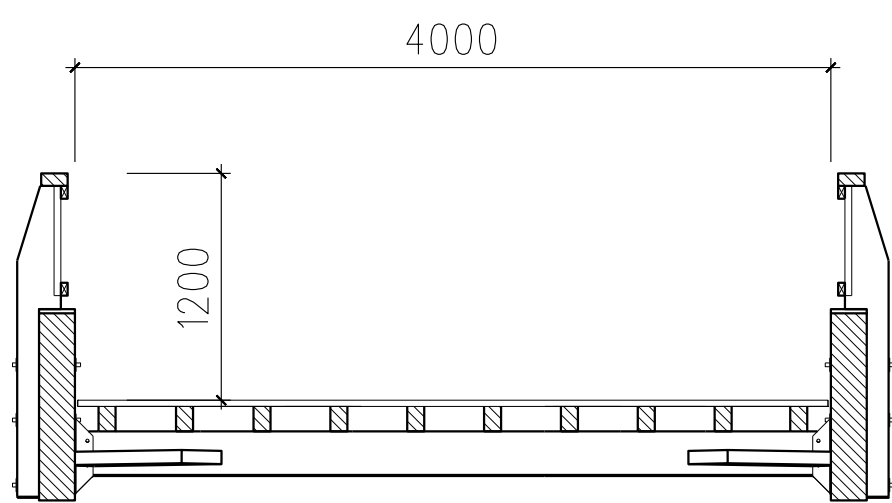
Sección transversal arco

Escala 1:40



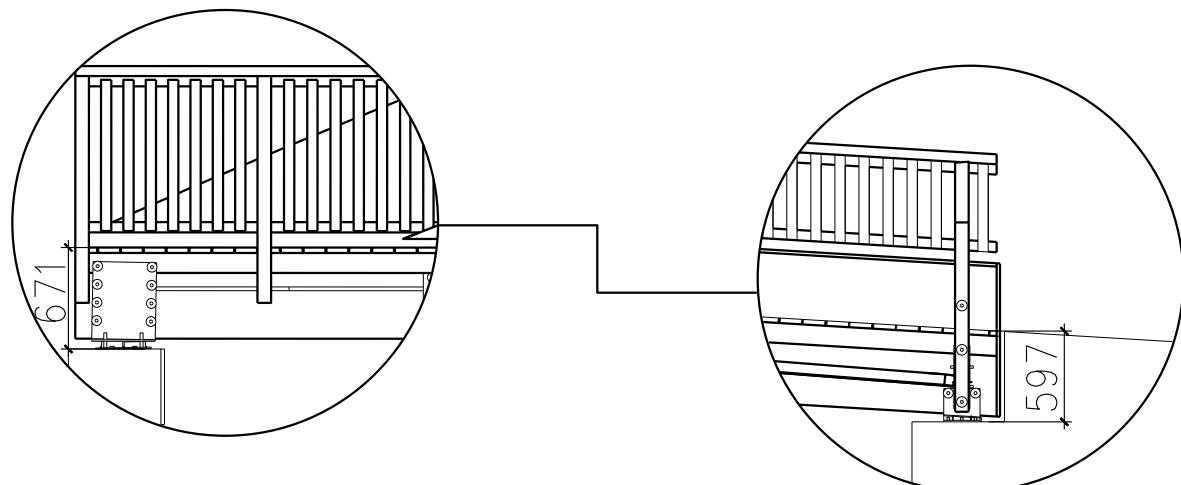
Sección transversal rampa

Escala 1:40



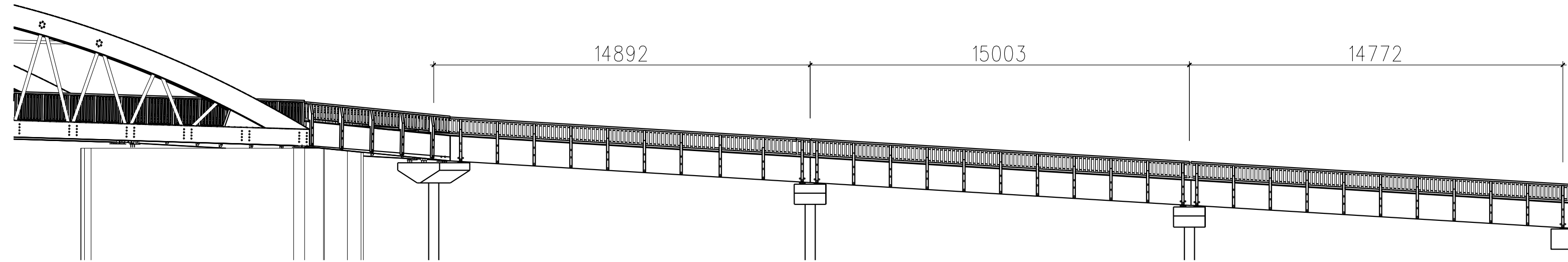
Altura del tablero en los accesos

Escala 1:50



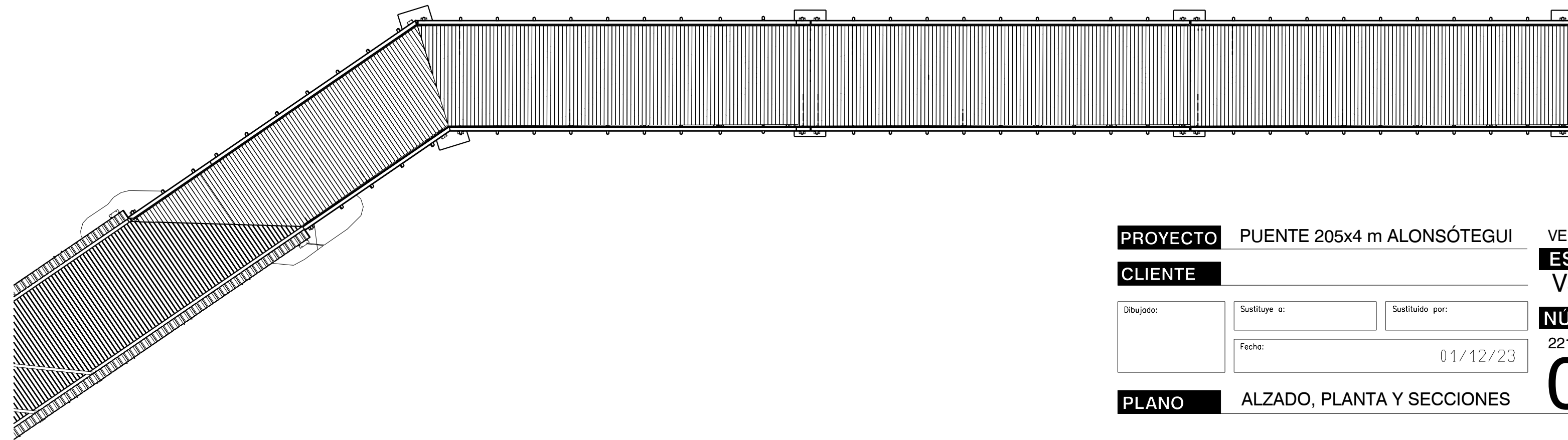
Alzado B

Escala 1:150



Planta B

Escala 1:150



PROYECTO PUEBTE 205x4 m ALONSÓTEGUI

CLIENTE

Dibujado:

Sustituye a:

Sustituido por:

Fecha:

01/12/23

PLANO

ALZADO, PLANTA Y SECCIONES

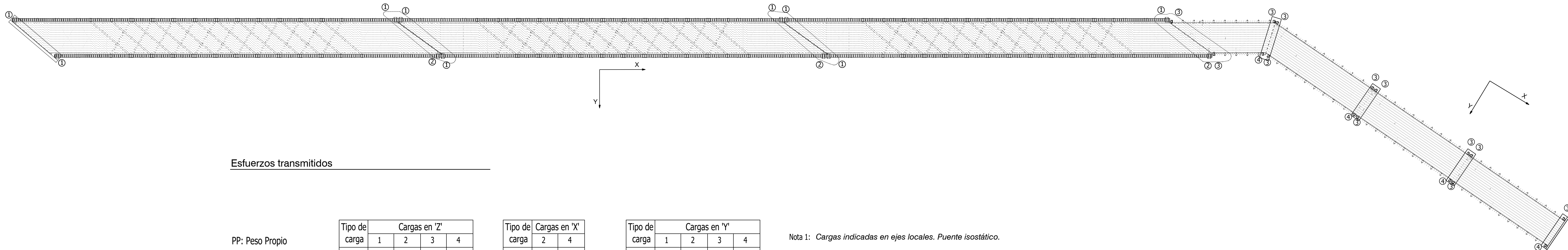
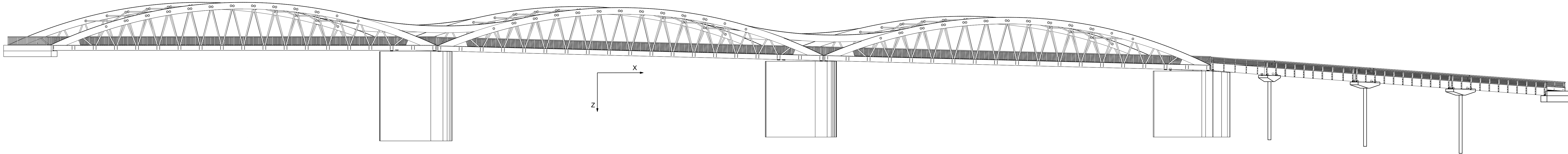
VERSIÓN 1

ESCALA
Varias

NÚMERO

2212-6217

02



Esfuerzos transmitidos

PP: Peso Propio
SU: Sobrecarga de Uso
W: Viento

Tipo de carga	Cargas en 'Z'			
	1	2	3	4
PPz	130 kN	130 kN	17 kN	17 kN
SUz	250 kN	250 kN	75 kN	75 kN
Wz	+105 kN	+105 kN	+12 kN	+12 kN

Tipo de carga	Cargas en 'X'	
	2	4
SUx	+100 kN	+30 kN
Wx	+45 kN	+2 kN

Tipo de carga	Cargas en 'Y'			
	1	2	3	4
Wy	+100 kN	+100 kN	+16 kN	+16 kN

Nota 1: Cargas indicadas en ejes locales. Puente isostático.

Nota 2: Las cargas son características, sin mayorar ni combinar.

Nota 3: Cargas conformes según lo dispuesto en la norma IAP-11 y en el Eurocódigo 1: Acciones en estructuras.

ANEXO 2. COMPROBACIONES SECCIONALES

Tecnés Innovación

Nombre del proyecto: $ID_{Proyecto} := \text{"PR-0327"}$

Estructura: $ID_{Estructura} := \text{"Cimentacion: Pila PN y E1"}$

Cálculo: $ID_{Calculo} := 00$

ÍNDICE:

- A. DATOS DE ENTRADA
 - A.1 DATOS DE LA ESTRUCTURA
 - A.1.1 GEOMETRIA
 - A.1.2 REACCIONES EN APOYOS
 - A.2 MATERIALES
 - A.3 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LA SUBESTRUCTURA: PILA Y ENCEPADO
 - A.4 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LA SUBESTRUCTURA: ESTRIBO 1
 - A.5 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LOS MICROPILOTES
- B. RESULTADOS
 - B.1 REACCIONES EN EJE POR VANO
 - B.2 ACCIONES EN CABEZA DE PILA
- C. RESULTADOS PILA
 - C.1 ACCIONES SOBRE LA SUBESTRUCTURA
 - C.2 ESFUERZOS EN MICROPILOTES
 - C.3 ARMADO ENCEPADO
- D. RESULTADOS ESTRIBO 1
 - D.1 ACCIONES SOBRE LA ESTRUCTURA
 - D.2 ESFUERZOS EN MICROPILOTES
 - D.3 ARMADO DEL ESTRIBO 1
- E. CAPACIDAD DE LOS MICROPILOTES

Tecnés Innovación

A. DATOS DE PARTIDA

A.1. DATOS DE LA ESTRUCTURA

A.1.1 GEOMETRIA

Ancho de la pasarela: $b_{pas} := 4 \text{ m}$

Distancia Apoyo a eje Pila: $dist_{apoyo.eje.pasarela} := 2.1 \text{ m}$

A.1.2 REACCIONES EN APOYOS

Las reacciones en apoyos se dan con su valor característico, para ello, de manera previa se exponen los coeficientes de mayoración y simultaneidad.

COEFICIENTES EMPLEADOS:

Peso Propio: $\gamma_{pp} := 1.35$

Sobrecarga: $\gamma_{sc} := 1.35$ $\psi_{sobrecarga} := 0$

Viento: $\gamma_w := 1.5$ $\psi_w := 0.6$

REACCIONES EN APOYOS:

Fuerzas verticales:

Peso Propio: $FV_{pp} := 17 \text{ kN}$

Sobrecarga: $FV_{sc.1} := 75 \text{ kN}$

Viento: $FV_w := 12 \text{ kN}$

Fuerza longitudinal:

Sobrecarga: $FL_{sc} := 30 \text{ kN}$

Viento: $FL_w := 2 \text{ kN}$

Fuerza transversal:

Viento: $FT_w := 16 \text{ kN}$

A.2. MATERIALES

ACERO:

Armado:

Acero B500S

Límite elástico característico:

$$f_{yk.Cimentacion} := 500 \text{ MPa}$$

Se ha limitado la capacidad del acero a 400MPa.

Coeficiente de minoración del material:

$$\gamma_y := 1.15$$

Límite elástico de cálculo:

$$f_{yd.Cimentacion} := \min \left(400 \text{ MPa}, \frac{f_{yk.Cimentacion}}{\gamma_y} \right)$$

$$f_{yd.Cimentacion} = 400 \text{ MPa}$$

Micropilote:

Límite elástico:

$$f_{sk.micro} := [\text{Acero_tuberia: N80}]$$

$$f_{sk.micro} = 552 \text{ MPa}$$

Coeficiente de minoración del material:

$$\gamma_s := 1.1$$

$$f_{sy.micro} := \frac{f_{sk.micro}}{\gamma_s}$$

$$f_{sy.micro} = 501.82 \text{ MPa}$$

HORMIGÓN:

Peso específico hormigón:

$$\gamma_{HA} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Coeficiente de minoración del material:

$$\gamma_h := 1.5$$

Encepado Pila:

Resistencia característica Hormigón:

$$f_{ck.ence.pila} := 25 \text{ MPa}$$

Resistencia de cálculo del Hormigón:

$$f_{cd.ence.pila} := \frac{f_{ck.ence.pila}}{\gamma_h}$$

$$f_{cd.ence.pila} = 16.67 \text{ MPa}$$

Estribo 1:

Resistencia característica Hormigón:

$$f_{ck.estribo1} := 25 \text{ MPa}$$

Resistencia de cálculo del Hormigón:

$$f_{cd.estribo1} := \frac{f_{ck.estribo1}}{\gamma_h}$$

$$f_{cd.estribo1} = 16.67 \text{ MPa}$$

Micropilote:

Resistencia característica:

$$f_{ck.micro} := 25 \text{ MPa}$$

Resistencia de cálculo del Hormigón:

$$f_{cd.micro} := \frac{f_{ck.micro}}{\gamma_h}$$

$$f_{cd.micro} = 16.67 \text{ MPa}$$

A.3 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LA SUBESTRUCTURA: PILA Y ENCEPADO

PILA:

Volumen Dintel:

Altura máxima dintel:

$$h_{dintel} := 1 \text{ m}$$

Ancho dintel (Lx):

$$b_{dintel} := 1.25 \text{ m}$$

Área sección transversal:

$$Area_{dintel} := 3.643 \text{ m}^2$$

$$Vol_{dintel} := b_{dintel} \cdot Area_{dintel}$$

$$Vol_{dintel} = 4.55 \text{ m}^3$$

Altura de fuste de la pila:

$$h_{fuste.pila} := 3.432 \text{ m}$$

Diámetro de la Pila:

$$\phi_{fuste.pila} := 0.75 \text{ m}$$

Área fuste:

$$Area_{Fuste} := \pi \cdot \frac{\phi_{fuste.pila}^2}{4}$$

$$Area_{Fuste} = 0.44 \text{ m}^2$$

Volumen Fuste:

$$Vol_{Fuste} := Area_{Fuste} \cdot h_{fuste.pila}$$

$$Vol_{Fuste} = 1.52 \text{ m}^3$$

Peso de la Pila (Fuste+Dintel):

$$W_{Pila} := (Vol_{dintel} + Vol_{Fuste}) \cdot \gamma_{HA}$$

$$W_{Pila} = 151.75 \text{ kN}$$

Altura total de la Pila:

$$H_{Pila} := h_{dintel} + h_{fuste.pila}$$

$$H_{Pila} = 4.43 \text{ m}$$

ENCEPADO:

Área del encepado:

$$Area_{enc.pila} := 11.241 \text{ m}^2$$

Canto del encepado:

$$Canto_{enc.pila} := 1 \text{ m}$$

Volumen del encepado:

$$Vol_{enc.pila} := Area_{enc.pila} \cdot Canto_{enc.pila}$$

$$Vol_{enc.pila} = 11.24 \text{ m}^3$$

Peso del encepado:

$$W_{Encepado} := Vol_{enc.pila} \cdot \gamma_{HA}$$

$$W_{Encepado} = 281.03 \text{ kN}$$

Altura cabeza del Micropilote:
(Respecto zona inferior del canto)

$$Prof_{CabezaMicro} := 0.15 \text{ m}$$

Canto útil del encepado:

$$d_{util_enc.pila} := Canto_{enc.pila} - Prof_{CabezaMicro}$$

$$d_{util_enc.pila} = 0.85 \text{ m}$$

Ancho de la entrega:

$$a_{entrega} := \phi_{fuste.pila}$$

Separación entre micropilotes:

$$L_{sep.mic} := 3.5 \text{ m}$$

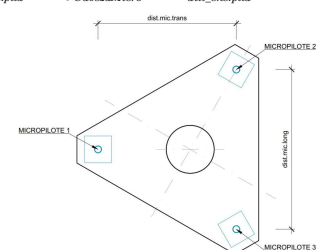
Distancias:

$$dist_{mic.long} := L_{sep.mic}$$

$$dist_{mic.trans} := \cos(30^\circ) \cdot L_{sep.mic}$$

$$dist_{mic.long} = 3.5 \text{ m}$$

$$dist_{mic.trans} = 3.03 \text{ m}$$



SUBESTRUCTURA:

Peso total de la estructura:

$$W_{Subestr} := W_{Pila} + W_{Encepado}$$

$$W_{Subestr} = 432.77 \text{ kN}$$

Altura total:

$$H_{total.Subestr} := H_{Pila} + Canto_{enc.pila}$$

$$H_{total.Subestr} = 5.43 \text{ m}$$

ARMADO DISPUESTO:

Armado conexión

Micropilote-tirante superior:

$$n_{enc.pila.barra.conex} := 3$$

$$\phi_{enc.pila.barra.conex} := \phi 16$$

Armado tirante superior:

$$n_{enc.pila.tirante.sup} := 4$$

$$\phi_{enc.pila.tirante.sup} := \phi 20$$

Armado tirante inferior:

$$n_{enc.pila.tirante.inf} := 6$$

$$\phi_{enc.pila.tirante.inf} := \phi 25$$

Cercos armado secundaria:

$$n_{enc.pila.cercos} := \frac{L_{sep.mic}}{20 \text{ cm}}$$

$$\phi_{enc.pila.cercos} := \phi 10$$

A.4 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LA SUBESTRUCTURA: ESTRIBO 1

Sobrecarga: $F_{sc,estribo1} := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Ancho total del estribo: $b_{estribo1} := 5 \text{ m}$

ESTRIBO:

Espadín:

Altura del espadín: $h_{espaldin} := 2.657 \text{ m}$

Ancho del espadín: $b_{espaldin} := 0.25 \text{ m}$

Volumen espadín: $Vol_{espaldin} := b_{estribo1} \cdot b_{espaldin} \cdot h_{espaldin}$ $Vol_{espaldin} = 3.32 \text{ m}^3$

Cargadero estructura:

Altura del cargadero: $h_{cargadero} := 2.093 \text{ m}$

Ancho del cargadero: $b_{cargadero} := 0.75 \text{ m}$

Volumen cargadero: $Vol_{cargadero} := b_{estribo1} \cdot b_{cargadero} \cdot h_{cargadero}$ $Vol_{cargadero} = 7.85 \text{ m}^3$

Talón: (Trasdós)

Altura del talón: $h_{talon} := 0.6 \text{ m}$

Ancho del talón: $b_{talon} := 1 \text{ m}$

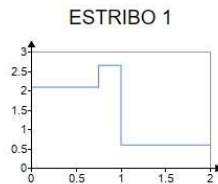
$Vol_{talon} := b_{estribo1} \cdot b_{talon} \cdot h_{talon}$ $Vol_{talon} = 3 \text{ m}^3$

Volumen total del Estribo 1: $Vol_{estribo1} := Vol_{cargadero} + Vol_{espaldin} + Vol_{talon}$ $Vol_{estribo1} = 14.17 \text{ m}^3$

Peso del estribo: $W_{estribo1} := Vol_{estribo1} \cdot \gamma_{HA}$ $W_{estribo1} = 354.25 \text{ kN}$

Definición geométrica del Estribo 1: $Estribo1 = \begin{bmatrix} 0 \text{ m} & 0 \text{ m} \\ & \vdots \end{bmatrix}$

Centro de gravedad del estribo: $cdg_{estribo1} := POL_{cdg}(Estribo1)$
 $cdg_{estribo1} = \begin{bmatrix} 0.73 \\ 0.95 \end{bmatrix} \text{ m}$



Longitud longitudinal del estribo: $L_{long,estribo1} := b_{cargadero} + b_{espaldin} + b_{talon}$ $L_{long,estribo1} = 2 \text{ m}$

Posicionamiento longitudinal de la fila 1 de micropilotes: $pos_{micro1,estribo1} := \frac{b_{cargadero}}{2}$ $pos_{micro1,estribo1} = 0.38 \text{ m}$

Posicionamiento longitudinal de la fila 2 de micropilotes: $pos_{micro3,estribo1} := b_{cargadero} + b_{espaldin} + \frac{b_{talon}}{2}$ $pos_{micro3,estribo1} = 1.5 \text{ m}$

Distancia cdg estribo a la primera línea de micropilotes: $dist_{cdgpm,micro1,estribo1} := cdg_{estribo1,1} - pos_{micro1,estribo1}$ $dist_{cdgpm,micro1,estribo1} = 0.36 \text{ m}$

Distancia longitudinal de planos micropilotes: $dist_{mic,long,estribo1} := pos_{micro3,estribo1} - pos_{micro1,estribo1}$ $dist_{mic,long,estribo1} = 1.13 \text{ m}$

Distancia transversal de planos micropilotes: $dist_{mic,trans,estribo1} := 2 \cdot dist_{apoyo,cjepasarela}$ $dist_{mic,trans,estribo1} = 4.2 \text{ m}$

Armado:

Recubrimiento armado: $rec_{estribo1} := 40 \text{ mm}$

Armado compresión espadín: $n_{estribo1,espaldin,comp} := \frac{1 \text{ m}}{0.25 \text{ m}}$ $\phi_{estribo1,espaldin,comp} := \phi 12$

Armado tracción espadín: $n_{estribo1,espaldin,trac} := \frac{1 \text{ m}}{0.25 \text{ m}}$ $\phi_{estribo1,espaldin,trac} := \phi 12$

Armado horizontal espadín: $n_{estribo1,espaldin,horiz} := \frac{1 \text{ m}}{0.25 \text{ m}}$ $\phi_{estribo1,espaldin,horiz} := \phi 12$

Armado compresión aleta: $n_{estribo1,aleta,comp} := \frac{1 \text{ m}}{0.15 \text{ m}}$ $\phi_{estribo1,aleta,comp} := \phi 16$

Armado tracción aleta: $n_{estribo1,aleta,trac} := \frac{1 \text{ m}}{0.15 \text{ m}}$ $\phi_{estribo1,aleta,trac} := \phi 16$

Armado horizontal aleta: $n_{estribo1,aleta,horiz} := \frac{1 \text{ m}}{0.20 \text{ m}}$ $\phi_{estribo1,aleta,horiz} := \phi 16$

TERRENO:

Peso específico del terreno de relleno: $\gamma_{terreno} := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Coefficiente de empuje del terreno: $K_{empuje} := 0.3$

Volumen de rellenos sobre Estribo 1: $Vol_{grabas,estribo1} := b_{talon} \cdot (h_{espaldin} - h_{talon}) \cdot b_{estribo1}$ $Vol_{grabas,estribo1} = 10.29 \text{ m}^3$

Peso del relleno sobre la estructura: $W_{grabas,estribo1} := Vol_{grabas,estribo1} \cdot \gamma_{terreno}$ $W_{grabas,estribo1} = 205.7 \text{ kN}$

Posicionamiento del cdg de los rellenos: $cdg_{pm,estribo1} := b_{cargadero} + b_{espaldin} + \frac{b_{talon}}{2}$ $cdg_{pm,estribo1} = 1.5 \text{ m}$

Distancia cdg de los rellenos a la primera línea de micropilotes: $dist_{cdgpm,micro1,estribo1} := cdg_{pm,estribo1} - pos_{micro1,estribo1}$
 $dist_{cdgpm,micro1,estribo1} = 1.13 \text{ m}$

A.5 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LOS MICROPILOTES

DATOS DEL MICROPILETE:

Diámetro nominal del micropilote:	$\phi_{Micropilote} := 200 \text{ mm}$
Tubería del micro:	$Tuberia := \text{Tubería: } 139.7 * 9 \text{ } \nabla$
Diámetro exterior:	$Diametro_{tuberia} := Tuberia_{1,1} = 139.7 \text{ mm}$
Espesor:	$Espesor_{tuberia} := Tuberia_{2,1} = 9 \text{ mm}$
Área de la tubería:	$Area_{tuberia} := Tuberia_{3,1} \cdot \text{cm}^2 = 36.95 \text{ cm}^2$
Peso por metro lineal:	$Peso_{ml} := Tuberia_{4,1} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 31 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

Longitud del micropilote:	$L_{Micro} := 13 \text{ m}$
Longitud anclada en roca:	$L_{roca} := 3 \text{ m}$

DATOS DEL TERRENO:

Material: Roca	
Profundidad supuesta:	$h_{roca} := 10 \text{ m}$
Resistencia a compresión simple:	$q_u := 30 \text{ MPa}$

GEOTECNIA:

Hundimiento:

$ResistenciaUnitariaCalculo := \text{Tipo de roca: Granitos y basaltos } \nabla$	$\left[\begin{matrix} f_{e,d} \\ q_{pe,d} \end{matrix} \right] := ResistenciaUnitariaCalculo$
Resistencia unitaria por fuste de cálculo en el empotramiento en roca:	$f_{e,d} = 0.6 \text{ MPa}$
Resistencia unitaria por punta de cálculo en el empotramiento en roca:	$q_{pe,d} = 0.1$

Arranque:

Resistencia unitaria de cálculo por fuste frente esfuerzo de tracción:	$R_{ft,d} := f_{e,d}$
Coefficiente de minoración del Peso Propio:	$F_{we} := 1.2$

RESISTENCIA ESTRUCTURAL:

Compresión:

Reducción espesor por corrosión: (Tabla 2.4)

$r_e := \text{Tipo de suelo (Vida útil de 100 años): Suelos naturales sin alterar } \nabla$	$r_e = 1.2 \text{ mm}$
---	------------------------

Coefficiente de minoración: (Tabla 3.4)

$F_{uc} := \text{De rosca machimebrada, sin sección ensanchada y con contacto a tope con ambos extremos } \nabla$	$F_{uc} = 1$
---	--------------

Coefficiente de influencia del tipo de ejecución: (Tabla 3.5)

$F_e := \text{Cualquier tipo de terreno perforado al amparo del revestimiento recuperable } \nabla$	$F_e = 1.05$
---	--------------

Factor empírico de pandeo:

$$R := 1$$

Tracción:

Coefficiente de minoración: (Tabla 3.7)

$F_{ut} := \text{Otras uniones diseñadas específicamente para no sufrir pérdidas de resistencia } \nabla$	$F_{ut} = 1$
---	--------------

B. RESULTADOS

B.1 REACCIONES EN EJE POR VANO

Se presentan las reacciones de la pasarela por eje, siguiendo las siguientes hipótesis:

*: La componente vertical del viento se toma como esfuerzo torsor.

1. Máximo axil:

Fuerzas verticales:

Peso Propio:	$FV_{pp,1,k} := 2 \cdot FV_{pp}$	$FV_{pp,1,k} = 34 \text{ kN}$
Sobrecarga:	$FV_{sc,1,k} := 2 \cdot FV_{sc,1}$	$FV_{sc,1,k} = 150 \text{ kN}$
Viento *:	$FV_{w,1,k} := FV_w - FV_w$	$FV_{w,1,k} = 0 \text{ N}$

Fuerza longitudinal:

Sobrecarga:	$FL_{sc,1,k} := 2 \cdot FL_{sc}$	$FL_{sc,1,k} = 60 \text{ kN}$
Viento:	$FL_{w,1,k} := 2 \cdot FL_w$	$FL_{w,1,k} = 4 \text{ kN}$

Fuerza transversal:

Viento:	$FT_{w,1,k} := 2 \cdot FT_w$	$FT_{w,1,k} = 32 \text{ kN}$
---------	------------------------------	------------------------------

En esta hipótesis, los esfuerzos torsores existentes son:

Viento:	$MT_{w,1,k} := 2 \cdot FV_w \cdot \frac{b_{pas}}{2}$	$MT_{w,1,k} = 48 \text{ kN} \cdot \text{m}$
---------	--	---

2. Máximo momento:

Fuerzas verticales:

Peso Propio:	$FV_{pp,2,k} := 2 \cdot FV_{pp}$	$FV_{pp,2,k} = 34 \text{ kN}$
Sobrecarga:	$FV_{sc,2,k} := FV_{sc,1}$	$FV_{sc,2,k} = 75 \text{ kN}$
Viento *:	$FV_{w,2,k} := FV_w - FV_w$	$FV_{w,2,k} = 0 \text{ N}$

Fuerza longitudinal:

Sobrecarga:	$FL_{sc,2,k} := 2 \cdot FL_{sc}$	$FL_{sc,2,k} = 60 \text{ kN}$
Viento:	$FL_{w,2,k} := 2 \cdot FL_w$	$FL_{w,2,k} = 4 \text{ kN}$

Fuerza transversal:

Viento:	$FT_{w,2,k} := 2 \cdot FT_w$	$FT_{w,2,k} = 32 \text{ kN}$
---------	------------------------------	------------------------------

En esta hipótesis, los esfuerzos torsores existentes son:

Sobrecarga:	$MT_{sc,2,k} := FV_{sc,2,k} \cdot \frac{1}{4} \cdot b_{pas}$	$MT_{sc,2,k} = 75 \text{ kN} \cdot \text{m}$
Viento:	$MT_{w,2,k} := 2 \cdot FV_w \cdot \frac{b_{pas}}{2}$	$MT_{w,2,k} = 48 \text{ kN} \cdot \text{m}$

B.2 ACCIONES EN CABEZA DE PILA**Combinaciones en cabeza de pila, por vano.**

1. Máximo axil:	$FV_{p,1,d} := (\gamma_{pp} \cdot FV_{pp,1,k} + \gamma_{sc} \cdot FV_{sc,1,k})$	$FV_{p,1,d} = 248.4 \text{ kN}$
	$FL_{p,1,d} := (\gamma_{sc} \cdot FL_{sc,1,k} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot FL_{w,1,k})$	$FL_{p,1,d} = 84.6 \text{ kN}$
	$FT_{p,1,d} := (\psi_w \cdot \gamma_w \cdot FT_{w,1,k})$	$FT_{p,1,d} = 28.8 \text{ kN}$
	$MT_{p,1,d} := (\psi_w \cdot \gamma_w \cdot MT_{w,1,k})$	$MT_{p,1,d} = 43.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$
2. Máximo momento:	$FV_{p,2,d} := (\gamma_{pp} \cdot FV_{pp,2,k} + \gamma_{sc} \cdot FV_{sc,2,k})$	$FV_{p,2,d} = 147.15 \text{ kN}$
	$FL_{p,2,d} := (\gamma_{sc} \cdot FL_{sc,2,k} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot FL_{w,2,k})$	$FL_{p,2,d} = 84.6 \text{ kN}$
	$FT_{p,2,d} := (\psi_w \cdot \gamma_w \cdot FT_{w,2,k})$	$FT_{p,2,d} = 28.8 \text{ kN}$
	$MT_{p,2,d} := (\gamma_{sc} \cdot MT_{sc,2,k} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot MT_{w,2,k})$	$MT_{p,2,d} = 144.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$

C. RESULTADOS PILA**C.1. ACCIONES SOBRE LA SUBESTRUCTURA****Peso propio de la subestructura:**

Pila y encepado de la pila:	$F_{pp,pila,encepado,d} := \gamma_{pp} \cdot (W_{Pila} + W_{Encepado})$	$F_{pp,pila,encepado,d} = 584.24 \text{ kN}$
-----------------------------	---	--

Combinaciones en pie de encepado, por pila.

1. Máximo axil:	$FV_{pila,1,d} := 2 \cdot FV_{p,1,d} + F_{pp,pila,encepado,d}$	$FV_{pila,1,d} = 1081.04 \text{ kN}$
	$FL_{pila,1,d} := 2 \cdot FL_{p,1,d}$	$FL_{pila,1,d} = 169.2 \text{ kN}$
	$FT_{pila,1,d} := 2 \cdot FT_{p,1,d}$	$FT_{pila,1,d} = 57.6 \text{ kN}$
	$MT_{pila,1,d} := 2 \cdot (MT_{p,1,d} + FT_{p,1,d} \cdot H_{total,Subestr})$	$MT_{pila,1,d} = 399.28 \text{ kN} \cdot \text{m}$
	$ML_{pila,1,d} := 2 \cdot FL_{p,1,d} \cdot H_{total,Subestr}$	$ML_{pila,1,d} = 919.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$
2. Máximo momento:	$FV_{pila,2,d} := 2 \cdot FV_{p,2,d} + F_{pp,pila,encepado,d}$	$FV_{pila,2,d} = 878.54 \text{ kN}$
	$FL_{pila,2,d} := 2 \cdot FL_{p,2,d}$	$FL_{pila,2,d} = 169.2 \text{ kN}$
	$FT_{pila,2,d} := 2 \cdot FT_{p,2,d}$	$FT_{pila,2,d} = 57.6 \text{ kN}$
	$MT_{pila,2,d} := 2 \cdot (MT_{p,2,d} + FT_{p,2,d} \cdot H_{total,Subestr})$	$MT_{pila,2,d} = 601.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$
	$ML_{pila,2,d} := 2 \cdot FL_{p,2,d} \cdot H_{total,Subestr}$	$ML_{pila,2,d} = 919.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$

C.2. ESFUERZOS EN MICROPILOTES

Esfuerzos en los micropilotes

1. Máximo axil:

Micropilote 1.	$N_{mic.pila.1a.1.d} := \frac{FV_{pila.1.d}}{3} + \frac{MT_{pila.1.d}}{dist_{mic.trans}}$	$N_{mic.pila.1a.1.d} = 492.08 \text{ kN}$
	$N_{mic.pila.1b.1.d} := \frac{FV_{pila.1.d}}{3} - \frac{MT_{pila.1.d}}{dist_{mic.trans}}$	$N_{mic.pila.1b.1.d} = 228.62 \text{ kN}$
Micropilote 2	$N_{mic.pila.2a.1.d} := \frac{FV_{pila.1.d}}{3} + \frac{2 \cdot dist_{mic.trans}}{2 \cdot dist_{mic.trans}} + \frac{MT_{pila.1.d}}{dist_{mic.long}}$	$N_{mic.pila.2a.1.d} = 688.81 \text{ kN}$
	$N_{mic.pila.2b.1.d} := \frac{FV_{pila.1.d}}{3} - \frac{2 \cdot dist_{mic.trans}}{2 \cdot dist_{mic.trans}} + \frac{MT_{pila.1.d}}{dist_{mic.long}}$	$N_{mic.pila.2b.1.d} = 31.89 \text{ kN}$
Micropilote 3	$N_{mic.pila.3a.1.d} := \frac{FV_{pila.1.d}}{3} + \frac{2 \cdot dist_{mic.trans}}{2 \cdot dist_{mic.trans}} + \frac{ML_{pila.1.d}}{dist_{mic.long}}$	$N_{mic.pila.3a.1.d} = 688.81 \text{ kN}$
	$N_{mic.pila.3b.1.d} := \frac{FV_{pila.1.d}}{3} - \frac{2 \cdot dist_{mic.trans}}{2 \cdot dist_{mic.trans}} + \frac{ML_{pila.1.d}}{dist_{mic.long}}$	$N_{mic.pila.3b.1.d} = 31.89 \text{ kN}$

2. Máximo momento:

Micropilote 1.	$N_{mic.pila.1a.2.d} := \frac{FV_{pila.2.d}}{3} + \frac{MT_{pila.2.d}}{dist_{mic.trans}}$	$N_{mic.pila.1a.2.d} = 491.39 \text{ kN}$
	$N_{mic.pila.1b.2.d} := \frac{FV_{pila.2.d}}{3} - \frac{MT_{pila.2.d}}{dist_{mic.trans}}$	$N_{mic.pila.1b.2.d} = 94.31 \text{ kN}$
Micropilote 2	$N_{mic.pila.2a.2.d} := \frac{FV_{pila.2.d}}{3} + \frac{2 \cdot dist_{mic.trans}}{2 \cdot dist_{mic.trans}} + \frac{ML_{pila.2.d}}{dist_{mic.long}}$	$N_{mic.pila.2a.2.d} = 654.72 \text{ kN}$
	$N_{mic.pila.2b.2.d} := \frac{FV_{pila.2.d}}{3} - \frac{2 \cdot dist_{mic.trans}}{2 \cdot dist_{mic.trans}} + \frac{ML_{pila.2.d}}{dist_{mic.long}}$	$N_{mic.pila.2b.2.d} = -69.02 \text{ kN}$
Micropilote 3	$N_{mic.pila.3a.2.d} := \frac{FV_{pila.2.d}}{3} + \frac{2 \cdot dist_{mic.trans}}{2 \cdot dist_{mic.trans}} + \frac{ML_{pila.2.d}}{dist_{mic.long}}$	$N_{mic.pila.3a.2.d} = 654.72 \text{ kN}$
	$N_{mic.pila.3b.2.d} := \frac{FV_{pila.2.d}}{3} - \frac{2 \cdot dist_{mic.trans}}{2 \cdot dist_{mic.trans}} + \frac{ML_{pila.2.d}}{dist_{mic.long}}$	$N_{mic.pila.3b.2.d} = -69.02 \text{ kN}$

Definición matriz resultados obtenida:

$$N_{mic.pila} := \begin{bmatrix} N_{mic.pila.1a.1.d} & N_{mic.pila.1b.1.d} & N_{mic.pila.1a.2.d} & N_{mic.pila.1b.2.d} \\ N_{mic.pila.2a.1.d} & N_{mic.pila.2b.1.d} & N_{mic.pila.2a.2.d} & N_{mic.pila.2b.2.d} \\ N_{mic.pila.3a.1.d} & N_{mic.pila.3b.1.d} & N_{mic.pila.3a.2.d} & N_{mic.pila.3b.2.d} \end{bmatrix}$$

Esfuerzos máximos:

Compresión:	$N_{mic.pila.max.comp.d} := \max(N_{mic.pila})$	$N_{mic.pila.max.comp.d} = 688.81 \text{ kN}$
Tracción:	$N_{mic.pila.max.trac.d} := \min(N_{mic.pila})$	$N_{mic.pila.max.trac.d} = -69.02 \text{ kN}$

C.3. ARMADO ENCEPADO

Axil de cálculo del Pilote mas cargado:

Axil micro mas cargado:

Compresión:	$N_{d_Pilote_Comp} := N_{mic.pila.max.comp.d}$	$N_{d_Pilote_Comp} = 688.81 \text{ kN}$
Tracción:	$N_{d_Pilote_Trac} := N_{mic.pila.max.trac.d}$	$N_{d_Pilote_Trac} = -69.02 \text{ kN}$

Tirante inferior del Micropilote:

<u>Tirante inferior:</u>	$T_{dInferiorEncepado} := 0.68 \cdot \left(\frac{N_{d_Pilote_Comp}}{d_{util_enc.pila}} \right) (0.58 \cdot L_{sep.mic} - 0.25 \cdot a_{entrega})$
	$T_{dInferiorEncepado} = 1015.31 \text{ kN}$

Área requerida:	$Area_{inferiorEncepado} := \frac{T_{dInferiorEncepado}}{f_{yd.Cimentacion}}$	$Area_{inferiorEncepado} = 25.38 \text{ cm}^2$
-----------------	---	--

Área dispuesta:	$Area_{enc.pila.tirante.inf.dis} := n_{enc.pila.tirante.inf} \cdot \phi_{enc.pila.tirante.inf}$
	$Area_{enc.pila.tirante.inf.dis} = 29.45 \text{ cm}^2$

Comprobación:	$FS_{enc.pila.tirante.sup} := \frac{Area_{enc.pila.tirante.inf.dis}}{Area_{inferiorEncepado}}$	$FS_{enc.pila.tirante.sup} = 1.16$
---------------	--	------------------------------------

<u>Armado longitudinal inferior:</u>	$Area_{infLongEnce} := \frac{1}{4} \cdot Area_{inferiorEncepado}$	$Area_{infLongEnce} = 6.35 \text{ cm}^2$
--------------------------------------	---	--

<u>Tirante superior:</u>	$T_{dSuperiorEncepado} := 0.68 \cdot \left(\frac{-N_{d_Pilote_Trac}}{d_{util_enc.pila}} \right) (0.58 \cdot L_{sep.mic} - 0.25 \cdot a_{entrega})$
	$T_{dSuperiorEncepado} = 101.73 \text{ kN}$

Área requerida:	$Area_{superiorEncepado} := \max \left(\frac{Area_{inferiorEncepado}}{10}, \frac{T_{dSuperiorEncepado}}{f_{yd.Cimentacion}} \right)$
	$Area_{superiorEncepado} = 2.54 \text{ cm}^2$

Área dispuesta:	$Area_{enc.pila.tirante.sup.dis} := n_{enc.pila.tirante.sup} \cdot \phi_{enc.pila.tirante.sup}$
	$Area_{enc.pila.tirante.sup.dis} = 12.57 \text{ cm}^2$

Comprobación:	$FS_{enc.pila.tirante.inf} := \frac{Area_{enc.pila.tirante.sup.dis}}{Area_{superiorEncepado}}$	$FS_{enc.pila.tirante.inf} = 4.94$
---------------	--	------------------------------------

<u>Barra conexión tirante superior:</u>	$Barra_{conex} := \frac{-N_{d_Pilote_Trac}}{f_{yd.Cimentacion}}$	$Barra_{conex} = 1.73 \text{ cm}^2$
---	--	-------------------------------------

Área dispuesta:	$Area_{enc.pila.barra.conex} := n_{enc.pila.barra.conex} \cdot \phi_{enc.pila.barra.conex}$
	$Area_{enc.pila.barra.conex} = 6.03 \text{ cm}^2$

Comprobación:	$FS_{enc.pila.barra.conex} := \frac{Area_{enc.pila.barra.conex}}{Barra_{conex}}$	$FS_{enc.pila.barra.conex} = 3.5$
---------------	--	-----------------------------------

Teknés Innovación

Armadura secundaria vertical:

Capacidad total del armado secundario vertical: $T_{2d} := \frac{N_{d,Pilote_Comp}}{1.5 \cdot 3} \quad T_{2d} = 153.07 \text{ kN}$

Cuántia por rama de armado secundario vertical: $Area_{ArmadoSecundarioEncepado} := \frac{T_{2d}}{f_{yd,Cimentacion}} \quad Area_{ArmadoSecundarioEncepado} = 3.83 \text{ cm}^2$

Área dispuesta: $Area_{enc.pila.cercos.dis} := n_{enc.pila.cercos} \cdot 2 \cdot \phi_{enc.pila.cercos} \quad Area_{enc.pila.cercos.dis} = 27.49 \text{ cm}^2$

Comprobación: $FS_{enc.pila.cercos} := \frac{Area_{enc.pila.cercos.dis}}{Area_{ArmadoSecundarioEncepado}} \quad FS_{enc.pila.cercos} = 7.18$

Comprobación de la biela en el micropilote:

Área de la sección: $Area_{micro} := \pi \cdot \frac{\phi_{Micropilote}^2}{4} \quad Area_{micro} = 314.16 \text{ cm}^2$

Tensión en la cabeza del micropilote: $\sigma_{micro.biela} := \frac{-N_{d,Pilote_Trac}}{Area_{micro}} \quad \sigma_{micro.biela} = 2.2 \text{ MPa}$

Tensión admisible: $f_{cd,encepado.biela} := 0.7 \cdot f_{cd,enc.pila} \quad f_{cd,encepado.biela} = 11.67 \text{ MPa}$

Factor de seguridad: $F.S_{micro.biela.cabeza} := \frac{f_{cd,encepado.biela}}{\sigma_{micro.biela}} \quad F.S_{micro.biela.cabeza} = 5.31$

Teknés Innovación

D. RESULTADOS ESTRIBO 1

D.1 ACCIONES SOBRE LA SUBESTRUCTURA

De manera adicional a las solicitaciones de la estructura, el estribo 1 cuenta con las siguientes solicitaciones adicionales.

TERRENO:

Empuje del terreno: $E_{terreno}(x) := \frac{1}{2} \cdot \gamma_{terreno} \cdot \gamma_{pp} \cdot x \cdot K_{empuje}$

Tensión horizontal: $\sigma_{muro}(x) := F_{sc,estribo1} \cdot \gamma_{sc} + E_{terreno}(x)$

Esfuerzo vertical del muro: $FH_{muro,esc} := \int_0^{h_{espaldin}} \sigma_{muro}(h) \cdot b_{estribo1} dh \quad FH_{muro,esc} = 250.83 \text{ kN}$

Momento del muro: $M_{muro}(x) := \int_0^x \sigma_{muro}(h) \cdot h dh$
 $M_{muro,vuelco} := M_{muro}(h_{espaldin}) \cdot b_{estribo1} \quad M_{muro,vuelco} = 364.88 \text{ kN} \cdot m$

Peso propio y Peso muerto en la subestructura:

Peso propio: $F_{pp,estribo1,d} := \gamma_{pp} \cdot W_{estribo1} \quad F_{pp,estribo1,d} = 478.24 \text{ kN}$

Peso muerto: $F_{pm,estribo1,d} := \gamma_{pp} \cdot W_{grabos,estribo1} \quad F_{pm,estribo1,d} = 277.7 \text{ kN}$

Momento longitudinal generado en la alineación de micropilotes 1 y 2.

Peso propio: $ML_{pp,estribo1} := dist_{cdgpp,micro1,estribo1} \cdot F_{pp,estribo1,d} \quad ML_{pp,estribo1} = 169.95 \text{ kN} \cdot m$

Peso muerto: $ML_{pm,estribo1} := dist_{cdgpm,micro1,estribo1} \cdot F_{pm,estribo1,d} \quad ML_{pm,estribo1} = 312.41 \text{ kN} \cdot m$

Sumatorio: $ML_{pp,pm,estribo1} := ML_{pp,estribo1} + ML_{pm,estribo1} \quad ML_{pp,pm,estribo1} = 482.36 \text{ kN} \cdot m$

Combinaciones en pie de estribo

Hipótesis a: Giro horario.
Hipótesis b: Giro antihorario

1. Máximo axil: $FV_{estribo1.1,a,d} := FV_{p.1,d} + F_{pp,estribo1,d} + F_{pm,estribo1,d} \quad FV_{estribo1.1,a,d} = 1004.33 \text{ kN}$
 $FL_{estribo1.1,a,d} := FL_{p.1,d} - FH_{muro,esc} \quad FL_{estribo1.1,a,d} = -166.23 \text{ kN}$
 $FT_{estribo1.1,a,d} := FT_{p.1,d} \quad FT_{estribo1.1,a,d} = 28.8 \text{ kN}$

$ML_{estribo1.1,a,d} := FL_{p.1,d} \cdot h_{cargadero} - M_{muro,vuelco} + ML_{pp,pm,estribo1} \quad ML_{estribo1.1,a,d} = 294.55 \text{ kN} \cdot m$
 $MT_{estribo1.1,a,d} := (MT_{p.1,d} + FT_{p.1,d} \cdot h_{cargadero}) \quad MT_{estribo1.1,a,d} = 103.48 \text{ kN} \cdot m$

2. Máximo momento: $FV_{estribo1.2,a,d} := FV_{p.2,d} + F_{pp,estribo1,d} + F_{pm,estribo1,d} \quad FV_{estribo1.2,a,d} = 903.08 \text{ kN}$
 $FL_{estribo1.2,a,d} := FL_{p.2,d} - FH_{muro,esc} \quad FL_{estribo1.2,a,d} = -166.23 \text{ kN}$
 $FT_{estribo1.2,a,d} := FT_{p.2,d} \quad FT_{estribo1.2,a,d} = 28.8 \text{ kN}$

$ML_{estribo1.2,a,d} := FL_{p.2,d} \cdot h_{cargadero} - M_{muro,vuelco} + ML_{pp,pm,estribo1} \quad ML_{estribo1.2,a,d} = 294.55 \text{ kN} \cdot m$
 $MT_{estribo1.2,a,d} := MT_{p.2,d} + FT_{p.2,d} \cdot h_{cargadero} \quad MT_{estribo1.2,a,d} = 204.73 \text{ kN} \cdot m$

1. Máximo axil:

$$\begin{aligned} FV_{estribo1.1.b.d} &:= FV_{p.1.d} + F_{pp.estribo1.d} + F_{pm.estribo1.d} \\ FL_{estribo1.1.b.d} &:= FL_{p.1.d} + FH_{muro.exc} \\ FT_{estribo1.1.b.d} &:= FT_{p.1.d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FV_{estribo1.1.b.d} &= 1004.33 \text{ kN} \\ FL_{estribo1.1.b.d} &= 335.43 \text{ kN} \\ FT_{estribo1.1.b.d} &= 28.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML_{estribo1.1.b.d} &:= FL_{p.1.d} \cdot h_{cargadero} + M_{muro.vuelco} - ML_{pp.pm.estribo1} \\ MT_{estribo1.1.b.d} &:= MT_{p.1.d} + FT_{p.1.d} \cdot h_{cargadero} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML_{estribo1.1.b.d} &= 59.58 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ MT_{estribo1.1.b.d} &= 103.48 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

2. Máximo momento:

$$\begin{aligned} FV_{estribo1.2.b.d} &:= FV_{p.2.d} + F_{pp.estribo1.d} + F_{pm.estribo1.d} \\ FL_{estribo1.2.b.d} &:= FL_{p.2.d} + FH_{muro.exc} \\ FT_{estribo1.2.b.d} &:= FT_{p.2.d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FV_{estribo1.2.b.d} &= 903.08 \text{ kN} \\ FL_{estribo1.2.b.d} &= 335.43 \text{ kN} \\ FT_{estribo1.2.b.d} &= 28.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML_{estribo1.2.b.d} &:= FL_{p.2.d} \cdot h_{cargadero} + M_{muro.vuelco} - ML_{pp.pm.estribo1} \\ MT_{estribo1.2.b.d} &:= MT_{p.2.d} + FT_{p.2.d} \cdot h_{cargadero} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML_{estribo1.2.b.d} &= 59.58 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ MT_{estribo1.2.b.d} &= 204.73 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

D.2. ESFUERZOS EN MICROPILOTES

Esfuerzos en los micropilotes

1. Máximo axil:

Micropilote 1.

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.1.a.1.d} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(FV_{estribo1.1.a.d} - \frac{ML_{estribo1.1.a.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \right) + \frac{MT_{estribo1.1.a.d}}{dist_{mic.trans.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.1.a.1.d} &= 395.89 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.1.b.1.d} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(FV_{estribo1.1.b.d} - \frac{ML_{estribo1.1.b.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \right) + \frac{MT_{estribo1.1.b.d}}{dist_{mic.trans.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.1.b.1.d} &= 500.32 \text{ kN} \end{aligned}$$

Micropilote 2

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.2.a.1.d} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(FV_{estribo1.1.a.d} - \frac{ML_{estribo1.1.a.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \right) + \frac{MT_{estribo1.1.a.d}}{dist_{mic.trans.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.2.a.1.d} &= 395.89 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.2.b.1.d} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(FV_{estribo1.1.b.d} - \frac{ML_{estribo1.1.b.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \right) + \frac{MT_{estribo1.1.b.d}}{dist_{mic.trans.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.2.b.1.d} &= 500.32 \text{ kN} \end{aligned}$$

Micropilote 3

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.3.a.1.d} &:= \frac{ML_{estribo1.1.a.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.3.a.1.d} &= 261.82 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.3.b.1.d} &:= \frac{ML_{estribo1.1.b.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.3.b.1.d} &= 52.96 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Máximo momento:

Micropilote 1.

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.1.a.2.d} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(FV_{estribo1.2.a.d} - \frac{ML_{estribo1.2.a.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \right) + \frac{MT_{estribo1.2.a.d}}{dist_{mic.trans.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.1.a.2.d} &= 369.37 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.1.b.2.d} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(FV_{estribo1.2.b.d} - \frac{ML_{estribo1.2.b.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \right) + \frac{MT_{estribo1.2.b.d}}{dist_{mic.trans.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.1.b.2.d} &= 473.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Micropilote 2

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.2.a.2.d} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(FV_{estribo1.2.a.d} - \frac{ML_{estribo1.2.a.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \right) + \frac{MT_{estribo1.2.a.d}}{dist_{mic.trans.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.2.a.2.d} &= 369.37 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.2.b.2.d} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(FV_{estribo1.2.b.d} - \frac{ML_{estribo1.2.b.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \right) + \frac{MT_{estribo1.2.b.d}}{dist_{mic.trans.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.2.b.2.d} &= 473.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Micropilote 3

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.3.a.2.d} &:= \frac{ML_{estribo1.2.a.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.3.a.2.d} &= 261.82 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{mic.estribo1.3.b.2.d} &:= \frac{ML_{estribo1.2.b.d}}{dist_{mic.long.estribo1}} \\ N_{mic.estribo1.3.b.2.d} &= 52.96 \text{ kN} \end{aligned}$$

Definición matriz resultados obtenida:

$$N_{mic.estribo1} := \begin{bmatrix} N_{mic.estribo1.1.a.1.d} & N_{mic.estribo1.1.b.1.d} & N_{mic.estribo1.1.a.2.d} & N_{mic.estribo1.1.b.2.d} \\ N_{mic.estribo1.2.a.1.d} & N_{mic.estribo1.2.b.1.d} & N_{mic.estribo1.2.a.2.d} & N_{mic.estribo1.2.b.2.d} \\ N_{mic.estribo1.3.a.1.d} & N_{mic.estribo1.3.b.1.d} & N_{mic.estribo1.3.a.2.d} & N_{mic.estribo1.3.b.2.d} \end{bmatrix}$$

Esfuerzos máximos:

Compresión:

$$N_{mic.estribo1.maz.comp.d} := \max(N_{mic.estribo1})$$

$$N_{mic.estribo1.maz.comp.d} = 500.32 \text{ kN}$$

Tracción:

$$N_{mic.estribo1.maz.trac.d} := \min(N_{mic.estribo1})$$

$$N_{mic.estribo1.maz.trac.d} = 52.96 \text{ kN}$$

D.3. ARMADO ESTRIBO 1

ESPALDIN:

Armado dispuesto:

$$\begin{aligned} \text{Armado a compresión: } A_{s,estribo1.esoaldin.comp} &:= n_{estribo1.espaldin.comp} \cdot \phi_{estribo1.espaldin.comp} & A_{s,estribo1.esoaldin.comp} &= 4.52 \text{ cm}^2 \\ \text{Armado a tracción: } A_{s,estribo1.espaldin.trac} &:= n_{estribo1.espaldin.trac} \cdot \phi_{estribo1.espaldin.trac} & A_{s,estribo1.espaldin.trac} &= 4.52 \text{ cm}^2 \\ \text{Armado horizontal: } A_{s,estribo1.espaldin.horiz} &:= n_{estribo1.espaldin.horiz} \cdot \phi_{estribo1.espaldin.horiz} & A_{s,estribo1.espaldin.horiz} &= 4.52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Sección de estudio:

$$\begin{aligned} A_{c,estribo.espaldin.vert} &:= 1 \text{ m} \cdot b_{espaldin} & A_{c,estribo.espaldin.vert} &= 0.25 \text{ m}^2 \\ A_{c,estribo.espaldin.horiz} &:= 1 \text{ m} \cdot \min(0.5 \text{ m}, b_{espaldin}) & A_{c,estribo.espaldin.horiz} &= 0.25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Mínimo:

$$\begin{aligned} \text{Requerido trac.: } Armado_{min.espaldin.trac} &:= 0.002 \cdot A_{c,estribo.espaldin.vert} \cdot 60\% & Armado_{min.espaldin.trac} &= 3 \text{ cm}^2 \\ \text{Requerido comp.: } Armado_{min.espaldin.comp} &:= 0.002 \cdot A_{c,estribo.espaldin.vert} \cdot 40\% & Armado_{min.espaldin.comp} &= 2 \text{ cm}^2 \\ \text{Requerido horizontal: } Armado_{min.espaldin.horiz} &:= 0.0032 \cdot A_{c,estribo.espaldin.horiz} \cdot 50\% & Armado_{min.espaldin.horiz} &= 4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Posicionamiento del armado:

$$\begin{aligned} C_{inf} &:= rec_{estribo1} & C_{inf} &= 0.04 \text{ m} \\ C_{sup.espaldin} &:= b_{espaldin} - rec_{estribo1} & C_{sup.espaldin} &= 0.21 \text{ m} \end{aligned}$$

Definición de la sección:

$$Espaldin := EHE08_{RECT}(b_{espaldin}, 1 \text{ m}, A_{s,estribo1.esoaldin.comp}, A_{s,estribo1.espaldin.trac}, C_{sup.espaldin}, C_{inf}, f_{ck,estribo1}, f_{yk,Cimentacion}, \gamma_h, \gamma_y)$$

Momento último de la sección:

$$M_{u,estribo1.espaldin} := EHE08_{RECT.A2.1.3.M.U.}(Espaldin) \quad M_{u,estribo1.espaldin} = 41.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Esfuerzo del espaldin:

$$M_{muro.espaldin} := M_{muro}(h_{espaldin} - h_{cargadero}) \cdot 1 \text{ m} \quad M_{muro.espaldin} = 2.39 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Comprobaciones:

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo: } FS_{estribo1.espaldin.esfuerzo} &:= \frac{M_{u,estribo1.espaldin}}{M_{muro.espaldin}} & FS_{estribo1.espaldin.esfuerzo} &= 17.25 \\ \text{Armado mínimo: } FS_{estribo1.espaldin.comp} &:= \frac{A_{s,estribo1.esoaldin.comp}}{Armado_{min.espaldin.comp}} & FS_{estribo1.espaldin.comp} &= 2.26 \\ FS_{estribo1.espaldin.trac} &:= \frac{A_{s,estribo1.espaldin.trac}}{Armado_{min.espaldin.trac}} & FS_{estribo1.espaldin.trac} &= 1.51 \\ FS_{estribo1.espaldin.horiz} &:= \frac{A_{s,estribo1.espaldin.horiz}}{Armado_{min.espaldin.horiz}} & FS_{estribo1.espaldin.horiz} &= 1.13 \end{aligned}$$

ALETA:

Armado dispuesto:

$$\begin{aligned} \text{Armado a compresión: } A_{s,estribo1.aleta.comp} &:= n_{estribo1.aleta.comp} \cdot \phi_{estribo1.aleta.comp} & A_{s,estribo1.aleta.comp} &= 13.4 \text{ cm}^2 \\ \text{Armado a tracción: } A_{s,estribo1.aleta.trac} &:= n_{estribo1.aleta.trac} \cdot \phi_{estribo1.aleta.trac} & A_{s,estribo1.aleta.trac} &= 13.4 \text{ cm}^2 \\ \text{Armado horizontal: } A_{s,estribo1.aleta.horiz} &:= n_{estribo1.aleta.horiz} \cdot \phi_{estribo1.aleta.horiz} & A_{s,estribo1.aleta.horiz} &= 10.05 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Sección de estudio:

$$\begin{aligned} A_{c,estribo.talon.vert} &:= 1 \text{ m} \cdot b_{talon} & A_{c,estribo.talon.vert} &= 1 \text{ m}^2 \\ A_{c,estribo.talon.horiz} &:= 1 \text{ m} \cdot \min(0.5 \text{ m}, b_{talon}) & A_{c,estribo.talon.horiz} &= 0.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Mínimo:

$$\begin{aligned} \text{Requerido trac.: } Armado_{min.aleta.trac} &:= 0.002 \cdot A_{c,estribo.talon.vert} \cdot 60\% & Armado_{min.aleta.trac} &= 12 \text{ cm}^2 \\ \text{Requerido comp.: } Armado_{min.aleta.comp} &:= 0.002 \cdot A_{c,estribo.talon.vert} \cdot 40\% & Armado_{min.aleta.comp} &= 8 \text{ cm}^2 \\ \text{Requerido horizontal: } Armado_{min.aleta.horiz} &:= 0.0032 \cdot A_{c,estribo.talon.horiz} \cdot 50\% & Armado_{min.aleta.horiz} &= 8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Posicionamiento del armado:

$$\begin{aligned} C_{inf} &:= 0.04 \text{ m} \\ C_{sup.aleta} &:= b_{talon} - rec_{estribo1} & C_{sup.aleta} &= 0.96 \text{ m} \end{aligned}$$

Definición de la sección:

$$Aleta := EHE08_{RECT}(b_{talon}, 1 \text{ m}, A_{s,estribo1.aleta.comp}, A_{s,estribo1.aleta.trac}, C_{sup.aleta}, C_{inf}, f_{ck,estribo1}, f_{yk,Cimentacion}, \gamma_h, \gamma_y)$$

Momento último de la sección:

$$M_{u,estribo1.aleta} := EHE08_{RECT.A2.1.3.M.U.}(Aleta) \quad M_{u,estribo1.aleta} = 542.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Esfuerzo aleta:

$$M_{muro.aleta} := M_{muro}(h_{espaldin}) \cdot 1 \text{ m} \quad M_{muro.aleta} = 72.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Comprobaciones:

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo: } FS_{estribo1.aleta.esfuerzo} &:= \frac{M_{u,estribo1.aleta}}{M_{muro.aleta}} & FS_{estribo1.aleta.esfuerzo} &= 7.43 \\ \text{Armado mínimo: } FS_{estribo1.aleta.comp} &:= \frac{A_{s,estribo1.aleta.comp}}{Armado_{min.aleta.comp}} & FS_{estribo1.aleta.comp} &= 1.68 \\ FS_{estribo1.aleta.trac} &:= \frac{A_{s,estribo1.aleta.trac}}{Armado_{min.aleta.trac}} & FS_{estribo1.aleta.trac} &= 1.12 \\ FS_{estribo1.aleta.horiz} &:= \frac{A_{s,estribo1.aleta.horiz}}{Armado_{min.aleta.horiz}} & FS_{estribo1.aleta.horiz} &= 1.26 \end{aligned}$$

E. CAPACIDAD DE LOS MICROPILOTES

HUNDIMIENTO:

$$R_{ED}(L_{roca}, diam, qu) := \left\| \begin{array}{l} A_{LE} \leftarrow L_{roca} \cdot (\pi \cdot diam) \\ A_{Pe} \leftarrow \left(\pi \cdot \frac{diam^2}{4} \right) \\ q_{pe_d_Aux} \leftarrow q_{pe_d} \cdot qu \\ A_{LE} \cdot f_{e_d} + A_{Pe} \cdot q_{pe_d_Aux} \end{array} \right\|$$

$$R_{ED}(L_{roca}, \phi_{Micropilote}, q_u) = 1225.22 \text{ kN}$$

ARRANQUE:

$$R_{t_d}(diam, L_{roca}, L_{micro}) := \left\| \begin{array}{l} A_{LE} \leftarrow L_{roca} \cdot (\pi \cdot diam) \\ W \leftarrow \left(Peso_{ml} \cdot g + \left(\pi \cdot \frac{(diam)^2}{4} - Area_{tuberia} \right) \cdot \gamma_{HA} \right) \cdot L_{micro} \\ A_{LE} \cdot R_{ft_d} + \frac{W}{F_{we}} \end{array} \right\|$$

$$R_{t_d}(\phi_{Micropilote}, L_{roca}, L_{Micro}) = 1141.77 \text{ kN}$$

FALLO ESTRUCTURAL MICROPILE A COMPRESIÓN:

$$N_{c_Rd} := \left\| \begin{array}{l} A_c \leftarrow \pi \cdot \frac{(\phi_{Micropilote})^2}{4} - Area_{tuberia} \\ A_a \leftarrow \frac{\pi}{4} \cdot ((Diametro_{tuberia} - 2 \cdot r_e)^2 - (Diametro_{tuberia} - 2 \cdot Espesor_{tuberia})^2) \cdot F_{uc} \\ f_{cd} \leftarrow \frac{f_{ck,micro}}{\gamma_h} \\ f_{sd} \leftarrow \min \left(\frac{f_{sk,micro}}{\gamma_s}, 400 \text{ MPa} \right) \\ (0.85 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_a \cdot f_{sd}) \cdot \frac{R}{1.2 \cdot F_e} \end{array} \right\|$$

$$N_{c_Rd} = 1319.08 \text{ kN}$$

FALLO ESTRUCTURAL MICROPILE A TRACCIÓN:

$$N_{t_Rd} := \left\| \begin{array}{l} A_a \leftarrow \frac{\pi}{4} \cdot ((Diametro_{tuberia} - 2 \cdot r_e)^2 - (Diametro_{tuberia} - 2 \cdot Espesor_{tuberia})^2) \cdot F_{ut} \\ f_{sd} \leftarrow \frac{f_{sk,micro}}{\gamma_s} \\ (A_a \cdot f_{sd}) \cdot \frac{1}{1.1} \end{array} \right\|$$

$$N_{t_Rd} = 1447.66 \text{ kN}$$

Nombre del proyecto:

ID_{Proyecto} := "PR-0327"

Estructura:

ID_{Estructura} := "Dimensionamiento Pila (Fuste y Dintel)"

Cálculo:

ID_{Cálculo} := 00

ÍNDICE:

A. DATOS DE ENTRADA

A.1 MATERIALES

A.2 GEOMETRIA Y ARMADO

B. RESULTADOS

B.1 ESFUERZOS EN CABEZA DE PILA

B.2 DINTEL

B.2.1 ESFUERZOS EN PIE DEL DINTEL

B.2.2 DIMENSIONAMIENTO DEL DINTEL

B.3 FUSTE

B.3.1 ESFUERZOS EN PIE DEL DE FUSTE

B.3.2 DIMENSIONAMIENTO DEL FUSTE

A. DATOS DE PARTIDA

A.1 MATERIALES

ACERO:

Armado:

Acero B500S

Límite elástico característico:

$f_{yk.pila} := 500 \text{ MPa}$

Coefficiente de minoración del material:

$\gamma_y = 1.15$

Límite elástico de cálculo:

$f_{yd.pila} := \frac{f_{yk.pila}}{\gamma_y}$

$f_{yd.pila} = 434.78 \text{ MPa}$

HORMIGÓN:

Peso específico del Hormigón Armado:

$\gamma_{HA} = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Coefficiente de minoración del material:

$\gamma_h = 1.5$

Resistencia característica Hormigón:

$f_{ck.pila} := 30 \text{ MPa}$

Resistencia de cálculo del Hormigón:

$f_{cd.pila} := \frac{f_{ck.pila}}{\gamma_h}$

$f_{cd.pila} = 20 \text{ MPa}$

A.2 GEOMETRIA Y ARMADO

Recubrimiento en la Pila:

$rec_{pila} := 40 \text{ mm}$

DINTEL:

Longitud de la "viga" dintel:

$L_{transversal.dintel} := 5 \text{ m}$

Ancho dintel (Lx):

$b_{dintel} = 1.25 \text{ m}$

Altura máxima dintel:

$h_{dintel} = 1 \text{ m}$

Reducción canto en el centro:

$red_{pila.dintel} := 0.15 \text{ m}$

Canto centro dintel:

$canto_{dintel.centro} := h_{dintel} - red_{pila.dintel}$

$canto_{dintel.centro} = 0.85 \text{ m}$

Brazo del dintel:

$d_{dintel} := canto_{dintel.centro} - rec_{pila}$

$d_{dintel} = 0.81 \text{ m}$

Armado:

Armado superior:

$n_{dintel.superior} := 6$

$\phi_{dintel.superior} := \phi 20$

Armado inferior:

$n_{dintel.inferior} := 6$

$\phi_{dintel.inferior} := \phi 16$

Armado transversal:

$sep_{cercos.dintel} := 10 \text{ cm}$

$\phi_{dintel.cerco} := \phi 12$

FUSTE:

Diámetro de la Pila:

$\phi_{fuste.pila} = 0.75 \text{ m}$

Altura de fuste de la pila:

$h_{fuste.pila} = 3.43 \text{ m}$

Armado:

Armado superior:

$n_{fuste.flexion} := 24$

$\phi_{fuste.flexion} := \phi 25$

Armado transversal:

$sep_{fuste.cerco} := 0.2 \text{ m}$

$\phi_{fuste.cerco} := \phi 12$

Altura total de la Pila:

$H_{Pila} = 4.43 \text{ m}$

Peso de la Pila (Fuste+Dintel):

$W_{Pila} = 151.75 \text{ kN}$

B. RESULTADOS

B.1 ESFUERZOS EN CABEZA DE PILA

Los esfuerzos de la estructura se han obtenido en la hoja "PR-0327 Cimentación Estribo 1 y Pila". (En referencias)

Combinaciones en cabeza de pila, por vano.

1. Máximo axil:

$$FV_{p.1.d} = 248.4 \text{ kN}$$

$$FL_{p.1.d} = 84.6 \text{ kN}$$

$$FT_{p.1.d} = 28.8 \text{ kN}$$

$$MT_{p.1.d} = 43.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2. Máximo momento:

$$FV_{p.2.d} = 147.15 \text{ kN}$$

$$FL_{p.2.d} = 84.6 \text{ kN}$$

$$FT_{p.2.d} = 28.8 \text{ kN}$$

$$MT_{p.2.d} = 144.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

B.2 DINTEL

B.2.1 ESFUERZOS EN PIE DEL DINTEL

Combinaciones en pie del dintel, por pila.

Peso propio del dintel:

$$QV_{pp.dintel.d} := \gamma_{pp} \cdot (canto_{dintel.centro} \cdot b_{dintel} \cdot \gamma_{HA})$$

$$QV_{pp.dintel.d} = 35.86 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$MT_{pp.dintel.d} := QV_{pp.dintel.d} \cdot \frac{L_{transversal.dintel}^2}{8}$$

$$MT_{pp.dintel.d} = 112.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$FV_{pp.dintel.d} := \gamma_{pp} \cdot (Vol_{dintel} \cdot \gamma_{HA})$$

$$FV_{pp.dintel.d} = 153.69 \text{ kN}$$

1. Máximo axil:

$$FV_{dintel.1.d} := 2 \cdot FV_{p.1.d} + FV_{pp.dintel.d}$$

$$FV_{dintel.1.d} = 650.49 \text{ kN}$$

$$FT_{dintel.1.d} := 2 \cdot FT_{p.1.d}$$

$$FT_{dintel.1.d} = 57.6 \text{ kN}$$

$$MT_{dintel.1.d} := 2 \cdot MT_{p.1.d} + MT_{pp.dintel.d} + FT_{dintel.1.d} \cdot canto_{dintel.centro}$$

$$MT_{dintel.1.d} = 247.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2. Máximo momento:

$$FV_{dintel.2.d} := 2 \cdot FV_{p.2.d} + FV_{pp.dintel.d}$$

$$FV_{dintel.2.d} = 447.99 \text{ kN}$$

$$FT_{dintel.2.d} := 2 \cdot FT_{p.2.d}$$

$$FT_{dintel.2.d} = 57.6 \text{ kN}$$

$$MT_{dintel.2.d} := 2 \cdot MT_{p.2.d} + MT_{pp.dintel.d} + FT_{dintel.2.d} \cdot canto_{dintel.centro}$$

$$MT_{dintel.2.d} = 449.92 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

B.2.2 DIMENSIONAMIENTO DEL DINTEL

Cuántia dispuesta:

Armado longitudinal:

Superior:

$$A_{s.dintel.superior} := n_{dintel.superior} \cdot \phi_{dintel.superior}$$

$$A_{s.dintel.superior} = 18.85 \text{ cm}^2$$

Inferior:

$$A_{s.dintel.inferior} := n_{dintel.inferior} \cdot \phi_{dintel.inferior}$$

$$A_{s.dintel.inferior} = 12.06 \text{ cm}^2$$

Estribos:

$$A_{s.dintel.cerco} := \frac{L_{transversal.dintel}}{sep_{cercos.dintel}} \cdot 2 \cdot \phi_{dintel.cerco}$$

$$A_{s.dintel.cerco} = 113.1 \text{ cm}^2$$

Posición armado:

Posicionamiento superior:

$$c_{sup.dintel} := canto_{dintel.centro} - rec_{pila}$$

Posicionamiento inferior:

$$c_{inf.dintel} := rec_{pila}$$

Definición de la sección:

$$Dintel := EHE08_{RECT} (b_{dintel}, canto_{dintel.centro}, A_{s.dintel.inferior}, A_{s.dintel.superior}, c_{sup.dintel}, c_{inf.dintel}, f_{ck.pila}, f_{yk.pila}, \gamma_h, \gamma_g)$$

Momento último de la sección:

$$M_{u.dintel} := EHE08_{RECT.42.1.3.M.U} (Dintel)$$

$$M_{u.dintel} = 1151.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Comprobación de la sección:

Casos de carga:

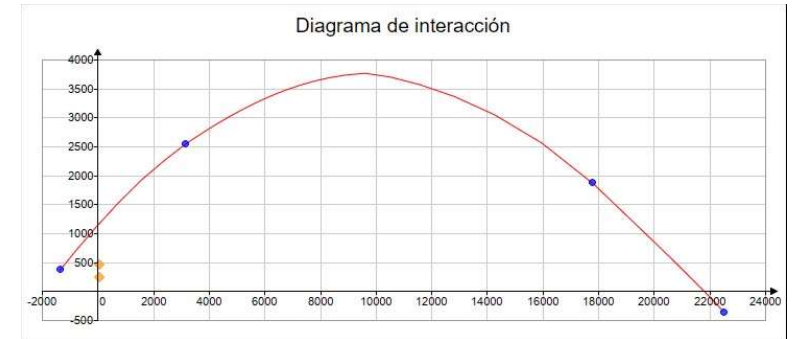
Número de casos:

$$n_c := 2 \quad i_c := 1 \dots n_c$$

Esfuerzos:

$$N_{d.i.dintel} := \begin{bmatrix} FT_{dintel.1.d} \\ FT_{dintel.2.d} \end{bmatrix}$$

$$M_{d.i.dintel} := \begin{bmatrix} MT_{dintel.1.d} \\ MT_{dintel.2.d} \end{bmatrix}$$



Coefficiente de seguridad:

$$\gamma_{flex_{i_c}} := EHE08_{RECT.42.seg} (Dintel, N_{d.i.dintel_{i_c}}, M_{d.i.dintel_{i_c}})$$

$$\gamma_{flex}^T = [5.31 \quad 2.75] \quad \text{mayorque } (\gamma_{flex}, 1)^T = ["si" \quad "si"]$$

Teknés Innovación

Comprobación a cortante:

$$\text{Resistencia del elemento: } V_{Rd,s,dintel} := \frac{2 \cdot \phi_{dintel,cercos}}{sep_{cercos,dintel}} \cdot 0.9 \cdot d_{dintel} \cdot f_{yd,pila} \cdot \cot(45^\circ) = 716.94 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s,dintel} = 716.94 \text{ kN}$$

$$FS_{dintel,cortante} := \frac{V_{Rd,s,dintel}}{\max(FV_{dintel,1,d}, FV_{dintel,2,d})}$$

$$FS_{dintel,cortante} = 1.1$$

B.3 FUSTE

B.3.1 ESFUERZOS EN PIE DEL FUSTE

Combinaciones en pie de fuste, por pila.

Peso propio de la pila: $FV_{pp,pila,d} := \gamma_{pp} \cdot W_{Pila}$

$$FV_{pp,pila,d} = 204.86 \text{ kN}$$

1. Máximo axil:

$$FV_{fuste,1,d} := 2 \cdot FV_{p,1,d} + FV_{pp,pila,d}$$

$$FL_{fuste,1,d} := 2 \cdot FL_{p,1,d}$$

$$FT_{fuste,1,d} := 2 \cdot FT_{p,1,d}$$

$$FV_{fuste,1,d} = 701.66 \text{ kN}$$

$$FL_{fuste,1,d} = 169.2 \text{ kN}$$

$$FT_{fuste,1,d} = 57.6 \text{ kN}$$

$$MT_{fuste,1,d} := 2 \cdot (MT_{p,1,d} + FT_{p,1,d} \cdot H_{Pila})$$

$$ML_{fuste,1,d} := 2 \cdot FL_{p,1,d} \cdot H_{total,Subestr}$$

$$MT_{fuste,1,d} = 341.68 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$ML_{fuste,1,d} = 919.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2. Máximo momento:

$$FV_{fuste,2,d} := 2 \cdot FV_{p,2,d} + FV_{pp,pila,d}$$

$$FL_{fuste,2,d} := 2 \cdot FL_{p,2,d}$$

$$FT_{fuste,2,d} := 2 \cdot FT_{p,2,d}$$

$$FV_{fuste,2,d} = 499.16 \text{ kN}$$

$$FL_{fuste,2,d} = 169.2 \text{ kN}$$

$$FT_{fuste,2,d} = 57.6 \text{ kN}$$

$$MT_{fuste,2,d} := 2 \cdot (MT_{p,2,d} + FT_{p,2,d} \cdot H_{Pila})$$

$$ML_{fuste,2,d} := 2 \cdot FL_{p,2,d} \cdot H_{Pila}$$

$$MT_{fuste,2,d} = 544.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$ML_{fuste,2,d} = 749.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Teknés Innovación

B.3.2 DIMENSIONAMIENTO DEL DINTEL

Cuánta dispuesta:

Armado longitudinal:

Flexión: $A_{s,fuste,flexion} := n_{fuste,flexion} \cdot \phi_{fuste,flexion}$ $A_{s,fuste,flexion} = 117.81 \text{ cm}^2$

Estribos: $A_{s,fuste,cercos} := \frac{h_{fuste,pila}}{sep_{fuste,cercos}} \cdot 2 \cdot \phi_{fuste,cercos}$ $A_{s,dintel,cercos} = 113.1 \text{ cm}^2$

Definición de la sección:

Perímetro de la sección:

$$Coord_{sec,circ} := armado_{circulo} \left(0, 0, \frac{\phi_{fuste,pila}}{2}, 20 \right)$$

Perímetro de las armaduras:

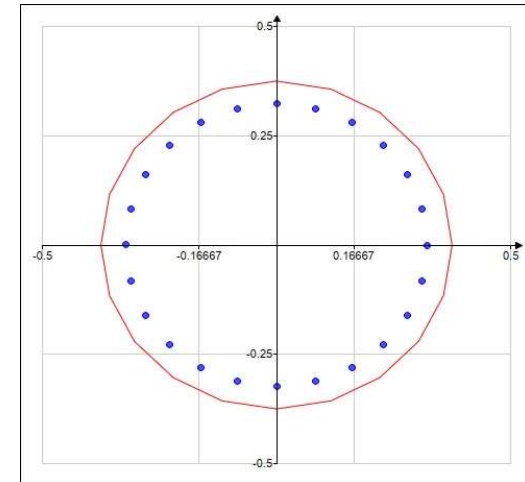
$$Coord_{arm} := armado_{circulo} \left(0, 0, \frac{\phi_{fuste,pila}}{2} - rec_{pila} - \frac{diam(\phi_{fuste,flexion})}{2}, n_{fuste,flexion} \right)$$

Vector de armaduras:

$$i_{arm} := 1 \dots n_{fuste,flexion} \quad Arm_{sec,circ,i_{arm}} := \phi_{fuste,flexion}$$

Sección:

$$Fuste := EHE08_{POLI} (Coord_{sec,circ}, Coord_{arm}, Arm_{sec,circ}, f_{ck,pila}, f_{yk,pila}, \gamma_h, \gamma_y)$$



Teknés Innovación

Comprobación de la sección:

Esfuerzos:

$$N_{d,i} := \begin{bmatrix} FV_{fuste,1,d} \\ FV_{fuste,2,d} \end{bmatrix} \quad M_{d,Y,i} := \begin{bmatrix} MT_{fuste,1,d} \\ MT_{fuste,2,d} \end{bmatrix} \quad M_{d,Z,i} := \begin{bmatrix} ML_{fuste,1,d} \\ ML_{fuste,2,d} \end{bmatrix}$$

Momento último con axil nulo:

$$M_{ult,N,0} := EHE08_{POLI.A2.M.D}(Fuste)_1 \quad M_{ult,N,0} = 1311.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momento último con axil máximo:

$$M_{ult,N,max} := EHE08_{POLI.A2.M.D.azil}(Fuste, \max(N_{d,i}))_1 \quad M_{ult,N,max} = 1408.12 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

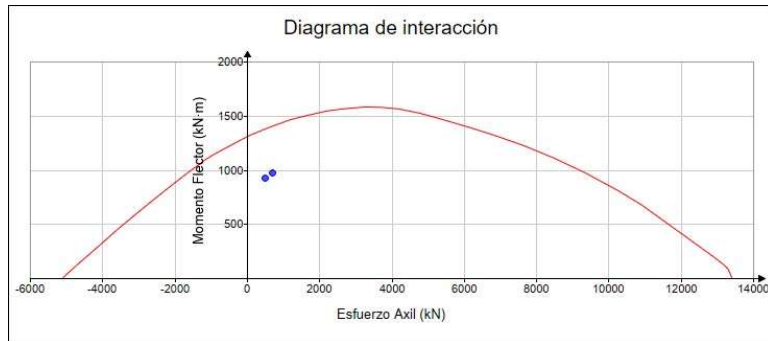
Momento último con axil mínimo:

$$M_{ult,N,min} := EHE08_{POLI.A2.M.D.azil}(Fuste, \min(N_{d,i}))_1 \quad M_{ult,N,min} = 1382.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Esfuerzos de cálculo:

$$\text{Axil:} \quad N_{d,i}^T = [701.7 \quad 499.2] \text{ kN}$$

$$\text{Momento flector combinado:} \quad M_{d,i_e} := \sqrt{(M_{d,Y,i_e})^2 + (M_{d,Z,i_e})^2} \quad M_{d,i}^T = [980.6 \quad 926.5] \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$\text{Factor de utilización:} \quad \rho_{util,i_e} := EHE08_{POLI.A2.\rho.MY}(Fuste, N_{d,i_e}, M_{d,i_e}) \quad \rho_{util}^T = [67.7 \quad 65.4] \%$$

Teknés Innovación

Nombre del proyecto:

$ID_{Proyecto} := \text{"PR-0327"}$

Estructura:

$ID_{Estructura} := \text{"Recrecido Pila existente"}$

Cálculo:

$ID_{Calculo} := 00$

ÍNDICE:

A. DATOS DE ENTRADA

A.1 DATOS DE LA ESTRUCTURA

A.1.1 GEOMETRIA

A.1.2 REACCIONES EN APOYOS

A.2 MATERIALES

B. RESULTADOS

B.1 REACCIONES EN EJE POR VANO

B.2 ACCIONES EN CABEZA DE PILA

C. ARMADO

D. ESTABILIDAD

A. DATOS DE PARTIDA**A.1. DATOS DE LA ESTRUCTURA****A.1.1 GEOMETRÍA**

Ancho de la pasarela:	$b_{pas} := 4 \text{ m}$
Distancia Apoyo a eje Pila:	$dist_{apoyo.eje.pasarela} := 2.35 \text{ m}$
Angulo esviación de la estructura:	$\alpha := 49.91^\circ$

A.1.2 REACCIONES EN APOYOS

Las reacciones en apoyos se dan con su valor característico, para ello, de manera previa se exponen los coeficientes de mayoración y simultaneidad.

COEFICIENTES EMPLEADOS:

Peso Propio:	$\gamma_{pp} := 1.35$	
Sobrecarga:	$\gamma_{sc} := 1.35$	$\psi_{sobrecarga} := 0$
Viento:	$\gamma_w := 1.5$	$\psi_w := 0.6$

REACCIONES EN APOYOS:

Fuerzas verticales:			
Peso Propio:	$FV_{pp.a1} := 130 \text{ kN}$	$FV_{pp.a2} := 130 \text{ kN}$	
Sobrecarga:	$FV_{sc.a1} := 250 \text{ kN}$	$FV_{sc.a2} := 250 \text{ kN}$	
Viento:	$FV_{w.a1} := 105 \text{ kN}$	$FV_{w.a2} := 105 \text{ kN}$	
Fuerza longitudinal:			
Sobrecarga:	$FL_{sc.a1} := 100 \text{ kN}$	$FL_{sc.a2} := 100 \text{ kN}$	
Viento:	$FL_{w.a1} := 45 \text{ kN}$	$FL_{w.a2} := 45 \text{ kN}$	
Fuerza transversal:			
Viento:	$FT_{w.a1} := 100 \text{ kN}$	$FT_{w.a2} := 100 \text{ kN}$	

A.2 MATERIALES**ACERO:**

Acero B500S			
Límite elástico característico:	$f_{yk.recrecido} := 500 \text{ MPa}$		
Coefficiente de minoración del material:	$\gamma_y := 1.15$		
Límite elástico de cálculo:	$f_{yd.recrecido} := \frac{f_{yk.recrecido}}{\gamma_y}$	$f_{yd.recrecido} = 434.78 \text{ MPa}$	

HORMIGÓN:

Peso específico del Hormigón Armado:	$\gamma_{HA} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$		
Coefficiente de minoración del material:	$\gamma_h := 1.5$		
Resistencia característica Hormigón:	$f_{ck.recrecido} := 30 \text{ MPa}$		
Resistencia de cálculo del Hormigón:	$f_{cd.recrecido} := \frac{f_{ck.recrecido}}{\gamma_h}$	$f_{cd.recrecido} = 20 \text{ MPa}$	

A.3 GEOMETRÍA Y ARMADO**PILA EXISTENTE:**

Anchura del recrecido de la pila:	$b_{recre.pila} := 3 \text{ m}$
-----------------------------------	---------------------------------

ARMADO DISPUESTO:

Recubrimiento armado:	$rec_{recre.pila} := 40 \text{ mm}$		
Armado horizontal:	$n_{recre.pila.horiz} := \frac{1 \text{ m}}{0.20 \text{ m}}$	$\phi_{recre.pila.horiz} := \phi 16$	
Armadura vertical:	$n_{recre.pila.vert} := \frac{1 \text{ m}}{0.20 \text{ m}}$	$\phi_{recre.pila.vert} := \phi 16$	

RECRECIDO DE LA PILA:

Área recrecido:	$Area_{recrecido} := 24.5 \text{ m}^2$
Altura recrecida:	$h_{recrecido} := 1 \text{ m}$
Coefficiente rozamiento Sillería-Hormigón:	$\mu_{silleria.hormigon} := 0.5$

B. RESULTADOS**B.1 REACCIONES EN EJE POR VANO**

Se presentan las reacciones de la pasarela por eje, siguiendo las siguientes hipótesis:

*: La componente vertical del viento se toma como esfuerzo torsor.

1. Máximo axil:

Fuerzas verticales:

$$\text{Peso Propio: } FV_{pp,1,k} := FV_{pp,a1} + FV_{pp,a2}$$

$$\text{Sobrecarga: } FV_{sc,1,k} := FV_{sc,a1} + FV_{sc,a2}$$

$$\text{Viento *: } FV_{w,1,k} := FV_{w,a1} - FV_{w,a2}$$

Fuerza longitudinal:

$$\text{Sobrecarga: } FL_{sc,1,k} := FL_{sc,a1} + FL_{sc,a2}$$

$$\text{Viento: } FL_{w,1,k} := FL_{w,a1} + FL_{w,a2}$$

Fuerza transversal:

$$\text{Viento: } FT_{w,1,k} := FT_{w,a1} + FT_{w,a2}$$

$$FV_{pp,1,k} = 260 \text{ kN}$$

$$FV_{sc,1,k} = 500 \text{ kN}$$

$$FV_{w,1,k} = 0 \text{ N}$$

$$FL_{sc,1,k} = 200 \text{ kN}$$

$$FL_{w,1,k} = 90 \text{ kN}$$

$$FT_{w,1,k} = 200 \text{ kN}$$

2. Máximo momento:

Fuerzas verticales:

$$\text{Peso Propio: } FV_{pp,2,k} := FV_{pp,a1} + FV_{pp,a2}$$

$$\text{Sobrecarga: } FV_{sc,2,k} := \max(FV_{sc,a1}, FV_{sc,a2})$$

$$\text{Viento *: } FV_{w,2,k} := FV_{w,a1} - FV_{w,a2}$$

Fuerza longitudinal:

$$\text{Sobrecarga: } FL_{sc,2,k} := FL_{sc,a1} + FL_{sc,a2}$$

$$\text{Viento: } FL_{w,2,k} := FL_{w,a1} + FL_{w,a2}$$

Fuerza transversal:

$$\text{Viento: } FT_{w,2,k} := FT_{w,a1} + FT_{w,a2}$$

$$FV_{pp,2,k} = 260 \text{ kN}$$

$$FV_{sc,2,k} = 250 \text{ kN}$$

$$FV_{w,2,k} = 0 \text{ N}$$

$$FL_{sc,2,k} = 200 \text{ kN}$$

$$FL_{w,2,k} = 90 \text{ kN}$$

$$FT_{w,2,k} = 200 \text{ kN}$$

B.2 ACCIONES EN CABEZA DE PILA

Combinaciones en cabeza de estribo, por vano.

1. Máximo axil:

$$FV_{p,1,d} := (\gamma_{pp} \cdot FV_{pp,1,k} + \gamma_{sc} \cdot FV_{sc,1,k})$$

$$FL_{p,1,d} := (\gamma_{sc} \cdot FL_{sc,1,k} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot FL_{w,1,k})$$

$$FT_{p,1,d} := (\psi_w \cdot \gamma_w \cdot FT_{w,1,k})$$

$$FV_{p,1,d} = 1026 \text{ kN}$$

$$FL_{p,1,d} = 351 \text{ kN}$$

$$FT_{p,1,d} = 180 \text{ kN}$$

2. Máximo momento:

$$FV_{p,2,d} := (\gamma_{pp} \cdot FV_{pp,2,k} + \gamma_{sc} \cdot FV_{sc,2,k})$$

$$FL_{p,2,d} := (\gamma_{sc} \cdot FL_{sc,2,k} + \psi_w \cdot \gamma_w \cdot FL_{w,2,k})$$

$$FT_{p,2,d} := (\psi_w \cdot \gamma_w \cdot FT_{w,2,k})$$

$$FV_{p,2,d} = 688.5 \text{ kN}$$

$$FL_{p,2,d} = 351 \text{ kN}$$

$$FT_{p,2,d} = 180 \text{ kN}$$

C. ARMADO

Dadas las características del elemento, se dimensiona con el armado horizontal mínimo.

Armado dispuesto:

Armado vertical:

$$A_{s,recr.pila,vert} := n_{recr.pila,vert} \cdot \phi_{recr.pila,vert}$$

$$A_{s,recr.pila,vert} = 10.05 \text{ cm}^2$$

Armado horizontal:

$$A_{s,recr.pila,hORIZ} := n_{recr.pila,hORIZ} \cdot \phi_{recr.pila,hORIZ}$$

$$A_{s,recr.pila,hORIZ} = 10.05 \text{ cm}^2$$

Sección de estudio:

$$A_{c,recr.pila,vert} := 1 \text{ m} \cdot b_{recr.pila}$$

$$A_{c,recr.pila,vert} = 3 \text{ m}^2$$

$$A_{c,recr.pila,hORIZ} := 1 \text{ m} \cdot \min(0.5 \text{ m}, b_{recr.pila})$$

$$A_{c,recr.pila,hORIZ} = 0.5 \text{ m}^2$$

Armado Mínimo:

Armado horizontal:

$$Armado_{min,recr.pila,hORIZ} := 0.0032 \cdot A_{c,recr.pila,hORIZ} \cdot 50\%$$

$$Armado_{min,recr.pila,hORIZ} = 8 \text{ cm}^2$$

Factor de seguridad:

Armado vertical:

$$FS_{recr.pila,hORIZ} := \frac{A_{s,recr.pila,hORIZ}}{Armado_{min,recr.pila,hORIZ}}$$

$$FS_{recr.pila,hORIZ} = 1.26$$

D. ESTABILIDAD

Peso propio recrecido:

$$W_{recrecido,d} := \gamma_{HA} \cdot (Area_{recrecido} \cdot h_{recrecido})$$

$$W_{recrecido,d} = 612.5 \text{ kN}$$

Resistencia a fuerzas horizontales:

$$FH_{limite} := \mu_{silleria.hormigon} \cdot W_{recrecido,d}$$

$$FH_{limite} = 306.25 \text{ kN}$$

Factor de seguridad:

$$FS_{despl,hORIZ} := \frac{FH_{limite}}{\max(FT_{p,1,d}, FT_{p,2,d})}$$

$$FS_{despl,hORIZ} = 1.7$$

Tecnés Innovación

Nombre del proyecto: $ID_{Proyecto} := \text{"Pr-0327"}$

Estructura: $ID_{Estructura} := \text{"Estribo 2"}$

Cálculo: $ID_{Calculo} := 00$

ÍNDICE:

- A. DATOS DE ENTRADA
 - A.1 DATOS DE LA ESTRUCTURA
 - A.1.1 GEOMETRIA
 - A.1.2 REACCIONES EN APOYOS
 - A.2 MATERIALES
 - A.3 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LA SUBESTRUCTURA: ESTRIBO 2
 - A.4 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LOS MICROPILOTES
- B. RESULTADOS
 - B.1 REACCIONES EN EJE
 - B.1.1 REACCIONES EN EJE POR VANO
 - B.1.2 ACCIONES EN CABEZA DE PILA
 - B.2 REACCIONES SOBRE LA BASE DE LA ESTRUCTURA
 - B.2.1 EMPUJE DEL TERRENO
 - B.2.2 PESO PROPIO Y PESO MUERTO
 - B.3 ESFUERZOS EN MICROPILOTES
 - B.4 ARMADO ESTRIBO 2
- C. CAPACIDAD DE LOS MICROPILOTES

Tecnés Innovación

A. DATOS DE PARTIDA

A.1. DATOS DE LA ESTRUCTURA

A.1.1 GEOMETRIA

Ancho de la pasarela: $b_{pas} := 4 \text{ m}$

Distancia Apoyo a eje Pila: $dist_{apoyo.eje.pasarela} := 2.31 \text{ m}$

Esviaje: $\alpha := 49.91^\circ$

A.1.2 REACCIONES EN APOYOS

Las reacciones en apoyos se dan con su valor característico, para ello, de manera previa se exponen los coeficientes de mayoración y simultaneidad.

COEFICIENTES EMPLEADOS:

Peso Propio: $\gamma_{pp} := 1.35$

Sobrecarga: $\gamma_{sc} := 1.35$ $\psi_{sobrecarga} := 0$

Viento: $\gamma_w := 1.5$ $\psi_w := 0.6$

REACCIONES EN APOYOS:

Fuerzas verticales:			
Peso Propio:	$FV_{pp.a1} := 130 \text{ kN}$	$FV_{pp.a2} := 130 \text{ kN}$	
Sobrecarga:	$FV_{sc.a1} := 250 \text{ kN}$	$FV_{sc.a2} := 250 \text{ kN}$	
Viento:	$FV_{w.a1} := 105 \text{ kN}$	$FV_{w.a2} := 105 \text{ kN}$	
Fuerza longitudinal:			
Sobrecarga:	$FL_{sc.a1} := 100 \text{ kN}$	$FL_{sc.a2} := 100 \text{ kN}$	
Viento:	$FL_{w.a1} := 45 \text{ kN}$	$FL_{w.a2} := 45 \text{ kN}$	
Fuerza transversal:			
Viento:	$FT_{w.a1} := 100 \text{ kN}$	$FT_{w.a2} := 100 \text{ kN}$	

A.2. MATERIALES

ACERO:

Armado:

Acero B500S

Límite elástico característico:

$$f_{yk.Cimentacion} := 500 \text{ MPa}$$

Se ha limitado la capacidad del acero a 400MPa.

Coefficiente de minoración del material:

$$\gamma_y := 1.15$$

Límite elástico de cálculo:

$$f_{yd.Cimentacion} := \min \left(400 \text{ MPa}, \frac{f_{yk.Cimentacion}}{\gamma_y} \right)$$

$$f_{yd.Cimentacion} = 400 \text{ MPa}$$

Micropilote:

Límite elástico:

$$f_{sk.micro} := \text{Acero_tuberia: N80} \downarrow$$

$$f_{sk.micro} = 552 \text{ MPa}$$

Coefficiente de minoración del material:

$$\gamma_s := 1.1$$

$$f_{sy.micro} := \frac{f_{sk.micro}}{\gamma_s}$$

$$f_{sy.micro} = 501.82 \text{ MPa}$$

HORMIGÓN:

Peso específico hormigón:

$$\gamma_{HA} := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Coefficiente de minoración del material:

$$\gamma_h := 1.5$$

Estribo 1:

Resistencia característica Hormigón:

$$f_{ck.estribo2} := 25 \text{ MPa}$$

Resistencia de cálculo del Hormigón:

$$f_{cd.estribo1} := \frac{f_{ck.estribo2}}{\gamma_h}$$

$$f_{cd.estribo1} = 16.67 \text{ MPa}$$

Micropilote:

Resistencia característica:

$$f_{ck.micro} := 25 \text{ MPa}$$

Resistencia de cálculo del Hormigón:

$$f_{cd.micro} := \frac{f_{ck.micro}}{\gamma_h}$$

$$f_{cd.micro} = 16.67 \text{ MPa}$$

A.3 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LA SUBESTRUCTURA: ESTRIBO 2

Sobrecarga:

$$F_{sc.estribo2} := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ancho total del estribo:

$$b_{estribo2} := 8.55 \text{ m}$$

ESTRIBO:

Espadín:

Altura del espadín:

$$h_{espaldin} := 2.15 \text{ m}$$

Ancho del espadín:

$$b_{espaldin} := 0.25 \text{ m}$$

Volumen espadín:

$$Vol_{espaldin} := b_{estribo2} \cdot b_{espaldin} \cdot h_{espaldin}$$

$$Vol_{espaldin} = 4.6 \text{ m}^3$$

Cargadero estructural:

Altura del cargadero:

$$h_{cargadero} := 1.40 \text{ m}$$

Ancho del cargadero:

$$b_{cargadero} := 0.80 \text{ m}$$

Volumen cargadero:

$$Vol_{cargadero} := b_{estribo2} \cdot b_{cargadero} \cdot h_{cargadero}$$

$$Vol_{cargadero} = 9.58 \text{ m}^3$$

Talón: (Trasdós)

Altura del talón:

$$h_{talon} := 0.6 \text{ m}$$

Ancho del talón:

$$b_{talon} := 1 \text{ m}$$

$$Vol_{talon} := b_{estribo2} \cdot b_{talon} \cdot h_{talon}$$

$$Vol_{talon} = 5.13 \text{ m}^3$$

Volumen total del Estribo 1:

$$Vol_{estribo2} := Vol_{cargadero} + Vol_{espaldin} + Vol_{talon}$$

$$Vol_{estribo2} = 19.3 \text{ m}^3$$

Peso del estribo:

$$W_{estribo2} := Vol_{estribo2} \cdot \gamma_{HA}$$

$$W_{estribo2} = 482.54 \text{ kN}$$

Definición geométrica del Estribo 1:

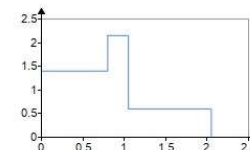
$$Estribo2 := \begin{bmatrix} 0 \text{ m} & 0 \text{ m} \\ \vdots \end{bmatrix}$$

Centro de gravedad del estribo:

$$cdg_{estribo2} := POL_{cdg}(Estribo2)$$

$$cdg_{estribo2} = \begin{bmatrix} 0.83 \\ 0.68 \end{bmatrix} \text{ m}$$

ESTRIBO 2



Distancias:

Eje micros a eje apoyo (dirección x):

$$dist_{f1.mic.eje.y} := dist_{apoyo.eje.pasarela}$$

$$dist_{f1.mic.eje.y} = 2.31 \text{ m}$$

Eje micros a eje apoyo (dirección y):

$$dist_{f1.mic.eje.x} := dist_{apoyo.eje.pasarela} \cdot \tan(\alpha)$$

$$dist_{f1.mic.eje.x} = 2.74 \text{ m}$$

Eje 2 micros:

$$dist_{f2.mic.eje.x} := b_{cargadero} + b_{espaldin} + \frac{b_{talon}}{2}$$

$$dist_{f2.mic.eje.x} = 1.55 \text{ m}$$

Distancia eje y apoyo:

$$dist_{eje.y.apoyo} := \frac{b_{cargadero}}{2} \quad dist_{eje.y.apoyo} = 0.4 \text{ m}$$

Distancia entre fila de micros en x:

$$dist_{fila.micros.delant.trase} := dist_{f2.mic.eje.x} - dist_{eje.y.apoyo}$$

$$dist_{fila.micros.delant.trase} = 1.15 \text{ m}$$

Teknés Innovación

Armado:

Recubrimiento armado:

$$rec_{estribo2} := 40 \text{ mm}$$

Armado compresión espaldín:

$$n_{estribo2.espaldin.comp} := \frac{1 \text{ m}}{0.25 \text{ m}}$$

$$\phi_{estribo2.espaldin.comp} := \phi 12$$

Armado tracción espaldín:

$$n_{estribo2.espaldin.trac} := \frac{1 \text{ m}}{0.25 \text{ m}}$$

$$\phi_{estribo2.espaldin.trac} := \phi 12$$

Armado horizontal espaldín:

$$n_{estribo2.espaldin.horiz} := \frac{1 \text{ m}}{0.25 \text{ m}}$$

$$\phi_{estribo2.espaldin.horiz} := \phi 12$$

Armado compresión aleta:

$$n_{estribo2.aleta.comp} := \frac{1 \text{ m}}{15 \text{ cm}}$$

$$\phi_{estribo2.aleta.comp} := \phi 16$$

Armado tracción aleta:

$$n_{estribo2.aleta.trac} := \frac{1 \text{ m}}{15 \text{ cm}}$$

$$\phi_{estribo2.aleta.trac} := \phi 16$$

Armado horizontal aleta:

$$n_{estribo2.aleta.horiz} := \frac{1 \text{ m}}{25 \text{ cm}}$$

$$\phi_{estribo2.aleta.horiz} := \phi 12$$

TERRENO:

Peso específico del terreno de relleno:

$$\gamma_{terreno} := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Coefficiente de empuje del terreno:

$$K_{empuje} := 0.3$$

Volumen de rellenos sobre Estribo 1:

$$Vol_{grabas.estribo2} := b_{talon} \cdot (h_{espaldin} - h_{talon}) \cdot b_{estribo2}$$

$$Vol_{grabas.estribo2} = 13.25 \text{ m}^3$$

Peso del relleno sobre la estructura:

$$W_{grabas.estribo2} := Vol_{grabas.estribo2} \cdot \gamma_{terreno}$$

$$W_{grabas.estribo2} = 265.05 \text{ kN}$$

Posicionamiento del cdg de los rellenos:

$$cdg_{pm.estribo2} := b_{cargadero} + b_{espaldin} + \frac{b_{talon}}{2}$$

$$cdg_{pm.estribo2} = 1.55 \text{ m}$$

Teknés Innovación

A.4 GEOMETRIA Y DATOS GENERALES DE LOS MICROPILOTES

DATOS DEL MICROPILOTE:

Diámetro nominal del micropilote:

$$\phi_{Micropilote} := 200 \text{ mm}$$

Tubería del micro:

$$Tuberia := \text{[Tubería: 139.7*9]}$$

Diámetro exterior:

$$Diametro_{tuberia} := Tuberia_{1,1} = 139.7 \text{ mm}$$

Espesor:

$$Espesor_{tuberia} := Tuberia_{2,1} = 9 \text{ mm}$$

Área de la tubería:

$$Area_{tuberia} := Tuberia_{3,1} \cdot \text{cm}^2 = 36.95 \text{ cm}^2$$

Peso por metro lineal:

$$Peso_{mt} := Tuberia_{4,1} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 31 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Longitud del micropilote:

$$L_{Micro} := 13 \text{ m}$$

Longitud anclada en roca:

$$L_{roca} := 3 \text{ m}$$

DATOS DEL TERRENO:

Material: Roca

Profundidad supuesta:

$$h_{roca} := 10 \text{ m}$$

Resistencia a compresión simple:

$$q_u := 30 \text{ MPa}$$

GEOTECNIA:

Hundimiento:

$$ResistenciaUnitariaCalculo := \text{[Tipo de roca: Margas y margocalizas]}$$

$$\left[\begin{matrix} f_{e,d} \\ q_{pe,d} \end{matrix} \right] := ResistenciaUnitariaCalculo$$

Resistencia unitaria por fuste de cálculo en el empotramiento en roca:

$$f_{e,d} = 0.4 \text{ MPa}$$

Resistencia unitaria por punta de cálculo en el empotramiento en roca:

$$q_{pe,d} = 0.07$$

Arranque:

Resistencia unitaria de cálculo por fuste frente esfuerzo de tracción:

$$R_{ft,d} := f_{e,d}$$

Coefficiente de minoración del Peso Propio:

$$F_{we} := 1.2$$

RESISTENCIA ESTRUCTURAL:

Compresión:

Reducción espesor por corrosión: (Tabla 2.4)

$$r_e := \text{[Tipo de suelo (Vida útil de 100 años): Suelos naturales sin alterar]}$$

$$r_e = 1.2 \text{ mm}$$

Coefficiente de minoración: (Tabla 3.4)

$$F_{uc} := \text{[De rosca, machimebrada, sin sección ensanchada y con contacto a tope con ambos extremos]}$$

$$F_{uc} = 1$$

Coefficiente de influencia del tipo de ejecución: (Tabla 3.5)

$$F_e := \text{[Cualquier tipo de terreno perforado al amparo del revestimiento recuperable]}$$

$$F_e = 1.05$$

Factor empírico de pandeo:

$$R := 1$$

Tracción:

Coefficiente de minoración: (Tabla 3.7)

$$F_{ut} := \text{[Otras uniones diseñadas específicamente para no sufrir pérdidas de resistencia]}$$

$$F_{ut} = 1$$

B. RESULTADOS

B.1 REACCIONES EN EJE

B.1.1 REACCIONES EN EJE POR VANO

Se presentan las reacciones de la pasarela por eje, siguiendo las siguientes hipótesis:

Fuerzas verticales:

$$\begin{aligned} \text{Peso Propio: } FV_{pp.1,k} &:= FV_{pp.a1} + FV_{pp.a2} & FV_{pp.1,k} &= 260 \text{ kN} \\ \text{Sobrecarga: } FV_{sc.1,k} &:= FV_{sc.a1} + FV_{sc.a2} & FV_{sc.1,k} &= 500 \text{ kN} \\ \text{Viento: } FV_{w.1,k} &:= FV_{w.a1} + FV_{w.a2} & FV_{w.1,k} &= 210 \text{ kN} \end{aligned}$$

B.1.2 ACCIONES EN CABEZA DE PILA

Combinaciones en cabeza de estribo, por vano.

$$FV_{p.1,d} := (\gamma_{pp} \cdot FV_{pp.1,k} + \gamma_{sc} \cdot FV_{sc.1,k}) \quad FV_{p.1,d} = 1026 \text{ kN}$$

Estos esfuerzos de reparte de la siguiente manera en los micropilotes.

$$\text{Micropilote 1: } N_{mic1.estribo2.estructura} := \frac{1}{2} \cdot FV_{p.1,d} \quad N_{mic1.estribo2.estructura} = 513 \text{ kN}$$

$$\text{Micropilote 2: } N_{mic2.estribo2.estructura} := \frac{1}{2} \cdot FV_{p.1,d} \quad N_{mic2.estribo2.estructura} = 513 \text{ kN}$$

B.2 REACCIONES SOBRE LA BASE DE LA ESTRUCTURA

B.2.1 EMPUJE TERRENO

$$\text{Empuje del terreno: } E_{terreno}(x) := \frac{1}{2} \cdot \gamma_{terreno} \cdot \gamma_{pp} \cdot x \cdot K_{empuje}$$

$$\text{Tensión horizontal: } \sigma_{muro}(x) := F_{sc.estribo2} \cdot \gamma_{sc} + E_{terreno}(x)$$

$$\text{Esfuerzo vertical del muro: } FH_{muro.esc} := \int_0^{h_{espaldin}} \sigma_{muro}(h) \cdot b_{estribo2} dh \quad FH_{muro.esc} = 328.2 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Momento del muro: } M_{muro}(x) &:= \int_0^x \sigma_{muro}(h) \cdot h dh \\ M_{muro.vuelco} &:= M_{muro}(h_{espaldin}) \cdot b_{estribo2} \quad M_{muro.vuelco} = 381.49 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

Carga vertical por empuje del terreno en cada micropilote:

$$\text{Micropilote 1: } N_{mic1.estribo2.mv} := \frac{1}{2} \cdot \frac{M_{muro.vuelco}}{dist_{fila.micros.delant.trase}} \quad N_{mic1.estribo2.mv} = -165.87 \text{ kN}$$

$$\text{Micropilote 2: } N_{mic2.estribo2.mv} := \frac{1}{2} \cdot \frac{M_{muro.vuelco}}{dist_{fila.micros.delant.trase}} \quad N_{mic2.estribo2.mv} = -165.87 \text{ kN}$$

$$\text{Micropilote 3: } N_{mic3.estribo2.mv} := \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{M_{muro.vuelco}}{dist_{fila.micros.delant.trase}} \right) \quad N_{mic3.estribo2.mv} = 165.87 \text{ kN}$$

$$\text{Micropilote 4: } N_{mic4.estribo2.mv} := \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{M_{muro.vuelco}}{dist_{fila.micros.delant.trase}} \right) \quad N_{mic4.estribo2.mv} = 165.87 \text{ kN}$$

B.2.2 PESO PROPIO Y PESO MUERTO

Peso propio y Peso muerto en la subestructura:

$$\text{Peso propio: } F_{pp.estribo2,d} := \gamma_{pp} \cdot W_{estribo2} \quad F_{pp.estribo2,d} = 651.43 \text{ kN}$$

$$\text{Peso muerto: } F_{pm.estribo2,d} := \gamma_{pp} \cdot W_{grabas.estribo2} \quad F_{pm.estribo2,d} = 357.82 \text{ kN}$$

$$\text{Sumatorio: } F_{pp.pm.estribo2,d} := F_{pp.estribo2,d} + F_{pm.estribo2,d} \quad F_{pp.pm.estribo2,d} = 1009.25 \text{ kN}$$

Momento longitudinal generado en la alineación de micropilotes 1 y 2.

$$\text{Peso propio: } ML_{pp.estribo2} := (cdg_{estribo2} - dist_{ejej.apoyo}) \cdot F_{pp.estribo2,d} \quad ML_{pp.estribo2} = 280.54 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Peso muerto: } ML_{pm.estribo2} := (cdg_{pm.estribo2} - dist_{ejej.apoyo}) \cdot F_{pm.estribo2,d} \quad ML_{pm.estribo2} = 411.49 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Sumatorio: } ML_{pp.pm.estribo2} := ML_{pp.estribo2} + ML_{pm.estribo2} \quad ML_{pp.pm.estribo2} = 692.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Carga vertical por peso propio y peso muerto en cada micropilote:

$$\begin{aligned} \text{Micropilote 1: } N_{mic1.estribo2.pp.pm} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(F_{pp.pm.estribo2,d} - \frac{ML_{pp.pm.estribo2}}{dist_{fila.micros.delant.trase}} \right) \\ N_{mic1.estribo2.pp.pm} &= 203.74 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Micropilote 2: } N_{mic2.estribo2.pp.pm} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(F_{pp.pm.estribo2,d} - \frac{ML_{pp.pm.estribo2}}{dist_{fila.micros.delant.trase}} \right) \\ N_{mic2.estribo2.pp.pm} &= 203.74 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Micropilote 3: } N_{mic3.estribo2.pp.pm} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{ML_{pp.pm.estribo2}}{dist_{fila.micros.delant.trase}} \right) \\ N_{mic3.estribo2.pp.pm} &= 300.88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Micropilote 4: } N_{mic4.estribo2.pp.pm} &:= \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{ML_{pp.pm.estribo2}}{dist_{fila.micros.delant.trase}} \right) \\ N_{mic4.estribo2.pp.pm} &= 300.88 \text{ kN} \end{aligned}$$

B.3 ESFUERZOS EN MICROPILOTES

Se presenta el sumatorio de las diferentes cargas solicitadas en cada micropilote.

$$\begin{aligned} \text{Micropilote 1:} \quad N_{mic1.estribo2} &:= N_{mic1.estribo2.pp.pm} + N_{mic1.estribo2.mv} + N_{mic1.estribo2.estructura} \\ N_{mic1.estribo2} &= 550.88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Micropilote 2:} \quad N_{mic2.estribo2} &:= N_{mic2.estribo2.pp.pm} + N_{mic2.estribo2.mv} + N_{mic2.estribo2.estructura} \\ N_{mic2.estribo2} &= 550.88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Micropilote 3:} \quad N_{mic3.estribo2} &:= N_{mic3.estribo2.pp.pm} + N_{mic3.estribo2.mv} \\ N_{mic3.estribo2} &= 466.75 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Micropilote 4:} \quad N_{mic4.estribo2} &:= N_{mic4.estribo2.pp.pm} + N_{mic4.estribo2.mv} \\ N_{mic4.estribo2} &= 466.75 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Definición matriz resultados obtenida: } N_{mic.estribo2} := [N_{mic1.estribo2} \quad N_{mic2.estribo2} \quad N_{mic3.estribo2} \quad N_{mic4.estribo2}]$$

Esfuerzos máximos:

$$\text{Compresión: } N_{mic.estribo2.max.comp.d} := \max(N_{mic.estribo2}) \quad N_{mic.estribo2.max.comp.d} = 550.88 \text{ kN}$$

$$\text{Tracción: } N_{mic.estribo2.max.trac.d} := \min(0, N_{mic.estribo2}) \quad N_{mic.estribo2.max.trac.d} = 0 \text{ kN}$$

C.1. ARMADO ESTRIBO 2

ESPALDIN:

Armado dispuesto:

$$\begin{aligned} \text{Armado a compresión:} \quad A_{s.estribo2.esoaldin.comp} &:= n_{estribo2.esoaldin.comp} \cdot \phi_{estribo2.esoaldin.comp} \quad A_{s.estribo2.esoaldin.comp} = 4.52 \text{ cm}^2 \\ \text{Armado a tracción:} \quad A_{s.estribo2.esoaldin.trac} &:= n_{estribo2.esoaldin.trac} \cdot \phi_{estribo2.esoaldin.trac} \quad A_{s.estribo2.esoaldin.trac} = 4.52 \text{ cm}^2 \\ \text{Armado horizontal:} \quad A_{s.estribo2.esoaldin.horiz} &:= n_{estribo2.esoaldin.horiz} \cdot \phi_{estribo2.esoaldin.horiz} \quad A_{s.estribo2.esoaldin.horiz} = 4.52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sección de estudio:} \quad A_{c.estribo2.esoaldin.vert} &:= 1 \text{ m} \cdot b_{estribo2} \quad A_{c.estribo2.esoaldin.vert} = 0.25 \text{ m}^2 \\ A_{c.estribo2.esoaldin.horiz} &:= 1 \text{ m} \cdot \min(0.5 \text{ m}, b_{estribo2}) \quad A_{c.estribo2.esoaldin.horiz} = 0.25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mínimo:} \quad \text{Requerido trac.:} \quad Armado_{min.esoaldin.trac} &:= 0.002 \cdot A_{c.estribo2.esoaldin.vert} \cdot 60\% \quad Armado_{min.esoaldin.trac} = 3 \text{ cm}^2 \\ \text{Requerido comp.:} \quad Armado_{min.esoaldin.comp} &:= 0.002 \cdot A_{c.estribo2.esoaldin.vert} \cdot 40\% \quad Armado_{min.esoaldin.comp} = 2 \text{ cm}^2 \\ \text{Requerido horizontal:} \quad Armado_{min.esoaldin.horiz} &:= 0.0032 \cdot A_{c.estribo2.esoaldin.horiz} \cdot 50\% \quad Armado_{min.esoaldin.horiz} = 4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Posicionamiento del armado:} \quad c_{inf} &:= rec_{estribo2} \quad c_{inf} = 0.04 \text{ m} \\ c_{sup.esoaldin} &:= b_{estribo2} - rec_{estribo2} \quad c_{sup.esoaldin} = 0.21 \text{ m} \end{aligned}$$

Definición de la sección:

$$Espaldin := EHE08_{RECT}(b_{estribo2}, 1 \text{ m}, A_{s.estribo2.esoaldin.comp}, A_{s.estribo2.esoaldin.trac}, c_{sup.esoaldin}, c_{inf}, f_{ck.estribo2}, f_{yk.Cimentacion}, \gamma_h, \gamma_y)$$

$$\text{Momento último de la sección:} \quad M_{u.estribo1.esoaldin} := EHE08_{RECT}.M2.1.3.M.U(Espaldin) \quad M_{u.estribo1.esoaldin} = 41.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Esfuerzo del espaldin:} \quad M_{muro.esoaldin} := M_{muro}(h_{estribo2} - h_{cargadero}) \cdot 1 \text{ m} \quad M_{muro.esoaldin} = 4.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Comprobaciones:

$$\text{Esfuerzo:} \quad FS_{estribo2.esoaldin.esfuerzo} := \frac{M_{u.estribo1.esoaldin}}{M_{muro.esoaldin}} \quad FS_{estribo2.esoaldin.esfuerzo} = 9.44$$

$$\text{Armado mínimo:} \quad FS_{estribo2.esoaldin.comp} := \frac{A_{s.estribo2.esoaldin.comp}}{Armado_{min.esoaldin.comp}} \quad FS_{estribo2.esoaldin.comp} = 2.26$$

$$FS_{estribo2.esoaldin.trac} := \frac{A_{s.estribo2.esoaldin.trac}}{Armado_{min.esoaldin.trac}} \quad FS_{estribo2.esoaldin.trac} = 1.51$$

$$FS_{estribo2.esoaldin.horiz} := \frac{A_{s.estribo2.esoaldin.horiz}}{Armado_{min.esoaldin.horiz}} \quad FS_{estribo2.esoaldin.horiz} = 1.13$$

ALETA:

Armado dispuesto:

$$\text{Armado a compresión: } A_{s,estribo2,aleta,comp} := n_{estribo2,aleta,comp} \cdot \phi_{estribo2,aleta,comp}$$

$$\text{Armado a tracción: } A_{s,estribo2,aleta,trac} := n_{estribo2,aleta,trac} \cdot \phi_{estribo2,aleta,trac}$$

$$\text{Armado horizontal: } A_{s,estribo2,aleta,horiz} := n_{estribo2,aleta,horiz} \cdot \phi_{estribo2,aleta,horiz}$$

$$A_{s,estribo2,aleta,comp} = 13.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,estribo2,aleta,trac} = 13.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,estribo2,aleta,horiz} = 4.52 \text{ cm}^2$$

Sección de estudio:

$$A_{c,estribo.talon.vert} := 1 \text{ m} \cdot b_{talon}$$

$$A_{c,estribo.talon.horiz} := 1 \text{ m} \cdot \min(0.5 \text{ m}, b_{espaldin})$$

$$A_{c,estribo.talon.vert} = 1 \text{ m}^2$$

$$A_{c,estribo.talon.horiz} = 0.25 \text{ m}^2$$

Mínimo:

$$\text{Requerido trac.: } Armado_{min,aleta,trac} := 0.002 \cdot A_{c,estribo.talon.vert} \cdot 60\%$$

$$\text{Requerido comp.: } Armado_{min,aleta,comp} := 0.002 \cdot A_{c,estribo.talon.vert} \cdot 40\%$$

$$\text{Requerido horizontal: } Armado_{min,aleta,horiz} := 0.0032 \cdot A_{c,estribo.talon.horiz} \cdot 50\%$$

$$Armado_{min,aleta,trac} = 12 \text{ cm}^2$$

$$Armado_{min,aleta,comp} = 8 \text{ cm}^2$$

$$Armado_{min,aleta,horiz} = 4 \text{ cm}^2$$

Posicionamiento del armado:

$$c_{inf} = 0.04 \text{ m}$$

$$c_{sup,aleta} := b_{espaldin} - rec_{estribo2}$$

$$c_{sup,aleta} = 0.21 \text{ m}$$

Definición de la sección:

$$Aleta := EHE08_{RECT}(b_{espaldin}, 1 \text{ m}, A_{s,estribo2,aleta,comp}, A_{s,estribo2,aleta,trac}, c_{sup,aleta}, c_{inf}, f_{ck,estribo2}, f_{yk,Cimentacion}, \gamma_h, \gamma_g)$$

Momento último de la sección:

$$M_{u,estribo2,aleta} := EHE08_{RECT.42.1.3.M.U.}(Aleta)$$

$$M_{u,estribo2,aleta} = 111.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Esfuerzo aleta:

$$M_{muro,aleta} := M_{muro}(b_{espaldin}) \cdot 1 \text{ m}$$

$$M_{muro,aleta} = 44.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Comprobaciones:

$$\text{Esfuerzo: } FS_{estribo2,aleta,esfuerzo} := \frac{M_{u,estribo2,aleta}}{M_{muro,aleta}}$$

$$FS_{estribo2,aleta,esfuerzo} = 2.5$$

Armado mínimo:

$$FS_{estribo2,aleta,comp} := \frac{A_{s,estribo2,aleta,comp}}{Armado_{min,aleta,comp}}$$

$$FS_{estribo2,aleta,comp} = 1.68$$

$$FS_{estribo2,aleta,trac} := \frac{A_{s,estribo2,aleta,trac}}{Armado_{min,aleta,trac}}$$

$$FS_{estribo2,aleta,trac} = 1.12$$

$$FS_{estribo2,aleta,horiz} := \frac{A_{s,estribo2,aleta,horiz}}{Armado_{min,aleta,horiz}}$$

$$FS_{estribo2,aleta,horiz} = 1.13$$

C. CAPACIDAD DE LOS MICROPILOTES

HUNDIMIENTO:

$$R_{ED}(L_{roca}, diam, qu) := \left\{ \begin{array}{l} A_{LE} \leftarrow L_{roca} \cdot (\pi \cdot diam) \\ A_{Pe} \leftarrow \left(\pi \cdot \frac{diam^2}{4} \right) \\ q_{pe,d,Auz} \leftarrow q_{pe,d} \cdot qu \\ A_{LE} \cdot f_{e,d} + A_{Pe} \cdot q_{pe,d,Auz} \end{array} \right.$$

$$R_{ED}(L_{roca}, \phi_{Micropilote}, q_u) = 819.96 \text{ kN}$$

ARRANQUE:

$$R_{t,d}(diam, L_{roca}, L_{micro}) := \left\{ \begin{array}{l} A_{LE} \leftarrow L_{roca} \cdot (\pi \cdot diam) \\ W \leftarrow \left(Peso_{ml} \cdot g + \left(\pi \cdot \frac{diam^2}{4} - Area_{tuberia} \right) \cdot \gamma_{HA} \right) \cdot L_{micro} \\ A_{LE} \cdot R_{ft,d} + \frac{W}{F_{uc}} \end{array} \right.$$

$$R_{t,d}(\phi_{Micropilote}, L_{roca}, L_{Micro}) = 764.78 \text{ kN}$$

FALLO ESTRUCTURAL MICROPILETE A COMPRESIÓN:

$$N_{c,Rd} := \left\{ \begin{array}{l} A_c \leftarrow \pi \cdot \frac{(\phi_{Micropilote})^2}{4} - Area_{tuberia} \\ A_a \leftarrow \frac{\pi}{4} \cdot ((Diametro_{tuberia} - 2 \cdot r_e)^2 - (Diametro_{tuberia} - 2 \cdot Espesor_{tuberia})^2) \cdot F_{uc} \\ f_{cd} \leftarrow \frac{f_{ck,micro}}{\gamma_h} \\ f_{sd} \leftarrow \min\left(\frac{f_{sk,micro}}{\gamma_s}, 400 \text{ MPa}\right) \\ (0.85 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_a \cdot f_{sd}) \cdot \frac{R}{1.2 \cdot F_e} \end{array} \right.$$

$$N_{c,Rd} = 1319.08 \text{ kN}$$

FALLO ESTRUCTURAL MICROPILETE A TRACCIÓN:

$$N_{t,Rd} := \left\{ \begin{array}{l} A_a \leftarrow \frac{\pi}{4} \cdot ((Diametro_{tuberia} - 2 \cdot r_e)^2 - (Diametro_{tuberia} - 2 \cdot Espesor_{tuberia})^2) \cdot F_{ut} \\ f_{sd} \leftarrow \frac{f_{sk,micro}}{\gamma_s} \\ (A_a \cdot f_{sd}) \cdot \frac{1}{1.1} \end{array} \right.$$

$$N_{t,Rd} = 1447.66 \text{ kN}$$