



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA
A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSA (ALBACETE)

Presentado por:

Ortega Rodríguez, José David

Para la obtención del:

Grado de Ingeniería Civil

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Resumen

El Trabajo Final de Grado titulado “Estudio de soluciones de la continuación del sendero peatonal “La Ruta de la Presa” a través del embalse de Almansa, en Almansa, Albacete” tiene como finalidad elaborar un estudio de soluciones de tres alternativas distintas con el fin de sustituir a la actual Pasarela flotante existente en la actualidad debido a la inoperatividad durante gran parte del año. Tras el estudio de soluciones realizado se opta como mejor alternativa la constituyente a la Pasarela tradicional. Esta consiste en una pasarela de madera de celosía Warren de 84 metros de longitud, 2.5 metros de canto y 2 metros de ancho de tablero. Los apoyos se han diseñado mediante pilas circulares de hormigón y las cimentaciones consisten en pilotes, siendo continuación de las pilas. Por otro lado, se ha realizado una estimación económica del presupuesto de contratación de 334.458,81 euros. Finalmente, el número de documentos que compone dicho proyecto es: una memoria, diez anejos y ocho planos.

Summary

The final degree project entitled “Study of solutions of the continuation of the pedestrian path “La Ruta de la Presa” through the Almansa reservoir, in Almansa, Albacete” has aimed to elaborate a study of three different alternatives in order to replace the current floating walkway due to its interoperability during most of the year. Further the study of solutions conducted is taken to a pedestrian bridge as the best alternative. This pedestrian bridge consists of a wood lattice Warren structure of 84 meters in length, 2.5 meters in height and 2 metres in width. The supports have been designed through circular concrete pillars and the foundations consist of pilings, being the continuation of the pillars. On the other hand, an economic valuation has been made of the base tender budget of 334.458,81 euros. Finally, the documents which compose the project are: 1 no. record, 10 no. annexes and 8 no. plans.

ÍNDICE TRABAJO FINAL DE GRADO

Documento 1. Memoria y Anejos.

1. Memoria
2. Anejos
 1. *Anejo nº1. Información Gráfica*
 2. *Anejo nº2. Cartografía*
 3. *Anejo nº3. Estudio Hidrológico*
 4. *Anejo nº4. Informe Geotécnico*
 5. *Anejo nº5. Trazado en Planta*
 6. *Anejo nº6. Estudio de Alternativas de la Pasarela*
 7. *Anejo nº7. Análisis de Alternativas y Propuesta*
 8. *Anejo nº8. Ejecución de las Alternativas*
 9. *Anejo nº9. Valoración Económica de las Alternativas*
 10. *Anejo nº10. Adaptación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*
 11. *Referencias*

Documento 2. Planos

1. Plano 1. Situación y emplazamiento
2. Plano 2. Alternativas de trazado en planta
3. Plano 3. Accesos
4. Plano 4. Alternativa 1 – Vistas generales
5. Plano 5. Alternativa 2 – Vistas generales
6. Plano 6. Alternativa 3 – Tipologías
7. Plano 7. Alternativa 3 – Alzado y planta generales
8. Plano 8. Alternativa 3 – Sección y detalles

Anexo 1. Informe geotécnico

Anexo 2. Resultados Cype 3D



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

DOCUMENTO Nº1 - MEMORIA

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil

Índice

1. OBJETO DEL TRABAJO Y ANTECEDENTES	2
.....	2
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA. SITUACIÓN ACTUAL.....	2
3. ESTUDIO HIDROLÓGICO	4
4. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	5
5. ALTERNATIVAS DE TRAZADO EN PLANTA.....	6
5.1. Alternativa 1.....	6
5.2. Alternativa 2.....	7
6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE LA PASARELA	9
6.1. Alternativa 1. Dique permeable y transitable.....	9
6.2. Alternativa 2. Pasarela flotante.....	10
6.3. Alternativa 3. Pasarela tradicional	11
6.3.1. Solución con acero	11
6.3.2. Solución con hormigón.....	11
6.3.3. Solución con madera	12
7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y PROPUESTA.....	13
8. EJECUCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	14
9. VALORACIÓN ECONÓMICA	15
10. ADAPTACIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	15
11. CONCLUSIONES	15

1. OBJETO DEL TRABAJO Y ANTECEDENTES

El presente Trabajo de Fin de Grado que se redacta tiene como objeto principal realizar un estudio de soluciones, en el que se describirán y analizarán tres alternativas a la actual pasarela flotante que se encuentra en el pantano de Almansa, en la provincia de Albacete.

En dicho trabajo, se aplicarán los conceptos aprendidos en la carrera de Ingeniería Civil, además de fundamentarse en la normativa vigente aplicable para cada una de las alternativas.

Por último, con el estudio de soluciones presente, se pretende realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de las alternativas expuestas con el objetivo de poder sustituirse y/o mejorar la actual pasarela flotante ubicada en el Pantano de Almansa.

En lo que respecta a los antecedentes, la zona en la que se localiza actualmente la pasarela flotante coincide con la aproximación de las orillas norte y sur del pantano, donde se encuentra a su vez un dique de escollera bajo la actual pasarela.

Tras la rehabilitación del pantano para la eliminación de lodos y sedimentos en el 2008, se comenzó el proyecto “Agua Viva” en el entorno del pantano de Almansa. Al mismo tiempo, se acondicionaron rutas de senderismo alrededor del pantano.

Es por ello por lo que se vio necesario conectar ambas orillas mediante la actual pasarela flotante, provocando como resultado una gran atracción turística.



Imagen 1. Pasarela Flotante recién construida sobre el dique existente. Fuente: Técnico de Medio Ambiente del Excmo. Ayto. de Almansa (2014).

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA. SITUACIÓN ACTUAL

Tal y como se ha comentado anteriormente, el Pantano pertenece al municipio de Almansa, localizado al sudeste de la provincia de Albacete. Dicho municipio destaca por su ubicación estratégica, situándose a unos 30km aproximadamente de las comunidades de la Comunidad Valenciana y de la Región de Murcia.

Con relación al propio pantano, es un embalse localizado en una cuenca endorreica perteneciente a la Confederación Hidrográfica del Júcar, de 203 km². El agua que almacena es gracias a la presa que lo cierra, siendo la más antigua de Europa de las que todavía siguen en uso de toda Europa. Las obras de la presa se iniciaron aproximadamente en el año 1578. Una vez finalizadas las obras, se tuvo como resultado una presa de aspecto único. Está constituida con forma de arco y con un muro de contención en forma de gradas, con un total de 16 escalones. La base es de 16 metros y en la última grada el espesor se convierte a 3 metros. La construcción se finalizó en 1584, fecha que está inscrita en piedra en el desagüe del pantano. Por otro lado, tiene una altura total de 25 metros desde los cimientos, ocupando un área de 39.7 hectáreas con una capacidad de 3 hm³.



Imagen 2. Presa del pantano de Almansa. Fuente: mapio.net.

Con respecto a la pasarela flotante actual, esta salva una distancia entre orillas de unos 64 metros. Está compuesta por un pantalán flotante en la parte central de la misma, anclado horizontalmente por pilotes. Además, en cada extremo se encuentra un fínger que se apoya en un bloque de hormigón en un extremo, siendo un apoyo fijo articulado; y en el otro extremo se apoya en el pantalán flotante, permitiendo el desplazamiento horizontal cuando la altura de la pasarela cambia conforme varía la cota de la lámina de agua.

El problema de situarse los accesos a la cota 734.85 m.s.n.m es la inaccesibilidad a la pasarela en un gran periodo de tiempo durante el año. Se puede observar en la sección que se adjunta a continuación, donde la cota del NMN (nivel máximo normal) de 735.76 m.s.n.m es superior a la de los accesos. Es por ello por lo que se pretende hacer un estudio de soluciones cuyas alterativas eviten la continua inundación de los accesos durante gran parte del año. El resto de información se encuentra en el *Anejo nº1. Información Previa*.

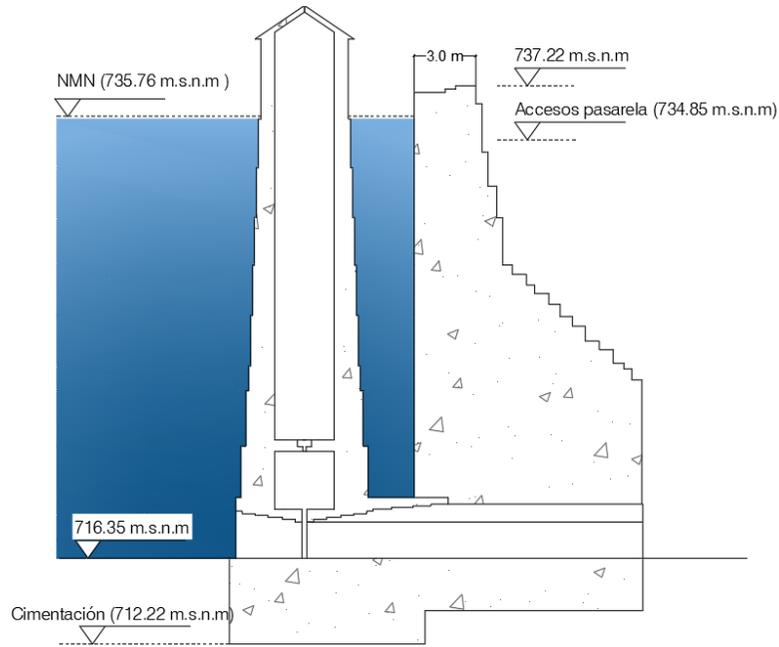


Figura 1. Sección de la presa de Almansa. Fuente: propia (AutoCAD)



Imagen 3. Estado de la pasarela tras la primera fuerte avenida. Fuente: Técnico de Medio Ambiente del Excmo. Ayto. de Almansa (agosto 2015).

3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

La elaboración de dicho estudio hidrológico tiene como objetivo el poder determinar el máximo nivel del agua que alcanza el Pantano de Almansa. Para ello, se ha tenido acceso al "Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004" además del "Plan de Seguridad y Emergencia de la Presa de Almansa".

Con el fin de calcular dicha altura, se ha visto necesario partir de un volumen conocido del embalse, correspondiéndose al de la curva de nivel de los 736 m.s.n.m. Una vez terminado el proceso para la determinación del máximo nivel del embalse, utilizándose la curva característica y la curva

de vertido del aliviadero entre otras, se ha concluido con el resultado de 737.65 metros sobre el nivel del mar.

Acto seguido, se procede a calcular el resguardo que han de tener las alternativas, midiéndose este entre el máximo nivel de la lámina de agua y la máxima cota de las alternativas. Finalmente, aunque habría una pequeña sobreelevación del nivel del agua debido a la curva de remanso producida entre las alternativas y la coronación de la presa, el valor conservador de 1 metro desde los 737.65 m.s.n.m se considera aceptable para el caso presente. Por tanto, el valor de la máxima cota de cada alternativa sería de **738.65 m.s.n.m.**

El proceso más detallado de la obtención del máximo nivel del embalse así como el desarrollo de la caracterización de la cuenca vertiente y del estudio pluviométrico, se encuentran en el *Anejo nº3. Estudio Hidrológico* del presente Trabajo Final de Grado.

4.GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Con relación a la Geología y Geotecnia, se ha podido consultar el Anejo Geotécnico de la memoria del “Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante en el Pantano de Almansa”.

En cuanto a la geología, los materiales detectados corresponden a la edad Cuaternaria, tratándose de depósitos granulares con abundantes y bruscos cambios laterales faciales, apoyándose estos sobre arcillas y calizas de edad Pliocena.

En lo que a la geotecnia respecta, la caracterización del terreno según los dos sondeos que se ejecutaron es la siguiente:

Sondeo 1	Cotas(m)	Espesor(m)
Nivel 1. Relleno artificial	0.00-0.80	0.80
Nivel 2. Arcillas oscuras	0.80-1.60	0.80
Nivel 3. Arenas y gravas	1.60-3.10	1.50
Nivel 4. Arcillas rojas	3.10-8.20	5.10
Nivel 5. Gravas y arenas	8.20	-

Sondeo 2 (Zona dique)	Cotas(m)	Espesor(m)
Nivel 1. Relleno artificial	0.00-1.40	1.40
Nivel 2. Arcillas oscuras	1.40-10.30	8.90
Nivel 6. Roca Caliza	10.30	-

Tablas 1 y 2. Caracterización del terreno según los diferentes niveles y el espesor de cada uno. Fuente: Anejo Geotécnico del Proyecto de Ejecución del Pantalán Flotante en el Pantano de Almansa

El tipo de cimentación para la alternativa de la pasarela tradicional será mediante pilotes, hasta alcanzar el estrato de roca caliza, siendo este el más competente.

El resto de información geológica y geotécnica se encuentra en el *Anejo nº4. Informe Geotécnico* del presente trabajo.

5.ALTERNATIVAS DE TRAZADO EN PLANTA

El presente apartado se corresponde con el *Anejo nº5. Trazado en Planta* del presente Trabajo Final de Grado. En dicho anejo se ha podido desarrollar el procedimiento de descripción y análisis de las dos alternativas que se han considerado para la elección final del emplazamiento de las diferentes alternativas a la pasarela flotante actual.

A continuación, se adjunta una vista aérea del pantano donde se puede observar los dos diferentes trazados de las alternativas. El trazado en rojo se corresponde con la Alternativa 1, mientras que el trazado amarillo es donde se sitúa la actual pasarela flotante, considerando este emplazamiento como Alternativa 2.



Imagen 4. Planta general de la alternativa 1 (línea roja) y la alternativa 2 (línea amarilla). Fuente: Google Earth.

5.1. Alternativa 1

Se puede observar en la imagen anterior, que la presente alternativa se localiza aguas debajo de la actual pasarela flotante. Las principales características de este emplazamiento son:

- Cotas del fondo del lecho del pantano a 729 m.s.n.m (2 metros más profunda que la Alternativa 2)
- Necesidad de un mayor acondicionamiento de los senderos para conectarlos a las distintas alternativas en sustitución de la actual pasarela flotante.
- Longitud entre extremos de 90 metros si los accesos se ejecutan a la cota 738.65 m.s.n.m o de 100 metros si se construyen a la cota 749 m.s.n.m. Ambas opciones se desarrollan con más detalle en el *Anejo nº5. Trazado en Planta*.

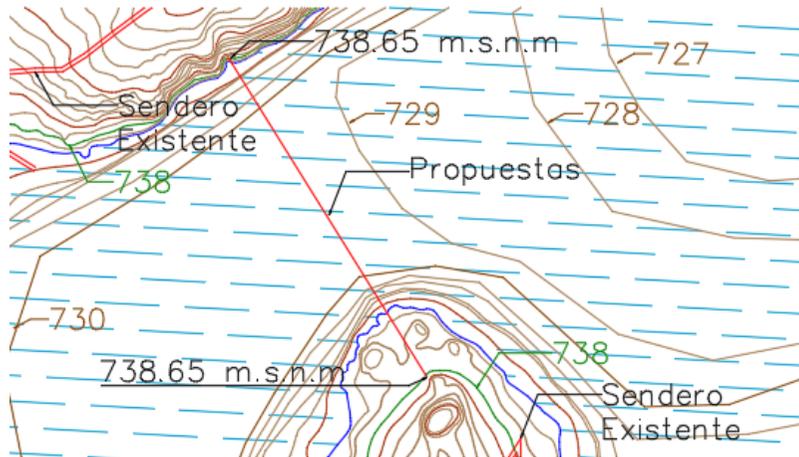


Figura 2. Trazado en planta de la Alternativa 1 – Opción 1. Fuente: propia (AutoCAD)

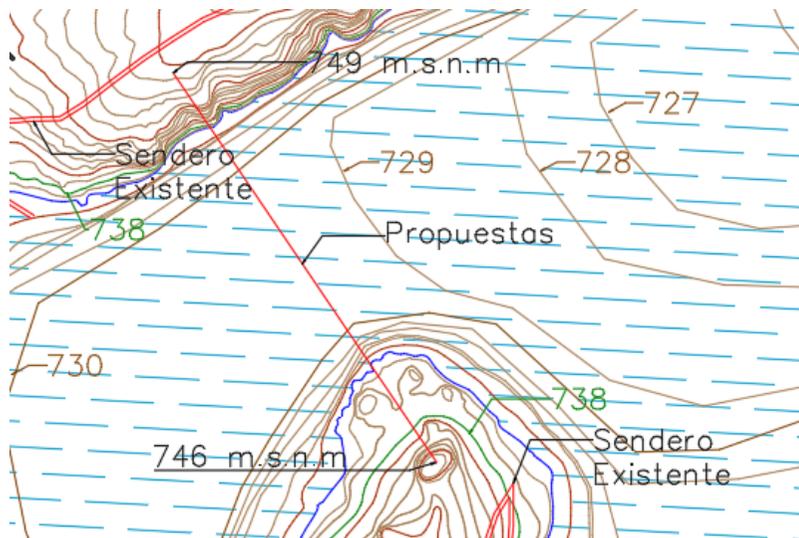


Figura 3. Trazado en planta de la Alternativa 1 – Opción 2. Fuente: Proyecto de ejecución de pantalán flotante en el pantano de Almansa (2014)

5.2. Alternativa 2.

La presente alternativa se corresponde con el actual emplazamiento donde se localiza la existente pasarela flotante. Sus principales características son:

- La profundidad se aproxima a los 731.3 metros, diferenciándose notablemente respecto a la primera alternativa.
- Dique existente de escollera, disminuyendo la cantidad de material necesario para la ejecución del dique permeable y transitabile. (Alternativa 1)
- Longitud entre extremos de 82 metros, siendo 9 metros menor que la Opción 1 de la Alternativa 1.
- Menor complejidad para el acondicionamiento de los accesos.

Seguidamente, se muestra el trazado en planta de la actual alternativa.

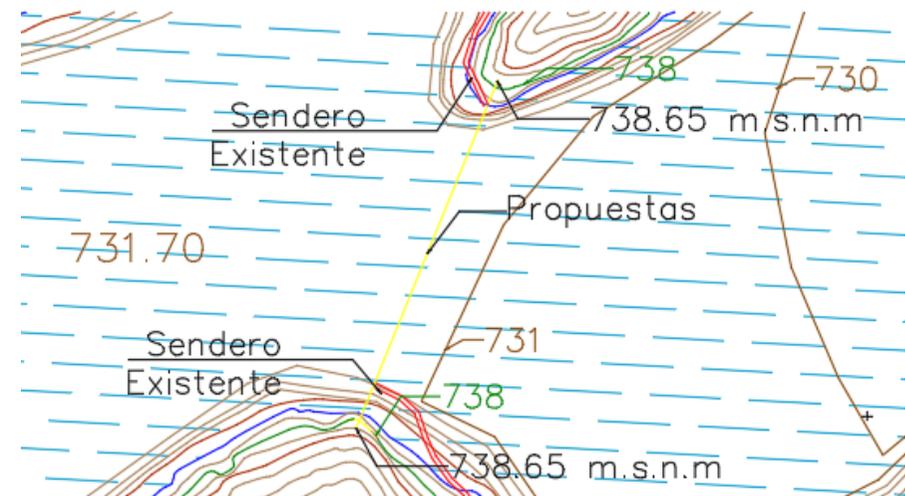


Figura 4. Trazado en planta de la Alternativa 2. Fuente: propia (AutoCAD)

Una vez que ambas alternativas han sido desarrolladas, se procede a analizarlas, según los siguientes criterios:

- Accesos
- Batimetría
- Longitud entre extremos

Dichos criterios han sido expuestos en el *Anejo nº5. Trazado en Planta*, donde, finalmente, la Alternativa 2 ha resultado ser la más satisfactoria.

Finalmente, tal y como se ha mencionado anteriormente, los accesos han de ser rediseñados con el fin de alcanzar la cota de 738.65 m.s.n.m. Los nuevos diseños se corresponden con los siguientes trazados, tanto para el acceso sur como para el acceso norte.

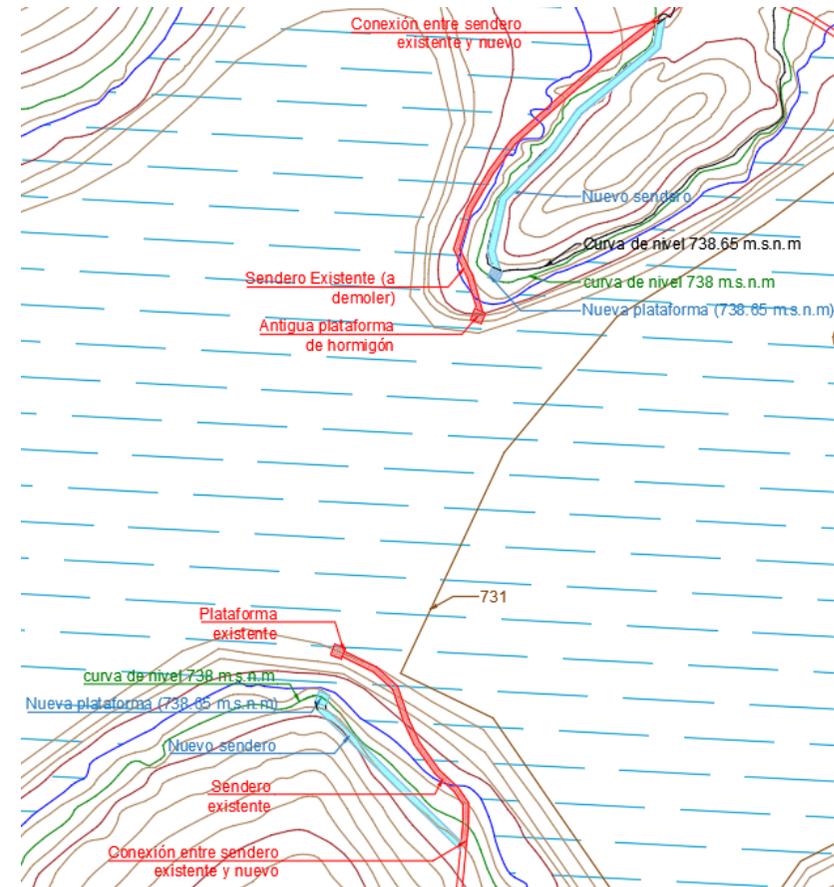


Figura 8. Planta general de los nuevos accesos a las nuevas plataformas. Fuente: propia (AutoCAD)

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE LA PASARELA

En el presente apartado se describen, de forma generalizada, cada una de las alternativas que han sido tomadas en cuenta con el fin de realizar un posterior análisis de cada una de ellas y poder tomar una decisión en base a una serie de criterios.

Para mayor grado de detalle de cada alternativa, ha de consultarse el *Anejo nº6. Estudio de Alternativas de la Pasarela*.

6.1. Alternativa 1. Dique permeable y transitable

En lo que a la primera alternativa se refiere, esta consiste en la colocación de marcos prefabricados de hormigón sobre una nueva base de escollera, originando un dique transitable por su coronación además de seguir permitiendo la circulación del agua por el cauce del pantano.

Como se ha comentado anteriormente, los cajones prefabricados estarían apoyados sobre un nuevo dique de escollera, apoyándose sobre uno ya existente de 6 metros de ancho de coronación y unos 2 metros de altura. Antes de ejecutar el nuevo dique, se acondiciona y se compacta el existente, con el fin de dotarlo de la suficiente capacidad de carga portante ante las cargas adicionales sobre las que van a actuar.

Con respecto al nuevo dique de escollera, este se compone de escollera de 250 kg. La espesor alcanzado del nuevo dique es de 1.15m, alcanzando la cota de coronación los 733.90 m.s.n.m.

Posteriormente, tras un análisis y comparación de las distintas dimensiones de los marcos prefabricados de hormigón que se encuentran en el mercado, se ha optado por los marcos de hormigón prefabricado HA35 de la empresa BorTubo. Las dimensiones de dichos marcos son de 5.0 x 5.0 x 1.5 (m), habiéndose justificado en el Anejo nº5 anteriormente citado. Al referirse las dimensiones de 5.0 x 5.0 (m) al marco interno de los mismos, la cota de coronación estos alcanzan la cota 739.50 m.s.n.m. Con la presente cota, se tiene el suficiente resguardo para que, en la situación en la que el embalse esté a la máxima capacidad, una rama o tronco de árbol sea capaz de circular por el interior de dichos marcos.

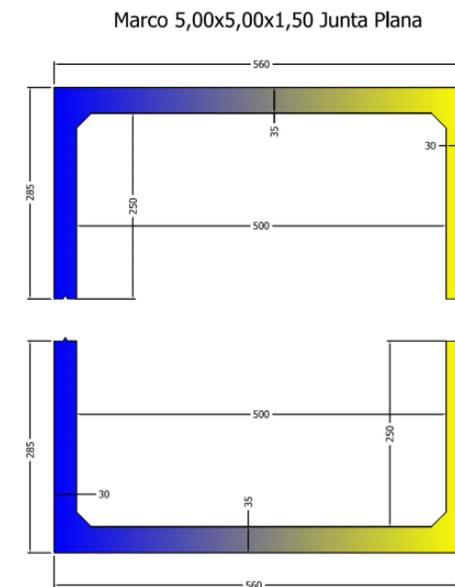


Figura 9. Dimensiones de los marcos prefabricados de hormigón (5.00 x 5.00 x 1.5m). Fuente: Bortubo S.A.

Por otro lado, en la parte superior de dichos marcos se ejecuta una capa de mortero en la que colocarán acabados de mampostería o madera.

Finalmente, entre las nuevas plataformas de los accesos a la cota de 738.65 m.s.n.m y los marcos de hormigón, se colocará una pequeña pasarela prefabricada de madera permitiendo la libre circulación en la parte inferior de la misma.

A continuación, se muestran algunos de los croquis de la presente alternativa.

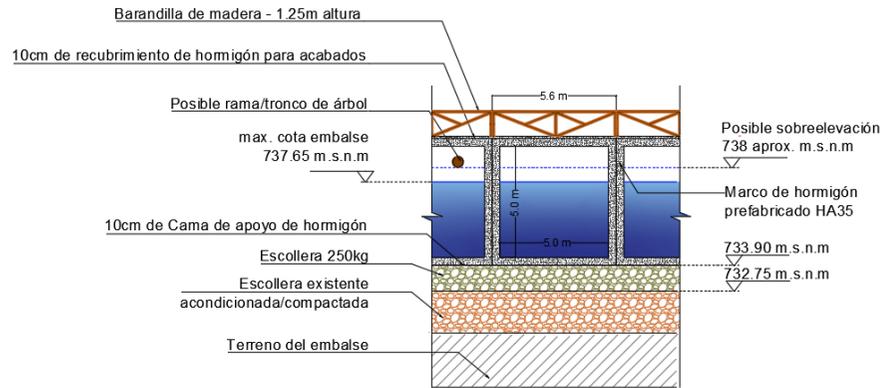


Figura 10. Alzado en detalle del terreno y los marcos prefabricados de hormigón. Fuente: propia (AutoCAD)

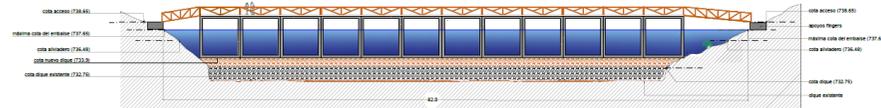


Figura 11. Alzado general del dique permeable y transitable. Fuente: propia (AutoCAD)

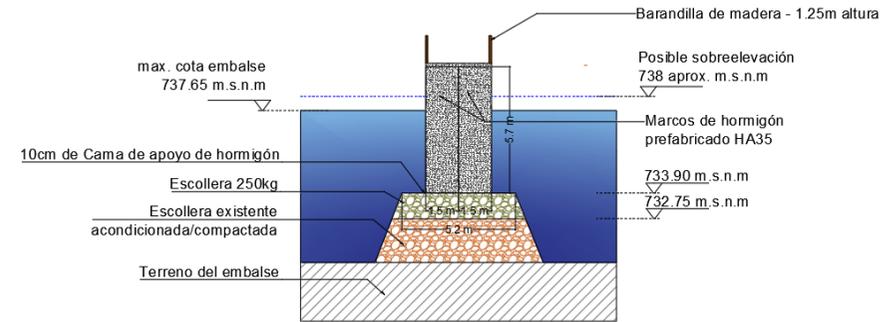


Figura 12. Sección del terreno y los marcos prefabricados de hormigón. Fuente: propia (AutoCAD)

6.2. Alternativa 2. Pasarela flotante

La segunda alternativa consiste, principalmente, en la elevación de los accesos con el fin de que la lámina de agua del embalse no los alcance en ningún periodo del año, según se ha expuesto en anteriores apartados la problemática actual.

En primer lugar, tanto el dique de escollera como los pantalanes actuales que conforman la estructura de la pasarela flotante ubicada quedan intactos, no siendo necesario realizar ninguna modificación sobre los mismos. Por otro lado, los pilotes-guías se mantienen en la actual posición, pero siendo necesario el aumento de su altura hasta la cota de 739.25 m.s.n.m.

En referencia a la conexión entre las nuevas plataformas de hormigón y la propia plataforma existente, serán necesarios la colocación de nuevos fíngers, debido al incremento de la distancia entre ambos puntos. Para ello, se ha debido comprobar también que en ningún caso dichos fíngers alcancen una inclinación superior a los 45º, ya que serían intransitables. Finalmente, la longitud de cada uno de los nuevos fíngers son de 16.60 y 19.00 metros.

Finalmente, la elevación de los accesos a la cota 738.65 m.s.n.m conlleva el rediseño de los senderos naturales, tal y como se desarrolló en el *Anejo nº5. Trazado en Planta*.

Seguidamente, los croquis realizados para la presente alternativa son los siguientes:

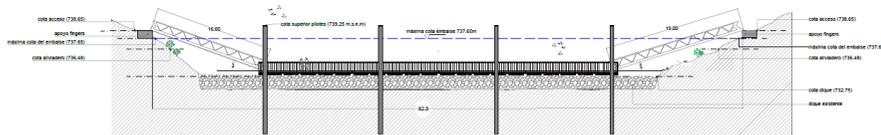


Figura 13. Alzado general de la segunda alternativa, con la cota del agua por debajo del dique existente. Fuente: propia (AutoCAD)

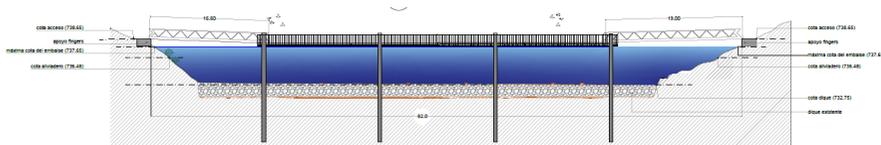


Figura 14. Alzado general de la segunda alternativa, con la máxima cota que puede alcanzar el agua. Fuente: propia (AutoCAD)

6.3. Alternativa 3. Pasarela tradicional

A continuación, se describen los distintos materiales que se han valorado para la ejecución de la tercera alternativa. En cada uno de los materiales mencionados a continuación se han valorado tanto las ventajas como inconvenientes del uso de cada material así como una posterior evaluación en base a una serie de criterios.

6.3.1. Solución con acero

El primer material tenido en consideración ha sido el acero estructural, presentando como principales ventajas sus buenas propiedades dúctiles y la facilidad de transporte y montaje. Sin embargo, los inconvenientes principales son el reducido encaje medioambiental y paisajístico así como el alto control en las uniones.

6.3.2. Solución con hormigón

Por otro lado, el siguiente material considerado ha sido el hormigón pretensado prefabricado presentando un menor coste que las pasarelas de acero pero con el mismo inconveniente que este último material, el poco encaje medioambiental además del mal acabado superficial.

6.3.3. Solución con madera

Finalmente, la madera como material estructural de la pasarela presenta las grandes ventajas de su alto encaje con el medio ambiente, siendo un material orgánico, natural y ecológico. Asimismo, es el material entre los otros citados que menos pesa. Como inconveniente se puede comentar que su coste se ve ligeramente incrementado debido a la necesidad de la correcta protección de dicho material ante los agentes externos de la naturaleza.

Una vez descritas brevemente las ventajas e inconvenientes de cada material, se procede a realizar un análisis, teniendo como criterios los siguientes: integración paisajística, durabilidad, funcionalidad, economía y construcción, a los cuales se les ha asignado distintas ponderaciones.

El resultado final ha sido que la madera resulta ser el material más conveniente para la ejecución de la tercera alternativa.

El resto de los detalles e información se encuentran desarrollados en el *Anejo nº6. Estudio de Alternativas de la Pasarela*.

Seguidamente, una vez que se ha decidido que el material empleado es la madera, se procede a valorar distintas tipologías estructurales.

- Tipología viga.
Se caracteriza por ser de construcción sencilla y rápida. Sin embargo, se emplean para vanos de no mucha longitud.

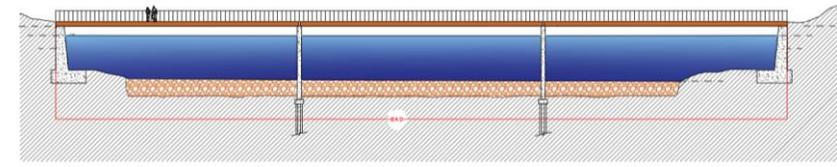


Figura 15. Alzado general de la tercera alternativa – tipología viga. Fuente: propia (AutoCAD)

- Tipología celosía.
Al igual que en la tipología viga, presenta facilidad y rapidez de montaje en obra, mientras que esta tipología permite mayores luces, hasta 70 metros.

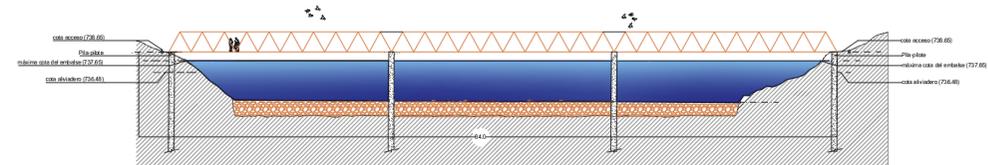


Figura 16. Alzado general de la tercera alternativa – tipología celosía. Fuente: propia (AutoCAD)

- Tipología arco.
Dicha tipología presenta un buen comportamiento a flexión debido a la compresión del arco. Por el contrario, genera un mayor impacto visual y el proceso constructivo es más complejo.

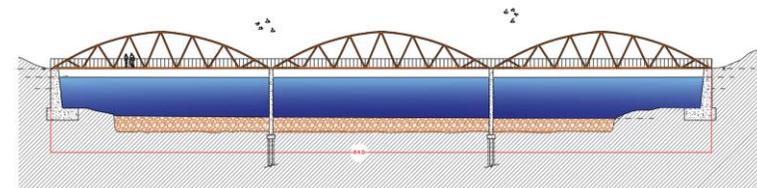


Figura 16. Alzado general de la tercera alternativa – tipología arco. Fuente: propia (AutoCAD)

Asimismo, se ha realizado un predimensionamiento de cada una de las tipologías con el fin de tener un orden de magnitud de las secciones necesarias para cada una de ellas. A continuación se muestra una tabla-resumen de las secciones obtenidas.

Tipología	Viga longitudinal (m)	Diagonales (m)
Viga	0.855 x 0.585	-
Celosía	0.26 x 0.26	0.16 x 0.16
Arco	0.15 x 0.15	0.15 x 0.15

Tabla 1. Tabla-resumen de las secciones obtenidas en el predimensionamiento de cada tipología. Fuente: propia.

Finalmente, tras la valoración de cada uno de los criterios escogidos y descritos en el *Anejo nº6 Estudio de alternativas de la Pasarela* se ha concluido que la tipología más adecuada para el caso presente es la Celosía tipo Warren.

7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y PROPUESTA

Una vez que ya se ha definido la alternativa 3, además de las alternativas 1 y 2 en anteriores apartados, se ha procedido con la valoración de cada alternativa en base a una serie de criterios: (C1) integración paisajística, (C2) medioambiente, (C3) procedimiento de construcción, (C4) funcionalidad y (C5) economía. En el *Anejo nº7 Análisis de las Alternativas y Propuesta* han sido debidamente desarrollados dichos criterios para cada una de las alternativas, donde el resultado final ha sido el siguiente:

Criterios	Peso	Puntuación		
		Dique permeable y transitable	Pasarela flotante	Pasarela tradicional de madera
C1	25%	7.5	7.0	8.5
C2	20%	6.5	8.0	8.0
C3	15%	6.0	8.0	7.5
C4	25%	6.5	5.5	7.5
C5	15%	6.0	8.0	5.0
Resultado	100%	6.73	7.13	7.48

Tabla 2. Matriz alternativas-criterios para la elección la alternativa final. Fuente: Propia

En dicha tabla se puede observar que la alternativa más adecuada para la continuación del sendero peatonal “La ruta de la Presa” es la Pasarela tradicional de madera tipología celosía Warren.

En cuanto al desarrollo de la alternativa final, se trata de una pasarela de madera laminada que salva una distancia entre extremos de 84 metros. Dicha pasarela se compone de tres vanos de 28 metros cada uno donde las dos vigas longitudinales del cordón inferior están apoyadas en 8 pilares, situándose 2 en cada uno de los apoyos, con el objetivo de que cada uno de ellos coincida con las vigas longitudinales, sin ser necesario el diseño de un dintel. A lo largo de la pasarela se disponen de diagonales a 2.8 metros distanciadas entre sí uniendo los cordones inferior y superior.

Además, para aumentar la estabilidad entre todos los cordones de la pasarela se disponen de travesaños, tanto en los cordones inferior como superior. Asimismo, para restringir el movimiento horizontal provocado por el viento, se pretende arriostrar la zona de los apoyos mediante cruces

de San Andrés, compuestas por cordones de acero galvanizado, posteriormente descritos. Dichas cruces de San Andrés se colocan tanto en la parte superior como inferior de la pasarela, ocultándose estos últimos por el tablero. Dicho tablero, de 2 metros de ancho, está compuesto de madera aserrada, debidamente protegida también frente a los agentes externos de la naturaleza.

La unión entre cada uno de los vanos se realiza mediante cables de acero galvanizado, trabajando a tracción, colocados en el cordón superior para permitir la correcta transmisión de cargas entre los distintos vanos una vez han sido colocados entre los apoyos.

En lo que a la unión entre las vigas longitudinales del cordón inferior y los apoyos se refiere, se realiza mediante apoyos elastómeros definidos en el *Anejo nº7. Análisis de Alternativas y propuestas.*

Finalmente, en relación con las cimentaciones, se realizará mediante pilotes que consistirán en continuar la misma sección circular de las pilas hasta la profundidad necesaria, calculada también en el citado *Anejo nº7.*

8. EJECUCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En lo que a la ejecución de las alternativas se refiere, a continuación se enumerará de forma esquemática el proceso constructivo para la ejecución de cada una de las alternativas.

- Ejecución de la Alternativa 1: Dique transitable y permeable
 1. Colocación de tablestacas o bombeo para trabajar en seco.
 2. Desmontaje de la actual pasarela flotante
 3. Replanteo
 4. Acondicionamiento dique existente y construcción de nuevo pedraplén
 5. Ejecución de la cama de apoyo de hormigón y nivelación
 6. Colocación de los marcos prefabricados de hormigón
 7. Correcta unión y sellado de los marcos
 8. Ejecución de las plataformas de hormigón en los accesos
 9. Colocación de las pasarelas prefabricadas de madera entre las plataformas y los marcos de hormigón
 10. Nuevo trazado de los senderos peatonales
 11. Acabados
- Ejecución de la Alternativa 2: Pasarela flotante
 1. Desmontaje de los fingers existentes, de la pasarela de madera en el acceso norte y de las cimentaciones de los accesos
 2. Ejecución de las nuevas cimentaciones en los extremos
 3. Colocación de los nuevos fingers
 4. Aumentar la longitud de los pilote guía
 5. Nuevo trazado de los senderos peatonales
 6. Acabados

- Ejecución de la Alternativa 3: Pasarela tradicional de madera
 1. Colocación de tablestacas o bombeo para trabajar en seco.
 2. Desmontaje de la actual pasarela flotante
 3. Ejecución de los pilotes con camisa de chapa recuperable
 4. Ejecución de las pilas y colocación de los neoprenos
 5. Unión de los tramos de la pasarela in-situ para la posterior colocación en cada vano
 6. Unión de cada vano mediante cables de acero galvanizado en el cordón superior
 7. Nuevo trazado de los senderos peatonales
 8. Acabados

9. VALORACIÓN ECONÓMICA

Con respecto a la valoración económica de cada una de las alternativas, se procede con la elaboración de una tabla resumen del presupuesto de contratación de cada una de ellas.

ALTERNATIVAS	PRESUPUESTO DE CONTRATACIÓN
Dique permeable y transitable	224.562,95€ DOSCIENTOS VEINTICUATRO MIL QUINIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS
Pasarela flotante	60.343,56€ SESENTA MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS
Pasarela tradicional	334.458,81€ TRESCIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

10. ADAPTACIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En el presente TFG se han tenido en cuenta una serie de Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) para contribuir positivamente tanto a la sociedad como al hábitat natural que rodea el emplazamiento de la pasarela propuesta. Algunos de dichos objetivos en los que dicho trabajo pretende mostrar especial atención son: Trabajo decente y crecimiento económico y Vida de ecosistemas terrestres, entre otros.

Con el objetivo de profundizar más en detalle cómo afecta dicho TFG en los distintos ODS, se dispone del *Anejo nº10.ODS*

11. CONCLUSIONES

En la presente Memoria y en todos los Anejos que componen dicho Trabajo Final de Grado se han desarrollado las principales causas que conducen a la necesidad de una alternativa diferente a la que se encuentra actualmente en el Pantano de Almansa. Es por ello por lo que se ha desarrollado un Estudio de Soluciones donde se han propuesto y descrito 3 diferentes alternativas: (1) Dique flotante y permeable, (2) Nueva Pasarela Flotante y (3) Pasarela tradicional de madera. Una vez analizadas se ha propuesto como más valedera la tercera alternativa.

Por consiguiente, se ha elaborado un documento que puede servir de apoyo al Ayuntamiento de Almansa con el fin de proyectar una alternativa

distinta a la actual pasarela flotante y poder satisfacer convenientemente las necesidades de la población de Almansa y alrededores.



Fdo: José David Ortega Rodríguez

Fecha: julio 2021



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS - ANEJO nº 1. Información Gráfica

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil

Índice

1.OBJETO	2
2.DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	2
2.1.Localidad y climatología	2
2.2.Accesos a la localidad.....	3
2.3.Emplazamiento.....	3
2.4.Situación actual	5
3.ESTUDIOS PREVIOS.....	7
3.1.Análisis geotécnico y geológico.....	7
4.VISITA DE CAMPO.....	7

1.OBJETO

El presente anejo, el de Información previa, tiene como finalidad describir la zona en la que se proyectan cada una de las alternativas del estudio de soluciones objeto de dicho trabajo final de grado. Es por ello por lo que se describen los aspectos fundamentales del entorno, tales como dónde se ubica exactamente, aspectos demográficos y cómo está conectada dicha zona con los territorios de alrededor.

2.DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

2.1.Localidad y climatología

La zona de actuación se encuentra dentro del municipio de Almansa, al sudeste de la provincia de Albacete, con 24.511 habitantes (según las últimas cifras ofrecidas por el INE). El término municipal de Almansa consta de una superficie de 50.000 hectáreas entre los sistemas montañosos del Mugerón y de la Oliva.

En cuanto a su distancia con respecto a las comunidades que tiene a su alrededor, se sitúa a unos 30 kilómetros aproximadamente tanto de la Comunidad Valenciana como de la Comunidad de Murcia. Véase en la figura 1.

La altitud en la que se encuentra oscila los 700m sobre el nivel del mar, caracterizándose por un clima continental con inviernos fríos y veranos

secos y calurosos. La temperatura media es de unos 14.6°C, siendo la temperatura máxima absoluta de 39.4°C y la mínima de -7.5°C, siendo esta última recogida en los meses de enero.

Por último, la precipitación media anual es aproximadamente de 400mm, caracterizándose por la irregularidad del clima mediterráneo, donde puede haber años en los que han caído más de 600l/m², y otros en los que no se han llegado prácticamente a los 200l/m².



Figura 1. Localización de Almansa en el mapa peninsular. Fuente: www.almansa.com

2.2. Accesos a la localidad

El municipio de Almansa se localiza en un término medio entre las provincias de Albacete, Valencia, Alicante y Murcia, dotándole de una importante infraestructura de comunicaciones, siendo un punto estratégico enclave de comunicaciones desde el centro peninsular a la zona levantina.

Por un lado, la A-31 que une Alicante con Madrid, transcurre cercanamente por el norte de Almansa, siendo un habitual punto de parada.

A su vez, la A-35 interseca con la A-31 hacia el este de Almansa, siendo por tanto la principal autovía que se emplea con destino a Valencia. Además, a través de la N-430, que es la circunvalación de Almansa, también se puede circular hasta desviarse a la A-35 y la A-31.

Hacia el norte de Almansa se encuentra la N-330, carretera nacional para desplazarse a Ayora a una distancia de 23km, perteneciendo a la Comunidad Valenciana

Por otro lado, hacia el oeste de Almansa también se encuentra la CM-412 para comunicarse directamente con Montealegre del Castillo, dentro de la Comunidad de Castilla La Mancha.

Por último, en el sudeste de Almansa se localiza la CM-3220, con destino a Yecla, dentro de la Comunidad Murciana, a unos 33km.

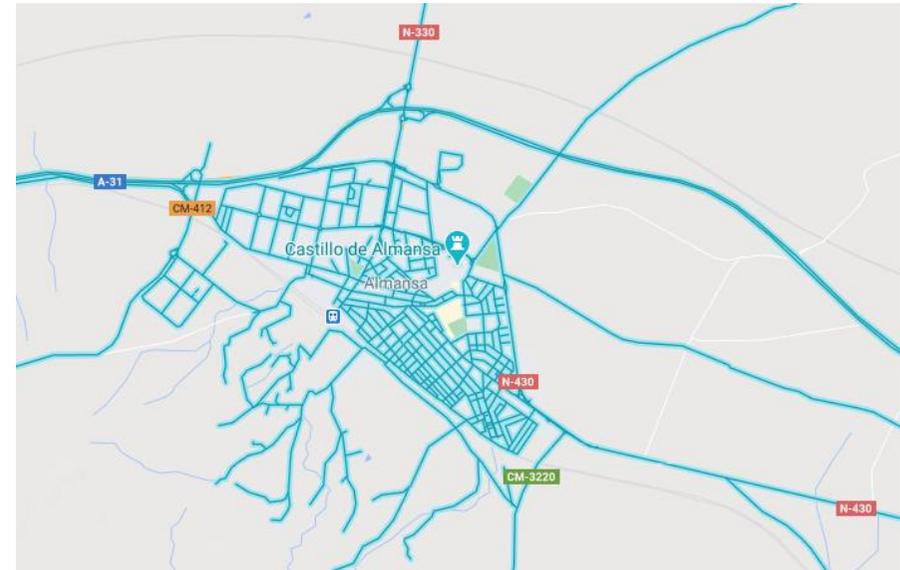


Figura 2. Diferentes accesos desde Almansa. Fuente: Google Maps

2.3. Emplazamiento

El emplazamiento de cada alternativa para sustituir la actual pasarela se sitúa en el Embalse de Almansa. Dicho embalse pertenece a la Confederación Hidrográfica del Júcar, siendo de gran interés turístico por su gran diversidad de fauna y flora que presenta en todo su entorno.



Figura 3. Localización de la actual pasarela peatonal. Fuente: Google Earth

El embalse de Almansa es un embalse artificial perteneciente a la cuenca endorreica del municipio de Almansa, de unos 2.2 kilómetros de largo. Almacena las aguas provenientes de las fuentes naturales de Alpera, municipio situado a unos 18km del dicho embalse.

La presa que lo cierra, siendo la primera más antigua de toda Europa en funcionamiento, fue construida entre los años 1530 y 1538 y se finalizó en el año 1584. Durante su construcción, se pueden observar partes diferenciadas de la propia presa, debido a posteriores recrecimientos que fue sufriendo, a partir del S.XVIII. A partir de entonces, es cuando la presa se dotó de la capacidad suficiente para empezar a retener agua. En cuanto a su último recrecimiento, fue en el año 1921.

La presa es de una tipología un tanto singular, debido a que es de arco con los muros escalonados. Consta de una altura de 20 metros siendo el espesor de su base de unos 16 metros aproximadamente y, tras las obras de rehabilitación en el año 2008 para la eliminación de lodos y sedimentos, en la actualidad es capaz de almacenar unos 3hm³ de agua.

El uso del agua almacenada es para riego por los regantes de Almansa, y su aprovechamiento secundario es de origen recreativo.



Imagen 1. Vista aérea Presa del Embalse de Almansa. Fuente: El País.

2.4.Situación actual

La pasarela flotante actual, que salva una luz total de 64.44m, está localizada tal y donde se indica en la Figura 3. Tiene lugar donde las orillas norte y sur se acercan, donde se encuentra un dique existente formado por escollera.

Está compuesta por un pantalán flotante mediante módulos prefabricados, cuyos accesos son mediante fíngers. El pantalán queda anclado horizontalmente a través de los pilotes, que están empotrados en el terreno. A su vez, aparte de apoyarse los fíngers en el pantalán, en su otro extremo están apoyados en un bloque de hormigón armado sobre el cual se encuentra una pequeña pasarela fija de madera.

El principal motivo de la construcción de la pasarela actual es ofrecer la posibilidad de cruzar el embalse de una orilla a otra, al mismo tiempo que sirve de conexión para efectuar las dos rutas de senderismo disponibles alrededor del embalse.



Imagen 2. Pasarela flotante actual. Fuente: Técnico de Medio Ambiente Ayto. Almansa. (2014)



Figura 4. Rutas de senderismo: ruta de la presa (color azul) y ruta de las aves y los montes (izquierda) Fuente: almansaturistica.es

En cuanto a los accesos, en la margen izquierda es a través de una estructura fija de madera anclada al terreno, situada a una cota de 18.5m (734.85 m.s.n.m) medidos desde la cota inferior de la Torre de la Botana. A

la misma cota, en la margen derecha, se encuentra una rampa de tierra hasta llegar finalmente a la cota del bloque de hormigón situado en ese extremo. Al situarse en una cota menor que el nivel máximo normal (N.M.N) del embalse (735.76 m.s.n.m) , provoca que, ante crecidas del embalse en época de fuertes lluvias, los accesos quedan inservibles imposibilitando el acceso a la pasarela flotante.

Además, los accesos fijos finalmente han sufrido grandes desperfectos debido a la subida y bajada constante del nivel del agua cada año. Esto ha provocado, incluso, el arranque de los mismos.

Es por ello por lo que se propone un estudio de soluciones con el objetivo de evitar el mal estado constante de la pasarela flotante actual. En dicho estudio las alternativas son las siguientes:

- Alternativa 1: Dique permeable y transitable
- Alternativa 2: Pasarela flotante con los accesos recrecidos
- Alternativa 3: Pasarela tradicional

La definición de cada una de las alternativas así como sus especificaciones y su geometría se detallarán en el *Anejo nº6. Estudio de alternativas de la Pasarela.*



Imagen 3. Estado de los accesos ante la subida del nivel del agua. Fuente: propia (enero 2021)

Por otro lado, el día 7 de agosto del 2015 en Almansa, hubo una fuerte avenida por precipitaciones, lo que provocó que el agua rebasara la cota de coronación de la presa, quedando esta totalmente fuera de control. Al mismo tiempo, la pasarela ascendió verticalmente hasta los extremos de los pilotes, que estaban a una cota de 21.4m, por debajo de la cota de coronación de la presa.

Como resultado, la pasarela se salió de los pilotes provocando el vuelco parcial de la misma. Es por ello por lo que, posteriormente, se recreció la

altura de los pilotes por encima de la cota de coronación de la presa para que no ocurriese el mismo suceso.



Imagen 4. Vuelco parcial de la pasarela. Fuente: Técnico de Medio Ambiente Ayto. Almansa (agosto 2015)

3. ESTUDIOS PREVIOS

3.1. Análisis geotécnico y geológico

Con respecto a los datos geológicos y geotécnicos necesarios para la elaboración del presente proyecto, se han consultado y utilizado los que están recogidos en el “Anexo G. Geotécnico” asociado al “Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante en el Pantano de Almansa”. Dichos datos quedan expuestos en el Anejo nº4 Informe Geotécnico del presente trabajo.

4. VISITA DE CAMPO



Imagen 5. Acceso en la margen derecha. Fuente: propia (febrero 2021)



Imagen 6. Acceso inundado en la margen derecha. Fuente: propia (febrero 2021)



Imagen 8. Acceso inundado en la margen izquierda. Fuente: propia (febrero 2021)



Imagen 7. Acceso en la margen izquierda. Fuente: propia (febrero 2021)



Imagen 9. Acceso en la margen izquierda. Fuente: propia (febrero 2021)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS – ANEJO nº 2. Cartografía

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil

Índice

Índice	1
1.OBJETIVO	2
2.FUENTE DE DATOS.....	2
3.LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL	4
.....	4

1.OBJETIVO

El presente anejo tiene como principal objetivo la exposición de la procedencia de los datos y de la información de partida. Además, en él se resumirán los principales puntos que sean de interés para el correcto diseño de las diferentes alternativas.

2.FUENTE DE DATOS

La procedencia de los datos cartográficos y topográficos que han sido facilitados es a través de la "Memoria Descriptiva. Comprobación Cartográfica Pantano de Almansa (Albacete)" realizada en agosto del 2013 por TTYC Ingeniería.

En dicha memoria, se muestran los diferentes puntos de control tomados en campo para cotejar la altimetría de las zonas más representativas para cuando se elaboró el Proyecto de la actual Pasarela Flotante en el Pantano de Almansa. Las coordenadas de los puntos de control están referidas al sistema de proyección UTM Huso 30N ETRS-89.

Asimismo, dichos puntos aparecen representados en los planos topográficos, donde se muestran las curvas de nivel de una equidistancia de 1m, georreferenciadas también a coordenadas oficiales UTM Huso 30N ETRS-89.

A continuación, en el presente anejo se recogen algunos de los puntos de control de más interés para la correcta georreferenciación de las distintas alternativas objeto de este trabajo final de grado.

Nº PUNTO	X	Y	Z
2	660006.142	4304495.845	736.614
3	660018.412	4304503.216	736.571
4	659998.055	4304490.937	737.305
5	659969.551	4304473.772	737.303
6	659938.192	4304476.027	737.220
7	659922.645	4304485.284	737.222
10	659507.674	4304264.222	732.832
13	659245.054	4304305.843	733.155
43	659545.472	4304319.296	737.628

Tabla 1. Puntos de control de interés. Fuente: "Memoria Descriptiva. Comprobación Cartográfica Pantano de Almansa (Albacete)".

Los puntos 2 y 3 están localizados en el borde superior del aliviadero de la presa, situado en la margen derecha de la misma.

Con referencia a los puntos 4,5,6 y 7, están referenciados a los puntos de control tomados en los distintos vértices en planta de la coronación de la presa. Dichos puntos se consideran fundamentales debido a que en estos últimos 6 años la lámina de agua ha rebasado la cota de la coronación de la presa hasta en 2 ocasiones. Por tanto, se tendrá en cuenta dichas cotas para la determinación de la altura máxima de las alternativas propuestas.

En relación con el resto de los puntos de control, los 10,13 y 43, se han tenido en cuenta con el objetivo de determinar de forma más exacta las

cotas de las curvas de nivel de los planos topográficos. Dichos puntos están localizados de tal forma que las curvas de nivel los atraviesan directamente.

Con las cotas de los puntos de control anteriormente citados se está en disposición de determinar la cota de las curvas de nivel, siendo de especial interés aquellas que se sitúan en los extremos de la pasarela, donde se situarán los accesos de la misma.

3.LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

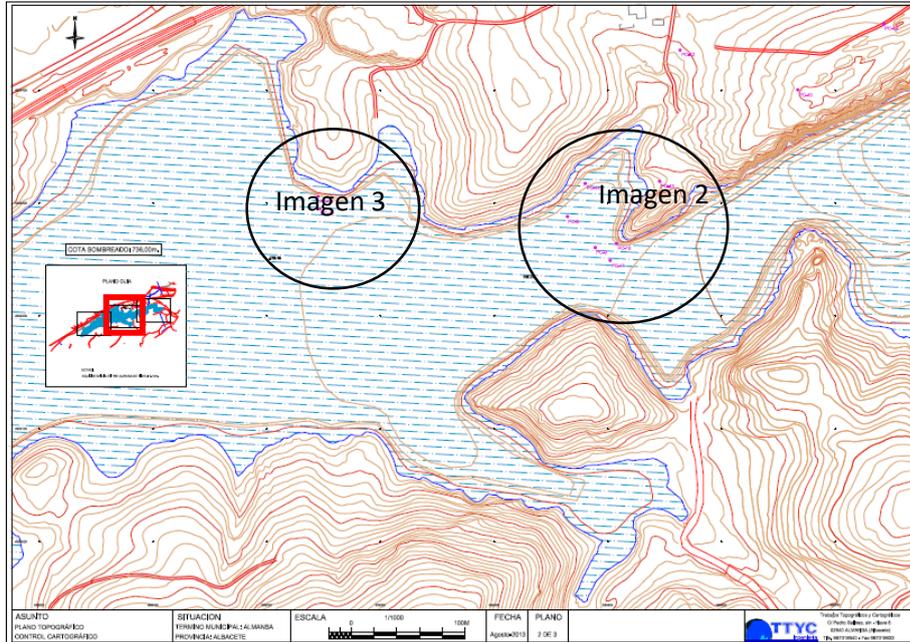


Imagen 1. Situación General del Pantano de Almansa. Zona dique. Fuente: 'Memoria Descriptiva. Comprobación Cartográfica Pantano de Almansa (Albacete)

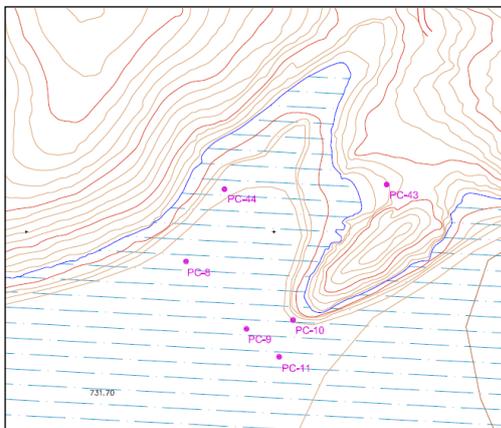


Imagen 2. Puntos de control 10 y 43.

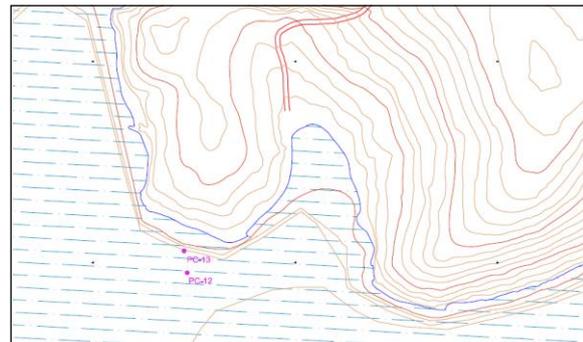


Imagen 3. Punto de control 13

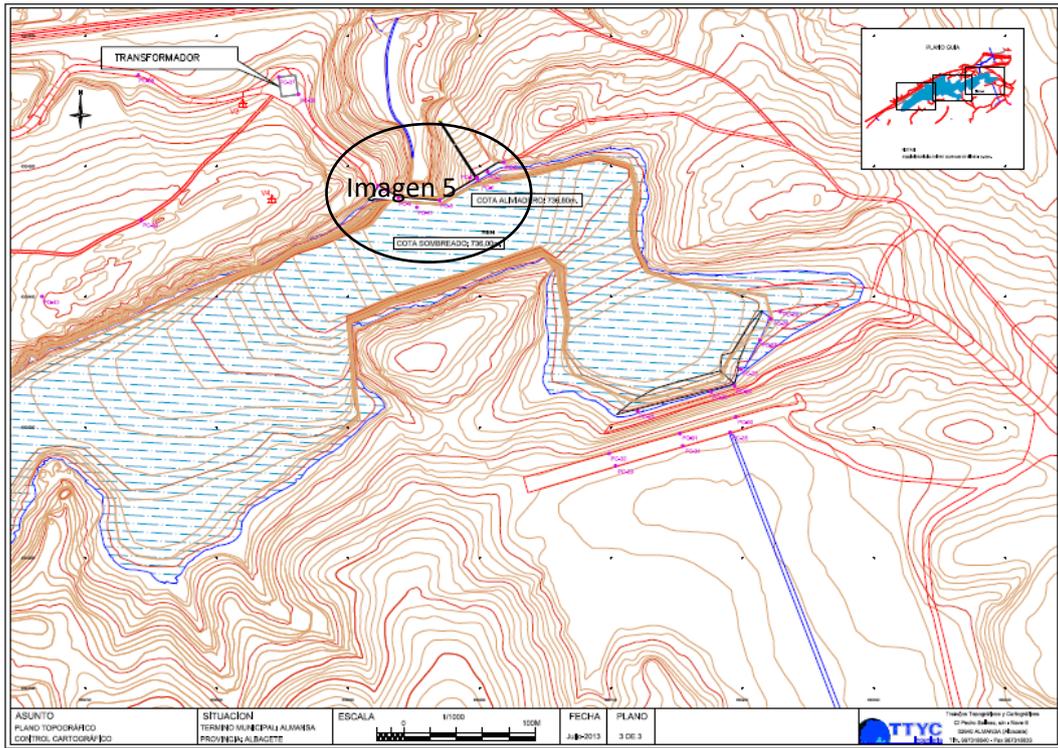


Imagen 4. Situación General Pantano de Almansa. Zona Presa. Fuente: 'Memoria Descriptiva. Comprobación Cartográfica Pantano de Almansa (Albacete)

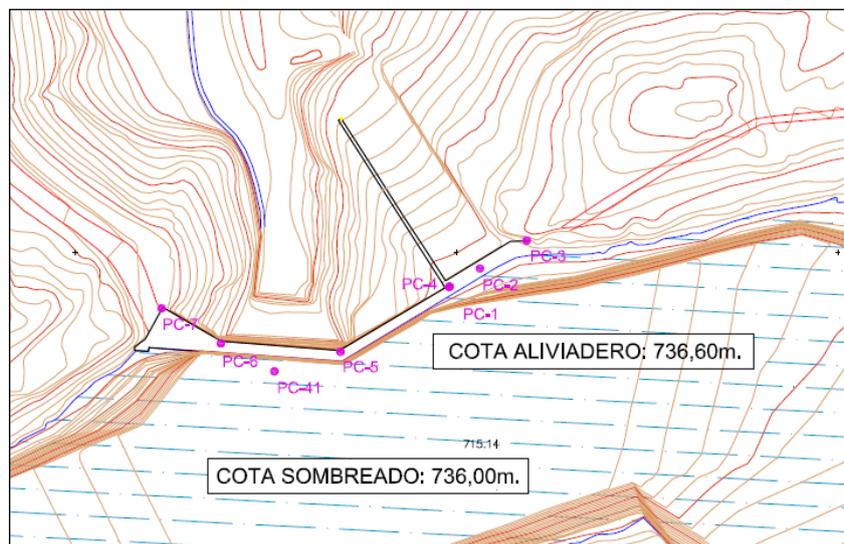


Imagen 5. Puntos de control del aliviadero y de la coronación de la presa





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS - ANEJO nº3. Estudio Hidrológico

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil

Índice

1.OBJETO	2
2.CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA VERTIENTE	2
3.ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO	3
3.1. Obtención de los datos pluviométricos.....	3
3.2. Hietograma de cálculo.....	3
3.3. Modelo de transformación lluvia – Escorrentía	4
4.RESULTADOS OBTENIDOS	4
5.DETERMINACIÓN DEL NIVEL MÁXIMO DEL EMBALSE.....	5

1.OBJETO

En el presente Anejo nº3 Estudio Hidrológico se pretende determinar la máxima cota que puede alcanzar el nivel del embalse con el fin de diseñar las distintas alternativas con una altura suficiente para evitar inundaciones. Para ello, se ha tenido referencia al *“Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004”*, en el cual se han consultado los *Anejos 6 y 11: Estudio Hidrológico y Cálculos Hidráulicos, respectivamente*. Además, también se ha recogido información del *“Plan de Seguridad y Emergencia de la Presa de Almansa”*.

Es por ello por lo que se considera material suficiente para la elaboración del presente anejo, donde se procede a resumir la información y el proceso necesarios para la determinación del máximo nivel del embalse.

2.CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA VERTIENTE

Para la correcta caracterización de la cuenca vertiente se ha de elegir el modelo hidrológico que más se puede ajustar con el caso a estudiar. Se pueden distinguir tres modelos: el del método racional, el agregado y el pseudodistribuido.

El que es capaz de representar una mayor heterogeneidad de la cuenca, como es la pendiente, la capacidad de infiltración o la pluviometría es el modelo pseudodistribuido. En el citado anejo 6 se han realizado los tres modelos para compararlos; sin embargo, en el presente anejo referente al Trabajo Final de Grado se opta por centrarse exclusivamente en el

pseudistribuido, por ser el que más parámetros tiene en cuenta y por la inclusión de la heterogeneidad de la cuenca.

Una vez que se tiene elegido el modelo hidrológico que se va a emplear, el siguiente paso es tener acceso a la cartografía de la cuenca. Para ello, se han consultado mapas de la serie L de cartografía militar de España, siendo la *“Hoja 793 Almansa”* la que más importancia tiene para la elaboración del siguiente apartado.

Por otro lado, también se ha tenido acceso para la elaboración del Anejo 6 el Modelo Digital del Terreno de la Confederación Hidrográfica del Júcar generado a partir del Modelo construido por TRAGSATEC. Dicho modelo digital está constituido por una malla de 20x20 (m), representando cada celda un tamaño de 0.04Ha.

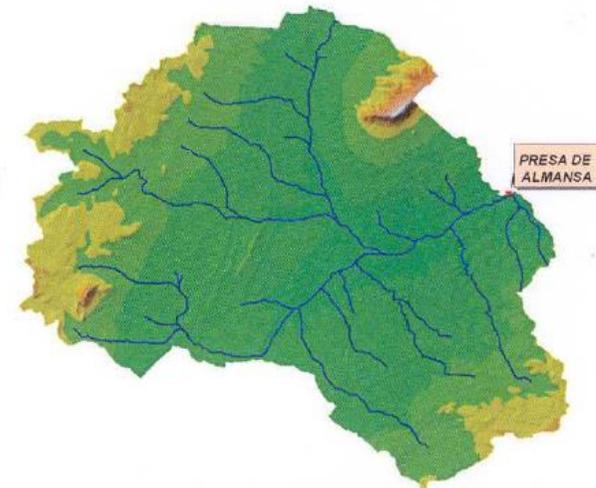


Figura 1. Cuenca hidrográfica de la Presa de Almansa. Fuente: Anejo 6 ‘Estudio Hidrológico’ del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.

Área	195.6 km ²
Cota máxima	1202 m.s.n.m
Cota media	835 m.s.n.m
Cota mínima	735 m.s.n.m
Longitud del recorrido principal	23.58 km
Pendiente media del recorrido principal	0.008 m/m

Tabla 1. Características principales de la cuenca hidrográfica. Fuente: Anejo 6 'Estudio Hidrológico' del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.

3. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

3.1. Obtención de los datos pluviométricos

Para la elaboración del presente apartado, se ha consultado la publicación "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular". Aunque se hayan tenido en cuenta periodos de retorno de 25, 50, 100, 200 y 500 años, para un estudio más desfavorable del emplazamiento a estudiar se opta por tener en consideración el periodo de 500 años para la elaboración posterior de los hidrogramas.

A continuación, se muestran los valores de la precipitación máxima diaria areal, siendo el resultado de multiplicar los valores de la precipitación máxima puntual por un coeficiente reductor de no simultaneidad (K_A), recogido en la Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial de Carreteras.

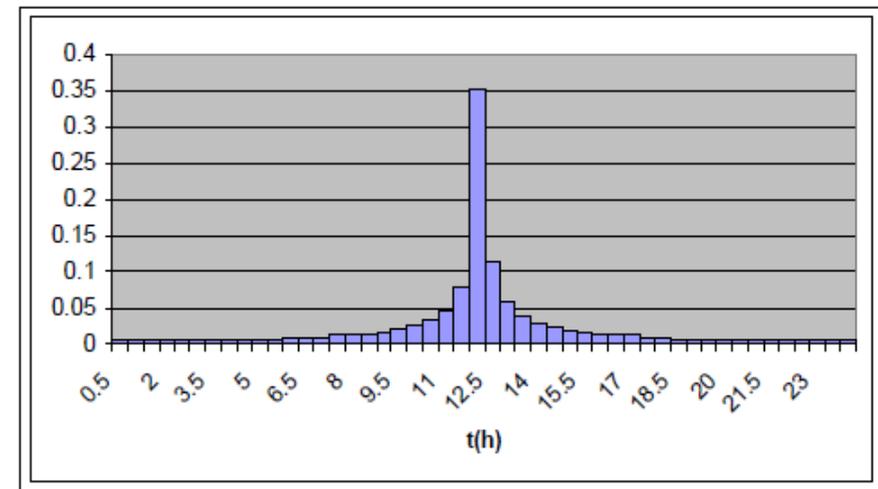
$$K_A = 1 - \frac{\log_{10} * A}{15} = 0.84$$

	T=25 años	T=50 años	T=100 años	T=200 años	T=500 años
Pd(mm)	80.49	95.74	110.1	127.09	149.11

Tabla 2. Precipitación máxima areal. Fuente: Anejo 6 'Estudio Hidrológico' del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.

3.2. Hietograma de cálculo

Se hace uso de la curva IDF de Témez (1987), recogida también en la Instrucción de Carreteras anteriormente citada. Se adopta el método del hietograma de bloques alternos, con duraciones de lluvia de 24h, e incrementos temporales de 30 minutos.



Gráfica 1. Hietograma adimensional. Fuente: Anejo 6 'Estudio Hidrológico' del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.

3.3. Modelo de transformación lluvia – Escorrentía

En el presente apartado, se describen brevemente los métodos que se han tenido en cuenta para la obtención del régimen de avenidas.

- Modelo de infiltración: se ha empleado el número de curva del Soil Conservation Service (S.C.S.)

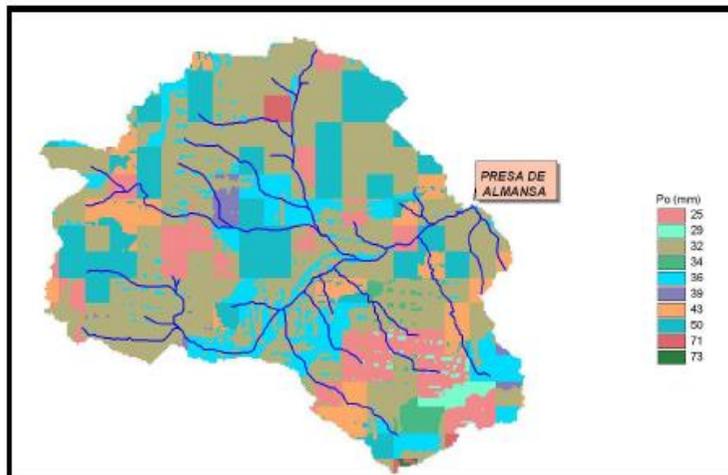


Figura 2. Mapa donde se representa la variabilidad espacial del modelo de escorrentía. $Po_{max} = 73mm$, $Po_{med} = 36mm$; $Po_{min} = 25mm$. Fuente: Anejo 6 'Estudio Hidrológico' del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.

- Modelo de transformación lluvia neta – Escorrentía: se ha empleado el modelo del hidrograma unitario del Soil Conservation Service.

- Método de Laminación: utilizado el modelo de Muskingum, suponiendo velocidad media del flujo de 2m/s

4.RESULTADOS OBTENIDOS

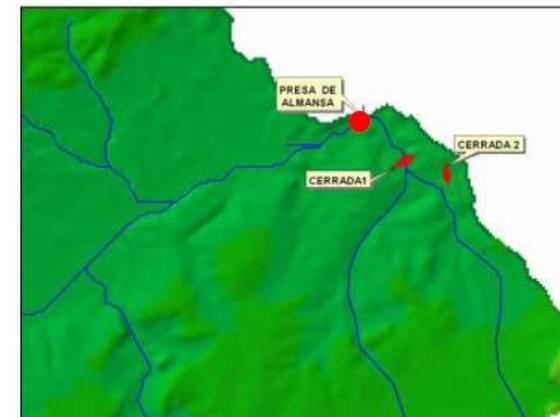
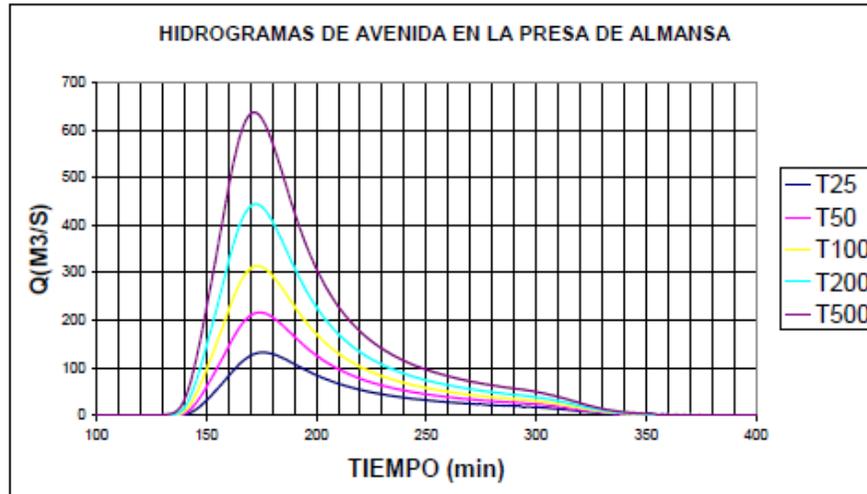


Figura 3. Plano de situación de los puntos de control. Fuente: Anejo 6 'Estudio Hidrológico' del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.

Periodo de retorno (años)	Presa de Almansa (m^3/s)
25	131.86
50	216.00
100	3145.01
200	443.75
500	637.05

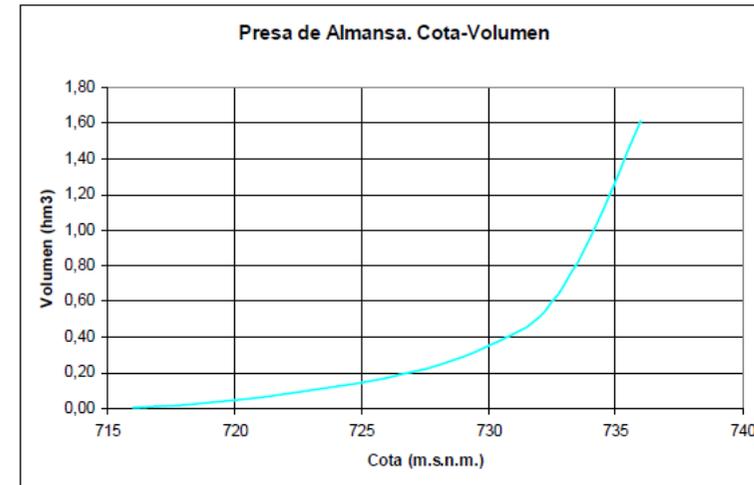
Tabla 3. Caudal pico según el modelo pseudodistribuido para distintos periodos de retorno. Fuente: Anejo 6 'Estudio Hidrológico' del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.



Gráfica 2. Hidrogramas de avenida en la presa de Almansa para distintos periodos de retorno. Fuente: Anejo 6 'Estudio Hidrológico' del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.

5.DETERMINACIÓN DEL NIVEL MÁXIMO DEL EMBALSE

Una vez que se conoce el hidrograma, se está en disposición de calcular la curva característica del embalse. Esta resulta ser la siguiente:



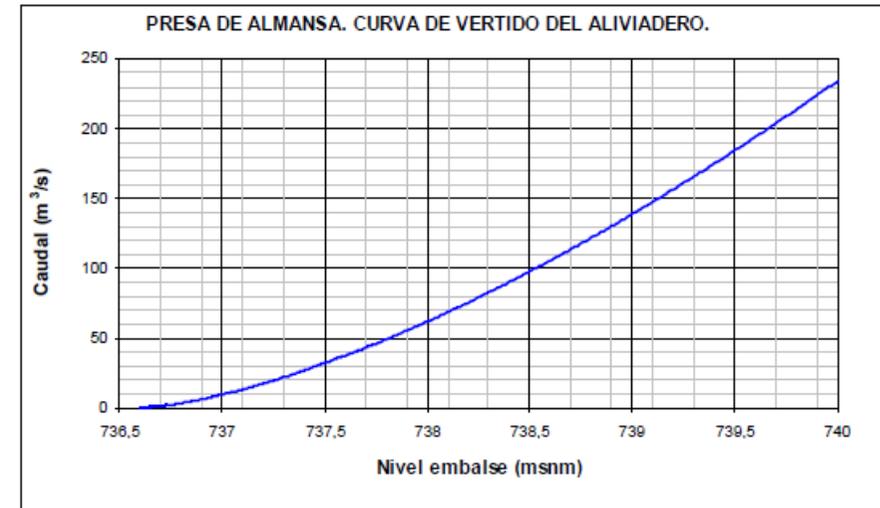
Gráfica 3. Curva característica del embalse de Almansa (cota-volumen). Fuente: Plan de Emergencia y Seguridad de la Presa de Almansa.

Se parte de un nivel y volumen de embalse iniciales, correspondiéndose al nivel de 736 m.s.n.m, donde todavía el aliviadero no ha empezado a desaguar; y al volumen de 1.568.784,32 m³. A partir de estos primeros valores se calcula el volumen de agua que está entrando al embalse en un incremento de tiempo con los hidrogramas de entrada.

Seguidamente, a través de la curva característica, se suma el volumen de entrada al volumen inicial, proporcionando una nueva cota de embalse. Si este nuevo nivel se encuentra por encima del umbral del aliviadero, se calcula el caudal vertido por el aliviadero mediante la correspondiente curva de desagüe en vertido libre.

COTA (m.s.n.m)	SUPERFICIE (ha)	VOLUMEN ACUMULADO (m ³)
736	36.80	1.568.784,32
735	32.36	1.222.985,29
734	28.04	920.974,96
733	24.17	659.919,21
732	10.70	485.570,04
731	6.92	397.494,84
730	5.76	334.097,29
729	4.68	281.907,97
728	3.94	238.839,00
727	3.46	201.876,60
726	2.89	170.168,63
725	2.56	142.928,48
724	2.25	118.865,43
723	2.01	97.540,89
722	1.85	78.232,30

Tabla 4. Volumen acumulado en distintas cotas del embalse. Fuente: Plan de Emergencia y Seguridad de la Presa de Almansa.



Gráfica 4. Curva de vertido del aliviadero de la Presa de Almansa. Fuente: Plan de Emergencia y Seguridad de la Presa de Almansa.

Una vez obtenido este caudal de salida, se calcula el volumen vertido por el aliviadero, y se resta al volumen que disponía el embalse. Finalmente, conocido este dato se procede a obtener el volumen y nivel finales al que se encuentra el embalse tras finalizar el instante de tiempo adoptado, repitiendo el mismo proceso con estos datos como valores iniciales.

Tras este proceso, se ha llegado al resultado de **737.65 metros** sobre el nivel del mar como máxima cota del embalse para un periodo de retorno de 500 años.

DATOS GENERALES

NUMERO DE ELEMENTOS DE DESAGÜE	4
COTA DE MÁXIMO NIVEL DEL EMBALSE (M.)	737.650
COTA DEL EJE EN LA EMBOCADURA (M.)	719.420
COTA DEL EJE EN LA SALIDA (M.)	719.420
COTA DE LA ZONA DE VERTIDO (M.)	717.000
SECCION EN LA SALIDA (M2)	1.875
COEFICIENTE DE DESCARGA	0.900
INTERVALO DE ALTURAS DE CALCULO (M.)	2.000

ELEMENTOS DEL DESAGÜE

ELEMENTO-TIPO	COEF. PERDIDA DE CARGA	COTA	SECCION INICIAL	SECCION FINAL	ANGULO DEL CODO	RADIO/DIAMETRO DEL CODO	LONGITUD CONDUCTO	RADIO HIDRAULICO	COEFICIENTE RUGOSIDAD
1 REJILLA	0.250	719.420	1.824						
2 EMBOCADURA	0.400	719.420	3.040	1.875					
3 CONDUCTO			1.875				0.400	0.341	0.1500
4 V.COMPUERTA	0.400	719.420	1.875						

Figura 3. Datos de entrada en el programa DFOND para el cálculo hidráulico. Fuente: Anejo 11 'Cálculos hidráulicos'. Apartado 4.1 'Capacidad desagüe actual. Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa del año 2004.

Una vez que se conoce el nivel máximo del embalse, se está en disposición de determinar la altura que ha de tener, como mínimo, cada alternativa. Para ello, habría que calcularse la curva de remanso que se produce entre cada alternativa y la coronación de la presa.

Sin embargo, para facilitar el proceso de determinación de la curva de remanso de cada alternativa, se opta por admitir el valor conservador de 1 metro de resguardo que ofrece la Instrucción de Carreteras, correspondiéndose entre la cota del tablero y la lámina de agua. Aunque para el caso presente la cota de la lámina de agua de 737.65 m.s.n.m se vería aumentada debido a la sobreelevación debido a la curva de remanso, dicho resguardo seguiría siendo aceptable para, finalmente, determinar como altura mínima de las alternativas los **738.65 m.s.n.m.**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS - ANEJO nº4. Informe Geotécnico

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil

Índice

1.INTRODUCCIÓN	2
2.ANTECEDENTES	2
3.OBJETIVO	2
4.CONDICIONES GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS	2
5.TRABAJOS DE CAMPO	3
5.1.Campaña de sondeos mecánicos	3
5.2.Datos de campaña de campo.....	4
5.3.Toma de muestras.....	4
6.TRABAJOS DE LABORATORIO	4
7.DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRATIGRÁFICA DEL TERRENO.....	5
8.CONCLUSIONES	7
8.1. Resistencia del terreno y soluciones constructiva	7
8.2. Agresividad.....	7
8.3. Sismicidad.....	8

1.INTRODUCCIÓN

A petición de Aglomerados Los Serranos S.L. en la fecha del 05/05/2014, Técnicas del Suelo Geotecnia y Geofísica SLL, ha realizado un estudio geotécnico para el Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante en el Pantano de Almansa. Dicho estudio geotécnico ha sido facilitado por el técnico de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Almansa, siendo material suficiente para la elaboración del presente *Anejo nº4. Informe Geotécnico*, donde se ha analizado y resumido toda la información facilitada.

2.ANTECEDENTES

Se han realizado trabajos de campo que han consistido en 2 sondeos y 7 ensayos S.P.T. En lo que respecta a los ensayos de laboratorio, se han ensayado las muestras procedentes de los sondeos, con el fin de determinar las características mecánicas del suelo.

3.OBJETIVO

El objetivo principal del presente anejo es determinar los parámetros y características geológicas, geotécnicas y mecánicas del suelo con el fin de tener información suficiente para la correcta elaboración del estudio de soluciones a la actual pasarela flotante.

4.CONDICIONES GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS

El entorno en el cual se ha realizado dicho informe geotécnico se puede englobar en las zonas externas de las Cordilleras Béticas, atendiendo al punto de vista geológico. Está incluido en un dominio geológico que, por sus características estratigráficas y estructurales , se ha denominado Prebético de Alicante.

Los materiales detectados se corresponden con la edad Cuaternaria, tratándose de depósitos granulares con abundantes y bruscos cambios laterales faciales, apoyándose estos sobre arcillas y calizas de edad Pliocena.

En cuanto a la hidrogeología, la depresión en la que se encuentra el embalse de Almansa cuenta con un acuífero entre unos 5 y 6 metros de potencia, presentando desde medias a malas condiciones hidrodinámicas. Actualmente, está explotado por numerosos pozos dedicados a regadío especialmente, en los cuales la velocidad del agua circula entre los 3 y 10 l/s.

Respecto a dos datos relativos de la pluviosidad, se corresponde con una pluviosidad media-baja, al ser la media anual de 345 l/m² , aproximadamente, concentrándose los episodios torrenciales en la época de otoño-invierno.

5. TRABAJOS DE CAMPO

5.1. Campaña de sondeos mecánicos

- Realización de dos sondeos a rotación con recuperación continua de testigo y toma de muestras en el interior de los mismos. Las normas empleadas son la XP P94-202 y ASTM D-2113-99. La localización en coordenadas de dichos sondeos está recogida en la Tabla 2. Se alcanzaron unas profundidades de 9.80 y 11.30 metros, siendo el diámetro del testigo perforado de 101 y 86mm.
- Ejecución de siete ensayos S.P.T. (Standard Penetration Test) según la norma UNE 103800-92. En dichos ensayos se permite medir la resistencia a penetración del terreno, además de obtener muestras representativas alteradas con propósitos de identificación en campo y clasificación en laboratorio, como ha sido el caso. El resultado que se obtiene del ensayo da lugar a la determinación del N_{30} , siendo el número obtenido de la suma de las penetraciones parciales segunda y tercera.
- Respecto a los ensayos S.P.T, en tres de ellos, se empleó la puntaza ciega. La zapata del toma muestras bipartito se sustituye por una punta de acero de 51mm de diámetro y 60º de ángulo cónico, provocando que no pueda haber recuperación de la muestra. El motivo de la utilización de la puntaza ciega es el tipo de terreno que se estaba alcanzando: granulares de grano grueso o cohesivos muy duros.

Por otro lado, con el objetivo de tomar muestras inalteradas, se han tomado tres testigos parafinados.

A continuación, se muestra una tabla donde se expone la cota a la que los ensayos S.P.T han sido realizados además del tipo de material para cada ensayo.

Para ello, se han considerado como rechazo (R) los valores del N_{30} superiores a 100, o golpes de S.P.T. (N) mayores de 50 para 15cm de penetración

PUNTO DE RECONOCIMIENTO	SR-1 (Zona avistamiento)	SR-2 (Zona Pasarela)
Cota S.P.T. nº1 (m)	1.30-1.90	2.40-3.00
Golpeos S.P.T	1-0-5-6	3-3-3-4
Material S.P.T	Arcillas limosas	Arcillas
Cota S.P.T. nº2 (m)	6.00-6.38 P.Ciega	4.30-4.90
Golpeos S.P.T	15-43 R/8	3-3-3-2
Material S.P.T	Arcillas con cantos	Arcillas
Cota S.P.T. nº3 (m)	9.60-9.80 P.Ciega	9.00-9.60
Golpeos S.P.T	48-R/5	3-2-2-3
Material S.P.T	Arcillas limosas con gravas	Arcillas
Cota S.P.T. nº4 (m)	-	10.70-10.80 P.Ciega
Golpeos S.P.T	-	R/10
Material S.P.T	-	Gravas y arenas

Tabla 1. Cota de cada ensayo y tipo de material (Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa)

5.2. Datos de campaña de campo

La posición de cada uno de los puntos de reconocimiento ha sido por medio de GPS, reflejándose en la siguiente tabla los datos obtenidos:

Punto de reconocimiento	SR-1 Zona avistamiento	SR-2 Zona Pasarela
Profundidad (m)	9.80	11.30
Coordenadas	38° 52' 23'' 1° 9' 42''	38° 52' 19'' 1° 10' 01''

Tabla 2. Posición de los dos sondeos (Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa)

5.3. Toma de muestras

Los testigos y las muestras S.P.T recuperadas en cada sondeo se colocan en cajas porta testigos, siendo convenientemente etiquetadas y guardando el mismo orden según la extracción de cada muestra del terreno.

Dichas muestras fueron trasladadas al laboratorio lo antes posible con el fin de evitar variar las condiciones iniciales de las mismas.

6. TRABAJOS DE LABORATORIO

A continuación, se enumeran los ensayos de laboratorio que se programaron con el objetivo de evaluar las características del terreno, mediante identificación y clasificación de los materiales, además de ensayos de resistencia y composición química.

- Granulometría por tamizado (6 ensayos). Según UNE 103-101:95 Se obtiene por tamizado el peso retenido por cada uno de los tamices, de una abertura hasta 0.08mm. El resultado condiciona, en gran medida, las características y propiedades geotécnicas del mismo.
- Límites de Atterberg (6 ensayos para el caso de Límite Líquido y Límite Plástico), según UNE 103-103:94 y UNE 13-104:93 respectivamente. Gracias a la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico, se ha podido determinar el Índice de Plasticidad y, por consiguiente, la plasticidad y la deformabilidad potencial del terreno.
- Resistencia a compresión simple en suelos. (3 ensayos). Según UNE 103-400:93. Con dichos ensayos se ha podido determinar la resistencia del terreno a las cargas sometidas.
- Contenido en sulfatos solubles. Según Anejo 5 de la EHE. Permite determinar la agresividad potencial del medio frente a cimentaciones. Además, permite decidir si es adecuado o no el uso de cementos especiales.

En la tabla que se adjunta a continuación, se indica un resumen de los ensayos de laboratorio realizados, indicando los valores de dichos ensayos y la clasificación de los materiales, según ASTM-D 2487:00.

Sondeo		SR-1	SR-1	SR-1	SR-1
Tipo de muestra		Testigo	Muestra inalterada	Muestra inalterada	Testigo
Cota		2.40-2.70	3.60-3.90	7.60-7.80	9.50-9.80
Granulometría	%gravas	49	0	-	52
	%arenas	32	22	-	28
	%arcillas	19	78	-	20
Límite líquido		N.P	27.7	-	12.9
Límite plástico		N.P	17.2	-	10.6
Índice de plasticidad		N.P	10.5	-	2.4
Compresión simple	KPa	-	96	319	-
	Kp/cm ²	-	0.98	3.25	-
	clasificación	-	Media	Muy firme	-
Sulfatos		79	-	-	-
Símbolo según A.S.T.M		GW-GM	CL	-	GW-GM

Tabla 3. Resumen de Ensayos de Laboratorio. Sondeo 1. Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa

Sondeo		SR-2	SR-2	SR-2	SR-2
Tipo de muestra		S.P.T	S.P.T	Muestra inalterada	Testigo
Cota		2.40-3.00	4.30-4.90	5.70-5.90	9.00-9.60
Granulometría	%gravas	0	0	-	0
	%arenas	9	8	-	11
	%arcillas	91	92	-	89
Límite líquido		43.4	41.7	-	43.2

Límite plástico		26.1	24.3	-	27.6
Índice de plasticidad		17.3	17.4	-	15.6
Compresión simple	KPa	-	-	124	-
	Kp/cm ²	-	-	1.26	-
	clasificación	-	-	Firme	-
Sulfatos		123	-	-	-
Símbolo según A.S.T.M		CL	CL	-	CL

Tabla 4. Resumen de Ensayos de Laboratorio. Sondeo 2. Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa

7. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRATIGRÁFICA DEL TERRENO

Tras finalizar los diferentes trabajos de campo realizados, junto con los ensayos de laboratorio y la información aportada por la geología, se ha podido deducir la columna litológica. El resultado de dividirla en diferentes niveles es el siguiente:

- Nivel 1. Relleno artificial.
Se trata de la existencia de una capa formada por arenas y gravas. En el sondeo nº1 (SR-1) se ha detectado con un espesor de 0.80m mientras en que en el sondeo nº2 (SR-2) ha sido de 1.40m. Cabe señalar que su espesor puede variar en diferentes zonas del embalse, e incluso, no aparecer.

- Nivel 2. Arcillas oscuras.

Se detecta un nivel de arcillas marrón oscuro, correspondiéndose al material depositado en el embalse. Ha sido localizado hasta los 1.60m en el SR-1, mientras que en el SR-2 hasta los 10.30m.

Para una correcta determinación del presente estrato debería de usarse la geofísica para interrelacionar los dos sondeos.

Según la norma ASTM-D 2487/00, se puede clasificar de tipo CL, que se refiere a una arcilla algo arenosa, de plasticidad media.

Cohesión	1.00 kp/cm ²
Ángulo de rozamiento interno	25°
Densidad	2.10 g/cm ³
Consistencia	Baja

Tabla 5. Resumen de Parámetros Geotécnicos. Nivel 2.(Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa)

- Nivel 3. Arenas y gravas.

Solo ha sido en el SR-1 en el que se ha detectado una capa de material granular proveniente de un canal de relleno del embalse hasta los 3.1m.

Según la norma ASTM-D 2487/00, se puede clasificar como un suelo de tipo GW-GM, correspondiéndose con una grava arenosas con limos no plásticos.

Cohesión	0.20 kp/cm ²
Ángulo de rozamiento interno	35°
Densidad	2.20 g/cm ³

Tabla 6. Resumen de Parámetros Geotécnicos. Nivel 3.(Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa)

- Nivel 4. Arcillas rojas

Bajo las arenas y gravas del estrato anterior, se encuentra un horizonte formado por arcillas rojas con cantos dispersos. Solo ha sido detectada en el SR-1 hasta una profundidad de 8.20m.

Según la norma ASTM-D 2487/00, puede clasificarse como un suelo de tipo CL, que se corresponde con una arcilla arenosa de plasticidad media.

Cohesión	1.50 kp/cm ²
Ángulo de rozamiento interno	28°
Densidad	2.20 g/cm ³
Consistencia	Media-alta

Tabla 7. Resumen de Parámetros Geotécnicos. Nivel 4.(Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa)

- Nivel 5. Gravas y arenas.

A continuación, bajo las arcillas del Nivel 4 se detectó una capa de arenas con abundantes cantos calizos. Cabe destacar que también se halló solamente en el SR-1, siendo así hasta la finalización de los trabajos.

De acuerdo con la norma ASTM-D 2487/00, el terreno se puede clasificar como un suelo de tipo GW-GM, correspondiéndose con una grava arenosa con limos plásticos.

Además, se trata de un material cuya consistencia es muy alta, lo que produjo rechazo a la hora de realizar el ensayo de S.P.T.

- Nivel 6. Roca Caliza

Bajo las arcillas en el Nivel 2, en el SR-2 y hasta la finalización de los trabajos a 11.30m, se detectó el sustrato formado por roca caliza.

En cuanto a los primeros 60cm, se encuentran alterados en forma de arenas y gravas.

- Nivel Freático.

Gracias a los sondeos a rotación efectuados, la presencia de Nivel Freático ha sido detectada a unas cotas de 0.50m y 0.80m, como consecuencia de la proximidad de los trabajos de campo a la orilla del embalse.

8.CONCLUSIONES

8.1. Resistencia del terreno y soluciones constructiva

Los resultados que se han podido determinar por medio de la realización de trabajos de campo y ensayos de laboratorio permiten estimar la tensión admisible del terreno y, por consiguiente, determinar el tipo de cimentación más recomendable.

Para el cálculo de la tensión admisible, se calcula previamente la tensión de hundimiento o rotura del terreno de cimentación además de las limitaciones de asiento máximo admisible. La menor de las dos será el resultado de la tensión admisible.

El sondeo SR-2 se corresponde con la zona del dique existente, donde se detectó un importante espesor de arcillas oscuras en el Nivel 2. Por tanto, la cimentación prevista en esta zona para las alternativas será mediante pilotes, calculada su profundidad en el *Anejo nº7. Análisis de alternativas y propuesta.*

Niveles	Cotas(m)	Rfuste (KPa)	Rpunta (KPa)
Nivel 1. Relleno	0.00-1.40	-	-
Nivel 2. Arcillas Oscuras	1.40-10.30	35	-
Nivel 6. Roca Caliza	10.30	500	75

Tabla 8. Resistencia por Punta y por Fuste de los pilotes (Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa)

8.2. Agresividad

En relación con la agresividad, presenta un contenido bajo en sulfatos tanto a la cota de cimentación como en el agua freática. Por tanto, de acuerdo con los parámetros establecidos en la Instrucción Técnica EHE, el medio se puede considerar como no agresivo al hormigón.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los parámetros más importantes obtenidos en los ensayos de laboratorio.

SONDEO 1			
Profundidad (m)	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad
2.4-2.7	-	-	-
3.6-3.9	27.7	17.2	10.5
9.5-9.8	12.9	10.5	2.4
SONDEO 2			
Profundidad (m)	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plasticidad
2.4-3.0	43.4	26.1	17.3-
4.3-4.9	41.4	24.3	17.4
9.0-9.6	43.2	27.6	15.6

Tabla 9. Resumen LL,LP Y IP para sondeos SR-1 y SR-2 (Fuente: propia)

SONDEO 1		
Profundidad	Tensión de Rotura (KPa)	Deformación de rotura (%)
3.6-3.9	96	5
7.6-7.8	319	8
SONDEO 2		
Profundidad	Tensión de Rotura (KPa)	Deformación de rotura (%)
6.7-6.9	96	5

Tabla 10. Resumen tensión rotura y deformación de rotura en SR-1 y SR-2 (Fuente: Propia)

8.3. Sismicidad

En la tabla que aparece a continuación, se han recogido en la NCSE-02 para la localidad de Almansa los valores de la aceleración sísmica básica (ab) y el coeficiente de contribución (K)

	ab	K
Almansa	0.07	1.0

Tabla 11. Aceleración sísmica y coeficiente de contribución (Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa)

Con respecto a la estructura a proyectar, se puede considerar de importancia normal, no siendo obligatorio el uso de la norma sismorresistente.

Si se quisiera utilizar, el proceso para establecer el valor de C sería:

$$C = \frac{\sum Ci * e}{30}$$

Siendo:

C: coeficiente del terreno

Ci: coeficiente de cada estrato

e: potencia de cada estrato

- Zona avistamiento

Nivel detectado/ Tipo de suelo	Potencia aproximada	Valor de C
Nivel 1. Tipo IV	0.00-1.00	2.00
Nivel 2. Tipo III	1.00-2.00	1.60
Niveles 3-4. Tipo II	2.00-8.00	1.30
Nivel 5. Tipo I	> 8.00	1.00
Valor del coeficiente del terreno		1.11

Tabla 12. Coeficientes del terreno para cada nivel. Zona avistamiento Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa

- Zona dique (pasarela)

Nivel detectado/ Tipo de suelo	Potencia aproximada	Valor de C
Nivel 1. Tipo IV	0.00-2.00	2.00
Nivel 2. Tipo III	2.00-10.00	1.60
Nivel 6. Tipo I	> 10.00	1.00
Valor del coeficiente del terreno		1.23

Tabla 13. Coeficientes del terreno para cada nivel. Zona dique Fuente: Anejo Geotécnico Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante Almansa

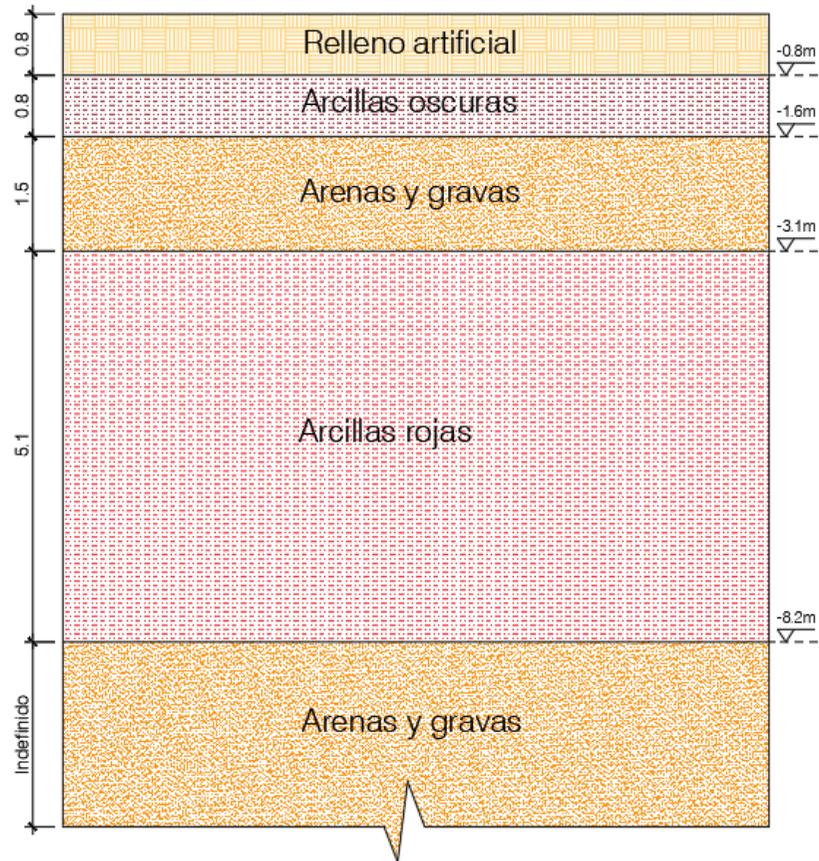


Figura 1. Perfil estratigráfico en la zona Avistamiento. Fuente: propia, AutoCAD

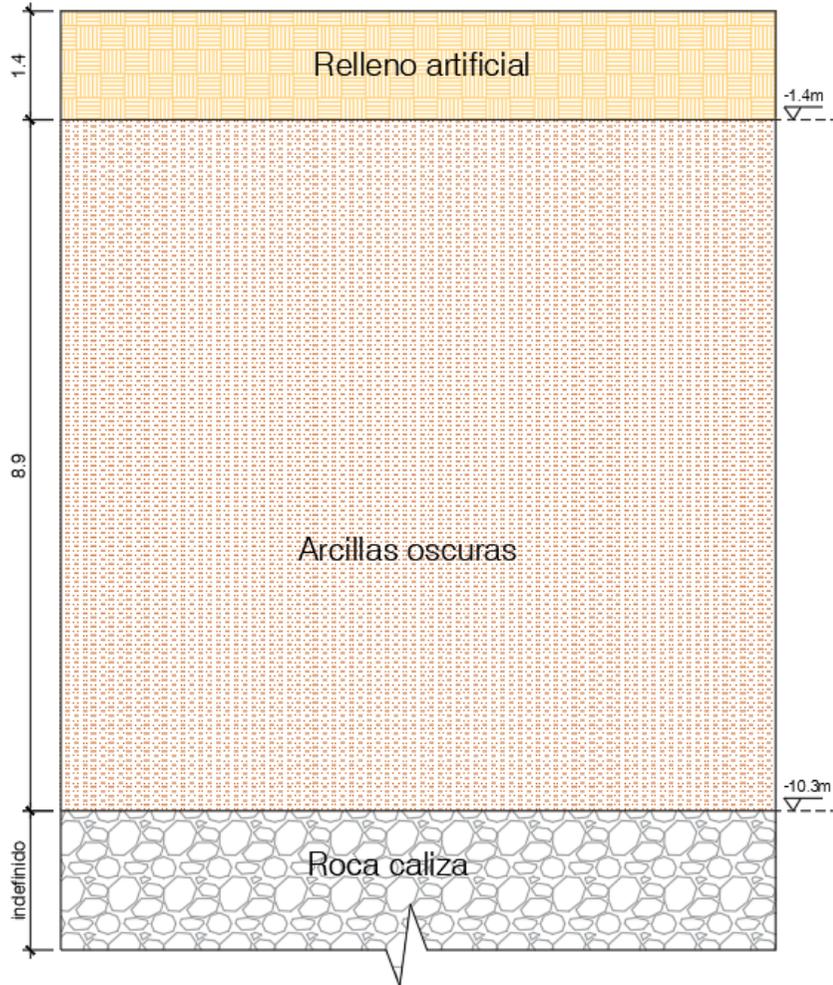


Figura 2. Perfil estratigráfico en la zona del dique. Fuente: propia, AutoCAD



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS - ANEJO nº5. Trazado en Planta

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil

Índice

1. OBJETO	2
2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	2
3. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS EN PLANTA.....	2
3.1. Alternativa 1.....	2
3.2. Alternativa 2.....	4
4. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	5
5. SECCIONES TRANSVERSALES	8
5.1. Alternativa 1.....	8
5.2. Alternativa 2.....	8

1. OBJETO

El principal objetivo del Anejo 5 referente al Trazado en Planta es el planteamiento de dos alternativas para la elección del óptimo emplazamiento para el diseño del trazado en planta de las tres propuestas a la actual pasarela flotante. Para ello, primeramente se introducirá la situación geográfica actual y, posteriormente, se describirán con detalle las dos alternativas así como su análisis y comparación para la correcta toma de decisiones.

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Con referencia a la situación geográfica, la pasarela actual se localiza donde las costas norte y sur se aproximan, facilitando la conexión entre ambos puntos, tal y como se mencionó en el *Anejo nº 1 Información Previa*.

Sin embargo, en la Imagen 1 se puede apreciar la proximidad de otras costas norte y sur aguas abajo de la actual pasarela flotante. Es por ello por lo que se plantean estas dos alternativas: la primera siendo entre las costas que no hay ninguna conexión (línea roja); mientras que la segunda alternativa será donde se localiza la actual pasarela flotante (línea amarilla).

En los próximos apartados se detallarán las características más importantes de cada alternativa con el fin de partir con la suficiente información y poder compararlas correctamente para la toma final de decisiones.



Imagen 1. Planta general de la alternativa 1 (línea roja) y la alternativa 2 (línea amarilla).
Fuente: Google Earth.

3. GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS EN PLANTA

3.1. Alternativa 1

Con relación a la primera alternativa, como se ha comentado anteriormente, esta se sitúa aguas abajo de la actual pasarela flotante, donde la orientación de cada extremo está reflejada en la siguiente tabla.

Extremos	Orientación
Extremo norte	38°52'24"N 1°09'35" W
Extremo sur	38°52'22"N 1°09'33" W

Tabla 1. Orientación de los extremos de la Alternativa 1. Fuente: Google Earth

En cuanto a la batimetría, las cotas del fondo del lecho del embalse son 2 metros aproximadamente (729 m.s.n.m.) más profundas que en la zona donde se encuentra la actual pasarela flotante. Las principales repercusiones que conlleva que dicha zona sea 2 metros más profunda son: mayor dificultad para construir en seco las alternativas y la necesidad de aumentar la cantidad del material de relleno para la propuesta del dique transitable y permeable.

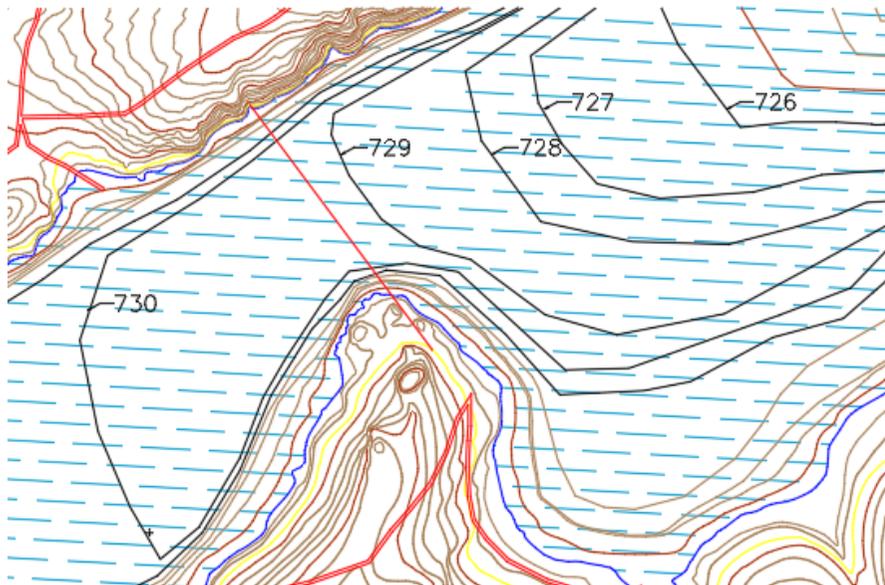


Figura 1. Batimetría de la alternativa 1. Fuente: Proyecto de ejecución de pantalán flotante en el pantano de Almansa (2014)

Con el objetivo de explicar con más detalle lo referido a los accesos, se describen dos opciones:

- Opción 1: realizar nuevos accesos y/o senderos en la cota de 738.65 m.s.n.m.

La principal problemática vendría dada en el acceso norte, donde la inclinación es considerablemente pronunciada entre el sendero existente y la cota 738.65, viéndose complicada la instalación de accesos adicionales, como unas escaleras. Por el contrario, en el acceso sur la conexión entre el sendero existente y el extremo de las propuestas sería menos problemático.

Como resultado, la longitud total entre extremos sería de 91.40 metros.

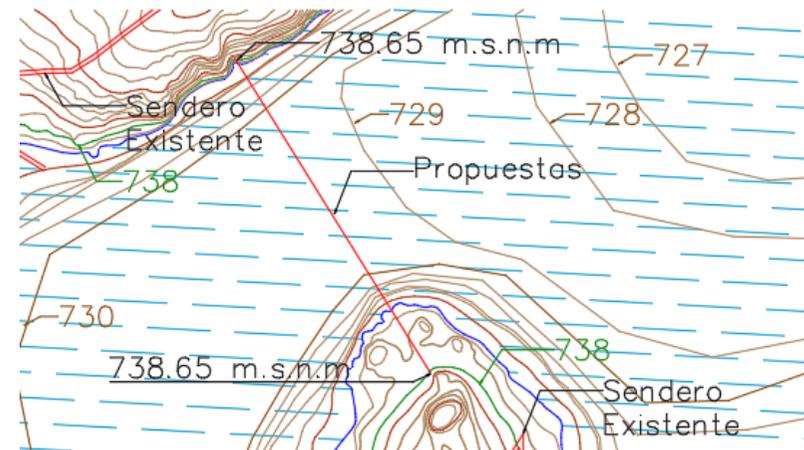


Figura 2. Trazado en planta de la Alternativa 1 – Opción 1. Fuente: propia. (AutoCAD)

- Opción 2: aproximación a los senderos existentes

En el extremo sur sería necesario la instalación de un nuevo acceso uniéndose con el actual sendero. El principal inconveniente sería el aumento excesivo de la longitud (115.5m) de cada propuesta al quererse mantener una pendiente lo más horizontal posible, lo que aumentaría considerablemente el coste económico y el impacto visual. Como resultado, **dicha opción queda descartada** por los consecuencias que conllevaría su ejecución.

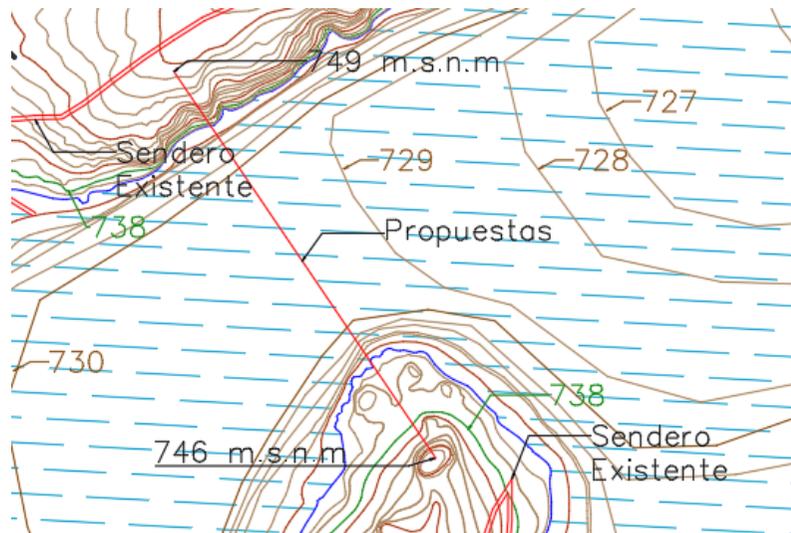


Figura 3. Trazado en planta de la Alternativa 1 – Opción 2. Fuente: Proyecto de ejecución de pantalán flotante en el pantano de Almansa (2014)

En el Apartado 5 “Secciones transversales” se muestra la sección transversal de esta primera alternativa, habiéndose tomado como eje la línea que define el trazado en planta de las propuestas.

3.2. Alternativa 2

Con respecto a la segunda alternativa, esta se sitúa en el mismo emplazamiento donde se encuentra la actual pasarela flotante. La orientación de cada extremo aproximadamente es la siguiente:

Extremos	Orientación
Extremo norte	38°52'22"N 1°09'40" W
Extremo sur	38°52'19"N 1°09'41" W

Tabla 2. Orientación de los extremos de la Alternativa 2. Fuente: Google Earth

En cuanto a la batimetría del presente emplazamiento, se puede observar que las profundidades se aproximan a la cota de 731.3m, diferenciándose notablemente respecto a la primera alternativa. Por otro lado, la alternativa 2 presenta la ventaja de tener ya construido un dique de escollera sobre el que se apoya la actual pasarela, lo que disminuiría la cantidad de material necesaria para la propuesta de ejecución del dique permeable y transitable.

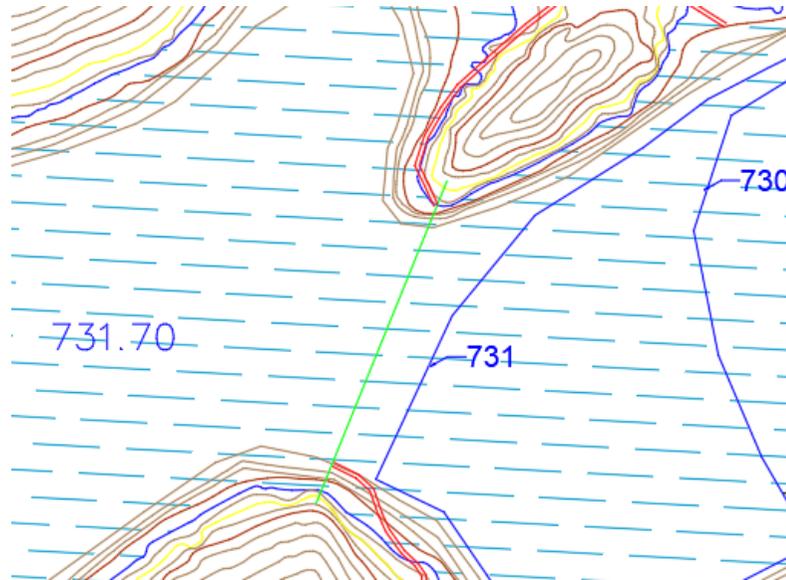


Figura 4. Batimetría de la Alternativa 2. Fuente: propia. (AutoCAD)

En relación con los extremos de cada propuesta de la presente alternativa, estos se localizarían, como mínimo, a la cota 738.65, tal y como se justificó en el *Anejo nº3 Estudio Hidrológico*. La longitud tomada desde los extremos sería de 82 metros, 9 metros menos aproximadamente que la Alternativa 1.

En lo que a los accesos se refiere, necesitarían ser reacondicionados tanto en el extremo sur como en el norte. Dichos trabajos no están dotados de tanta complejidad orográfica, a diferencia de la primera alternativa. El diseño final de los accesos será desarrollado al final del presente anejo.

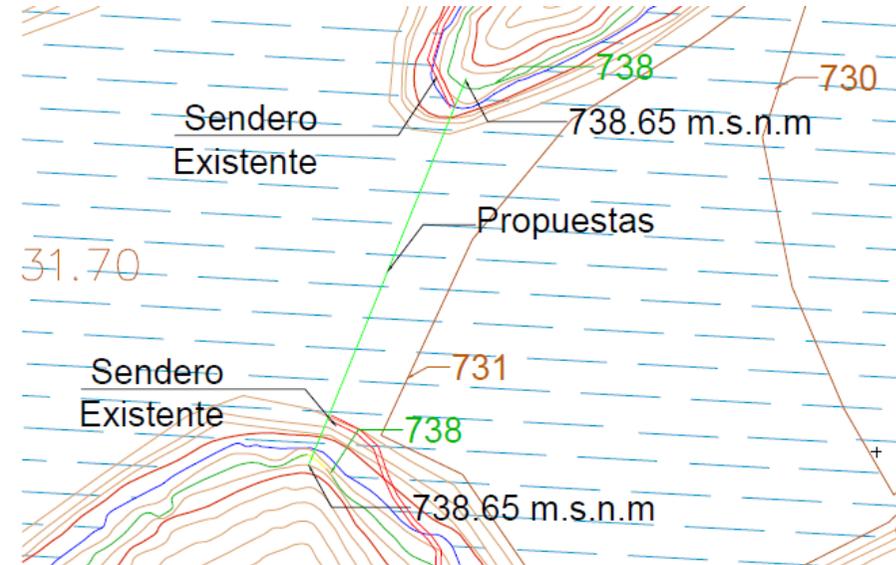


Figura 5. Trazado en planta de la Alternativa 2. Fuente: propia (AutoCAD)

De igual forma que en la Alternativa 1, la sección transversal referida a la segunda alternativa se encuentra en el apartado 5 "Secciones Transversales".

4. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Seguidamente, se muestra el análisis de cada alternativa con el fin de tomar la decisión de cuál es la óptima en relación con los diferentes criterios que se desarrollan a continuación.

Los criterios elegidos para valorar las diferentes alternativas son los siguientes:

- Accesos (C1) : se tendrá en cuenta la facilidad de conectar los accesos/senderos existentes con los nuevos extremos de cada propuesta. Se adoptará la máxima puntuación a aquella que requiera menos modificaciones. La ponderación será del 30%.
- Batimetría (C2) : se valora la profundidad a la que se encuentran. Tanto más profundas sean las cotas menores serán las calificaciones, debido a que se necesitaría mayor cantidad de material, para el relleno o para los diferentes apoyos de las propuestas. Además, la posible cimentación tendría mayores dificultades de ejecución con el incremento de la profundidad. El valor de la ponderación también se adopta de un 30%.
- Longitud entre extremos (C3): se puntúa con mayor nota a aquella cuya longitud sea menor. Dicho criterio se considera de especial importancia debido a que supondría un aumento económico considerable, siendo por tanto el valor de la ponderación del 40%.

Criterios	Peso	Puntuación	
		Alternativa 1	Alternativa 2
C1	30%	5	7
C2	30%	4	10
C3	40%	3	8
Resultado	100%	3.90	8.30

Tabla 3. Matriz alternativas-criterios para la elección de la alternativa. Fuente: Propia

Como conclusión, tras haber realizado un estudio de alternativas teniendo en cuenta diferentes criterios, se llega al resultado que la alternativa 2 resulta ser la más apropiada.

A continuación, se muestra el diseño de los nuevos accesos, tanto en el extremo sur como en el extremo norte. Al igual que en las plataformas para los accesos, la mínima cota del trazado de cada sendero se encuentra también en los 738.65 m.s.n.m, para evitar que la lámina de agua alcance los senderos. Para el trazado de los mismos, se ha decidido que este ha de ser lo más paralelo posible a la curva de nivel de 738.65 m.s.n.m, con el fin de evitar lo máximo posible cualquier desmonte o terraplén en el terreno.

Acceso norte:

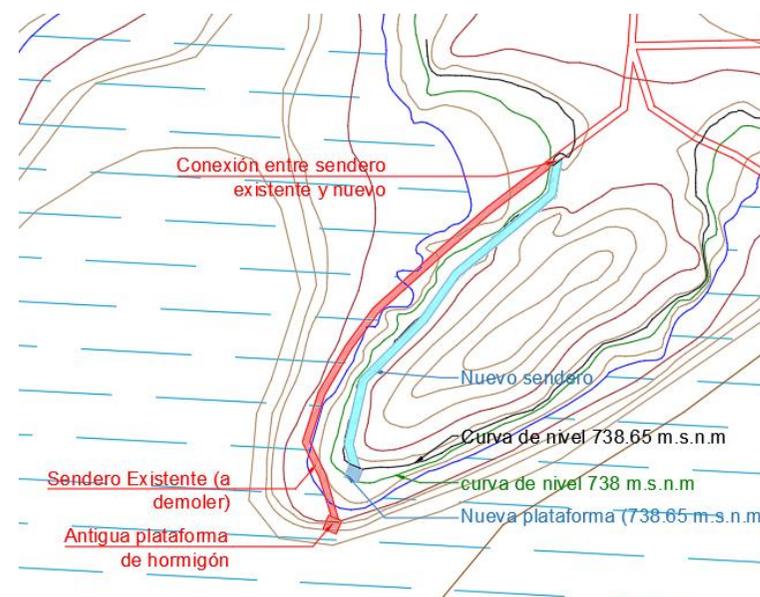


Figura 6. Diseño en planta del nuevo sendero y de la nueva plataforma en el Acceso Norte. Fuente: propia (AutoCAD)

Acceso sur:

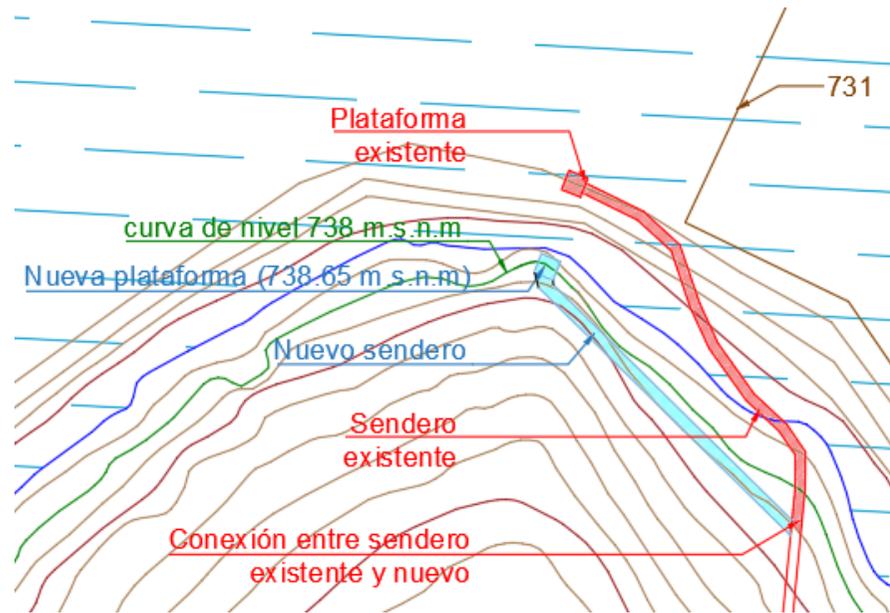


Figura 7. Diseño en planta del nuevo sendero y de la nueva plataforma en el Acceso Sur.
Fuente: propia (AutoCAD)

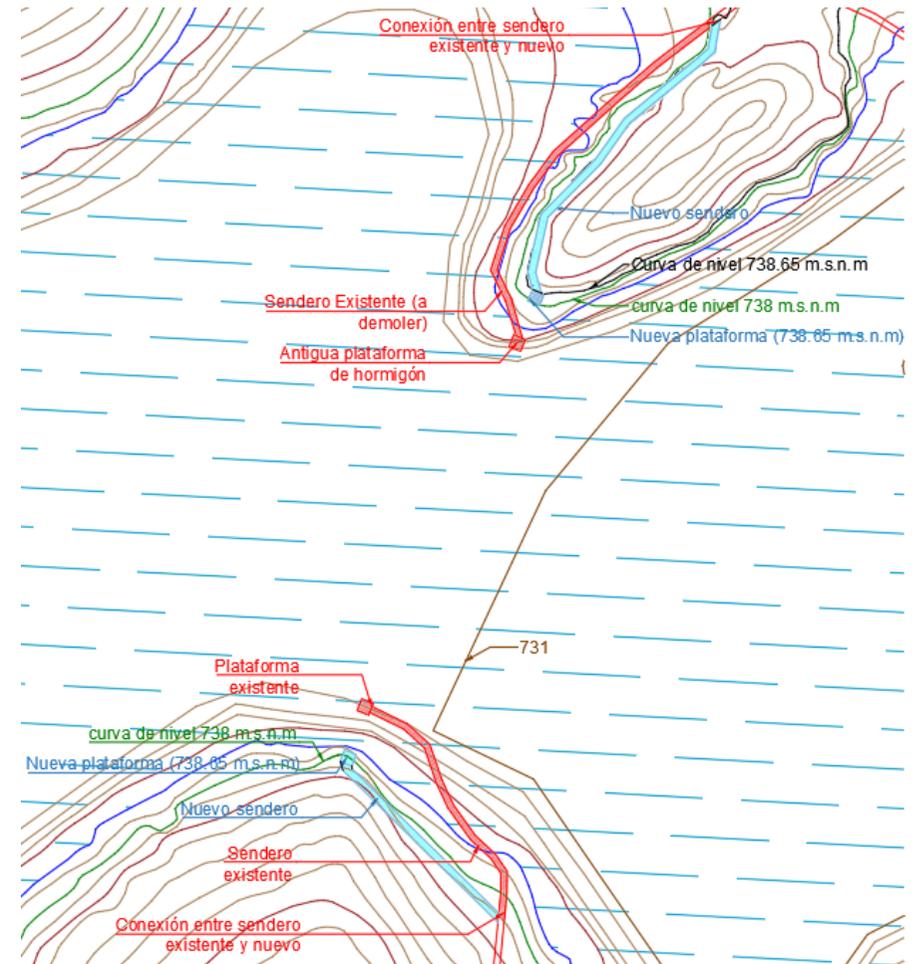


Figura 8. Planta general de los nuevos accesos a las nuevas plataformas. Fuente: propia (AutoCAD)

5. SECCIONES TRANSVERSALES

5.1. Alternativa 1

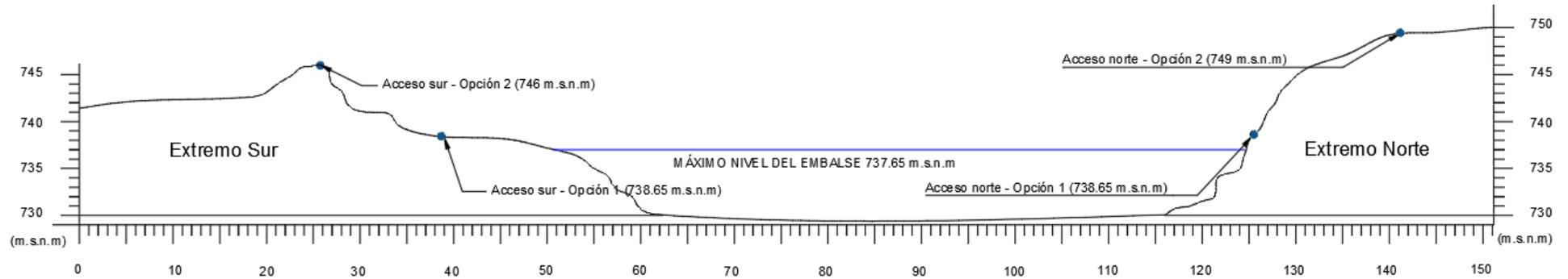


Figura 9. Sección transversal de la Alternativa 1. Fuente: propia (AutoCAD)

5.2. Alternativa 2

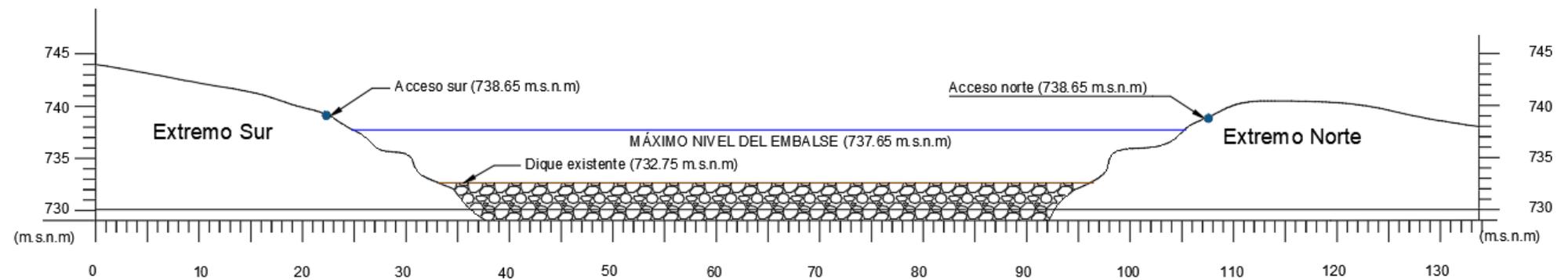


Figura 10. Sección transversal de la Alternativa 2. Fuente: propia (AutoCAD)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS - ANEJO nº 6. Estudio de Alternativas de la Pasarela

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil



Índice

1. OBJETO	2
2. CONDICIONANTES	3
3. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	3
3.1. Alternativa 1. Dique transitable y permeable	3
3.2. Alternativa 2. Pasarela flotante.....	8
3.3. Alternativa 3. Pasarela tradicional	10
3.3.1. Condicionantes.....	10
3.3.2. Materiales.....	12
3.3.3. Análisis y comparación de los materiales.....	14
3.3.4. Tipología estructural.....	15
3.3.5. Descripción de la pasarela.....	24

1. OBJETO

El presente anejo tiene como objetivo la realización de un estudio de tres alternativas que se plantean para la sustitución de la pasarela flotante actual que se encuentra en el embalse de Almansa. Según lo descrito en anejos anteriores, la necesidad de proponer una nueva alternativa es debido a la inaccesibilidad a la pasarela durante gran parte del año.

La principal causa de quedar los accesos inundados durante varios meses es debido a la cota a la que están localizados, a unos 734.85 metros sobre el nivel del mar. Comparando dicha cota con el nivel máximo normal del embalse (735.76 m.s.n.m), se puede comprobar la facilidad con la que los accesos quedan inservibles ante las continuas variaciones del embalse en época de avenidas donde, incluso, se ha llegado a desbordar el embalse por la coronación de la presa, alcanzándose una cota máxima del nivel del agua de 737.65 m.s.n.m. (véase la figura 1).

Una vez expuesta la situación actual que existe, se está en disposición de plantear una serie de alternativas para evitar lo explicado anteriormente, cuya principal característica que tendrán cada alternativa respecto a la pasarela flotante actual será la cota de los accesos de cada una de ellas, situándose como mínimo a la cota 738.65 m.s.n.m, justificada en el *Anejo nº3. Estudio Hidrológico* del presente trabajo.

Cada una de estas alternativas, también comentadas con anterioridad, son:

- Dique permeable y transitable
- Pasarela flotante
- Pasarela fija tradicional

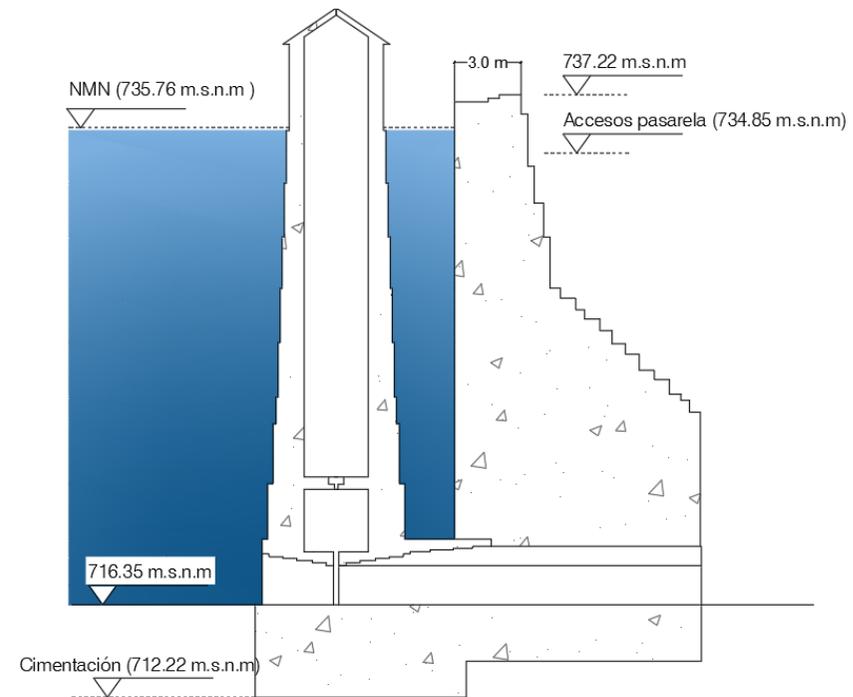


Figura 1. Sección de la presa de Almansa. Fuente: propia (AutoCAD)

2. CONDICIONANTES

A continuación, se enumera una serie de condicionantes comunes a las tres alternativas. Estos son:

- Mejorar la conexión de la actual ruta de senderismo alrededor del embalse.
- En la medida de lo posible, la realización de cada alternativa debe evitar la alteración de la flora y fauna del emplazamiento. El hábitat natural ha de ser respetado, para ello se empleará maquinaria con certificado ecológico.
- Instalación y montaje: debe ser posible su construcción en una ventana temporal donde haya un mínimo riesgo de avenidas (entre enero y marzo). Asimismo, se respetarán las épocas de descanso o peregrinación de los animales.
- Cada una de las alternativas debe evitar, lo máximo posible, cambiar el comportamiento del flujo del agua en el embalse.
- Cada solución debe integrarse paisajísticamente lo máximo posible.
- Distancia entre los extremos: 82 metros (Alternativas 1 y 2) y 84 metros (Alternativa 3).
- Altura entre el dique existente y los accesos: 5.90 metros.
- Cota de los accesos: 738.65 m.s.n.m. En ningún caso estos han de tener una cota menor debido a la problemática existente en época de avenidas.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En el presente apartado, se describirán detalladamente cada una de las alternativas propuestas, donde se especificarán los materiales empleados y el diseño de cada una de ellas.

3.1. Alternativa 1. Dique transitable y permeable

La presente alternativa consiste en la ejecución de un dique en el que se colocan marcos prefabricados de hormigón en su interior, con el fin de seguir posibilitando la circulación del agua a ambos lados del dique. La altura total que deben alcanzar los marcos es, como mínimo, la cota de 738.65 m.s.n.m con el objetivo de permitir el paso de las personas por encima de él sin que la cota de la lámina de agua pueda alcanzar la coronación de la alternativa.

Para el correcto apoyo de los marcos prefabricados se necesita una base competente. Se sabe que existe un dique existente de escollera sobre el que están empotrados los actuales pilotes (guías de la pasarela flotante existente). Dicho dique consta de unos 6 metros de ancho en la coronación, y unos 2 metros de altura, hasta llegar a la cota 732.75 m.s.n.m.

Para la determinación de la cota de la coronación del dique, además de la de sus accesos, será necesario determinar las dimensiones de los marcos prefabricados de hormigón. Tras investigar distintas marcas de prefabricados, teniendo en cuenta la mayor proximidad posible entre

Almansa y la empresa de prefabricados, y comparando diferentes dimensiones, se ha llegado a la conclusión de que los marcos más adecuados son los de la compañía Bortubo S.A, localizada en Fortuna (Murcia). La dimensión que más limita para la elección de los marcos es su altura, con el fin de alcanzar la cota necesaria sin aumentar considerablemente la altura del dique existente de escollera, para no cambiar el régimen del flujo del agua.

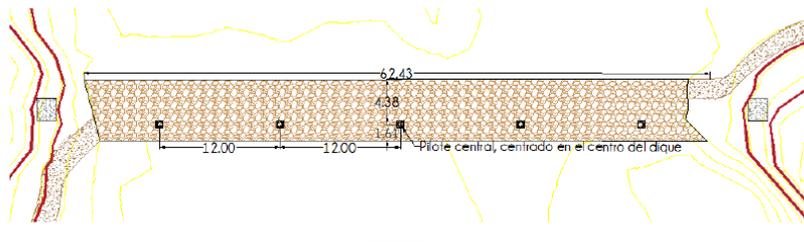


Figura 2. Representación en planta del dique existente de escollera. Fuente: Proyecto de ejecución de pantalán flotante en el Pantano de Almansa (2014).



Figura 3. Vista aérea del dique de escollera existente sobre la pasarela flotante actual. Fuente: Proyecto de ejecución de pantalán flotante en el Pantano de Almansa (2014).

A continuación, se describe el proceso que se ha llevado a cabo para la final decisión de las dimensiones.

Con el propósito de determinar la cota a la que tienen que estar la coronación de los marcos, se ha considerado que sobre la máxima cota de la lámina de agua puede existir el caso desfavorable de arrastrar alguna rama/tronco de árbol. En este caso se ha estimado un diámetro de 0.5m, estando del lado de la seguridad.

Tal y como se había explicado con anterioridad, se tuvo en cuenta un resguardo de 1 metro a partir de la máxima cota de la lámina de agua (de 737.65 a 738.65 m.s.n.m) para cubrir la sobreelevación debido a la curva de remanso. Como resultado, se obtiene la cota del borde interno superior de los marcos: 739.15 metros sobre el nivel del mar (738.65 + 0.5).

La diferencia que existe entre la cota del dique existente (732.75 m.s.n.m) y la del borde interno superior de los marcos (739.15 m.s.n.m), supera los 6 metros. Por tanto, atendiendo a las dimensiones del catálogo de la compañía BorTubo, se escogen los de máxima altura: 5 metros, medidos internamente; cuya altura es de 5.70 metros, medida externamente. Finalmente, la altura necesaria de un pequeño pedraplén de escollera sobre el existente será de 1.15 metros, con el propósito de que el borde interno superior del marco esté 0.5 metros por encima de la máxima cota del agua, incluida la curva de remanso. La escollera que se empleará será de 250kg, habiendo acondicionado previamente la superficie del dique existente, mediante compactación si fuera necesario. Véase la figura 4.

Por otro lado, en relación con la elección del ancho y la profundidad de cada marco, se ha tomado de 5 metros y 1.5 metros, respectivamente. La razón de la presente elección es debido a que los marcos que cuentan con una altura de 5 metros además tienen una profundidad de 1.5m (lo que permitiría construir una coronación de 3 metros colocando 2 filas de bloques). Dentro de esta combinación, el máximo ancho que está disponible en esta empresa es de 5 metros.

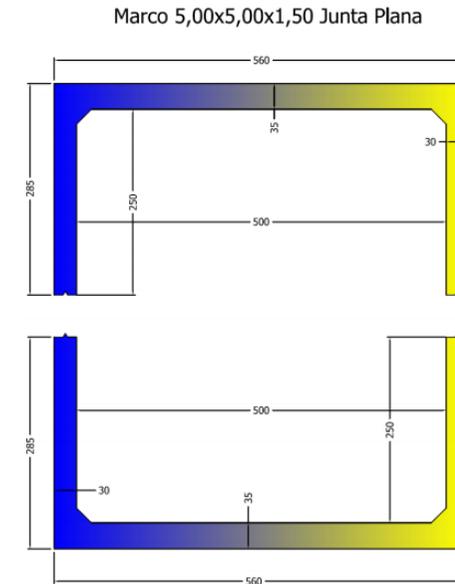


Figura 4. Dimensiones de los marcos prefabricados de hormigón (5.00 x 5.00 x 1.5m).

Fuente: Bortubo S.A.

MEDIDAS (cm)	
Ancho Interior.....	500
Alto Interior.....	500
Longitud Útil.....	150
Espesor Dintel.....	35
Espesor Solera.....	35
Espesor Hastiales.....	30
Longitud Máxima.....	150

DATOS PARA CARGA	
Peso del marco completo (kg).....	25.725
Peso metro lineal (kg).....	17.150
Carga ml/camión.....	1,50
MATERIALES	
Hormigón.....	HA-35
Acero Barras.....	B-500-SD
Acero Malla.....	B-500-T

Figura 5. Características de los marcos prefabricados de hormigón. Fuente: Bortubo S.A.

Seguidamente, con respecto a cómo quedarían conectados los accesos con los primeros marcos, se plantean dos opciones:

- Primera opción: rellenar el espacio libre (formado entre los accesos y los marcos de hormigón prefabricado) mediante un pequeño dique, con núcleo arcilloso y espaldones formados por material rocoso. Se dotaría de una ligera pendiente longitudinal en su coronación que permita unir la diferencia de cotas entre los accesos (738.65 m.s.n.m) y los marcos de hormigón (739.50 m.s.n.m). Con el fin de contener dicho talud, sería necesaria la colocación de unas aletas prefabricadas, pudiéndose fabricar a medida con el proveedor anteriormente citado: Bortubo. El inconveniente que presenta esta primera opción es la disminución considerable de la sección del cauce natural, pudiendo provocar un cambio en el régimen del flujo del agua. Además, la Confederación Hidrográfica del Júcar probablemente no lo autorizaría.

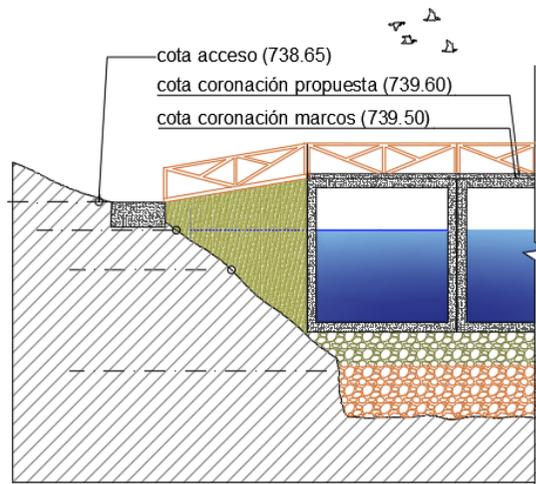


Figura 6. Acceso sur – Primera Opción mediante dique. Fuente: propia (AutoCAD)

- Segunda opción: conexión a través de una pasarela prefabricada de madera, apoyada entre los accesos y los marcos prefabricados de hormigón. La luz de dicha pasarela será de 5.6 metros en el acceso sur, y de 10.0 metros en el acceso norte. La principal ventaja es que seguiría permitiendo el paso del agua en esa sección. Como resultado, es la que se escoge finalmente.

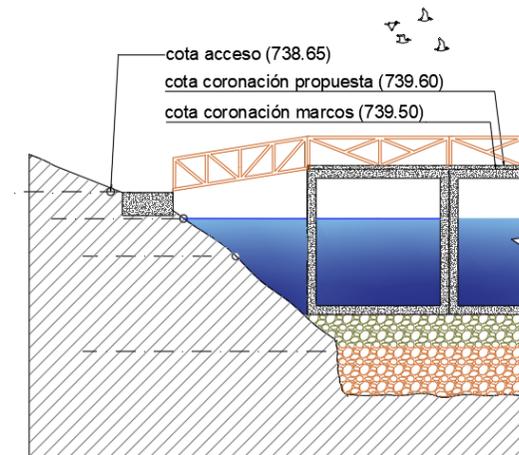


Figura 7. Acceso sur – Segunda Opción mediante pasarela de madera prefabricada. Fuente: propia (AutoCAD)

Con respecto a la coronación de los marcos prefabricados, se hormigonará para cubrir dichos marcos con los acabados pertinentes, ya sean de mampostería o madera.

A continuación se muestran diferentes croquis de la alternativa que permiten describir cada parte más detalladamente.

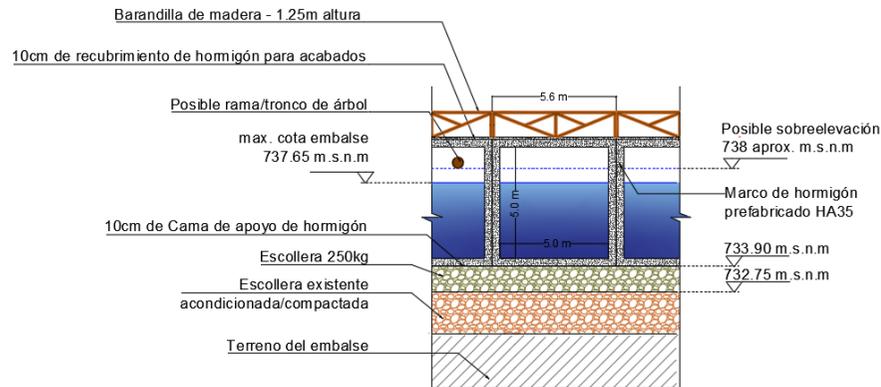


Figura 8. Alzado en detalle del terreno y los marcos prefabricados de hormigón. Fuente: propia (AutoCAD)

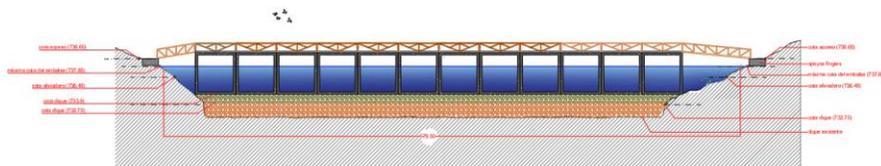


Figura 9. Alzado general del dique permeable y transitable. Fuente: propia (AutoCAD)

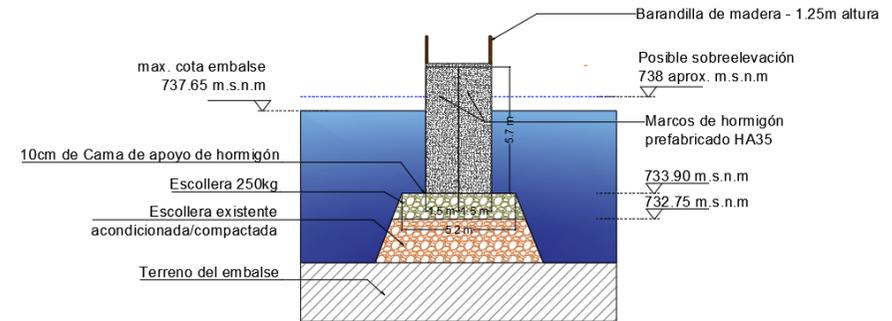


Figura 10. Sección del terreno y los marcos prefabricados de hormigón. Fuente: propia (AutoCAD)

Por último, a continuación se mencionan las siguientes ventajas e inconvenientes de la presente alternativa:

- Ventajas:
 - Estructura ocultada por el nivel del agua durante gran parte del año – pequeña intrusión visual
 - No se requieren cimentaciones permanentes
 - Ininterrupción del flujo del agua
- Inconvenientes:
 - Disminución de la sección útil del cauce por la creación del nuevo pedraplén y por el espesor de los marcos, suponiendo un 27% (134.6 m^2) de la sección inicial del cauce (498.4 m^2).

- Posible desestimación de la alternativa por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar por intrusión en el dominio público hidráulico.

3.2. Alternativa 2. Pasarela flotante

La segunda alternativa, referida a la pasarela flotante, es la que menos cambios requiere con respecto a la pasarela actual y, por tanto, es la que sería más económica de entre las tres alternativas.

En anteriores apartados, se pudo comentar brevemente en qué consiste dicha pasarela flotante. Por un lado, la pasarela flotante actual compuesta por los pantalanes quedaría intacta sobre el dique existente, aprovechando la actual estructura. Asimismo, la ubicación de los 4 pilotes que sirven como guías para que la pasarela se desplace verticalmente, permanecerían en la misma localización. Se había considerado la opción de modificar la disposición actual de los pilotes-guía al tresbolillo, para una mayor uniformidad en el desplazamiento vertical de la pasarela. Sin embargo, cambiar dicha disposición conllevaría un trabajo adicional por la realización de las perforaciones para el empotramiento de los pilotes sobre el dique existente. Por tanto, para mayor facilidad de ejecución de la presente alternativa, y ya que cambiar la disposición de los actuales pilotes no es imprescindible, se opta por mantener la disposición actual, permaneciendo los 4 pilotes totalmente alineados horizontalmente.

Atendiendo a las fotos cuando se desbordó el embalse en el año 2015, se puede observar el insuficiente resguardo entre la cota más alta de los

pilotes y la cota de la lámina del agua que se alcanzó, provocando finalmente el vuelco parcial de la pasarela. Debido a este acontecimiento, se aumentó la altura de los pilotes-guía en el año 2015, aunque se carece de la información de la cota superior de los mismos actualmente. Si esta fuera inferior a los 739.25 m.s.n.m habría que prolongarlos hasta dicha cota, con el fin de que haya un resguardo de 1m con la plataforma de la pasarela.



Foto 1. Vuelco parcial de la pasarela flotante ante la fuerte avenida. Fuente: Ayuntamiento de Almansa. (2015)

El cambio principal con respecto a la actual pasarela flotante se encuentra en la cota de los accesos. Anteriormente, se ha podido comprobar la problemática que existe en que los accesos se encuentren a la cota 734.85 m.s.n.m. , encontrándose anegados gran parte del año imposibilitando el

paso de las personas. Como resultado, se pretenden elevar los accesos hasta que la cota superior de los mismos se encuentre a la cota 738.65 m.s.n.m, como mínimo, justificado en el **Anejo nº3 Estudio Hidrológico**.

Como consecuencia, los fingers existentes necesitan ser sustituidos por otros de mayor longitud, debido al aumentar la distancia entre los accesos y el pantalán del que está constituida la pasarela. Las longitudes de los fingers en los accesos sur y norte deben ser de 16.60 y 19.00 metros, respectivamente. Tales distancias han sido consideradas para el caso más desfavorable en el que necesitarían tener más longitud, siendo cuando la pasarela apoya sobre el dique existente cuando la lámina de agua se encuentra por debajo de los 732.75 m.s.n.m. (Véase figura 11). Por último, se ha de tener en cuenta que la pendiente de los fingers en esta situación no alcance los 45 grados, debido a que no sería transitable. La inclinación en el acceso sur es de 19.4º y en el acceso norte es de 16.9º, cuando la cota del embalse se encuentra por debajo del dique existente.

Al mismo tiempo que la cota de la lámina de agua del embalse va variando conforme el paso del tiempo, la pasarela se va desplazando verticalmente gracias a los pilotes-guía de los cuales está conectada. A su vez, los fingers permanecen fijos en el extremo con la plataforma de hormigón de los accesos, mientras que en el punto de contacto entre estos y la plataforma se permite el libre movimiento horizontal, con el objetivo de que los fingers puedan adoptar distintas inclinaciones, entre los 19.4 y los 2.0 grados respecto a la horizontal de la plataforma de la pasarela.

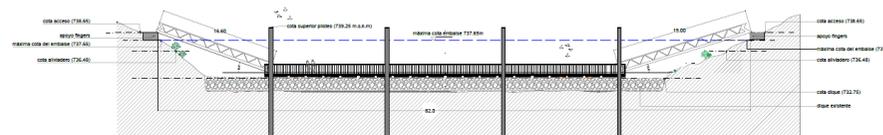


Figura 11. Alzado general de la segunda alternativa, con la cota del agua por debajo del dique existente. Fuente: propia (AutoCAD)

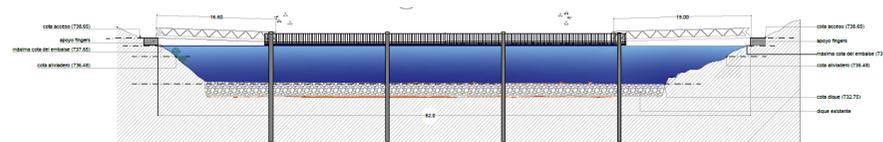


Figura 12. Alzado general de la segunda alternativa, con la máxima cota que puede alcanzar el agua. Fuente: propia (AutoCAD)

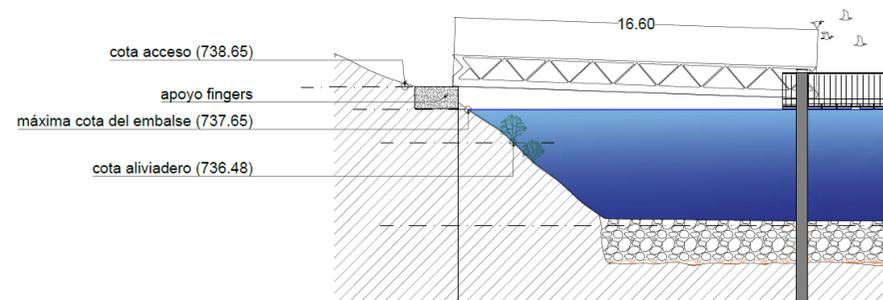


Figura 13. Nuevo finger en el acceso sur. Fuente: propia (AutoCAD)

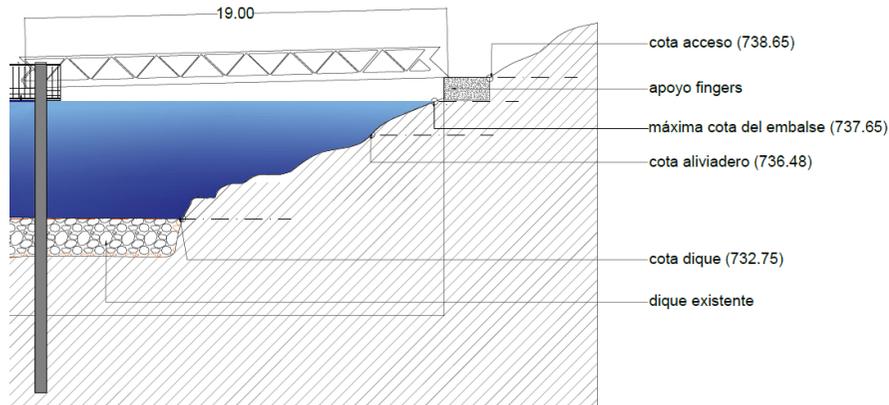


Figura 14. Nuevo fínger en el acceso norte. Fuente: propia (AutoCAD)

A continuación, se mencionan las siguientes ventajas e inconvenientes de la segunda alternativa:

- Ventajas:
 - Escasos cambios con respecto a la pasarela actual. Facilidad de ejecución.
 - Más económica con respecto al resto de alternativas.
 - Mayor integración paisajística.
 - No disminución de la sección natural del cauce
- Inconvenientes:
 - Necesidad de diseñar fíngers de mayor luz.
 - Mayor inestabilidad frente a fuertes oleajes, creando sensación de inseguridad a los turistas.

3.3. Alternativa 3. Pasarela tradicional

En el presente apartado se propone la ejecución de una pasarela tradicional, donde se han valorado tres tipos de materiales para la ejecución de la misma. Podrán ser comparados cualitativamente con el fin de hacer una correcta elección de los mismos, teniéndose en cuenta distintos criterios que serán expuestos en los próximos apartados.

3.3.1. Condicionantes

En primer lugar, es necesario concretar distintos condicionantes tenidos en cuenta para la correcta elección del material a emplear en el diseño de la presente alternativa.

- La luz total entre extremos es de 82 metros.
- La pasarela estará constituida de 3 vanos, de 28 metros de longitud, siendo características comunes a los distintos materiales objeto de estudio para la ejecución de la presente alternativa. Los motivos de dichas características serán expuestos a continuación.

En primer lugar, el número de 3 vanos ha sido determinado atendiendo a las siguientes consideraciones:

1. La necesidad de que haya, por lo menos, dos vanos es indispensable para evitar el aumento excesivo del presupuesto debido a las cimentaciones de los estribos por las solicitudes excesivas en los mismos.
 2. En un caso hipotético de 2 vanos, la luz de cada uno de ellos sería de 41 metros. Dicha distancia obligaría a dividir la pasarela de cada vano en 3 tramos de 13.7 metros aproximadamente por razones de transporte y para evitar que el montaje sea dificultoso con grandes luces. Sin embargo, en dicha solución sería necesario aumentar el ancho de la pasarela a 2.5 metros como mínimo al superar una longitud de vanos de 30 metros. Por ende, aumentaría el peso propio de la pasarela y el coste económico, quedando descartada dicha solución.
 3. Otra alternativa sería la disposición de 3 vanos, de 27.4 metros aproximadamente cada uno. La presente solución cumple con la longitud máxima de 30 metros de vano pudiéndose dimensionar para 2 metros de ancho la pasarela. Igualmente, sería necesario dividir en dos tramos cada vano para mayor facilidad de transporte y ejecución en la obra. La condición de no superar los 30 metros para permitirse un ancho de 2 metros está recogida en el siguiente documento. (Pasarelas Peatonales, www.mapa.gob.es)
 4. Otra alternativa podría ser aumentar el número de vanos a más de 3. El inconveniente de aumentar el número de vanos es el incremento a su vez del número de pilas intermedias, originando una alteración del régimen hidráulico en el embalse y una mayor probabilidad de erosión por socavación aguas abajo de las pilas, suponiendo la denegación por parte de la Confederación Hidrográfica del Júcar de dicha alternativa.
- En lo que a la elección de las longitudes de cada vano se refiere, a continuación se desarrollan las justificaciones para que cada vano se componga de 28 metros de longitud.
1. Tal y como se ha comentado anteriormente, con la disposición de 3 vanos las longitudes de dichos vanos son de 27.4 metros aproximadamente. Con el fin de determinar una longitud exacta de cada tramo de la pasarela, sin superar ninguno de ellos la longitud de 30 metros, se ha visto lo más recomendable en determinar cada longitud de 28 metros, aumentando la distancia libre entre extremos a 84 metros.
 2. Por otro lado, la justificación de no haber elegido el tramo central de 30 metros y los tramos laterales de 27 metros ha sido para que, en caso elegir finalmente la tipología de celosía o de arco, las distancias entre las diagonales o péndolas pudieran ser de 2.8 metros aproximadamente, obtenido un número exacto de divisiones. En los tramos de 27 metros no se cumpliría dicha condición.

- El ancho del tablero será de 2.0 metros, por ser continuación de un camino natural. (Pasarelas Peatonales, www.mapa.gob.es)
- El uso de la actual alternativa será peatonal, mayoritariamente. Sin embargo, al estar los senderos colindantes acondicionados para ciclismo de montaña, en dicha pasarela se permitirá asimismo el uso de bicicletas.
- Solicitaciones no elevadas
- Pasarela ubicada en entorno húmedo por la proximidad del embalse. Especial atención a la durabilidad de la estructura y de las tratamientos previos necesarios.

3.3.2. Materiales

3.3.2.1. Acero

El acero como material para la ejecución de pasarelas peatonales está grandemente extendido, sin embargo, se ha de analizar si dicho material es el óptimo para la presente pasarela. A continuación, se mencionan algunas ventajas e inconvenientes del uso de este material para el caso presente.

Ventajas:

- Propiedades dúctiles
- Facilidad de transporte y montaje
- Relación resistencia/peso alta

Inconvenientes:

- Durabilidad: constante mantenimiento frente a fenómenos atmosféricos
- Reducido encaje medioambiental/paisajístico
- Mayor coste que las de hormigón
- Alto control en las uniones atornilladas o soldadas



Figura 15. Pasarela peatonal "Aguas vivas". Guadalajara. Fuente: bcpingenieros.com

3.3.2.2. Hormigón pretensado prefabricado

Por otro lado, el siguiente material que se puede considerar es el hormigón prefabricado, desestimando la posibilidad de ejecutarlo in-situ debido a motivos ambientales y plazos de ejecución, entre otros.

Ventajas:

- Menor coste que las pasarelas de acero
- Excelente resistencia a compresión
- Mejor durabilidad que el acero

Inconvenientes:

- Solución pesada. Mayor complejidad en el izado.
- Nulo encaje medioambiental/paisajístico
- Peor acabado superficial



Figura 16. Pasarela prefabricada de hormigón prefabricado. Grupo Pacadar. Fuente: dobooku.com

3.3.2.3. Madera laminada encolada

El uso de la madera en pasarelas peatonales está teniendo más presencia con el paso de los años, por ser una solución natural aprovechando las buenas propiedades estructurales de este material. De entre todas ellas, la más empleada es la madera laminada encolada. Además, para el caso presente es la alternativa que más se ajusta en el entorno del embalse al estar rodeado de flora. A continuación se exponen las principales ventajas del uso de este material, así como los inconvenientes que puede presentar:

Ventajas:

- Alto encaje medioambiental/paisajístico
- Reducción considerable del peso de la estructura. Al no estar expuesta dicha pasarela a cargas considerables, el peso es el factor más condicionante para el cálculo estructural de la pasarela.
- Mayor relación resistencia/peso en comparación al acero y hormigón.
- Material orgánico, natural y ecológico.
- Capacidad de prefabricación en taller.

Inconvenientes:

- Coste que puede variar desde medio a alto, dependiendo de la accesibilidad a la obra.
- Necesidad de protección frente a agentes bióticos y abióticos.

3.3.3. Análisis y comparación de los materiales

A continuación, se muestra el análisis de cada material con el fin de tomar la decisión de cuál es el óptimo en relación con los diferentes criterios que se desarrollan a continuación.

- Criterio de integración paisajística (C1): se tendrá en cuenta en qué medida el material empleado encaja con el emplazamiento. En el caso presente, ha de integrarse en medio del hábitat del embalse. Tanto más se integre paisajísticamente, mayor será la puntuación. La ponderación será del 25%.
- Criterio de durabilidad (C2): se valora la vida útil de dicha pasarela, al ser continuación de camino natural, se establece como mínimo un periodo de 50 años. Ha de considerarse que el material empleado sea, en la medida de lo posible, el que menos costes suponga en tareas de conservación de la propia infraestructura. Se puntuará con mayor valoración aquel material que tenga menos problemas de durabilidad, o en el que se necesite menor cantidad de tareas de conservación. El peso del presente criterio se corresponde con el 15%.
- Criterio funcional (C3): La función principal de la pasarela es la continuación del sendero peatonal “La Ruta de la Presa” en el embalse de Almansa, posibilitando el paso de personas, ya sea caminando o en bicicleta. Por tanto, la funcionalidad irá condicionada del nivel de aprovechamiento de la estructura en

relación con las pequeñas solicitaciones a las que estaría sometida. Se opta por un valor de ponderación del 15%.

- Criterio económico (C4): Se valora con mayor puntuación aquel material cuyo presupuesto final de la alternativa sea menor. Debido a que la intención del presente estudio de soluciones es proporcionar una solución factible en sustitución de la pasarela flotante actual que satisfaga las necesidades de la población, el aspecto económico es de especial importancia debido a la gran cantidad de dinero que se empleó para la ejecución de la presente pasarela flotante. Es por ello por lo que se quiere evitar elegir una solución que suponga un gran coste económico. Como resultado, se dota de la ponderación más alta, siendo de un 30%.
- Criterio constructivo (C5): se tiene en cuenta el proceso de construcción dependiendo del material a emplear. Dicho proceso influirá directamente en los plazos de ejecución y en el presupuesto. La puntuación más alta será asignada al material cuyo proceso de construcción sea menos complejo. La ponderación se corresponderá con el 15%.

Criterios	Peso	Puntuación		
		Acero	Hormigón pretensado prefabricado	Madera laminada encolada
C1	25%	6,0	6,0	9,5
C2	15%	6,5	7,0	7,5

C3	15%	7,0	6,5	8,5
C4	30%	7,0	7,5	6,5
C5	15%	7,0	7,5	8,0
Resultado	100%	6,7	6,9	8.0

Tabla 1. Matriz materiales-criterios para la elección del material de la pasarela. Fuente: Propia

Como conclusión, tras haber realizado un análisis de cada material teniendo en cuenta diferentes criterios, se llega al resultado que la pasarela constituida por madera es la que resulta la más apropiada.

3.3.4. Tipología estructural

Con el objetivo de elegir la tipología estructural convenientemente, según los condicionantes anteriormente nombrados, es necesario realizar una comparación entre las distintas tipologías y ver cuál es la más factible.

3.3.4.1. Pasarela de madera tipo viga.

Las pasarelas tipo viga es la tipología que presenta menos complicaciones, en cuanto a cálculo y ejecución se refiere. Dichas pasarelas están constituidas por vigas de madera apoyadas en las pilas de la propia pasarela. La principal limitación con respecto al resto de tipologías es la luz entre vanos, siendo recomendable hasta luces de 30 metros aproximadamente. A continuación, se exponen una serie de ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Construcción sencilla y rápida
- Mayor facilidad del diseño estructural

Inconvenientes:

- Luces de hasta 30 metros, necesitándose cantos grandes para los vanos de 28 metros y por tanto, elevaría su coste.



Figura 17. Puente de madera tipo viga en Huelva. Fuente: egoin.com

1. Predimensionamiento:

En primer lugar, se han de determinar las cargas a las que estará sometida la pasarela.

Las cargas referidas a las cargas muertas son las del tablero de madera aserrada y las de los elementos de protección lateral.

- Tablero de madera aserrada = 0.7 KN/m
- Elementos de protección lateral = 0.4 KN/m

Las sobrecargas de uso, referida a los peatones y ciclistas, en el caso más desfavorable, se toma en consideración la carga de 5 KN/m². Dicha tipología estará conformada por cuatro filas de vigas longitudinales para repartir convenientemente la carga del tablero. El predimensionamiento se realiza teniendo en cuenta las cargas que recogerían las vigas centrales. Como ejemplo, se ha dibujado el área tributaria de la viga 2:

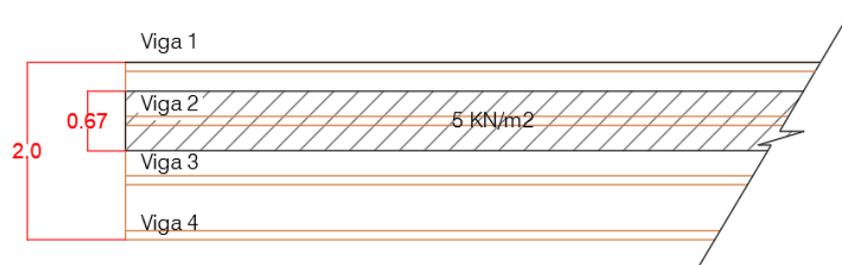


Figura 18. Representación en planta del tablero. Área tributaria de la viga 2. Fuente: propia (AutoCAD)

Con el objetivo de transformar dicha carga en carga lineal se reparte entre las dos vigas longitudinales de la plataforma, distanciadas a 2 metros. Por tanto, dicha carga será:

- $SCU = 5\text{KN/m}^2 \times 0.67\text{m} = 3.35\text{KN/m}$

La combinación para estado límite último se corresponde con la siguiente expresión:

- $Q_d = 1.35 \times (0.4 + 0.7) + 1.5 \times 3.35 = 6.51 \text{ KN/m}$

De forma generalizada, se toma Q_d como la carga lineal aplicada sobre cada una de las vigas.

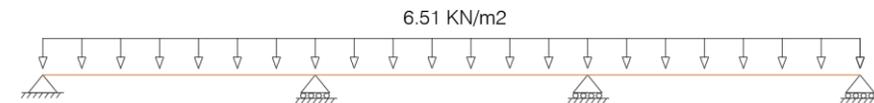


Figura 19. Esquema simplificado de la tipología tipo viga. Fuente: propia (AutoCAD)

Seguidamente, se calcula el momento máximo, originado en el centro de cada vano, al considerarse cada viga como biapoyada en cada uno de los extremos. Posteriormente, se calcula el axil máximo.

$$M_{max} = \frac{Q_d * l^2}{8} = 638 \text{ KN.m}$$

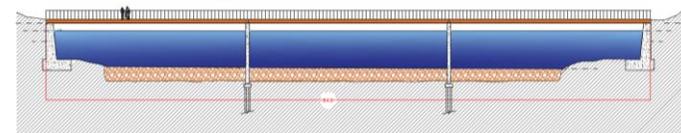


Figura 20. Alzado general de la tipología tipo viga. Fuente: propia (AutoCAD)

Una vez calculado el momento máximo, se realiza el predimensionamiento a través de las expresiones de la resistencia a flexión de la madera, debido al ser el esfuerzo predominante en dicha alternativa.

$$f_{m,d} \geq \sigma_{m,d} = \frac{Mmax}{W} * \gamma; W \geq Mmax * \frac{1.5}{f_{m,d}} = 68357.15 \text{ cm}^3$$

$$Mmax = 638 \text{ KN.m}$$

$$f_{m,d} = kmod * \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0.65 * \frac{28}{1.3} = 14 \text{ MPa} = 1.4 \text{ KN/cm}^2$$

$$W = \frac{2I}{h} = b * \frac{h^2}{6}$$

$$b * \frac{h^2}{6} = 68357.15 \text{ cm}^3; \mathbf{b = 56.7 \text{ cm}; h = 1.5 * b; h = 85.05 \text{ cm}}$$

Finalmente, las secciones de dichas vigas serán de **0.855m x 0.585m**

Siendo,

- $F_{m,d}$ = resistencia de cálculo a flexión de la madera
- K_{mod} = factor de modificación
- W = módulo resistente

3.3.4.1. Pasarela de madera tipo celosía

Las pasarelas que están constituidas por celosías transmiten las cargas a través de las diagonales y/o montantes, trabajando a compresión y tracción, según la disposición de la celosía. De entre las distintas tipologías de celosías como la Warren, Pratt o Howe, se opta por la tipología Warren por diversos motivos:

1. Composición de solo diagonales y cordones (inferior y superior). Al no necesitar de montantes como las otras tipologías, la cantidad de material es menor disminuyendo su peso propio.
2. La disposición de las diagonales sin los montantes crea una sensación más abierta, mejorando su estética entorno al paisaje.
3. El proceso de fabricación es más rápido, al contener un menor número de elementos estructurales.

Ventajas:

- Sometido solo a sollicitaciones de tracción y compresión. Ningún elemento está sometido a torsión.
- Combinación de rigidez y economía de materiales. Ligera.
- Facilidad y rapidez de montaje en obra
- Luces entre 15 y 70 metros, aproximadamente.

Inconvenientes:

- Constructivamente más compleja en taller que la de tipo viga



Figura 21. Puente de madera tipo celosía Warren en parques Guadarrama y Coimbra (Móstoles) . Fuente: noticiasparamunicipios.com

1. Predimensionamiento:

Antes de verificar el predimensionamiento de la pasarela, se ha de escoger una altura preliminar. En el caso presente, como se quiere dar acceso a bicicletas también, la altura mínima de la barandilla ha de ser de 1.25m. En cuanto al canto de la propia celosía, será de 2.5m para aumentar la rigidez de la misma ante las solicitaciones horizontales producidas por el viento, calculándose en posteriores apartados. La distancia entre diagonales será, en un principio, de 2.8 metros. Con respecto al ancho de la pasarela se adoptará de 2 metros, debido a que ningún tramo supera los 30 metros de

longitud de vano. La madera utilizada será madera laminada encolada de tipo GL28h. (Pasarelas Peatonales, www.mapa.gob.es)

Las cargas referidas a las cargas muertas, siendo las mismas que en la tipología anterior, son las del tablero de madera aserrada y las de los elementos de protección lateral.

- Tablero de madera aserrada = 0.7 KN/m
- Elementos de protección lateral = 0.4 KN/m

La sobrecarga de uso se corresponde también con los 5 KN/m², definido anteriormente. Dicha carga repartida entre las celosías, distanciadas 2 metros, es:

- $SCU = 5\text{KN/m}^2 \times 1\text{m} = 5\text{KN/m}$

El resultado de la carga ponderada es el siguiente:

- $Q_d = 1.35 \times (0.4 + 0.7) + 1.5 \times 5 = 9.0 \text{ KN/m}$

A continuación, se calculan las solicitaciones en los cordones y en las diagonales.

1.1. Cordones de la celosía

Primeramente, se introducen dichas cargas y se calcula el momento máximo de la pasarela. El esquema simplificado que se ha tenido en cuenta es el siguiente:



Figura 22. Esquema simplificado de la tipología tipo celosía. Fuente: propia (AutoCAD)

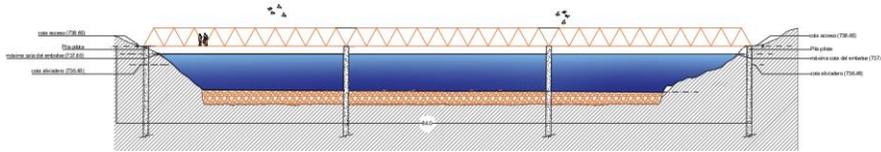


Figura 23. Alzado general de la tipología celosía. Fuente: propia (AutoCAD)

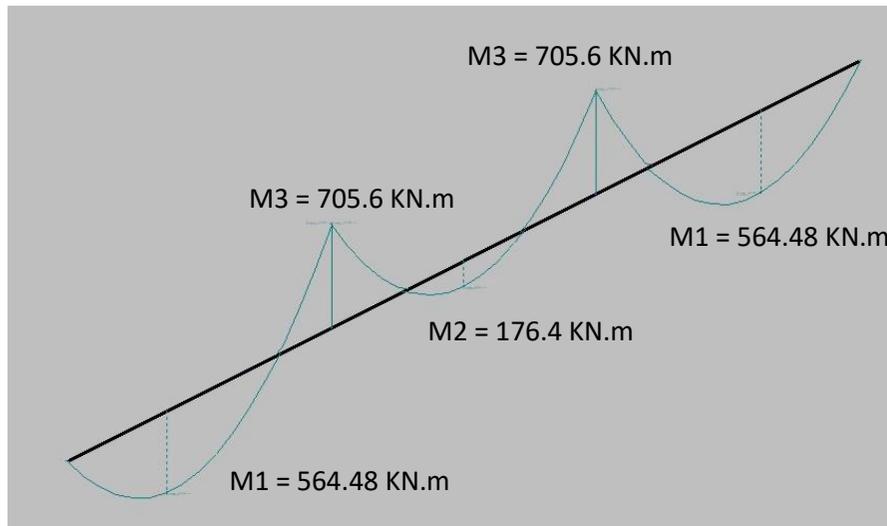


Figura 24. Ley de momentos. Fuente: propia (CYPE)

Seguidamente, se calculan los axiles en cada uno de los cordones. Se considera un par de fuerzas originado por el momento máximo. Dicho par

de fuerzas está distanciada por la altura de la pasarela. Se puede observar en la figura 24 que el momento máximo se produce en los apoyos 2 y 3. Por tanto, el axil resultará:

$$N_d = \frac{M_{max}}{h} = \frac{705.6}{2.5} = 282.24 \text{ KN}$$

Siendo:

- H: altura de la pasarela
- Mmax: momento máximo producido en los apoyos

A continuación, se igualan la resistencia de cálculo en tracción paralela a las fibras de madera con la tensión de cálculo provocada por el esfuerzo axil N_d .

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_n}; f_{t,0,d} = 19500 * \frac{0.65}{1.3} = 9750 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{t,0,d} = f_{t,0,d}; A_n = \frac{N_d}{9750} = 0.029 \text{ m}^2$$

$$A_n = b * b; b = 0.18 \text{ m}$$

Siendo:

- $\sigma_{t,0,d}$: tensión de cálculo provocada por el axil N_d
- $f_{t,0,d}$: resistencia de cálculo a tracción paralela a las fibras de madera
- A_n : área de la sección

- N_d : axil de cálculo

Teniendo en cuenta que en el predimensionamiento no han sido consideradas todas las cargas que van a actuar sobre la celosía ni las limitaciones de los desplazamientos horizontales y verticales, se opta por escoger previamente secciones de **0.26m x 0.26m** (secciones predefinidas en CYPE-D3, programa que se empleará para el análisis de la pasarela) para dotar de mayor rigidez la estructura.

1.2.Diagonales:

Al haberse establecido una distancia entre diagonales de 2.8 metros, se toma como fuerzas equivalentes en cada nodo superior de las diagonales el siguiente valor:

$$F = \frac{Qn * L}{84/2.8} = 25.2 \text{ KN}$$

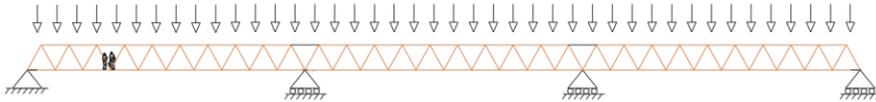


Figura 25. Representación de la carga F aplicada sobre los nodos de la celosía. Fuente: propia (AutoCAD).

Con el fin de calcular el axil en las diagonales, se realiza el equilibrio del nodo del apoyo, siendo $R_v = 189 \text{ KN}$ y el ángulo entre las diagonales y el cordón inferior de 61° .

Aislamos el nodo de uno de los apoyos:

$$\sum F_v = 0; R_v + N * \sin 61 = 0; N = -217.25 \text{ KN}$$

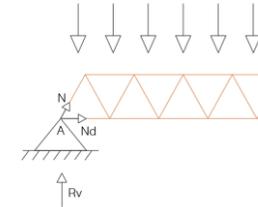


Figura 26. Representación del nodo A para hallar la fuerza N. Fuente: propia (AutoCAD).

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_n}; f_{c,0,d} = 26500 * \frac{0.65}{1.3} = 13250 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{c,0,d} = f_{c,0,d}; A_n = \frac{N}{13250} = 0.017 \text{ m}^2$$

$$A_n = b * b; b = 0.13 \text{ m}$$

Siendo:

- $\sigma_{c,0,d}$: tensión de cálculo provocada por el axil N_d
- $f_{c,0,d}$: resistencia de cálculo a compresión paralela a las fibras de madera
- A_n : área de la sección
- N_d : axil de cálculo

La sección cuadrada de las diagonales de la celosía será de **0.16m x 0.16m** (según las secciones predefinidas en CYPE-3D).

3.3.4.2. Pasarela de madera tipo arco con tablero inferior (tipo Browsting)

La presente tipología se diferencia de las otras, principalmente, en que los esfuerzos se transmiten a los estribos a través de los arcos, sometidos a compresión. Se emplean mayoritariamente para luces entre 30 y 90 metros. Dicha tipología estaría compuesta por dos cordones (uno superior y otro inferior) y las péndolas, adoptándose en disposición diagonal.

Ventajas:

- Salvan grandes distancias con la construcción de varios arcos sucesivos
- Buen comportamiento a flexión debido a la compresión del arco

Inconvenientes:

- Mayor impacto visual debido a las dimensiones del arco
- Proceso constructivo más complejo



Figura 27. Puente de madera tipo arco con tablero inferior. Fuente: ruubay.com

1. Predimensionamiento:

Para el correcto predimensionamiento de la actual tipología estructural, se necesitan conocer tanto la flecha máxima del arco y la distancia entre péndolas. En primer lugar, tal y como se ha comentado anteriormente, la distancia predefinidas entre las péndolas de la presente tipología estructural tipo arco serían de 4 metros, con el fin de permitir predimensionar dicha tipología.

Con respecto a la luz máxima del arco, se adopta la relación entre flecha y luz de 1/8. En el caso presente, las luces son de 28 metros, dando como resultado 4.7 metros de distancia entre péndolas.



Figura 28. Esquema simplificado de la tipología tipo arco. Fuente: propia (AutoCAD)

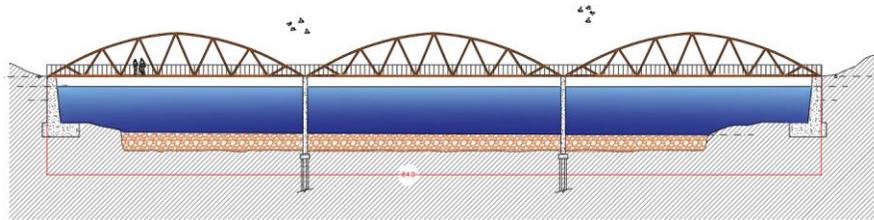


Figura 29. Alzado general de la tipología tipo arco. Fuente: propia (AutoCAD)

Las cargas referidas son las mismas que en la tipología tipo celosía.

Las cargas ponderadas, descritas y explicadas en los anteriores apartados, son:

- $Q_d = 1.35 \times (0.4 + 0.7) + 1.5 \times 5 = 9.0 \text{ KN/m}$

1.1. Cordones inferior y superior del arco

Al seguirse manteniendo el mismo número de vanos con unas longitudes de 28m, cada arco se situará en cada vano, habiendo discontinuidad entre ellos. Como resultado, el análisis estructural de dicha tipología se convierte en un arco biapoyado en cada uno de los tramos.

El momento máximo se producirá en el centro de cada vano, siendo su expresión la siguiente:

$$M_{max} = \frac{Q_d \cdot l^2}{8} = 882 \text{ KN}$$

Seguidamente, se calculan los axiles en cada uno de los cordones. Se considera un par de fuerzas originado por el momento máximo. Dicho par de fuerzas está distanciada por la altura de la pasarela.

$$N_d = \frac{M_{max}}{h} = \frac{882}{4.7} = 187.66 \text{ KN}$$

Siendo:

- H: altura de la pasarela
- $M_{m\acute{a}x}$: momento máximo producido en los apoyos

A continuación, se igualan la resistencia de cálculo en tracción paralela a las fibras de madera con la tensión de cálculo provocada por el esfuerzo axial N_d .

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_n}; f_{t,0,d} = 19500 \cdot \frac{0.65}{1.3} = 9750 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{t,0,d} = f_{t,0,d}; A_n = \frac{N_d}{9750} = 0.019 \text{ m}^2$$

$$A_n = b * b ; b = 0.14 \text{ m}$$

Siendo:

- $\sigma_{t,0,d}$: tensión de cálculo provocada por el axil N_d
- $f_{t,0,d}$: resistencia de cálculo a tracción paralela a las fibras de madera
- A_n : área de la sección
- N_d : axil de cálculo

La sección cuadrada de los cordones del arco será de **0.15m x 0.15m**

1.2. Péndolas

Para mayor facilidad en el predimensionamiento, y teniendo en cuenta que las dimensiones de las diagonales en la anterior tipología eran menores que las de los propios cordones, en el caso presente se puede afirmar que las secciones de las péndolas serán como máximo de **0.15m x 0.15m**. Dichos valores son tomados aproximadamente para tener más datos a la hora de realizar el final análisis de qué tipología estructural es la más adecuada, incluyendo también el criterio económico.

Una vez descritas las principales tipologías estructurales, junto a sus ventajas e inconvenientes, se está en disposición de justificar la elección de la siguiente tipología: Celosía Warren. Los principales criterios tenidos en cuenta son:

- Presupuesto.
Tipología viga: necesidad de utilizar vigas de gran canto, aumentando el peso propio de la estructura.
Tipología Warren: el coste económico se reduce notablemente debido a las formas menos complejas. Mayor facilidad en la fabricación, transporte y montaje en obra.
Tipología arco: al ser la altura máxima mayor, el transporte es más laborioso, dando como resultado un mayor coste.
- Impacto medioambiental.
Tipología viga: impacto visual similar a la celosía tipo Warren.
Tipología Warren: poco impacto visual, debido a que la altura máxima es de 1.25m.
Tipología arco: mayor impacto visual.
- Luces: en anteriores apartados se ha comentado que la luz de 28 metros es la más adecuada para cada vano, mayoritariamente por razones de transporte y mayor facilidad de ejecución en obra.
Tipología viga: dichas luces se acercan significativamente a la luz máxima recomendada para dicha tipología: 30 metros.
Tipología Warren: la que mejor se ajusta a las luces comprendidas en la solución final.
Tipología arco: solución que no es estrictamente necesaria para luces de 28 metros solamente.

- Comportamiento estructural.
Dentro de las distintas tipologías, es en la celosía tipo Warren y tipología arco en donde los esfuerzos son de compresión y tracción, teniendo un buen comportamiento la madera.
Tipología viga: el esfuerzo predominante es el de flexión. Menos recomendable en comparación con los esfuerzos de tracción y compresión.

3.3.5. Descripción de la pasarela.

Habiéndose hecho un análisis de las distintas tipologías que pueden ser empleadas además del tipo de material para la composición de la superestructura de la pasarela, se está en disposición de describir las principales características de la misma.

Subestructura:

En primer lugar, en cuanto a la subestructura, se diseñarán 8 pilas de hormigón armado ejecutadas in-situ, consistiendo en 2 pilas en cada uno de los apoyos, coincidiendo con la posición de las vigas longitudinales de la pasarela. La cimentación de las mismas será mediante pilotes ejecutados in-situ con camisa de chapa recuperable. Dichos pilotes consisten en la prolongación de las pilas, manteniendo el mismo diámetro hasta la profundidad requerida. En la zona de los estribos, debido a que la pasarela en los extremos coincide con la altura del talud inicial del terreno, se procederá a la ejecución de la pila hasta la profundidad requerida como si se tratara de un pilote.

Superestructura:

Por otro lado, ha de resaltarse que la longitud entre los extremos anteriormente definida es de 84 metros al haber decidido que cada vano dispondrá de 28 metros de luz. Por consiguiente, las diagonales quedan separadas cada 2.8 metros, asimismo con el fin de obtener un número exacto de divisiones.

Otra de las razones por las que no se ha decidido que alguno de los vanos supere los 30 metros es para permitir que la anchura de la plataforma pueda ser de 2 metros. Al mismo tiempo, dicho ancho es el mínimo establecido para la continuación de un camino natural. Como resultado, el presupuesto se abarataría al evitar anchos de más 2 metros sin ser realmente necesario.

La pasarela se considera continua en todo su tramo, aunque para su transporte haya de ser dividida. El método de unión con cada una de las partes se detallará en el **Anejo nº7. Ejecución de las alternativas**. Como resultado, se obtiene una ley de momentos como la representada en la figura 19 del presente anejo.

La tipología de la celosía decidida es Warren, mencionada anteriormente. La disposición entre los cordones y diagonales conforma una serie de triángulos, creándose la sensación de un espacio más abierto con el objetivo de recargar lo menos posible el impacto visual sobre el paisaje.

Asimismo, como es sabido, se ha optado por el uso de la madera como material para la conformación del tablero y de los cordones y montantes. El tipo de material es **madera laminada encolada homogénea, clase GL28h**.

Las secciones de cada uno de los elementos son:

- Cordones: 0.26 x 0.26 (m)
- Diagonales: 0.16 x 0.16 (m)

En cuanto al tablero y a las barandillas, estarán compuestos por madera aserrada, MA.C24.

Accesos:

De forma análoga a las dos alternativas anteriores, los accesos se situarán a la cota de 738.65 m.s.n.m tal y como se justificó en el *Anejo nº3. Estudio Hidrológico*. Asimismo, el nuevo diseño de los caminos a los accesos son los mismos que han sido definidos en el *Anejo nº5. Trazado en Planta*.

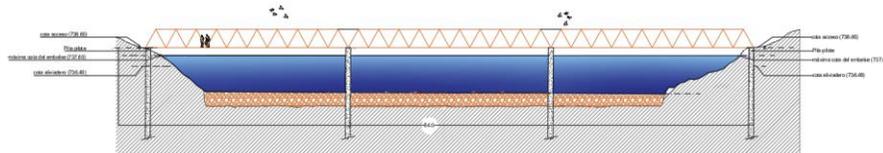


Figura 30. Alzado general de la Alternativa 3. Fuente: propia (AutoCAD)

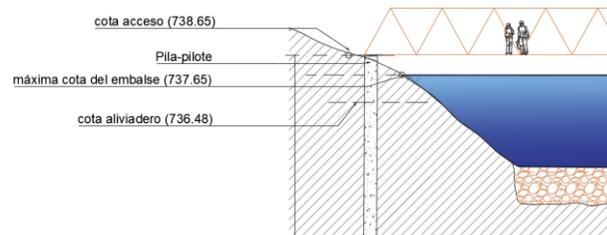


Figura 31. Alzado del acceso sur de la Alternativa 3. Fuente: propia (AutoCAD)

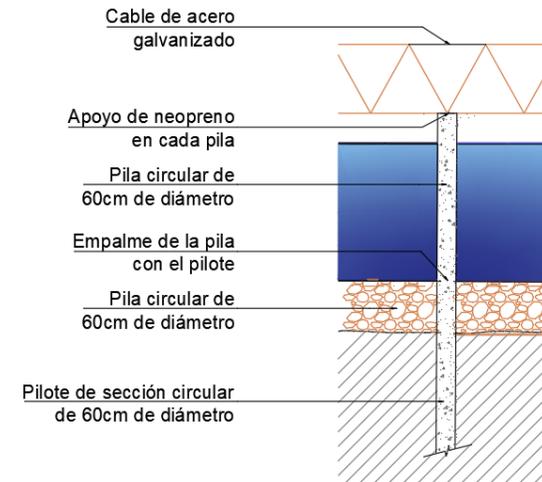


Figura 32. Alzado esquemático de la pila con el pilote de 60cm de diámetro de la Alternativa 3. Unión de los vanos mediante cable de acero galvanizado actuando a tracción. Fuente: propia (AutoCAD)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS - ANEJO nº 7. Análisis de Alternativas y Propuesta

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil

Índice

1.OBJETO	2	5.2.3.Combinación de acciones.....	14
2.ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	2	7.ANÁLISIS ESTRUCTURAL	15
2.1. Criterios	2	7.2. Método de calculo	15
1.2. Valoración y selección de la alternativa final	4	7.3. Modelo del análisis	16
1.3. Descripción de la alternativa.....	4	8. DIMENSIONAMIENTO DE LA PILA	21
1.3.1. Superestructura.....	4	8.1. Armadura longitudinal.....	21
1.3.2. Subestructura	5	8.2. Armadura de cortante.....	23
3.ALCANCE DEL CÁLCULO	6	9. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PILAS PILOTES.....	23
4.BASES DE CÁLCULO	6	9.1. Pilas pilotes localizadas en los estribos.....	24
4.1.Normativa.....	6	9.2. Pilas-pilotes localizadas en zona del dique existente.	26
4.2.Materiales	6	10. DISEÑO DE LOS APOYOS ELASTÓMEROS	28
5.SUPERESTRUCTURA.....	7		
5.1.Acciones	7		
5.1.1.Acciones permanentes (G)	7		
5.1.2.Acciones variables (Q)	8		
5.1.3.Acciones accidentales (A).....	11		
5.2.Criterios de comprobación.....	12		
5.2.1. Situaciones de proyecto	12		
5.2.2. Estados límite	12		
5.2.1.Coeficientes de seguridad	13		
5.2.2.Coeficientes de simultaneidad	13		

1.OBJETO

En la primera sección del *Anejo nº7. Análisis de las alternativas y propuestas* se elaborará un análisis cuantitativo de las alternativas con el fin de seleccionar la alternativa final del estudio de soluciones objeto del presente Trabajo Final de Grado. Posteriormente, se analizará estructuralmente de forma detallada la alternativa seleccionada.

2.ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

2.1. Criterios

A continuación, se muestra el análisis de cada alternativa en base a una serie de criterios con distintas ponderaciones cada uno de ellos.

- Criterio de integración paisajística. (C1) Se tendrá en cuenta en qué medida cada una de las alternativas encajan paisajísticamente con el entorno. En el caso presente, ha de integrarse en medio del hábitat del pantano. Cuanto mayor sea su integración en el paisaje, mayor será la puntuación. La ponderación será del 20%.

Dique permeable y transitable: La única superficie visible de los marcos prefabricados de hormigón serían las caras aguas abajo y aguas arriba del pantano. Las caras laterales y su coronación quedarían cubiertos. La puntuación es de 7.5.

Pasarela flotante: la remodelación de los accesos y la prolongación de los pilotes-guía existentes suponen ligeramente un mayor impacto visual. La puntuación es de 7.0.

Pasarela tradicional de madera: el material de la madera es el que mejor se integra en el entorno natural. La puntuación es de 8.5.

- Criterio medioambiental (C2). Dicho criterio evalúa el impacto sobre el medio ambiente por la ejecución de cada una de las alternativas. Dichos efectos medioambientales son de importancia generalizada en la sociedad. La ponderación se corresponderá con el 25%.

Dique permeable y transitable: es la alternativa en la que el transporte necesario de cada uno de los marcos de hormigón es más elevado. Por tanto, se incrementa el número de desplazamientos de los camiones y, como consecuencia, un aumento también de la contaminación generada en el entorno. La puntuación es de 6.5.

Pasarela flotante: se requieren muy pocos desplazamientos de camiones para las tareas necesarias en la ejecución de la presente alternativa. La puntuación es de 8.0

Pasarela tradicional de madera: se necesitan menos desplazamientos de transporte que en el del dique permeable. Por otro lado, medioambientalmente dicha alternativa es positiva al componerse de un material natural, como es la madera. La puntuación es de 8.0.

- Criterio de procedimiento de construcción (C3). Dicho procedimiento influirá directamente en los plazos de ejecución y en el presupuesto. La puntuación más alta será asignada a la alternativa cuyo proceso de construcción sea menos complejo. Para mayor detalle del proceso de cada alternativa, véase el *Anejo*

nº8. Ejecución de las alternativas. Se opta por un valor de ponderación del 15%.

Dique permeable y transitable: el proceso constructivo es el más complejo, debido al elevado número de juntas entre los marcos que han de realizarse in-situ y la ejecución de un nuevo pedraplén, entre otras tareas. Como consecuencia, el plazo de ejecución será el más largo. La puntuación es de 6.0.

Pasarela flotante: las principales tareas son la elevación de los accesos, la colocación de los nuevos fíngers y la elevación de los pilotes guías. Como resultado, el plazo de ejecución es el menor de las tres alternativas. La puntuación es de 8.0.

Pasarela tradicional de madera: dicha alternativa presenta su superestructura mayormente prefabricada, a falta de la conveniente colocación en obra, siendo más rápida que la primera alternativa. Sin embargo, se necesitan la ejecución de estribos y pilas intermedias cimentadas mediante micropilotaje. La puntuación es de 7.5.

- Criterio funcional (C4). La funcionalidad irá condicionada del nivel de aprovechamiento de la estructura en relación con las pequeñas solicitaciones a las que estaría sometida. Por otro lado, también se considera la disponibilidad de dichas alternativas ante condiciones climáticas extremas. El peso del presente criterio se corresponde con el 25%.

Dique permeable y transitable: se emplean marcos prefabricados de hormigón pesados mientras que las solicitaciones no son altas. Ante fuertes acciones climáticas se comporta satisfactoriamente. La puntuación es de 7.0.

Pasarela flotante: se siguen empleando materiales ligeros como son el polietileno y el aluminio para la composición de la plataforma y los fíngers. En contraposición, dicha solución presenta la problemática de la vulnerabilidad ante fuertes rachas de viento, generando sensación de inseguridad durante tales periodos adversos. La puntuación es de 5.5.

Pasarela tradicional de madera: en la presente alternativa se emplea también un material ligero como es la madera, dotando a la estructura de un reducido peso propio. Además, ante fuertes rachas de viento sigue permitiendo su paso de las personas sin crear sensación de inseguridad. Dicha puntuación es de 7.5.

- Criterio económico (C5). Dicho criterio es de elevada importancia debido a que se quiere evitar lo máximo posible emplear una cantidad elevada de dinero adicional a la ya gastada, en el periodo de construcción de la actual pasarela flotante. Como resultado, se dota de la ponderación más alta, siendo de un 15%. En el *Anejo nº9 Valoración económica de las alternativas* se detallan los presupuestos de las tres alternativas.

Dique permeable y transitable: 224.562,95 euros. Es una cantidad aproximada a la ya gastada con la actual pasarela flotante. La puntuación es un 6.0.

Pasarela flotante: 60.343,56 euros. Al ser la menor cantidad de dinero se puntúa con un 8.0.

Pasarela tradicional de madera: 334.458,81 euros. Precio más alto en comparación con el resto de las alternativas. La puntuación es de 5.0.

1.2. Valoración y selección de la alternativa final

Una vez explicados cada uno de los criterios, y habiendo asignado las convenientes puntuaciones y ponderaciones, se está en disposición de elaborar la siguiente tabla con el objetivo de obtener la puntuación de cada alternativa.

Criterios	Peso	Puntuación		
		Dique permeable y transitable	Pasarela flotante	Pasarela tradicional de madera
C1	25%	7.5	7.0	8.5
C2	20%	6.5	8.0	8.0
C3	15%	6.0	8.0	7.5
C4	25%	6.5	5.5	7.5
C5	15%	6.0	8.0	5.0
Resultado	100%	6.73	7.13	7.48

Tabla 1. Matriz alternativas-criterios para la elección la alternativa final. Fuente: Propia

Tras la valoración de cada una de las alternativas junto a su ponderaciones, la alternativa que resulta ser la más adecuada para la continuación del sendero peatonal "La ruta de la Presa" es la Pasarela tradicional de madera.

1.3. Descripción de la alternativa.

1.3.1. Superestructura

La estructura objeto del presente proyecto consiste en la ejecución de una pasarela de madera laminada encolada GL28h con el objetivo de salvar una distancia de 84 metros entre los extremos del embalse de Almansa. Dicha solución consiste en una tipología de celosía tipo Warren constituida por 3 vanos, de 28 metros cada uno. Principalmente, la celosía se compone de vigas longitudinales, que son los cordones inferior y superior, además de las diagonales, distanciadas entre sí 2.8 metros. Por otro lado, el ancho de la pasarela es de 2 metros, siendo el mínimo necesario para ser continuación de un camino natural. Sobre el tablero se coloca una barandilla de 1.25m para cumplir el requisito con el fin de que dicha pasarela pueda ser usada tanto por peatones como por ciclistas. Finalmente, el canto total elegido es de 2.5 metros.

Además, para aumentar la estabilidad entre todos los cordones de la pasarela se disponen de travesaños, tanto en los cordones inferior como superior. Asimismo, para restringir el movimiento horizontal provocado por el viento, se pretende arriostrar la zona de los apoyos mediante cruces de San Andrés, compuestas por cordones de acero galvanizado, posteriormente descritos. Dichas cruces de San Andrés se colocan tanto en la parte superior como inferior de la pasarela, ocultándose estos últimos por el tablero. Dicho tablero, de 2 metros de ancho, está compuesto de madera aserrada, debidamente protegida también frente a los agentes externos de la naturaleza.

La unión entre cada uno de los vanos se realiza mediante cables de acero galvanizado, trabajando a tracción, colocados en el cordón superior para permitir la correcta transmisión de cargas entre los distintos vanos una vez han sido colocados entre los apoyos. Véase la figura 3.

Con respecto a los apoyos de las vigas longitudinales con los pilares se realiza mediante apoyos elastómeros definidos en posteriores apartados.

1.3.2. Subestructura

En lo que a la subestructura se refiere, es necesaria la ejecución de 8 pilas en total, 2 en cada uno de los extremos y 4 pilas intermedias, compuestas de hormigón in-situ convenientemente protegidas posteriormente para evitar el deterioro del hormigón frente a la acción del agua. Para la cimentación de las mismas se procederá mediante la prolongación de dichas pilas, convirtiéndose en pilotes, manteniendo la misma sección de las pilas, que serán determinadas en posteriores apartados del presente Anejo nº7. Para ello, se dejarán colocadas las armaduras de espera en los pilotes, para poder conectarlos correctamente con las pilas. En la zona de los estribos, se ejecutarán directamente las pilas hasta la profundidad requerida por el cálculo de pilotes.

El resto de la descripción completa y detallada de la presente alternativa está incluida en el Anejo nº6. *Estudio de Alternativas de la Pasarela.*

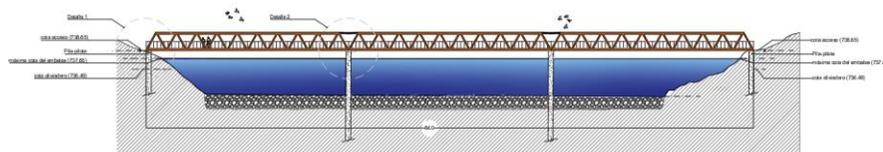


Figura 1. Alzado general de la Alternativa 3. Fuente: propia (AutoCAD)



Figura 2. Alzado del acceso sur de la Alternativa 3. Fuente: propia (AutoCAD)

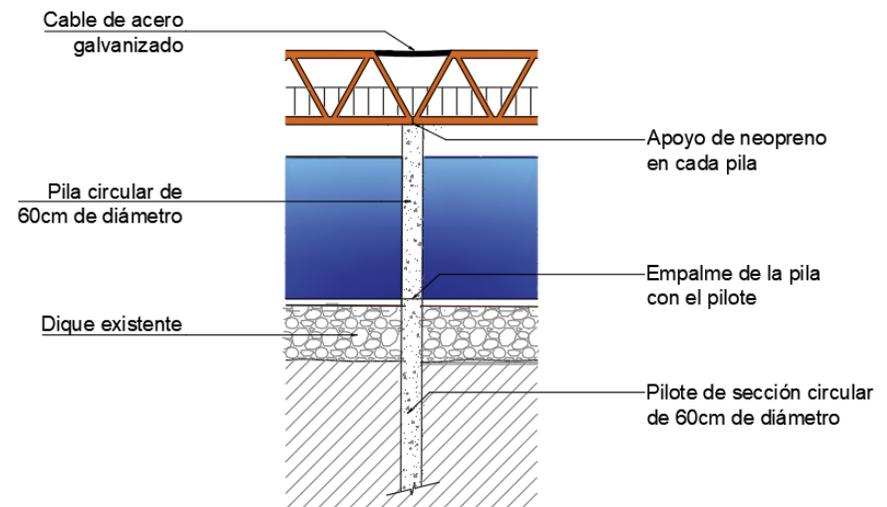


Figura 3. Alzado de la pila-pilote de la Alternativa 3. Unión de las piezas mediante cable de acero galvanizado actuando a tracción. Fuente: propia (AutoCAD)

3. ALCANCE DEL CÁLCULO

A continuación, se especifica el alcance de los cálculos referentes a cada uno de los elementos estructurales de la presente solución.

Superestructura: se definirán las secciones de cada uno de los cordones superior y el de las diagonales y las de los elementos transversales que conectan los cordones inferiores.

Subestructura: una vez sabidas las solicitaciones detalladas en los apoyos, se procederá al cálculo de pilas circulares de hormigón. Además, se dimensionarán el diámetro y la longitud de los pilotes.

Uniones entre los distintos elementos de la pasarela: definición de los materiales de acero inoxidable para establecer la unión de las diagonales con los cordones inferior y superior. También se especificarán los materiales elastómeros entre los apoyos y la propia pasarela.

4. BASES DE CÁLCULO

4.1. Normativa

- CTE. Documento Básico SE-M Seguridad Estructural Madera
- CTE. Documento Básico SE-C Seguridad Estructural Cimientos
- Instrucción del Hormigón Estructural. EHE-08
- Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón

- Eurocódigo 5: Proyecto de estructuras de madera. Parte 2: Puentes.
- 'Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11)

4.2. Materiales

A continuación, se describen las propiedades de cada uno de los materiales que se emplearán para la ejecución de la pasarela de madera.

1. Madera:

Material empleado para la construcción de la superestructura.

Tabla E.3 Madera laminada encolada homogénea. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase Resistente

Propiedades	Clase Resistente			
	GL24h	GL28h	GL32h	GL36h
Resistencia (característica), en N/mm²				
- Flexión $f_{m,g,k}$	24	28	32	36
- Tracción paralela $f_{t,c,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
- Tracción perpendicular $f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
- Compresión paralela $f_{c,g,k}$	24	26,5	29	31
- Compresión perpendicular $f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
- Cortante $f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Rigidez, en kN/mm²				
- Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,g,medio}$	11,6	12,6	13,7	14,7
- Módulo de elasticidad paralelo 5 ^o -percentil $E_{0,g,k}$	9,4	10,2	11,1	11,9
- Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,g,medio}$	0,39	0,42	0,46	0,49
- Módulo transversal medio $G_{g,medio}$	0,72	0,78	0,85	0,91
Densidad, en kg/m³				
Densidad característica $\rho_{g,k}$	380	410	430	450

Tabla 2. Propiedades de la madera laminada encolada homogénea. Valores de la clase resistente GL28h. Fuente: Tabla E.3. CTE. Documento Básico SE-M Seguridad estructural Madera.

2.Hormigón armado:

Material dedicado para las pilas y los pilotes. Se debe especificar la clase de exposición a la que estarán sometidos dichos elementos estructurales. Para ello, ha de efectuarse según la norma EHE-08 de Hormigón estructural. Los apartados correspondientes son el 8.2.1, 8.2.2 y el 8.2.3. Debido a que las pilas y las cimentaciones estarán enterrados y/o sumergidos, la clase de exposición se corresponderá con la Clase IIa (Humedad alta).

Por otro lado, según el apartado 31.4 de la EHE-08, la resistencia mínima para el hormigón armado es de 25 MPa. Para el presente proyecto se considera una resistencia de 40MPa.

3.Acero

El acero se empleará para las barras corrugadas de los pilotes y de las pilas, siendo del tipo B500S. Las características comunes a todos los aceros se corresponden con las siguientes:

- Límite elástico = 500 MPa
- Módulo de elasticidad (E) = 210.000 MPa
- Módulo de rigidez (G) = 81.000 MPa
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0.3$
- Coeficiente de dilatación térmica (α) = $1.2 \times 10^{-5} (^\circ\text{C})^{-1}$
- Densidad (ρ) = 7.850 kg/m^3

5.SUPERESTRUCTURA

5.1.Acciones

Con el objetivo de determinar las acciones que van a actuar sobre la superestructura de la pasarela peatonal, se ha consultado la "Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11). Dichas cargas se han dividido entre acciones permanentes y variables.

5.1.1.Acciones permanentes (G)

Las cargas permanentes son aquellas que se corresponden con el peso de los distintos elementos estructurales de la estructura a calcular. En el caso presente, se dividen a su vez entre peso propio y cargas muertas.

El peso propio de cada uno de los materiales a considerar son los siguientes:

- Peso propio (PP) : peso de los elementos considerando su sección bruta
 - Madera laminada encolada = 4.1 KN/m^3
 - Hormigón armado = 25 KN/m^3
- Cargas muertas (PP) : son las cargas de los elementos no estructurales de la pasarela
 - Elementos de protección lateral (barandillas) = **0.4 KN/m**
 - Tablero de madera aserrada = **0.7 KN/m**

5.1.2. Acciones variables (Q)

Las cargas variables son aquellas que son producidas por agentes externos a las cargas de la propia estructura. Estos pueden ser debidos a las sobrecargas de uso, el viento o las acciones térmicas.

- Sobrecarga de uso (SC). Para la determinación de dicha sobrecarga debido al tráfico de peatones se considera la acción simultánea de las siguientes cargas, recogidas en el artículo 4.1.8. de la IAP-11. Textualmente, estas son:
 - “Una carga vertical uniformemente distribuida q_{fk} de valor igual a 5 KN/m^2 ”. En cada cordón el valor es de: $5 \text{ KN/m}^2 \times 1 \text{ m} = 5 \text{ KN/m}$
 - “Una fuerza horizontal longitudinal Q_{f1k} de valor igual al 10% del total de la carga vertical uniformemente distribuida, actuando en el eje del tablero al nivel de la superficie del pavimento”. $Q_{f1k} = 0.5 \text{ KN/m}^2$. En cada cordón la carga será: **0.5 KN/m**.
 - “A efectos de las comprobaciones locales, se considerará una carga vertical puntual Q_{fwk} de valor igual a 10 KN, actuando sobre una superficie cuadrada de 0.10 m de lado”.
- Viento. En el caso presente de la pasarela, la acción del viento se asimilará a una carga estática equivalente por cumplir las tres condiciones simultáneamente del apartado 4.2.9 de la IAP-11.

El proceso para la determinación de la acción del viento es el siguiente:

1. Velocidad básica del viento: calculada a partir de la siguiente expresión.

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

Donde:

V_b : velocidad básica del viento para un periodo de retorno de 50 años (m/s)

C_{dir} : factor direccional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1.0.

C_{season} : factor estacional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1.0

$V_{b,0}$: velocidad básica fundamental del viento (m/s), según el mapa 4.2-a. En el caso presente, al situarse Almansa muy cercana a la zona B, se considera una velocidad básica fundamental del viento de 27 m/s, del lado de la seguridad.

$$V_b = 27 \frac{m}{s}$$

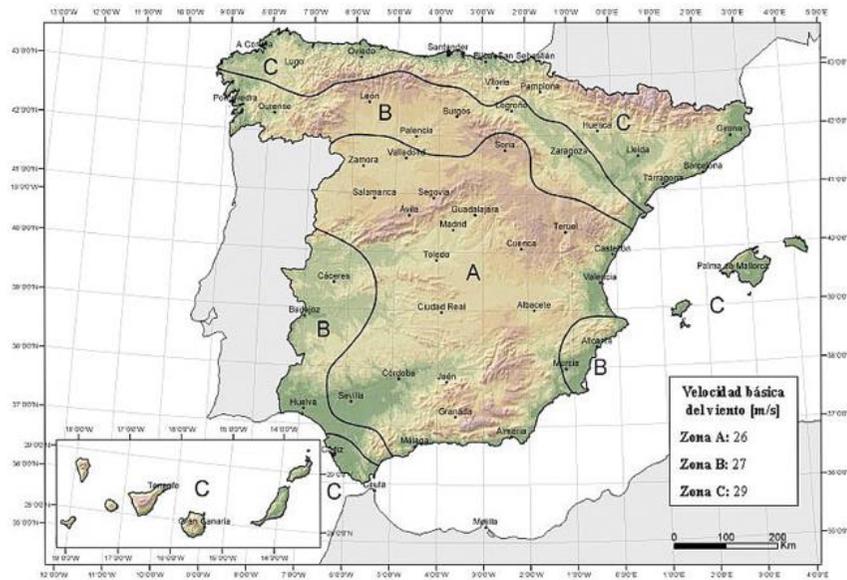


Figura 4. Mapa de isotacas para la obtención de la velocidad básica fundamental del viento. Fuente: Figura 4.2-a. IAP-11

2. Velocidad básica del viento para un periodo de retorno concreto.

$$V_b(T) = V_b * C_{prob}$$

Se considera un periodo de retorno de 100 años, en vez de 50, con el fin de otorgar a la estructura de la máxima vida útil posible. Consecuentemente, el factor de probabilidad (C_{prob}) resulta 1.04, según lo estipula la IAP-11.

$$V_b(100) = 27 * 1.04 = 28.08 \frac{m}{s}$$

3. Empuje del viento: dicho empuje ha de calcularse por separado para cada elemento de la pasarela, debido a que dicha expresión está en función del área expuesta al viento.

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

Siendo:

F_w : empuje horizontal del viento (N)

$\frac{1}{2} * \rho * V_b^2(T)$: presión de la velocidad básica del viento (N/m²). Operando se obtiene 5184 N/m²

ρ : densidad del aire, que se tomará igual a 1.25 kg/m³

V_b : velocidad básica del viento para un periodo de retorno determinado. 28.08 m/s

c_f : coeficiente de fuerza de elemento considerado (figura 4.2-b). Debido a que las secciones en el predimensionamiento son de 0.26x0.26m para los cordones y de 0.16x0.16m para las diagonales, la relación entre el ancho y el canto es de 1 para ambos elementos. Por tanto, $c_f = 2.1$.

A_{ref} : área de referencia, que se obtendrá como la proyección del área sólida expuesta sobre el plano perpendicular a la dirección del viento (m²). Con el objetivo de que la fuerza quede calculada por unidad de longitud, en vez de una fuerza puntual, se sustituye A_{ref} por el ancho de las piezas (b)

$c_e(z)$: coeficiente de exposición en función de la altura z calculado según la siguiente expresión.

$$c_e(z) = k_r^2 \left(c_o^2 * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) + 7 * k_l * c_o * \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right)$$

Siendo:

K_r : factor del terreno, según tabla 4.2-b de la IAP-11. El tipo de entorno es el Tipo I, referente a lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos. Valor tomado de 0.170.

C_o : factor de topografía, tomándose habitualmente el valor de 1.0. Debido a que el emplazamiento donde se encuentra la pasarela no es un valle en el que pueda producirse un encauzamiento se toma finalmente el valor de 1.0.

Z : altura del punto de aplicación del empuje de viento respecto del terreno o respecto del nivel mínimo del agua bajo el puente. La altura máxima entre el tablero y el nivel del terreno es de 6.2 m. Al ser mayor que la z_{\min} (1m), la z será 6.2 m.

Z_0 : longitud de la rugosidad, según la tabla 4.2-b de la IAP-11. El valor es de 0.01 m.

K_l : factor de turbulencia, que se tomará igual a 1.0.

Operando:

$$c_e(6.2) = 1.49$$

Una vez que se ha calculado el coeficiente de exposición en función de la altura, se está en disposición de calcular el empuje del viento para los cordones y las diagonales.

- Cordones (b=0.26):

$$F_w = \left(\frac{1}{2} * \rho * v_b^2(T) \right) * c_e(z) * c_f * 0.26 = 0.42 \frac{KN}{m}$$

- Diagonales (b=0.16):

$$F_w = \left(\frac{1}{2} * \rho * v_b^2(T) \right) * c_e(z) * c_f * 0.16 = 0.26 \frac{KN}{m}$$

Además de considerarse el empuje horizontal, calculado anteriormente para cada uno de los elementos, ha de calcularse también el empuje vertical del viento que ejerce sobre el tablero, tanto de succión como de presión como de succión. Dicha consideración queda recogida en el apartado 4.2.5.1.2 de la IAP-11.

$$F_{w,z} = \left(\frac{1}{2} * \rho * v_b^2(T) \right) * c_e(z) * c_f * A_{ref}$$

Donde:

$F_{w,z}$: empuje vertical del viento (N)

$\frac{1}{2} * \rho * v_b^2(T)$: presión de la velocidad básica del viento (N/m²). Operando se tiene 5184 N/m²

$c_{f,z}$: coeficiente de fuerza en la dirección vertical Z, que se tomará +/- 0.9.

$A_{ref,z}$: área en planta del tablero. Con el objetivo de que la fuerza quede calculada por unidad de longitud, en vez de una fuerza puntual, se sustituye $A_{ref,z}$ por el ancho del tablero ($b=2$)

$c_e(z)$: coeficiente de exposición definido anteriormente de valor 1.49.

$$F_{w,z} (presión) = 1.39 \frac{KN}{m}$$

$$F_{w,z} (succión) = -1.39 \frac{KN}{m}$$

- Acción térmica.

Según los tipos de taleros estipulados en la IAP-11, no está incluido el tablero de madera. Como resultado, no se considera el efecto de la temperatura aplicada sobre la estructura.

- Nieve.

El procedimiento para la determinación de la carga producida por la nieve es el ofrecido por el apartado 4.4.2 de la IAP-11.

$$q_k = 0.8 * s_k$$

Siendo:

q_k : sobrecarga de nieve en tableros

s_k (kN/m^2) : valor característico de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal. Tabla 4.4.-a, para una altitud de 800 metros dentro de la zona 5 el valor es de 0.7 kN/m^2 .

Las condiciones para emplear dicha expresión son las siguientes:

- No tener datos específicos suficientes de la zona en que se ubicará la pasarela.
- Situarse a una cota inferior a los 2000m.

$$q_k = 0.8 * 0.7 = 0.56 \frac{KN}{m^2}$$

Multiplicando por el ancho del tablero, para convertir la carga por metro lineal, se obtiene:

$$q_k = 0.56 * 2 = 1.12 \frac{KN}{m}$$

5.1.3. Acciones accidentales (A)

Dentro de las acciones accidentales quedan recogidas las siguientes acciones:

- Impacto por vehículos ferroviarios. (Apartado 5.1.3. IAP-11)
Debido a que la pasarela propuesta no cruza una línea de ferrocarril, no se puede dar el supuesto de que un tren colisione con la estructura. Dicha acción accidental no será tomada en cuenta.
- Impacto de embarcaciones. (Apartado 5.1.4. IAP-11)
Por otro lado, en cuanto al impacto de embarcaciones, dicha pasarela no cruza un curso de agua navegable, salvo por kayaks.

Como resultado, tampoco se tendrá en cuenta dicha acción accidental.

- Acción sísmica (NCSP-07). Debido a que la obra no es de gran relevancia y las acciones dinámicas quedan excluidas del alcance del presente Trabajo Final de Grado, las acciones sísmicas no serán calculadas.

5.2. Criterios de comprobación

Con el objetivo de realizar un adecuado análisis de las acciones que van a estar sometidas en la estructura, se lleva a cabo de acuerdo con la teoría de los estados límites. Primeramente, se definirán las distintas situaciones a las que la pasarla ha de estar debidamente calculada. Posteriormente, se definirán los estados límite últimos y de servicio.

5.2.1. Situaciones de proyecto

Dependiendo de las diferentes situaciones de construcción y uso, las cargas varían. Dichas situaciones son, según la IAP-11:

- Situaciones persistentes: se corresponden con aquellas situaciones en las que las condiciones son normales durante su vida útil.

- Situaciones transitorias: se producen cuando las condiciones de uso o estado de la estructura son temporales como, por ejemplo, durante su construcción o reparación. A falta de estudios más detallados se podrá aceptar como tal un año.
- Situaciones accidentales: son aquellas situaciones que se corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura. Tal y como se ha justificado anteriormente, en el presente trabajo no se tienen en cuenta las acciones accidentales.
- Situaciones sísmicas: se corresponden a condiciones excepcionales aplicadas a la estructura durante un evento sísmico. Al igual que con las situaciones accidentales, las sísmicas tampoco se tienen en cuenta.

5.2.2. Estados límite

Según la IAP-11, se definen como estados límite “aquellas condiciones para las que puede considerarse que, de ser superadas, la estructura no cumple alguno de los requisitos de proyecto”.

- Estados límite últimos (ELU). Son los que se producen el agotamiento o colapso de la estructura o de una parte de ella cuando dichos estados son sobrepasados.
- Estados límite de servicio (ELS). Son aquellos que, si son superados, dejarán de cumplirse las funciones para las que fue proyectada la estructura. Se corresponden con la funcionalidad, durabilidad, o de aspecto, sin ello suponer el colapso de la misma.

5.2.1. Coeficientes de seguridad

El objetivo de los coeficientes de seguridad es minorar la resistencia de los materiales y aumentar las acciones consideradas. Como resultado, se aumenta la seguridad de la estructura.

Los coeficientes de seguridad para la comprobación de ELU de rotura son:

Acción		Efecto	
		Favorable	Desfavorable
Permanente (G)	Peso propio	1	1.35
	Carga muerta	1	1.35
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1.35
	Acciones climáticas	0	1.5

Tabla 3. Coeficientes de seguridad para ELU de rotura. Fuente: IAP-11.

Los coeficientes de seguridad de acciones para la comprobación de ELS:

Acción		Efecto	
		Favorable	Desfavorable
Permanente (G)	Peso propio	1	1
	Carga muerta	1	1
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1
	Acciones climáticas	0	1

Tabla 4 Coeficientes de seguridad para ELS. Fuente: IAP-11.

5.2.2. Coeficientes de simultaneidad

Acciones	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga de uso	0.4	0.4	0
Viento	0.3	0.2	0
Nieve	0.8	0	0

Tabla 5. Coeficientes de simultaneidad. Fuente: Coeficientes de seguridad para ELU de rotura. Fuente: IAP-11.

La explicación de cada uno de los coeficientes es la siguiente según la IAP-11:

- Q_k (valor característico) : “valor de la acción cuando actúa aisladamente”
- Ψ_0 (valor de combinación) : “valor de la acción cuando actúa en compañía de alguna otra acción variable”
- Ψ_1 (valor frecuente) : “valor de la acción que es sobrepasado durante un periodo de corta duración respecto a la vida útil de la estructura”
- Ψ_2 (valor casi permanente) : “valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil de la pasarela”

5.2.3. Combinación de acciones

Combinaciones para comprobaciones en E.L.U

La expresión para calcular dicha combinación está recogida en el artículo 6.3.1.1 de la IAP-11.

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

Donde:

$G_{k,j}$: valor característico de cada acción permanente

$G_{k,m}$: valor característico de cada acción permanente de valor no constante

$Q_{k,1}$: valor característico de la acción variable dominante

$\Psi_{0,i} * Q_{k,i}$: valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante

γ_G, γ_Q : coeficientes parciales de seguridad

Las prescripciones que han de tenerse en cuenta para combinar las diferentes acciones variables, recogidas en la IAP-11, son las siguientes:

- “La sobrecarga de uso estará representada, para su combinación con el resto de las acciones mediante los grupos de cargas definidos anteriormente, que son excluyentes entre sí.”

- “Cuando se considere el viento transversal sobre el tablero, se considerará la actuación simultánea de la componente vertical del viento y el momento de vuelco correspondiente.”
- “Cuando se considere el viento longitudinal sobre el tablero, no se considerará la actuación simultánea del viento transversal, ni el empuje vertical, ni el momento de vuelco correspondiente.”
- “Cuando se considere la acción del viento como predominante, no se tendrá en cuenta la actuación de la sobrecarga de uso.”
- “Cuando se considere la sobrecarga de uso como predominante, se considerará el viento concomitante correspondiente.”

Las combinaciones que han sido consideradas para la comprobación de los estados límite han sido las siguientes:

Combinaciones	Acciones				
	PP	CM	SCU	V	N
ELU 1	SÍ	SÍ	NO	NO	NO
ELU 2	SÍ	SÍ	Principal	Concomitante	NO
ELU 3	SÍ	SÍ	NO	Principal	Concomitante
ELU 4	SÍ	SÍ	NO	Principal	NO

Tabla 6. Combinaciones tenidas en cuenta en ELU. Fuente: propia

Combinaciones para comprobaciones en E.L.S

Se muestra la combinación frecuente, utilizándose en general para la verificación de ELS reversibles.

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

$G_{k,j}$: valor característico de cada acción permanente

$G_{k,m}$: valor característico de cada acción permanente de valor no constante

$Q_{k,1}$: valor característico de la acción variable dominante

$\Psi_{1,1} * Q_{k,i}$: valor frecuente de la principal acción variable concomitante con las acciones variables

$\Psi_{2,1} * Q_{k,i}$: valor casi-permanente del resto de las acciones variables concomitantes

γ_G, γ_Q : coeficientes parciales de seguridad

Combinaciones	Acciones				
	PP	CM	SCU	V	N
ELS 1	SÍ	SÍ	NO	NO	NO
ELS 2	SÍ	SÍ	SÍ	NO	NO
ELS 3	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Deformaciones	NO	NO	SÍ	Principal	NO

Tabla 7. Combinaciones tenidas en cuenta en ELS. Fuente: propia

7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

En el presente apartado se procede a explicar las consideraciones tenidas en cuenta para la realización correcta del cálculo de la pasarela peatonal.

7.2. Método de calculo

Con referencia al apartado 5.3. del “Código Técnico de la edificación. CTE. Documento Básico SE-M Seguridad estructural. Madera”, se especifican los siguientes modelos para las estructuras trianguladas:

- Comportamiento de las barras: “análisis en primer order, considerando que la madera es un material homogéneo e isótropo tomando como parámetro básico del material el módulo de deformación, E, longitudinal (según la dirección de la fibra). La verificación de la estabilidad se realiza a través del método de la longitud de pandeo equivalente.”
- Uniones en la estructura de la celosía, entre las diagonales y los cordones: dichas uniones se considerarán articuladas, con el objetivo de no transmitir el momento de las diagonales a los cordones.

7.3. Modelo del análisis

El procedimiento llevado a cabo para la realización del cálculo de la estructura ha sido mediante la introducción de la geometría de la pasarela en el programa CYPE-3D. Los elementos estructurales analizados han sido los cordones inferior y superior, las diagonales conectadas mediante nudos articulados a los cordones y, por último, elementos transversales para conectar los cordones inferiores y superiores (travesaños) y para dotar a la estructura de mayor rigidez frente a los desplazamientos horizontales y verticales.

La estructura se compone de 3 vanos de 28 metros cada uno, introducida como una viga continua de 84 metros.

Por otro lado, tras el análisis de la estructura, se observó que los desplazamientos horizontales y verticales por la envolvente de todas las fuerzas actuantes originaban unos desplazamientos que podían ser reducidos, con el fin de evitar una sensación de inseguridad a los usuarios en condiciones climáticas adversas. Dichos desplazamientos eran los siguientes.

	Vano izquierdo	Vano central	Vano derecho
fyx (mm)	29.3	28.1	30.9
fxz (mm)	19.5	9.8	19.9

Tabla 8. Valores máximos de los desplazamientos horizontales y verticales. Fuente: propia

Con el objetivo de mejorar el comportamiento de la estructura y reducir consecuentemente dichos desplazamientos, se ha optado por el refuerzo de la pasarela en los tramos cercanos de los apoyos y estribos buscando

cierta simetría entre ellos para mejorar la estética de la propuesta mediante cruces de San Andrés (articuladas en sus extremos) con cordones de acero galvanizado.

Por un lado, se han reforzado los dos tramos anexos a los estribos, tanto en el cordón inferior como en el superior. Por otro lado, se han añadido también cruces de San Andrés junto a los apoyos intermedios. Dichas disposiciones quedan reflejadas en las siguientes imágenes.

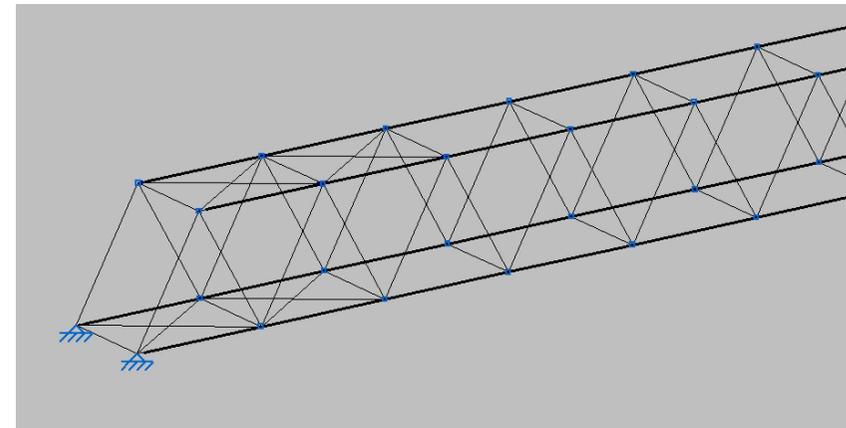


Figura 5. Cruces de San Andrés en los dos tramos siguientes al estribo (en cordones superior e inferior). Fuente: Propia (CYPE-3D)

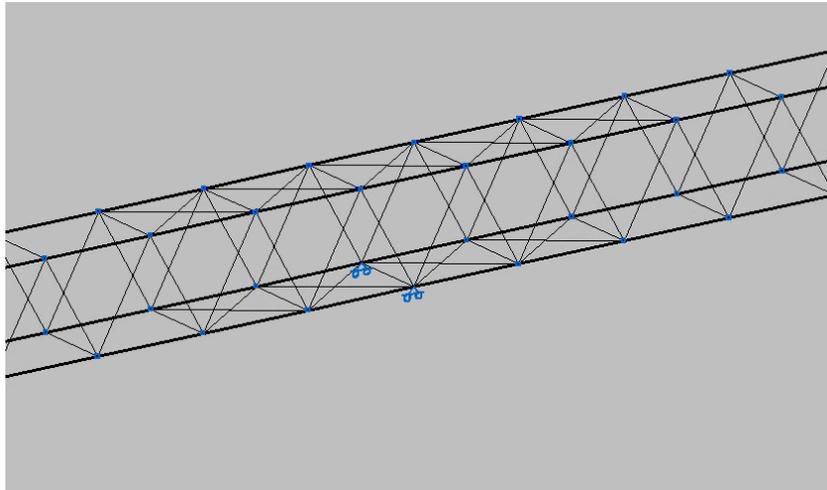
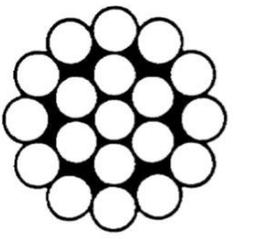


Figura 6. Cruces de San Andrés a cada lado del apoyo intermedio (en cordones superior e inferior). Fuente: Propia (CYPE-3D)

Dichos elementos estarán sometidos principalmente a esfuerzo axial, siendo su máximo valor de 12KN, determinado en CYPE-3D. A continuación, se muestra una imagen de un perfil de un cordón de acero galvanizado tipo 1x19+0 de distintos diámetros de la empresa *Cables y Controles S.L.* En el caso presente, el diámetro necesario para la sollicitación obtenida ha de ser de 4mm.

CORDON 1X19+0 GALVANIZADO

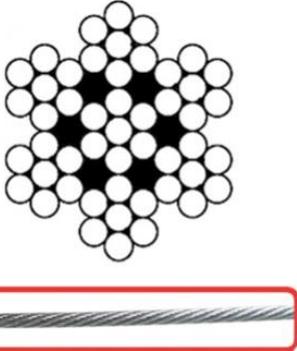


Diámetro nominal [mm]	Tolerancia [%]	Peso aprox. [kg/m]	Carga de rotura calculada [kg]	Carga de rotura mínima [kg]
1	+5/-0%	0,00495	95,5	84
1,5	+5/-0%	0,0111	215	189
2	+4/-0%	0,0198	382	336
2,5	+4/-0%	0,031	597	525
3	+4/-0%	0,0446	860	756
3,5	+4/-0%	0,0607	1.170	1.030
4	+4/-0%	0,0793	1.530	1.340
5	+4/-0%	0,124	2.390	2.100

Figura 7. Cordones de acero galvanizado 1x19+0 de la empresa Cables y Controles S.L. Fuente: <https://www.cablesycontroles.com/catalogo-de-productos/cables/tipos-de-cables/eslingas-cables-y-corones/>

En referencia a la unión entre los 3 vanos, se ha optado por la conexión de estos mediante cables de acero galvanizado. Dichos elementos trabajarán exclusivamente a tracción, siendo su sollicitación ligeramente mayor que en las cruces de San Andrés comentadas anteriormente. Dicha sollicitación se corresponde con un axial máximo de 33 KN. La sección de cordón de acero galvanizado que es capaz de soportar dicha sollicitación ha de ser de 8mm del tipo 7x7+0, especificada en la siguiente figura.

CABLE ACERO 7X7+0 GALVANIZADO



Diámetro nominal [mm]	Tolerancia [%]	Peso aprox. [kg/m]	Carga de rotura calculada [kg]	Carga de rotura mínima [kg]
1,2	+8/-0%	0,00566	111	93
1,5	+8/-0%	0,00885	173	145
2	+8/-0%	0,0157	308	258
3	+8/-0%	0,0354	694	581
3,5	+7/-0%	0,0482	944	791
4	+7/-0%	0,0629	1.230	1.030
5	+7/-0%	0,0983	1.930	1.610
6	+6/-0%	0,142	2.770	2.320
8	+5/-0%	0,252	4.930	4.130

Figura 8. Cordones de acero galvanizado 7x7+0 de la empresa Cables y Controles S.L. Fuente: <https://www.cablesycontroles.com/catalogo-de-productos/cables/tipos-de-cables/eslingas-cables-y-corones/>

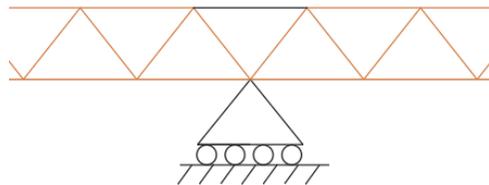


Figura 9. Croquis esquemático de la posición de los cables de acero para la conexión de cada vano. Fuente: propia (AutoCAD)

Finalmente, tras el análisis de la estructura se ha podido observar que las diagonales de 0.16x0.16m anexas a los apoyos y estribos el índice de aprovechamiento de la resistencia es ligeramente superior al 100%. Es por

ello por lo que se ha decidido sobredimensionarlas a secciones de 0.18x0.18m para estar más del lado de la seguridad, además de ser los tramos más críticos de la superestructura.

Tras realizar dichos refuerzos en la pasarela se han analizado diferentes combinaciones de secciones de cada uno de los elementos, comparando el comportamiento de la estructura para cada una de las opciones. Los principales criterios tenidos en cuenta han sido la limitación de los desplazamientos horizontales y verticales de la estructura a 25mm máximo al mismo tiempo de buscar secciones que no estén muy desaprovechadas en cuanto al índice de aprovechamiento de la resistencia.

	Secciones		
	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Cordones (m)	0.24x0.24	0.26x0.26	0.26x0.26
Diagonales (m)	0.16x0.16 y 0.18x0.18	0.16x0.16 y 0.18x0.18	0.18x0.18
Travesaños (m)	0.22x0.22	0.22x0.22	0.20x0.20

Tabla 10. Secciones para cada una de las opciones analizadas. Fuente: propia

		Flecha xy		Flecha xz	
		Cordón superior	Cordón inferior	Cordón superior	Cordón inferior
Opción 1	Vano izquierdo	8.6	14.4	19.2	23.2
	Vano central	8.5	14.9	4.7	8
	Vano derecho	11.2	17.6	19.6	23.7
Opción 2	Vano izquierdo	7.1	12.8	17.6	21.2
	Vano central	7.2	13.3	5.2	9.2
	Vano derecho	9.5	15.6	17.9	21.2
Opción 3	Vano izquierdo	8.8	14.3	16.5	20
	Vano central	8.7	14.9	3.9	8
	Vano derecho	11.1	17.1	16.8	22

Tabla 11. Valores de la flecha horizontal (f_{xy}) y de la flecha vertical (f_{xz}) para cada opción. Mínimos valores de cada vano sombreados. Fuente: propia (Excel)

En la tabla anterior se puede comprobar las diferencias de la flecha horizontal (f_{xy}) de la **Opción 2** con respecto a las otras opciones. Es por ello por lo que se ha decidido escoger dicha opción, obteniendo valores reducidos del desplazamiento horizontal. Por otro lado, se puede observar que la flecha vertical de la Opción 2 es ligeramente superior que la Opción 3. Sin embargo, no es una diferencia suficiente para terminar por escoger dicha Opción 3, además de que se quiere evitar, en la medida de lo posible, variar las secciones obtenidas en el predimensionamiento tenidas en cuenta para el cálculo del viento.

Se puede observar que la flecha vertical máxima de 25mm no supera los 14cm resultado de la expresión indicada en la IAP-11. Es por ello por lo que no se ha visto necesario aplicar una contraflecha a la estructura, facilitando a su vez la fabricación de dicha pasarela.

$$L/1200 = 28/1200 = 14\text{cm}$$

Con respecto a los índices de aprovechamiento de la Opción 2, las diagonales anexas a los apoyos son las que más solicitadas están, por lo que tienen un índice de aprovechamiento superior al 90%. En referencia a las diagonales en los tramos centrales, las solicitaciones son menores por lo que no serían necesario diagonales de 0.18x0.18m, notándose que el aprovechamiento sería muy pequeño. Con el fin de aprovechar mejor las secciones y comprobando que las diferencias de las flechas no son considerables, se decide adoptar las diagonales de los tramos intermedios de 0.16x0.16m (Opción 2).

A continuación se muestra el nivel de aprovechamiento de la estructura representada en una escala de colores.

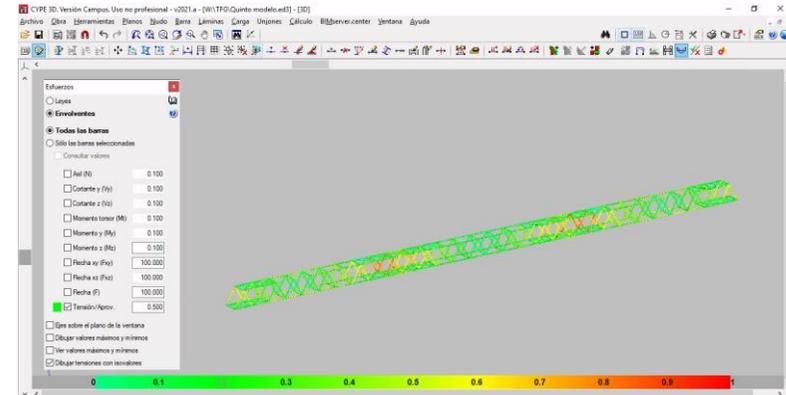


Figura 10. Índice de aprovechamiento de resistencia y de flecha de la pasarela. Fuente: Propia (CYPE-3D)

Seguidamente, se adjunta la representación de los desplazamientos de la pasarela debido a la envolvente de las acciones sobre la misma.

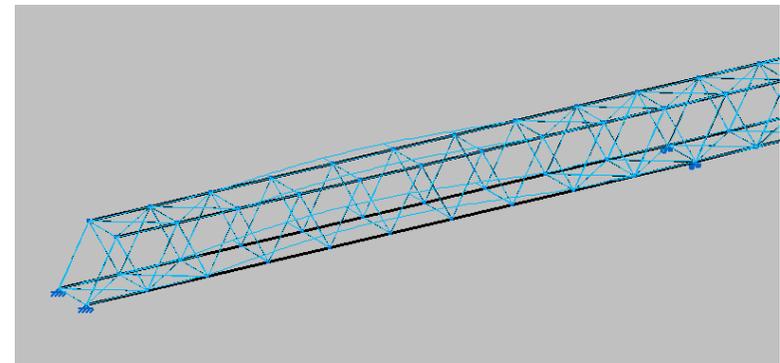


Figura 11. Desplazamiento horizontal del vano izquierdo de la pasarela. Fuente: Propia (CYPE-3D)

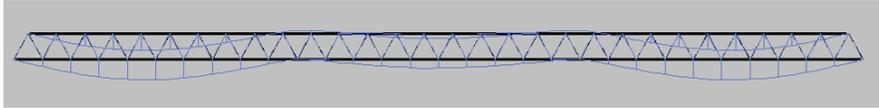


Figura 12. Desplazamiento vertical de cada vano de la pasarela. Fuente: Propia (CYPE-3D)

Finalmente, tras comprobar que cada elemento estructural cumple y se comporta adecuadamente en el modelo, cabe resaltar que dentro de todas las comprobaciones que realiza el programa, también se analizan las verificaciones de la compresión y tracción paralela a la fibras de la madera según los artículos 6.1.2 y 6.1.4 del CTE. Documento Básico SE-M Seguridad Estructural Madera, siendo las más restrictivas debido a las solicitaciones actuantes.

A continuación, se muestran una serie de capturas de pantalla de las elecciones de los materiales y de las secciones.

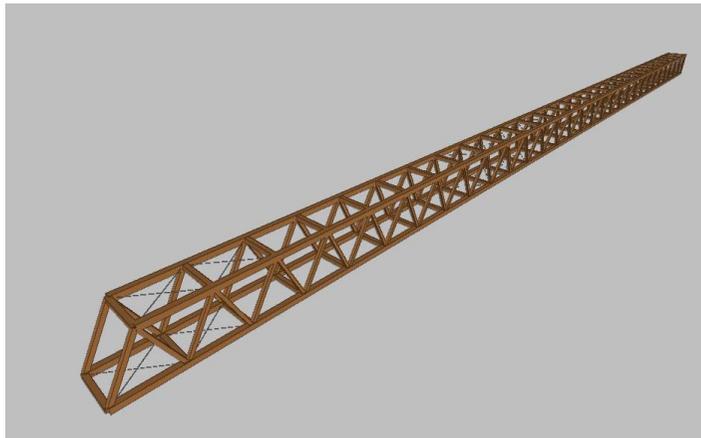


Figura 13. Vista general del modelado 3D de la pasarela de madera. Fuente: CYPE-3D, propia

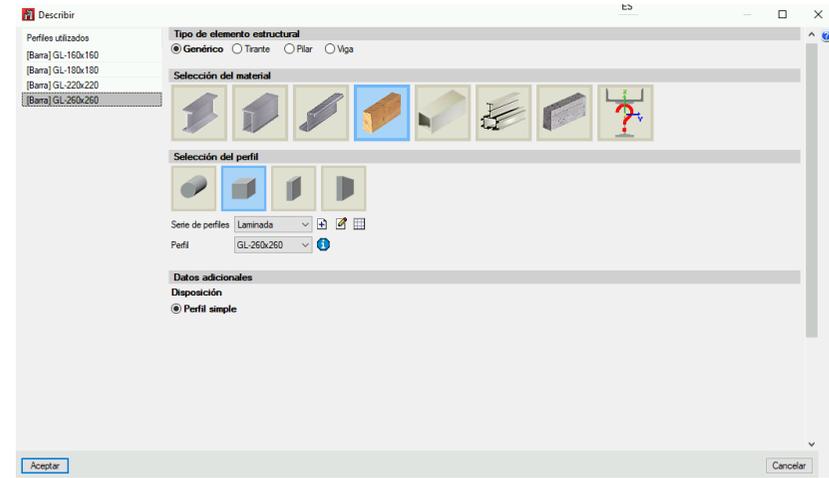


Figura 14. Selección de las secciones para los cordones. Fuente: CYPE-3D, propia

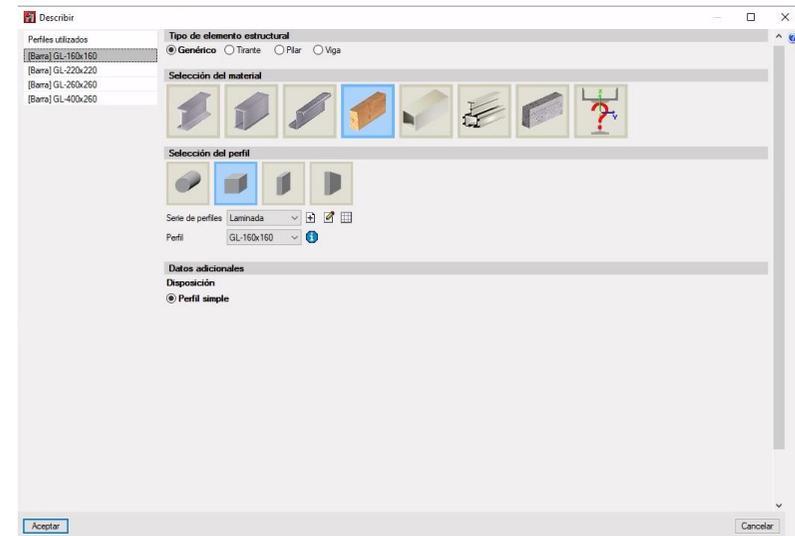


Figura 15. Selección de las secciones para las diagonales. Fuente: CYPE-3D, propia

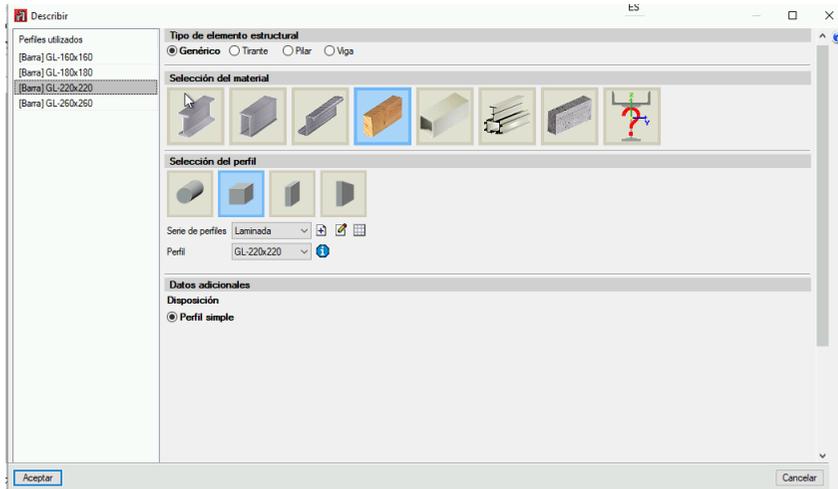


Figura 16. Selección de las secciones para los travesaños. Fuente: CYPE-3D, propia

8. DIMENSIONAMIENTO DE LA PILA

Una vez terminado el análisis de la superestructura en Cype 3D, se está en disposición de realizar el cálculo del armado de las pilas según el Eurocódigo 2: Estructuras de hormigón. Para ello, ha sido necesario obtener los esfuerzos máximos que actúan sobre ellas a través de Cype 3D, considerando los más desfavorables de entre los apoyos de los estribos y los centrales.

N (KN)	V (KN)	M (KN.m)
455	190	360

Tabla 12. Valores de las solicitaciones máximas sobre las pilas. Fuente: propia (Excel)

Teniéndose en cuenta que se quiere ejecutar una pila pilote, la sección de la pila tiene que ser lo suficiente grande para no aumentar excesivamente la profundidad de los mismos.

La elección final de la pila es de sección circular, mostrándose sus características geométricas en la siguiente imagen, donde el diámetro es de 60cm.

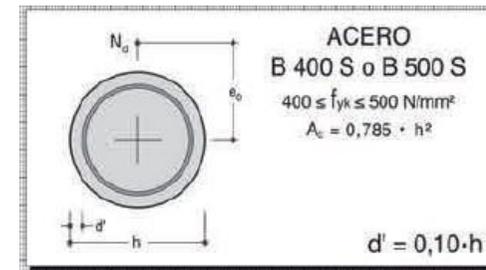


Figura 17. Geometría de la sección anular de la pila. Fuente: http://www.cinter.es/montoya_w_abacos_diagramas_escalas.pdf

El resto de los datos iniciales que se han considerado son la resistencia característica del hormigón de 40MPa y la del acero de 500MPa.

8.1. Armadura longitudinal.

- Situación persistente o transitoria

$$\gamma_c = 1.5; f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1.5} = 26.67 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1.15; f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa}$$

- Ecuación constitutiva del hormigón

$$f_{ck} < 50 \text{ MPa}; \lambda_1 = 0.8; n = 1; \epsilon_{cu,f} = 0.0035; \epsilon_{cu,c} = 0.00175;$$

$$d' = 0.06\text{m}; d = 0.6 - 0.06 = 0.54\text{m}$$

Debido a que se trata de una sección circular, se ha optado por realizar el cálculo de la armadura mediante los ábacos y diagramas de interacción adimensionales del libro de *Hormigón Armado de Jiménez Montoya*. El procedimiento se muestra a continuación.

- Capacidad mecánica del hormigón

$$U_c = f_{cd} * b * d = 26.67 * 10^3 * 0.6 * 0.54 = 8641.08\text{KN}$$

- Esfuerzos reducidos

$$\nu = \frac{N}{A_c * f_{cd}} = \frac{455}{0.785 * 0.6^2 * 26.67 * 10^3} = 0.060$$

$$\mu = \frac{M}{A_c * h * f_{cd}} = \frac{360}{0.785 * 0.6^2 * 0.6 * 26.67 * 10^3} = 0.080$$

Una vez que se han obtenido los esfuerzos reducidos, se obtiene el valor de "w" en el diagrama correspondiente.

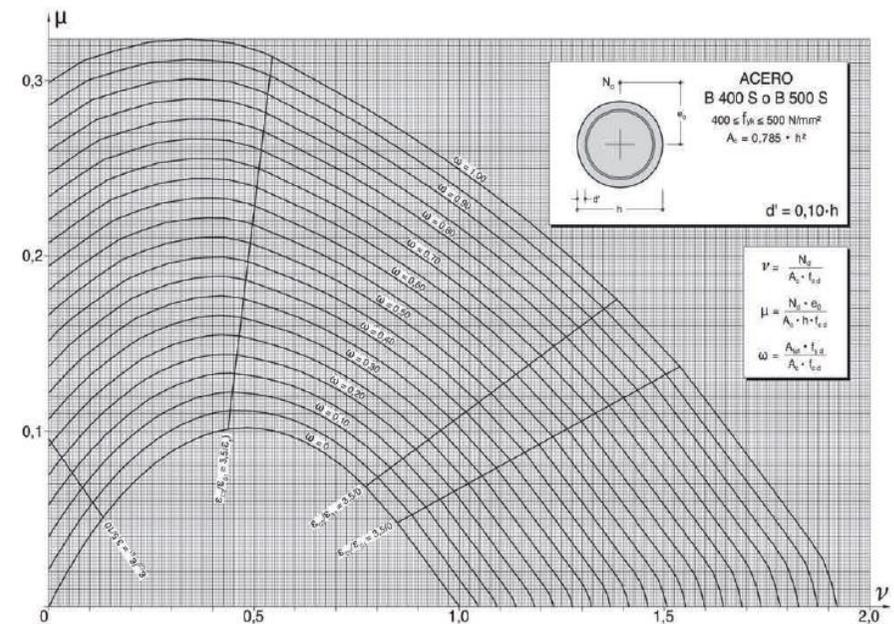


Figura 18. Diagramas de Interacción Adimensionales para la obtención de la cuantía de armadura para secciones anulares.

Fuente: http://www.cinter.es/montoya_w_abacos_diagramas_escalas.pdf

Entrando en el diagrama con ν y μ , el valor de w resulta ser 0.17.

$$w = \frac{A_{tot} * f_{yd}}{A_c * f_{cd}}; A_{tot} = 2.95 * 10^{-3} \text{m}^2$$

Como resultado, el número de barras mínimas necesarias de un diámetro (θ) de 16 mm es de 14 barras, obtenido en la siguiente ecuación.

$$A_{tot} = n^{\circ} * \frac{\pi * \theta^2}{4}; n^{\circ} \text{barras} = 14.65; \mathbf{15\Phi 16}$$

8.2. Armadura de cortante

- Según el Eurocódigo 2 y el artículo 6.2, no se necesitará realizar la comprobación si $V_{ed} \leq V_{rd, \text{cmín}}$, siendo $V_{ed}=190\text{KN}$

$$V_{rd, \text{mín}} = \left(0.075 * \frac{k^{\frac{3}{2}}}{\gamma_c} * f_{ck}^{\frac{1}{2}} + 0.15 * \sigma_{cp} \right) * b_w * d$$

$$k_c = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{540}} = 1.608$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c} = \frac{445}{0.785 * 0.6^2} = 1574.66 < 0.2 * f_{cd} = 4000$$

$$V_{rd, \text{mín}} = \left(0.075 * \frac{1.608^{\frac{3}{2}}}{1.5} * (40 * 10^3)^{\frac{1}{2}} + 0.15 * 1574.66 \right) * 0.6 * 0.54 = 83.14; V_{ed} > V_{rd, \text{mín}} - \text{Se tiene que hacer la comprobación}$$

- Se requiere armadura de cortante si $V_{ed} < V_{rd}$

$$V_{rd} = (v + 0.15 * \sigma_{cp}) * b_w * d \geq V_{rd, \text{mín}}$$

$$v = \frac{0.18}{\gamma_c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{\frac{1}{3}} * 10^3 = 486.23\text{KN}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{s \text{long} \text{tracc}}}{b_w * d} = \frac{(2.65 * 10^{-3})/2}{0.6 * 0.54} = 0.004$$

$$V_{rd} = 234.07\text{KN} > V_{ed} = 190\text{KN};$$

No se necesita armadura de cortante por cálculo

Sin embargo, para evitar fisuración y para mejorar la durabilidad del hormigón hay que disponer una cuantía mínima de armadura por normativa. Según el artículo 9.2.2.(5) del Eurocódigo 2, dicha cuantía es la siguiente:

$$A_{s \text{mín}} = \frac{f_{ctm} * b}{7.5 * f_{yk}} = \frac{2.9 * 0.6}{7.5 * 500} * 1000 = 4.64 * 10^{-4} \text{m}^2$$

Donde f_{ctm} es la resistencia media a tracción directa, calculada con la siguiente expresión. $f_{ctm} = 0.3 * f_{ck}^{2/3}$

9. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PILAS PILOTES

En el presente apartado se desarrolla el procedimiento llevado a cabo para la realización del cálculo de la profundidad mínima que han de tener dichas pilas pilotes, según el perfil estratigráfico del terreno obtenido en el *Anejo nº4 Informe Geotécnico*. Dicho pilote estaría conectado directamente a las armaduras de las pilas de la pasarela para asegurar su correcta conexión. El procedimiento llevado a cabo ha sido el que se ofrece en el "CTE SE-C Seguridad Estructural de Cimientos".

Se consideró emplear los pilotes prefabricados pretensados tipo Raymond debido a su alta competencia frente a los pilotes ejecutado in-situ. Sin embargo, una vez que se comprobaron las sollicitaciones a las que los pilotes de la pasarela estarían sometidos, se optó por descartar dicha

opción, debido a que los tipo Raymond se emplean en situaciones en las que las sollicitaciones son más elevadas, tal y como se puede observar en la siguiente imagen. Además, el coste es altamente superior a los pilotes ejecutados in-situ.

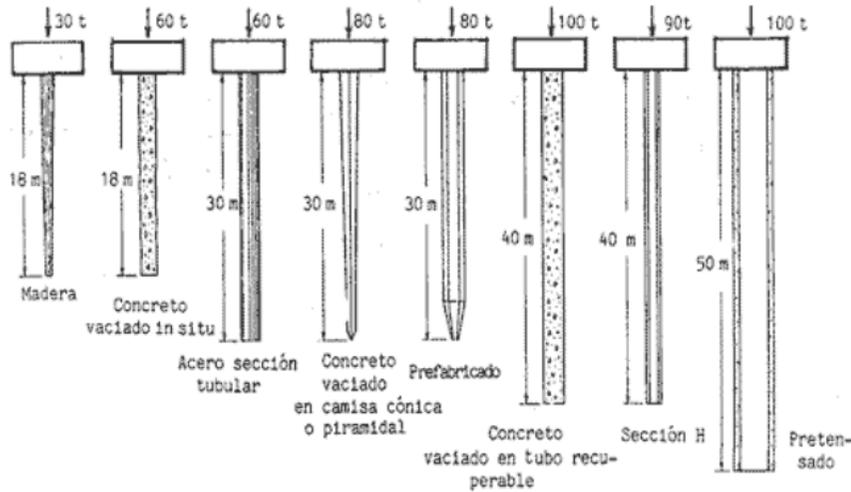


Figura 19. Diferentes tipos de pilotes según las cargas y profundidad.

Fuente: http://tecnicasenlaconstruccion.weebly.com/uploads/1/3/6/6/13669342/clase_1p_cimentaciones_profundas_19y21sep.pdf

9.1. Pilas pilotes localizadas en los estribos.

En primer lugar, se realiza una breve comprobación para verificar que un solo pilote sería necesario para resistir la sollicitación obtenida. El axil obtenido en la zona de los estribos es de 150KN.

$$Q_{\max} = 4000 * \pi * r^2 = 1131KN.$$

$$\text{Número de pilotes: } \frac{Ned}{Q_{\max}} = \frac{150}{1131} = 0.14 = 1 \text{ pilote}$$

Por tanto, la consideración de que un solo pilote será capaz de resistir dicha sollicitación es correcta

La hipótesis tenida en cuenta ha sido que dicha pila-pilote reposará su punta en el estrato de arcillas rojas, entre las cotas -3.1m y -8.2m. Se ha escogido dicha suposición debido a que los pilotes no deben tener menos de 7m de longitud, debido a su fabricación. En el caso de que la longitud que se obtenga como resultado se encuentre en los estratos anteriores, no se deberá reducir la longitud del pilote a más de 7 metros.

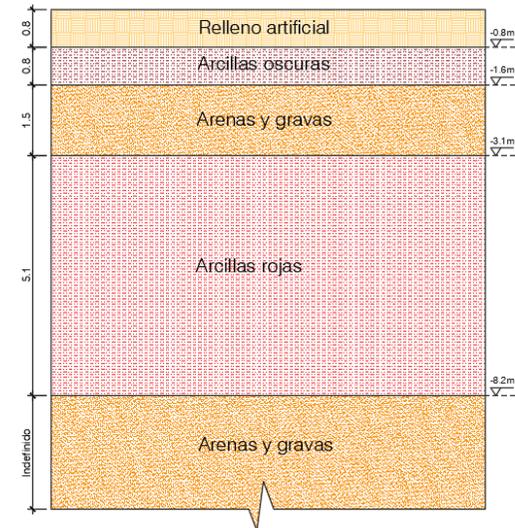


Figura 20. Perfil estratigráfico de la zona de los extremos. Fuente: propia

	Cohesión	Peso específico	Ángulo de rozamiento
Arcillas rojas	1.0kg/cm ²	2.1tn/m ²	25°
Arcillas oscuras	1.5kg/cm ²	2.2tn/m ²	35°
Arenas y gravas	0.2g/cm ²	2.2tn/m ²	28°

Tabla 13. Parámetros de los estratos del terreno. Fuente: propia

Resistencia por punta (Terreno cohesivo)

- Arcillas rojas

$$Qp = Ap * rp = 38.17t$$

$$- Ap = \pi * r^2 = \pi * 0.3^2 = 0.28m^2$$

$$- rp = Nc * Cu = 9 * 1.5 * 10 = 135t/m^2$$

Resistencia por fuste (Estrato heterogéneo)

Se desprecia la resistencia por fuste de los rellenos artificiales, por no tener suficiente información de estos.

- Arcillas oscuras (Terreno cohesivo)

$$Qf_1 = Af_1 * rf_1 = 6.4t$$

$$- Af_1 = 4 * l * z1 = 4 * 0.6 * 0.8 = 1.28m^2;$$

$$- rf_1 = \frac{100 * Cu}{100 + Cu} = \frac{100 * 1 * 100}{100 + 1 * 100} = 50KPa = 5tn/m^2$$

- Arenas y gravas (Terreno granular)

$$Qf_2 = Af_2 * rf_2 = 7.1t$$

$$- Af_2 = 4 * l * z2 = 4 * 0.6 * (L - 0.8) = 2.4L - 1.92m^2;$$

$$- rf_1 = f * \sigma'_v * kf * tg\theta$$

$$- rf_1 = 1 * \left(2.1 * 0.6 + 2.2 * \frac{(2.4L - 1.92)^2}{2} \right) * 0.75 * tg35;$$

- Arcillas rojas (Terreno cohesivo)

$$Qf_3 = Af_3 * rf_3 = (2.4L - 5.52) * 6$$

$$- Af_3 = 4 * l * (L - z1 - z2) = 4 * 0.6 * (L - 0.8 - 1.5) = 2.4L - 5.52$$

$$- rf_3 = \frac{100 * Cu}{100 + Cu} = \frac{100 * 1.5 * 100}{100 + 1.5 * 100} = 60KPa = 6tn/m^2$$

Por tanto, la resistencia por fuste viene dada por la siguiente expresión: $Qf = Qf_1 + Qf_2 + Qf_3 = 6.4 + 7.1 + 6 * (2.4L - 5.52)$

Resolviendo la siguiente ecuación se obtiene la profundidad mínima a la que tienen que estar las pilas-pilotes en los estribos.

$$Ned = \frac{Qp}{3 \text{ o } 4} + \frac{Qf}{1.5 \text{ o } 2}; 15 = \frac{38.17}{4} + \frac{13.5 + 6 * (2.4L - 5.52)}{2}$$

$L = 2.1m$, siendo la hipótesis incorrecta.
Sin embargo, constructivamente, la longitud de los pilotes ha de ser de 7m, como mínimo. Por tanto, la longitud final es de $L = 7.0m$

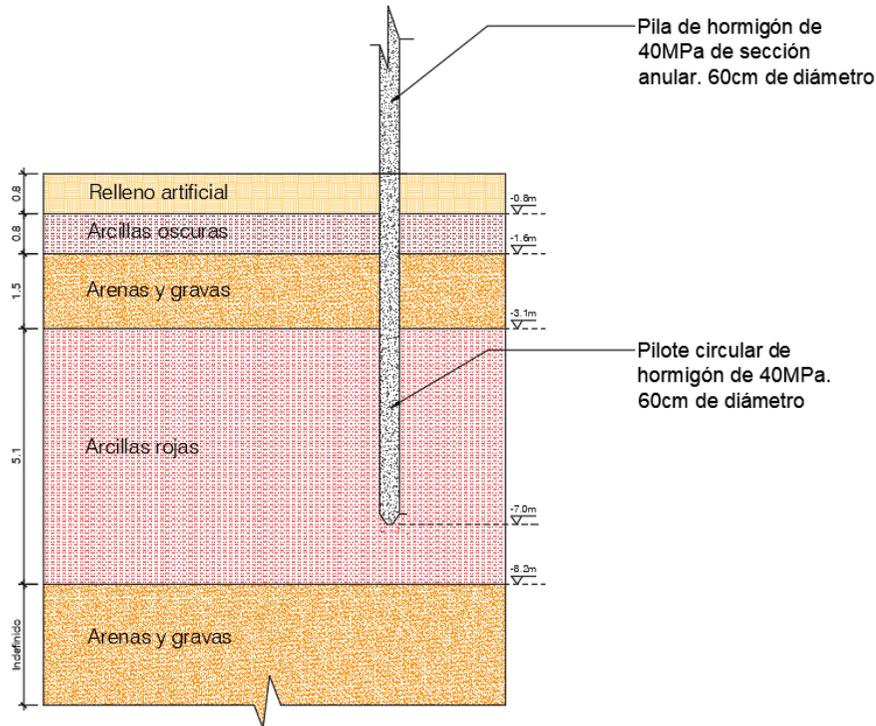


Figura 21. Perfil estratigráfico en la zona del dique con el pilote. Fuente: propia, AutoCAD.

9.2. Pilas-pilotes localizadas en zona del dique existente.

En segundo lugar, la estratificación localizada en esta zona difiere en gran medida con respecto a la anterior. La hipótesis que se ha realizado en este caso es que la punta de dichas pilas pilotes recaerán en las arcillas oscuras. Al igual que en el caso anterior, se desprecia la resistencia por fuste de los rellenos artificiales, por no tener suficiente información de estos. El axil obtenido en la zona del dique existente es de 455KN.

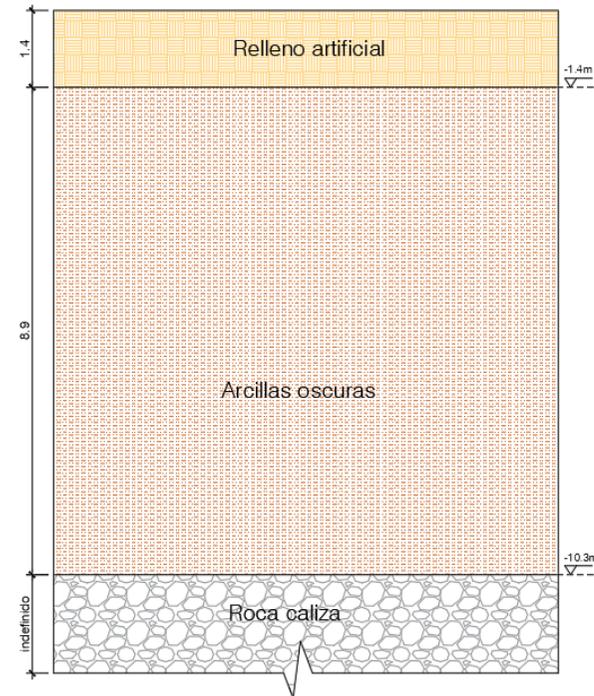


Figura 22. Perfil estratigráfico de la zona de los extremos. Fuente: propia

Resistencia por punta (Terreno cohesivo)

- Arcillas oscuras

$$Q_p = A_p * r_p = 25.2t$$

$$- A_p = \pi * r^2 = \pi * 0.3^2 = 0.28m^2$$

$$- r_p = N_c * C_u = 9 * 1.0 * 10 = 90t/m^2$$

Resistencia por fuste (Estrato heterogéneo)

- Arcillas oscuras (Terreno cohesivo)

$$Q_{f_1} = A_{f_1} * r_{f_1} = 2.4 * (L - 1.4) * 5$$

$$- A_{f_1} = 4 * l * z_1 = 4 * 0.6 * (L - 1.4)$$

$$- r_{f_1} = \frac{100 * C_u}{100 + C_u} = \frac{100 * 1 * 100}{100 + 1 * 100} = 50KPa = 5tn/m^2$$

Análogamente que en el caso anterior, resolviendo la siguiente ecuación se obtiene la profundidad mínima a la que tienen que estar las pilas-pilotes en la zona del dique.

$$N_{ed} = \frac{Q_p}{3 \text{ o } 4} + \frac{Q_f}{1.5 \text{ o } 2}; 45.5 = \frac{25.2}{4} + \frac{12 * (L - 1.4)}{2} = 7.94m$$

L=8.0m. La hipótesis realizada es correcta porque dicha profundidad se encuentra en el estrato asumido donde reposaría la punta.

Finalmente, se procede a calcular el armado mínimo que tiene que colocarse en el pilote, debiendo haber un adecuado empalme entre las armaduras de la pila y las del pilote. Dicha armadura mínima, según el Artículo 9.8.5 (3), se calcula con la siguiente expresión:

$$A_{s,bp \text{ min}} = 0.1 * \frac{A_c * f_{cd}}{f_{yd}} = 0.1 * \frac{\pi * 0.3^2 * 26.67}{434.8} = 1.74 * 10^{-3}m^2$$

Finalmente, con el objetivo de facilitar la conexión entre las pilas y los pilotes se dispondrá del mismo número de redondos en los pilotes que en las pilas.

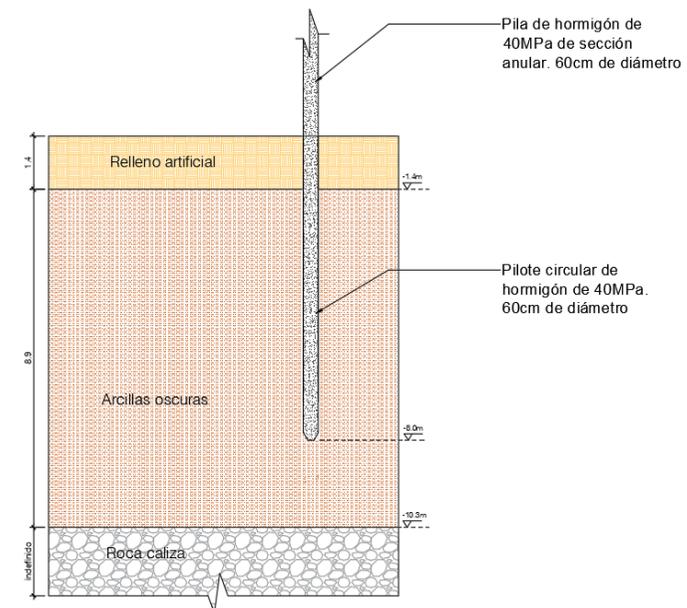


Figura 23. Perfil estratigráfico en la zona del dique con el pilote. Fuente: propia, AutoCAD.

10. DISEÑO DE LOS APOYOS ELASTÓMEROS

Con el fin de permitir la correcta transmisión de cargas en la zona del apoyo entre las vigas de madera y las pilas, se ha optado por elegir productos elastoméricos cuya colocación será en la zona superior de los pilares.

Dichos apoyos de neopreno están formados por capas de elastómero y planchas de acero. Dicha alternancia de materiales está químicamente fusionado a través de un proceso de vulcanización. Durante este proceso, el neopreno se adhiere a las planchas de acero de refuerzo obteniéndose una unidad resistente a compresión y corte.

En primer lugar, los valores de cálculo que han de conocerse son el axil máximo producido en cada apoyo, así como los máximos desplazamientos horizontales (Fxy) que sufrirán los vanos, y que tendrán que ser absorbidos por los apoyos, aunque estos hayan sido modelizados en Cype con restricción horizontal y vertical.

	Vano 1	Vano 2	Vano 3
Fxy (mm)	12.8	13.3	15.6

Tabla 14. Desplazamientos horizontales de cada uno de los vanos. Fuente: propia

Por tanto, los apoyos centrales tendrán que absorber los desplazamientos horizontales máximos del vano 2. Como resultado, los desplazamientos horizontales que deben absorber cada uno de los apoyos son los siguientes. Además, en la tabla que se muestra a continuación se indican los esfuerzos axiles máximos en cada apoyo.

	Apoyo 1	Apoyo 2	Apoyo 3	Apoyo 4
Fxy (mm)	12.8	26.1	28.9	15.6
N (KN)	150	455	455	150

Tabla 15. Desplazamientos horizontales que tienen que absorber cada pilar y su axil máximo. Fuente: propia

Atendiendo al catálogo de productos de la empresa Herflex Sistemas S.A:

Pilas exteriores

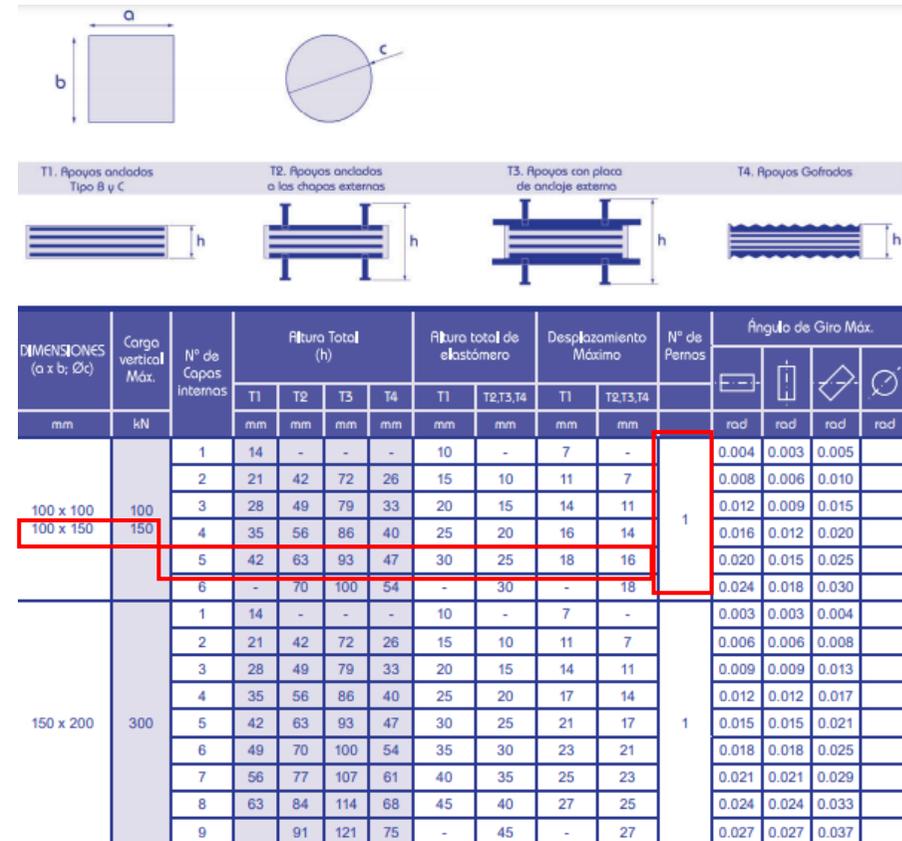


Figura 24. Catálogo de los apoyos de neopreno para las pilas exteriores. Fuente: http://herflex.es/Media/herflex/PDF/HERFLEX_CatalogoApoyos-2018.pdf

El producto seleccionado se compone de unas dimensiones de **100x150mm con 5 capas intermedias**, permitiendo hasta un desplazamiento máximo de 16mm. El número de pernos necesarios para anclarlo a la pila será uno.

Pilas intermedias

DIMENSIONES (a x b; Ø)	Carga vertical Máx. kN	Nº de Capas intermedias	Altura Total (h)				Altura total de elastómero		Desplazamiento Máximo		Nº de Pernos	Ángulo de Giro Máx.			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2,T3,T4	T1	T2,T3,T4					
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	rad	rad	rad
Ø200 200 x 250 200 x 300	390 630 750	1	19	-	-	-	13	-	9	-	1	0.003	0.003	0.004	0.004
		2	30	49	79	33	21	16	15	11		0.006	0.005	0.008	0.008
		3	41	60	90	44	29	24	20	17		0.009	0.008	0.012	0.012
		4	52	71	101	55	37	32	26	22		0.012	0.010	0.016	0.016
		5	63	82	112	66	45	40	30	28		0.015	0.013	0.020	0.020
		6	74	93	123	77	53	48	34	32		0.018	0.015	0.024	0.024
		7	85	104	134	88	61	56	36	35		0.021	0.018	0.028	0.028

Figura 25. Catálogo de los apoyos de neopreno para las pilas interiores. Fuente: http://herflex.es/Media/herflex/PDF/HERFLEX_CatalogoApoyos-2018.pdf

Los apoyos de neoprenos para las pilas intermedias constan de unas dimensiones **200x250mm con 6 capas intermedias**, permitiendo hasta un desplazamiento máximo de 34mm. Al igual que en el tipo de neopreno anterior, el número de pernos necesarios será de uno.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS - ANEJO nº 8. Ejecución de las Alternativas

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil

Índice

1.OBJETO	2
2. ALTERNATIVA 1. DIQUE TRANSITABLE Y PERMEABLE	2
3. ALTERNATIVA 2. PASARELA FLOTANTE	4
4. ALTERNATIVA 3. PASARELA TRADICIONAL	5

1.OBJETO

El presente anejo tiene como finalidad la descripción del procedimiento de construcción de cada una de las alternativas con el objetivo de determinar los plazos de ejecución de cada una, los cuales se han considerado como uno de los criterios para la elección de la alternativa. Por otro lado, cada una de las ejecuciones se han dividido en capítulos, utilizados posteriormente en el desglose de la valoración económica referente a cada alternativa.

2. ALTERNATIVA 1. DIQUE TRANSITABLE Y PERMEABLE

La ejecución de la presente alternativa se divide en los siguientes capítulos:

1. Trabajos Previos:

En relación con la ejecución del dique transitable y permeable mediante el empleo de marcos prefabricados de hormigón, se debe tener en cuenta el condicionante más limitante: realizar la ejecución en seco. Para ello, la cota de la lámina de agua ha de ser baja en el pantano o, de lo contrario, habría que desembalsar el caudal suficiente para que la zona de actuación donde se colocarían los marcos quedase en seco.

Si no estuviera permitido desembalsar tal cantidad de caudal, se podría optar por la ejecución de ataguías de tablestacas, tanto aguas arriba como aguas abajo de la actual pasarela, para que pudiera ser posible el bombeo

del agua que permaneciese entre ambos diques provisionales. Acto seguido, se procede con el desmontaje de la actual pasarela flotante, del acceso de madera en el extremo norte y de las cimentaciones de hormigón de los accesos.

2. Subestructura

Después de haber sido desmontada la pasarela, se realiza un replanteo para la correcta colocación por parte del contratista de cada uno de los marcos prefabricados que tienen que ser colocados, además de las dimensiones del nuevo pedraplén de escollera de 250 kg sobre el existente. Este nuevo pedraplén contará con una altura de 1.15m aproximadamente, continuando con el talud existente del dique actual.

Para la ejecución del pedraplén, se han de transportar rocas de escolleras de 250kg aproximadamente, de las canteras más cercanas. Una vez situadas en la zona de actuación, se procede con la colocación de las mismas, habiendo compactado y acondicionado previamente el dique existente. Para ello, se ha debido de comprobar anteriormente la carga admisible del terreno para aguantar la presión del marco (presión del terreno > 0.035 MPa). En el caso presente, tal y como se indica en el *Anejo nº4. Informe Geotécnico*, la presión que admite el terreno es de 0.096 MPa. Por otro lado, la nueva escollera de 250kg se deberá compactar hasta alcanzar también dicha resistencia.

Una vez colocada la escollera de 250 kg y convenientemente nivelada, se procede a la ejecución de la cama de apoyo de hormigón, (de 10 cm de espesor). Asimismo, esta debe nivelarse correctamente utilizando una fina capa de nivelación entre esta y los marcos prefabricados. El material

compuesto de esta capa será de mortero. Después de haberse ejecutado todo el lecho sobre el que van a apoyarse los marcos, se procede a la colocación de los mismos.

3. Superestructura:

Mientras tanto, los marcos deben ser transportados y almacenados en el emplazamiento, con el fin de tenerlos disponibles para cuando el lecho esté totalmente preparado. Se ha de tener en cuenta que la forma de apoyo cuando estén acopiados deberá ser igual a la especificada para su posición definitiva. En esta fase de "recepción en obra" todos los materiales auxiliares y equipos estarán preparados en el emplazamiento antes de comenzar los trabajos, incluyendo los equipos de elevación.

Seguidamente, la colocación se realizará de forma que cada hembra reciba el marco del marco siguiente a colocar. Antes de su colocación, se deben revisar las piezas cuidando la limpieza y los daños puntuales, especialmente en las zonas de unión. En lo referente con la manipulación, "tanto en la descarga como en la propia colocación de los marcos, se realizará mediante el sistema de pinza, que consiste en suspender el marco por su dintel, quedando la parte hembra del marco en el interior de la pinza". (Bortubo S.A, *Catálogo*, pág 98)

La última consideración que se ha de tener en cuenta en la colocación de los marcos es el proceso de unión entre los marcos. Para evitar que el material del lecho penetre en el interior de la junta, es conveniente colocar un geotextil entre el material y los marcos.

"El tipo de unión puede ser elástica o rígida según los materiales empleados en el rejuntado y sellado. En el caso presente, se opta por una unión elástica, recomendando un relleno con cordón elastomérico o de cauchobutilo y una junta final de sellado interior a base de masilla elástica

monocomponente de poliuretano con polimerización acelerada y elasticidad permanente. El sellado externo puede realizarse con banda asfáltica". (Caminos naturales, *Sistema de drenaje*, pág 36)

4. Accesos:

Por otro lado, en relación con los accesos, se ejecutan dados de hormigón a cada extremo, de dimensiones 200x200x100cm, con el objetivo de colocar las pasarelas de madera prefabricadas entre dichos dados y los marcos.

Dichos dados de hormigón se ejecutan in-situ a la cota 738.15 m.s.n.m, cuya cara superior se corresponde con la cota 738.65, justificada en anteriores apartados. Antes de ser finalizados, tienen que haber sido fabricadas las pasarelas prefabricadas de madera en taller y convenientemente transportadas al emplazamiento. Seguidamente, se izan y se procede con la fijación a los dados de hormigón, y con los marcos, mediante neoprenos.

Debido a que los accesos han sido elevados, se necesitarán trazar nuevos senderos cuya mínima cota no sea inferior a la de los accesos. Será necesario acondicionar el terreno por el nuevo trazado en planta de los senderos, eliminando la vegetación o rocas de gran tamaño que se interponga en el nuevo trazado.

5. Acabados

Finalmente, se procede con los acabados, como las barandillas, recubrimiento en la parte superior de los marcos hasta alcanzar la cota del espesor de las pasarelas de madera.

3. ALTERNATIVA 2. PASARELA FLOTANTE

El proceso de construcción de la pasarela flotante se divide en los siguientes apartados:

1. Trabajos Previos:

A diferencia de la ejecución del dique permeable y transitable, en la presente alternativa no es imprescindible que se ejecute en seco. Los trabajos previos serán el desmontaje de los actuales fíngers, de la pasarela de madera del acceso norte y de las cimentaciones de hormigón de los accesos.

2. Subestructura:

La subestructura de esta segunda alternativa seguirá siendo el dique existente sobre el que descansa la actual pasarela, sin ser necesario aumentar su cota con un pedraplén como en la alternativa anterior. Por otro lado, tampoco se realizarán obras de acondicionamiento o de compactación de dicho dique, debido a que la plataforma sigue siendo la misma.

3. Superestructura:

Tal y como se ha comentado anteriormente, las plataformas que conforman la pasarela flotante actual se mantienen. Los únicos elementos estructurales que son necesarios proveer son los nuevos fíngers de mayor

luz para acceder a los accesos, expuesto en el apartado siguiente. Además, la longitud de los pilotes-guía de acero se han de prolongar desde los actuales 737.75 m.s.n.m hasta los 739.25 m.s.n.m mediante abrazaderas atornilladas o por soldadura con el fin de crear una perfecta continuidad entre el viejo pilote y la nueva sección.

4. Accesos:

La primera tarea para acondicionar los accesos será la ejecución de dados de hormigón en cada extremo, como en la alternativa anterior. Las dimensiones de estos serán de 200x200x100cm, con el objetivo de colocar los nuevos fíngers entre dichos dados y la plataforma de la pasarela.

Los citados dados de hormigón se ejecutan in-situ a la cota 738.15 m.s.n.m, cuya cara superior se corresponde con la cota 738.65, justificada en anteriores apartados. Antes de que sean terminados, los nuevos fíngers han de haber sido fabricados en taller y transportados para su posterior colocación, fijados sobre los dados de hormigón.

Debido a que los accesos han sido elevados, se necesitarán trazar nuevos senderos cuya mínima cota no sea inferior a la de los accesos. Será necesario acondicionar el terreno por el nuevo trazado en planta de los senderos, eliminando la vegetación o rocas de gran tamaño que se interponga en el nuevo trazado.

5. Acabados

Los únicos acabados que presenta dicha alternativa son las barandillas en los nuevos fíngers.

4. ALTERNATIVA 3. PASARELA TRADICIONAL

Trabajos Previos:

En primer lugar, se ha de desmontar la pasarela flotante existente, además de los actuales bloques de hormigón en los extremos. Una vez que se ha procedido al total desmontaje, se ha de permitir trabajar en seco en la zona de actuación del pantano. Para ello, se seguirá el mismo procedimiento que el descrito en la primera alternativa. Resumidamente, se ejecutarán tablestacas aguas arriba y aguas abajo del emplazamiento de actuación, y se bombeará el agua mediante bombas hidráulicas, permitiendo ejecutar la alternativa en seco.

Subestructura:

En lo que a la subestructura se refiere, será necesaria la ejecución de nuevas cimentaciones en cada uno de los apoyos diseñados en la pasarela tradicional. En cada uno de ellos se ejecutarán pilotes in-situ de 60cm de diámetro con camisa de chapa recuperable. El procedimiento se detalla a continuación:

1. Posicionamiento de la camisa de chapa mediante entubadora.
2. Excavación del material. En los estratos arenosos se deberá utilizar cucharas bivalvas o buckets, mientras que para los estratos cohesivos se excavará mediante hélices.
3. Una vez que el terreno está totalmente excavado se procede a la colocación de la armadura, garantizando un recubrimiento mínimo de armadura en el fondo de 20cm mediante separadores.

4. Hormigonado de resistencia de 40MPa, de consistencia fluida, mediante tubo tremie. Simultáneamente, se procede con la extracción de las camisas. Para la extracción de estas se debe garantizar una correcta lubricación y limpieza.
5. Una vez que el hormigón alcanza su resistencia característica se considera terminado el pilote.

Cabe señalar que se deben dejar preparadas las armaduras del pilote para garantizar el solape con las armaduras de la pila. Seguidamente, se ejecutan las pilas de sección circular, preparando su encofrado y su posterior armado. Una vez dispuesto se procede con el hormigonado.

En las pilas de los extremos se procederá con la colocación de escollera en el talud, con el objetivo camuflar la tramo saliente de las pilas sobre el mismo talud.

Superestructura:

En cuanto a la superestructura, esta será transportada desde el taller donde ha sido previamente fabricada. Dicha superestructura se compondrá de 6 tramos, de 14 metros cada uno. Una vez transportadas al sitio, deberá evitarse el acopio en el terreno con el fin de no alterar las propiedades higroscópicas de la madera. Se conectarán dos piezas hasta conformar la pasarela del primer vano. Dicho procedimiento será el mismo para los dos vanos restantes. Cada vez que dos piezas sean correctamente conectadas, formando continuidad entre ellas tal y como han sido diseñadas, se procede al izado y a la colocación de las mismas entre las pilas ejecutadas anteriormente. Cada una de las vigas longitudinales se apoyan en pilas distintas, sobre apoyos de neopreno definidos en el *Anejo nº7 Análisis de*

alternativas y propuesta, debido a que en cada apoyo se ejecutan 2 pilas, con el objetivo de limitar lateralmente la estructura lo máximo posible frente a las cargas del viento.

En relación con la conexión de cada parte de la pasarela de 28 metros de longitud entre las dos partes restantes de 28 metros, se procederá a realizar dicha conexión mediante cables de acero galvanizado, posicionados en el cordón superior, resistiendo a tracción y permitiendo una completa continuidad entre cada una de las partes.

En los tramos cercanos a los apoyos, tal y como se especificó en el **Anejo nº7. Análisis de alternativas y propuestas**, será necesario la colocación de arriostramientos en cruz mediante cordones de acero galvanizado, para restringir lateralmente la estructura en los cordones superior e inferior. Estos vendrán fabricados en taller.

Accesos:

De forma análoga a las dos anteriores alternativas, debido a que los accesos han sido elevados a la cota 738.65 m.s.n.m, se necesitarán trazar nuevos senderos cuya mínima cota no sea inferior a la de los accesos. Será necesario acondicionar el terreno por el nuevo trazado en planta de los senderos, eliminando la vegetación o rocas de gran tamaño que se interponga en el nuevo trazado.

Acabados:

Por último, los acabados en la presente alternativa están incluidos en la pasarela prefabricada transportada de taller.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO N°1 – 2. ANEJOS - ANEJO n° 9. Valoración Económica de las Alternativas

Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil



Índice

1.OBJETO	2
2. ALTERNATIVA 1. DIQUE TRANSITABLE Y PERMEABLE	2
2.1. Unidades de obra y mediciones	2
2.2. Presupuestos generales	5
3. ALTERNATIVA 2. PASARELA FLOTANTE	6
2.1. Unidades de obra y mediciones	6
3.2. Presupuestos generales	9
4. ALTERNATIVA 3. PASARELA TRADICIONAL	9
4.1. Unidades de obra y mediciones	9
4.2. Presupuestos generales	13

1.OBJETO

El presente *Anejo nº8 de Valoración Económica* tiene como objetivo realizar una estimación del coste que supondrá cada una de alternativas expuestas, con el objetivo de compararlas además cuantitativamente. Para cada una de ellas, se definen los capítulos y unidades de obra, sus mediciones y el presupuesto final.

2. ALTERNATIVA 1. DIQUE TRANSITABLE Y PERMEABLE

2.1. Unidades de obra y mediciones

Atendiendo a la división de los distintos capítulos que se han desarrollado anteriormente, se presentan a continuación cada una de las unidades obra comprendidas en dichos capítulos.

CAPÍTULO 1. TRABAJOS PREVIOS					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
TP1	m	Desmontaje de pasarela flotante sobre pantano y de la pasarela de madera del acceso norte. Retirada y transporte de residuos a vertedero hasta una distancia de 60km.	80	25.5	2040

TP2	m ³	Demolición de las cimentaciones de hormigón de los accesos, con retroexcavadora con martillo rompedor y equipo de oxicorte, y carga mecánica sobre camión o contenedor.	4	35.67	142.68
TP3	ud	Electrobomba sumergible, con impulsor vórtex, para achique de aguas sucias o ligeramente fangosas, construida en acero inoxidable, con una potencia de 0,25 kW y salida de impulsión roscada de 1 1/4", para una altura máxima de inmersión de 5 m, y mano de obra	2	853.23	1706.46
TOTAL CAPÍTULO 1					3889.14

CAPÍTULO 2. SUBESTRUCTURA					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
SUB1	m ²	Compactación dinámica con maza para pedraplén	380.4	7.43	2826.38
SUB2	m ³	Pedraplén de escollera de 250kg para cimentación de los marcos prefabricados de hormigón. Relleno del trasdós con material filtrante. Materiales procedentes de préstamo o cantera, i/ extendido, nivelación, compactación, terminación y refino de la superficie de coronación y refino de taludes	415.27	7.3	3031.48
SUB3	m ³	Transporte suplementario de cualquier tipo de material proveniente de la ejecución de excavaciones o para la construcción de rellenos (pedraplenes)	415.27	0.24	99.67
TOTAL CAPÍTULO 2					5957.53

CAPÍTULO 3. SUPERESTRUCTURA					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
SUP1	m	Marco prefabricado de hormigón armado de medidas interiores h:5,00 x v:5,00 m según planos i/ suministro, solera de hormigón en masa hm-20 de 10 cm de espesor, mortero de nivelación de 5 cm de espesor, junta, totalmente instalado, transporte y colocación	36	2950.25	106209
TOTAL CAPÍTULO 3					106209

CAPÍTULO 4. ACCESOS					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
ACC1	m ³	Excavación a cielo abierto, en terrenos de roca dura, con martillo rompedor, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero.	8	29.93	239.44

ACC2	m ³	Transporte suplementario de cualquier tipo de material proveniente de la ejecución de excavaciones o para la construcción de rellenos (terraplenes, pedraplenes, todo-uno y localizados), medido sobre planos de proyecto y autorizado expresamente por la dirección de obra, por el exceso sobre una distancia de transporte de 10 km en el caso de préstamos o vertederos y de 30 km en el caso de canteras.	8	0.24	1.92
ACC3	m ³	Hormigón armado HA-25 N/mm ² , consistencia plástica, Tmáx.20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en relleno	8	656	5248

		de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura B 500 S, vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según normas NTE-CSZ , EHE-08 y CTE-SE-C.			
ACC4	m ²	Encofrado y desencofrado metálico en zapatas, zanjas, vigas, encepados y 50 posturas . Según NTE-EME.	16	130.38	2086.08
ACC5		Pasarela de madera acceso norte	10	33.15	331.5
ACC6	m	Pasarela de madera acceso sur	5.6	33.15	185.64
ACC7	ud	Medios auxiliares en obra necesarios para la ejecución de montaje e instalación de todos los elementos definidos en este presupuesto, así como el transporte a obra de los	1	3523.39	3523.39

		materiales necesarios			
ACC8	ud	Acondicionamiento y estabilización de los nuevos senderos	88.3	23.11	2040.61
TOTAL CAPÍTULO 4					13656.58

CAPÍTULO 5. ACABADOS					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
AC1	m	Barandillas de 1.25m de a	134.4	183.15	24615.36
AC2	m ³	Pavimento de hormigón vibrado hf-4,5 i/ p.p. de juntas y pasadores, sellado y curado con producto filmógeno.	20.16	80.84	1629.74
TOTAL CAPÍTULO 5					26245.10

2.2. Presupuestos generales

CAPÍTULO	IMPORTE TOTAL
CAPÍTULO 1. TRABAJOS PREVIOS	3889.14
CAPÍTULO 2. SUBESTRUCTURA	5957.51
CAPÍTULO 3. SUPERESTRUCTURA	106209
CAPÍTULO 4. ACCESOS	13656.58
CAPÍTULO 5. ACABADOS	26245.10
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	155957.33

Asciende el Presupuesto de Ejecución material de la Alternativa 1 a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y CINCO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS (155.9575,33 euros)

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	IMPORTE TOTAL
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	155957.33
13% Gastos generales	20274.45
6% Beneficio industrial	9357.44
PRESUPUESTO TOTAL	185589.22
IVA 21%	38973.74
PRESUPUESTO DE CONTRATACIÓN	224562.95

Asciende el Presupuesto Base de Licitación (I.V.A. incluido) a la expresada cantidad de DOSCIENTOS VEINTICUATRO MIL QUINIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS (224.562,95 euros).

3. ALTERNATIVA 2. PASARELA FLOTANTE

2.1. Unidades de obra y mediciones

CAPÍTULO 1. TRABAJOS PREVIOS					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
TP1	m	Desmontaje de los actuales fíngers y de la pasarela de madera del acceso norte	30	25.5	765
TP2	m ³	Demolición de las cimentaciones de hormigón de los accesos, con retroexcavadora con martillo rompedor y equipo de oxicorte, y carga mecánica sobre camión o contenedor.	8	35.67	285.36
TOTAL CAPÍTULO 1					1050.36

CAPÍTULO 2 (SUBESTRUCTURA) – Misma subestructura que la realizada en el proyecto de la pasarela actual. Sin importe económico adicional.

CAPÍTULO 3 (SUPERESTRUCTURA) – Misma superestructura que la realizada en el proyecto de la pasarela actual. Sin importe económico adicional.

CAPÍTULO 4. ACCESOS					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
ACC1	m ³	Excavación a cielo abierto, en terrenos de roca dura, con martillo rompedor, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero.	8	29.93	239.44
ACC2	m ³	Transporte suplementario de cualquier tipo de material proveniente de la ejecución de excavaciones o para la construcción de rellenos (terraplenes, pedraplenes, todo-uno y localizados), medido sobre planos de proyecto y autorizado expresamente por la dirección de obra, por el exceso sobre una distancia de transporte de 10 km en el caso de	8	0.24	1.92

		préstamos o vertederos y de 30 km en el caso de canteras.			
ACC3	m ³	Hormigón armado HA-25 N/mm ² , consistencia plástica, T _{máx.} 20 mm., para ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura B 500 S, vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según normas NTE-CSZ , EHE-08 y CTE-SE-C.	8	656	5248
ACC4	m ²	Encofrado y desencofrado metálico en zapatas, zanjas, vigas, encepados y 50 posturas . Según NTE-EME.	16	130.8	2092.8

ACC5	ud	Acceso sur. Pasarela de 16x1.50 mts (1.3 M INTERIOR) para acceso a los pantalanes flotantes realizada en perfilera de aluminio calidad naval anticorrosivo 6005 T6 con superficie pisable de madera TECNOLÓGICA ECODECK sobre durmiente de Aluminio especialmente diseñado para anclaje oculto de la tabla. con barrotillos antideslizante, incluso pieza de conexión de pasarela a tierra, rampilla para salvar desnivel en final, guía para deslizamiento y tornillería de acero in.	1	6807.38	6807.38
ACC6	ud	Acceso norte. Pasarela de 19x1.50 mts (1.3 M INTERIOR) para acceso a los pantalanes flotantes	1	8083.76	8083.76

		realizada en perfilera de aluminio calidad naval anticorrosivo 6005 T6 con superficie pisable de madera TECNOLOGICA ECODECK sobre durmiente de Aluminio especialmente diseñado para anclaje oculto de la tabla. con barrotillos antideslizante, incluso pieza de conexión de pasarela a tierra, rampilla para salvar desnivel en final, guía para deslizamiento y tornillería de acero in.			
ACC7	ud	Medios auxiliares en obra necesarios para la ejecución de montaje e instalación de todos los elementos definidos en	1	3523.39	3523.39

		este presupuesto, así como el transporte a obra de los materiales necesarios			
ACC8	ud	Acondicionamiento y estabilización de los nuevos senderos	88.3	23.11	2040.61
TOTAL CAPÍTULO 4					28037.31

CAPÍTULO 5. ACABADOS					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
AC1	m	Barandillas de madera de 1.25m de alto	70	183.15	12820.5
TOTAL CAPÍTULO 5					12820.5

3.2. Presupuestos generales

CAPÍTULO	IMPORTE TOTAL
CAPÍTULO 1. TRABAJOS PREVIOS	1050.36
CAPÍTULO 2. SUBESTRUCTURA	0.00
CAPÍTULO 3. SUPERESTRUCTURA	0.00
CAPÍTULO 4. ACCESOS	28037.30
CAPÍTULO 5. ACABADOS	12820.50
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	41908.16

Asciende el Presupuesto de Ejecución material de la Alternativa 2 a la expresada cantidad de CUARENTA Y UN MIL NOVECIENTOS Y OCHO EUROS CON DIECISÉIS CÉNTIMOS (41.908,16 euros)

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	IMPORTE TOTAL
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	41908.16
13% Gastos generales	5448.06
6% Beneficio industrial	2514.49
PRESUPUESTO TOTAL	49870.71
IVA 21%	10472.85
PRESUPUESTO DE CONTRATACIÓN	60343.56

Asciende el Presupuesto Base de Licitación (I.V.A. incluido) a la expresada cantidad de SESENTA MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y SÉIS CÉNTIMOS (60.343,56 euros).

4. ALTERNATIVA 3. PASARELA TRADICIONAL

En el presente apartado se detalla un presupuesto aproximado de la alternativa 3. El presupuesto obtenido tendrá como objetivo comparar también cuantitativamente cada una de las alternativas para su conveniente análisis de todas ellas.

4.1. Unidades de obra y mediciones

CAPÍTULO 1. TRABAJOS PREVIOS					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
TP1	m	Desmontaje de pasarela flotante sobre pantano y de la pasarela de madera del acceso norte. Retirada y transporte de residuos a vertedero hasta una distancia de 60km	80	25.5	2040
TP2	m ³	Demolición de las cimentaciones de hormigón de los accesos, con retroexcavadora con martillo rompedor y equipo de oxicorte, y carga mecánica sobre camión o contenedor.	4	35.67	142.68

TP3	ud	Electrobomba sumergible, con impulsor vórtex, para achique de aguas sucias o ligeramente fangosas, construida en acero inoxidable, con una potencia de 0,25 kW y salida de impulsión roscada de 1 1/4", para una altura máxima de inmersión de 5 m, y mano de obra	2	853.23	1706.46
TOTAL CAPÍTULO 1					3889.14

CAPÍTULO 2. SUBESTRUCTURA					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
SUB1	m3	Excavación del terreno en zonas de cimentación. Excavación, carga en camión y transporte hacia vertedero a una distancia inferior a 20 km.	30.15	6.85	206.53

SUB2	ud	Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo para perforación de pilote de extracción con entubación recuperable, CPI-4, a una distancia de hasta 50km, limpieza y retirada de sobrantes. Costes directos complementarios incluidos	1	9435	9435.00
SUB3	m	Pilote de cimentación de hormigón armado de 60 cm de diámetro, para grupo de pilotes CPI-4 según NTE-CPI. Ejecutado por extracción de tierras mediante sistema mecánico que se desplaza por el interior de una entubación recuperable y posterior hormigonado continuo en seco del pilote. Realizado	64	222.62	14247.68

		con hormigón HA-40/F/12/IIa fabricado en central, y vertido desde camión a través de tubo Tremie, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 6,85 kg/m. Incluso alambre de atar y separadores. El precio incluye el transporte, la instalación, el montaje y el desmontaje del equipo mecánico, la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra			
SUB4	m3	Pilar de sección circular de hormigón visto, de 60 cm de diámetro medio, realizado	9.1	637.84	5804.34

		con hormigón HA-40/AC-E2/12/IIa, Agilia Arquitectónico "LAFARGEHOLCIM", fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 120 kg/m ³ ; montaje y desmontaje de sistema de encofrado, con acabado visto con textura lisa, en planta de entre 8 y 9 m de altura libre, formado por: superficie encofrante de moldes cilíndricos de bandas de papel kraft, aluminio y polietileno, de un solo uso y estructura soporte vertical de puntales metálicos, amortizables en 1 usos. Incluso			
--	--	--	--	--	--

		alambre de atar y separadores y agente filmógeno, para el curado de hormigones y morteros. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra.			
TOTAL CAPÍTULO 2				29693.55	

CAPÍTULO 3. SUPERESTRUCTURA					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
ACC1	m ³	Montaje de la pasarela peatonal de madera GL28h. Incluye la colocación de los cables y cordones de acero galvanizado.	35.88	5481.3	196655.9
TOTAL CAPÍTULO 4				196655.9	

CAPÍTULO 4. ACCESOS					
Código	UD	Descripción	Medición	Precio Unitario	Importe
ACC1	m	Acondicionamiento y estabilización de los nuevos senderos	88.3	23.11	2040.61
TOTAL CAPÍTULO 4				2040.61	

4.2. Presupuestos generales

CAPÍTULO	IMPORTE TOTAL
CAPÍTULO 1. TRABAJOS PREVIOS	3889.14
CAPÍTULO 2. SUBESTRUCTURA	29693.55
CAPÍTULO 3. SUPERESTRUCTURA	196655.89
CAPÍTULO 4. ACCESOS	2040.61
CAPÍTULO 5. ACABADOS	0
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	232279.19

Asciende el Presupuesto de Ejecución material de la Alternativa 3 a la expresada cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y DOS MIL DOSCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS CON DIECINUEVE CÉNTIMOS (232.279,19 euros)

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	IMPORTE TOTAL
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	232279.19
13% Gastos generales	30196.30
6% Beneficio industrial	13936.75
PRESUPUESTO TOTAL	276412.24
IVA 21%	58046.57
PRESUPUESTO DE CONTRATACIÓN	334458.81

Asciende el Presupuesto Base de Licitación (I.V.A. incluido) a la expresada cantidad de TRESCIENTOS TREINTA CUATRO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS (334.458,81 euros)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 – 2. ANEJOS - ANEJO nº 10. Adaptación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible

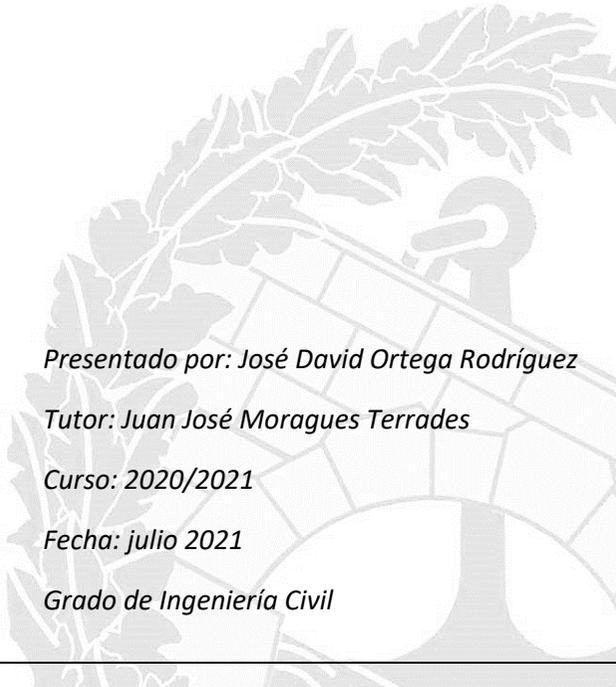
Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil



Anexo al Trabajo Fin de Grado/Máster

Relación del TFG/TFM “Estudio de soluciones de la continuación del sendero peatonal “La Ruta de la Presa” a través de embalse de Almansa, en Almansa, Albacete” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				
ODS 2. Hambre cero.				
ODS 3. Salud y bienestar.				
ODS 4. Educación de calidad.				
ODS 5. Igualdad de género.				
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.				
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.				
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.				

ODS 12. Producción y consumo responsables.				
ODS 13. Acción por el clima.				
ODS 14. Vida submarina.				
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				

Descripción de la alineación del TFG/M con los ODS con un grado de relación más alto.

El presente TFG contiene diversas directrices referentes a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) que se consideran de especial importancia para la positiva contribución a la población de Almansa y de las zonas de alrededor, además de la constante preocupación hacia el medio ambiente para no afectarlo negativamente.

Entre dichos objetivos caben destacar los siguientes:

ODS 7. Si bien los transportes eléctricos o los que poseen certificados ecológicos están siendo cada vez más demandados, en el sector de la construcción todavía hay un gran camino por recorrer. A pesar de ello, se pretende disponer de maquinaria que presente homologaciones ecológicas, y en el caso de que alguna de ellas no esté todavía en el mercado, se han de tomar las medidas pertinentes para afectar lo menos posible al medio ambiente. Como medidas pueden tomarse:

- Apagar las máquinas cuando no estén realizando en esos momentos labores de construcción.
- Evitar la contaminación acústica en épocas en las que los animales estén en el periodo de reproducción, descanso o peregrinación.
- Llenado de los depósitos de cada maquinaria antes de acudir al emplazamiento. Si no fuera posible, se deberán disponer de los elementos necesarios para evitar derramamiento de combustible a la hora de repostar in-situ, así como embudos o conducciones.



ODS 8 y 9. Debido a la construcción de dicha infraestructura, se potencia la industria de la zona contribuyendo económicamente en distintos sectores. Además, la creación de la Pasarela que permite completar las actuales rutas de senderismo del pantano en cualquier época del año, situación que no ocurre actualmente, contribuye a que los habitantes de Almansa y los turistas de otras zonas se animen a visitar el paraje natural del pantano, pudiendo realizar las actividades ofrecidas además. Como resultado, aumenta la demanda de dichos servicios posibilitando la creación de nuevos puestos de trabajo para atender a todos los visitantes.

ODS 13, 14 y 15. Dichos objetivos se ven directamente reflejados en los procesos de ejecución, uso y explotación de la nueva pasarela peatonal. En todo momento se ha buscado alterar lo menos posible el medio natural. Por un lado, ha sido uno de los motivos principales por los que el material escogido es la madera. Por otro lado, se ha tenido en cuenta la flora de alrededor, evitando cualquier actuación masiva de deforestación para la ejecución de la propuesta. Finalmente, en cuanto a la vida acuática, se permite la libre circulación entre la infraestructura por medio del embalse, al contrario de lo que ocurre actualmente cuando la pasarela flotante reposa sobre el dique existente creando una barrera en medio del pantano.

1. Referencias

Almansa - Población: Inmigrantes, Emigrantes y Otros Datos Sobre Los Habitantes de Cada Municipio. <https://www.epdata.es/datos/poblacion-inmigrantes-emigrantes-otros-datos-habitantes-cada-municipio/3/almansa/817>.

Almansa.Com - *Localización.*

<https://www.almansa.com/index.php/almansainfo/localizacion#:~:text=Situada%20en%20el%20extremo%20m%C3%A1s,geogr%C3%A1fico%20de%20estas%20cuatro%20provincias>.

‘La guía definitiva para visitar el Pantano de Almansa’. *La Tinta de Almansa*, 25 May 2020, <https://latintadealmansa.com/cultura/pantano-de-almansa-actividades-como-llegar/>.

Almansa.Com - *Pantano.*

<https://www.almansa.com/index.php/almansainfo/parajes-de-almansa/pantano>.

‘Pantano de Almansa. *Naturaleza y rutas senderistas*’. *Almansa Turística*, <https://almansaturistica.es/descubre/naturaleza/pantano/>.

‘EL PANTANO DE ALMANSA’. *BALADRE EXPLORER AVENTURAS*, <http://www.baladreexplorer.com/albacete/pantano-de-almansa-9-6-2019/>.

TTYC Ingeniería (2013) ‘*Memoria Descriptiva . Comprobación Cartográfica Pantano de Almansa (Albacete)*’. [Archivo en PDF]

Geográfica, Centro Nacional de Información. ‘*Centro de Descargas del CNIG (IGN)*’. *Centro de Descargas del CNIG*, <http://centrodedescargas.cnig.es>. Acceso 12 Feb. 2021.

Confederación Hidrográfica del Júcar. (2004) *Proyecto de acondicionamiento de la Presa de Almansa. T.M de Almansa (Albacete)*. Anejo 6. “ Estudio Hidrológico” [Archivo PDF]

Confederación Hidrográfica del Júcar. (2004) *Proyecto de acondicionamiento de la Presa de Almansa. T.M de Almansa (Albacete)*. Anejo 11. “ Cálculo Hidráulico” [Archivo PDF]

Ayuntamiento de Almansa. (2013) *Redacción del Plan de Seguridad del Pantano de Almansa: Proyecto de Adecuación a la Normativa Vigente sobre Seguridad de Presas y Embalses dentro del Proyecto Agua Viva Cofinanciado con Fondos Feder. Normas de Explotación*. [Archivo PDF]

‘Ensayo SPT Introducción y Objetivos | Sedimentología | Edificio Sustentable’. Scribd, <https://es.scribd.com/document/266937974/Ensayo-SPT-Introduccion-y-Objetivos>. .

‘*Memoria asociada a la hoja 793 de la Cartografía de Almansa*’ <http://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/memorias/MMagna0793.pdf>

Alcocel-Barrachina Arquitectos. (2014) *Proyecto de Ejecución de Pantalán Flotante en el embalse de Almansa. ‘Anejos a Memoria. Geotécnico’*. [Archivo en PDF]

‘*Contacto*’. *Prefabricados Aljema - Grupo Aljema Relosa, S.L.U.*, <http://www.prefabricadosaljema.com/contacto/>

'Ninhue: Con cajones de hormigón construyen puente que evitará inundaciones'. *La Discusión*, 6 Feb. 2020, <http://www.ladiscusion.cl/ninhue-con-cajones-de-hormigon-construyen-puente-que-evitara-inundaciones/>

Drenaje de Carreteras - B, Manual de Drenaje de Carreteras, Victor M. Ponce. http://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_b.html

Calculation of Bridge Scour Using the FWHA HEC-18 Formula, Victor Miguel Ponce, Rosa D. Aguilar, San Diego State University. <http://ponce.sdsu.edu/onlinescourhec18.php>.

Cálculo de La Descarga de Sedimentos Por La Fórmula de Einstein-Brown, Victor Miguel Ponce, Mitchel Jara Garcia, Rosa D. Aguilar, San Diego State University. <http://ponce.sdsu.edu/enlineaeinsteinbrown.php>

Victor M. Ponce, Victor Miguel Ponce. <http://ponce.sdsu.edu/099portal.php>

Bortubo. *MARCOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARMADO JUNTA PLANA ARTICULADOS* http://www.bortubo.com/productos/index_productos.aspx?frmid=24&frmid2=23

Precio En España de m de Escalera Fija Provisional. Generador de Precios de La Construcción. CYPE Ingenieros, S.A. http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Seguridad_y_salud/Sistemas_de_proteccion_colectiva/YCM_Escaleras__marquesinas__pasa_re/Escalera_fija_provisional.html#gsc.tab=0

'Madera Vs Hormigón-Acero'. Delia Villaverde - *Architecture & Design*, 12 Sept. 2017, <http://www.deliavillaverde.com/comparativa-estructuras/>.

'Timber Truss Bridges'. McMillan Britton & Kell Pty Limited, Dec. 1998, http://www.rta.nsw.gov.au/environment/downloads/heritage/bridge-types_historical-overviews_2006-timbertruss.pdf.

Puentes de viga [2021]'. *Tiposde.com*, 13 Sept. 2016, https://www.tiposde.com/puentes_de_viga.html.

'Parque Guadarrama y Parque Coimbra unidos por una pasarela'. *Soy de Móstoles*, <https://www.soy-de.com/noticia-mostoles/parque-guadarrama-y-parque-coimbra-unidos-por-una-pasarela-11921.aspx>

Caminos UDC. Materiales de la construcción. http://caminos.udc.es/info/asignaturas/406/contenido_publico/recursos/tema00.pdf [Archivo en PDF]

Universidad de Alcalá (2019). *Ciencia y tecnología de la edificación*. https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_profesores/prof121896/docencia/Tema%204.%20Productos%20siderurgicos.pdf [Archivo en PDF]

Roberto Crocetti (2014) *Timber bridges: General issues, with particular emphasis on Swedish typologies*. https://www.forum-holzbau.com/pdf/61_IHF_2014_Crocetti.pdf [Archivo en PDF]

Proyecto de adecuación del recorrido Eurovelo 1 (Ederbidea) entre las localidades de Doneztebe-Santesteban e Irurtzun. *Anejo nº11. Cálculos estructurales*. <https://www.navarra.es/NR/rdonlyres/37F4A7E3-D464-4AE8-A324-214A6770ACEF/444767/Anejo11Calculosestructurales.pdf> [Archivo en PDF]

Geocisa. *Pantalla continua y pilas-pilotes sistema ascendente-descendente edificio biomedicina (Valencia)* [Archivo en PDF]



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº2 – PLANOS

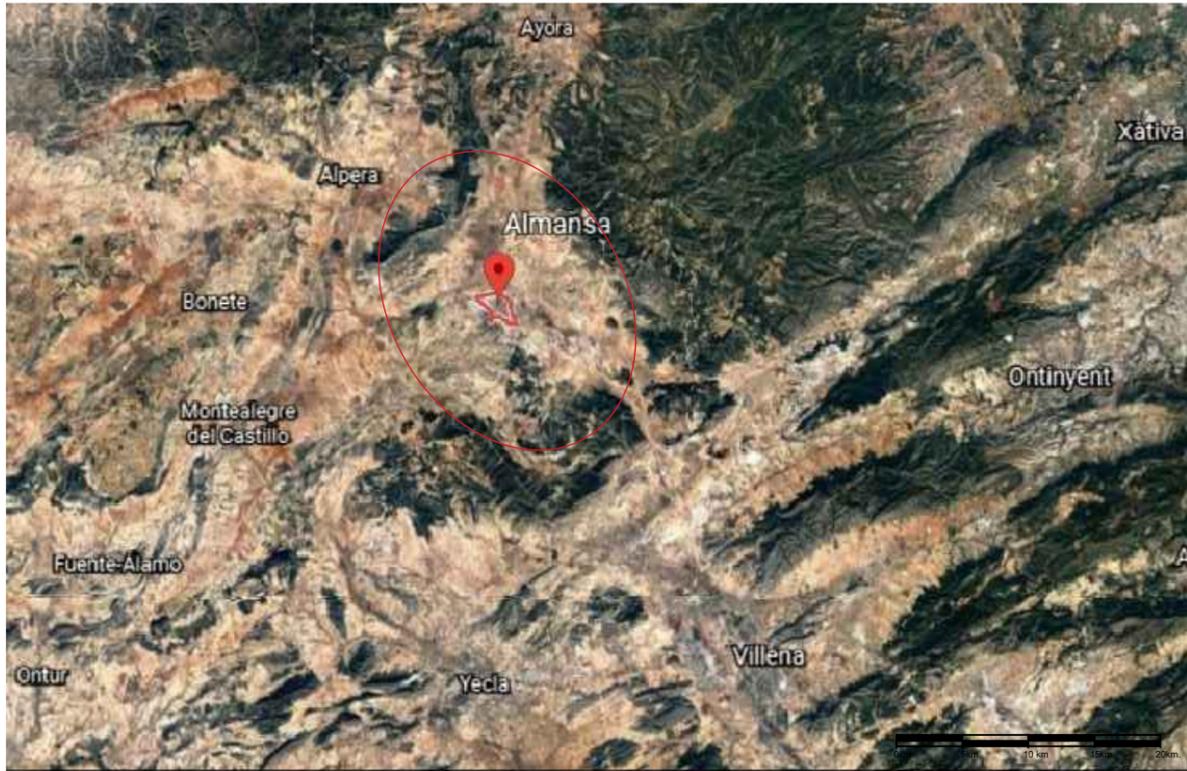
Presentado por: José David Ortega Rodríguez

Tutor: Juan José Moragues Terrades

Curso: 2020/2021

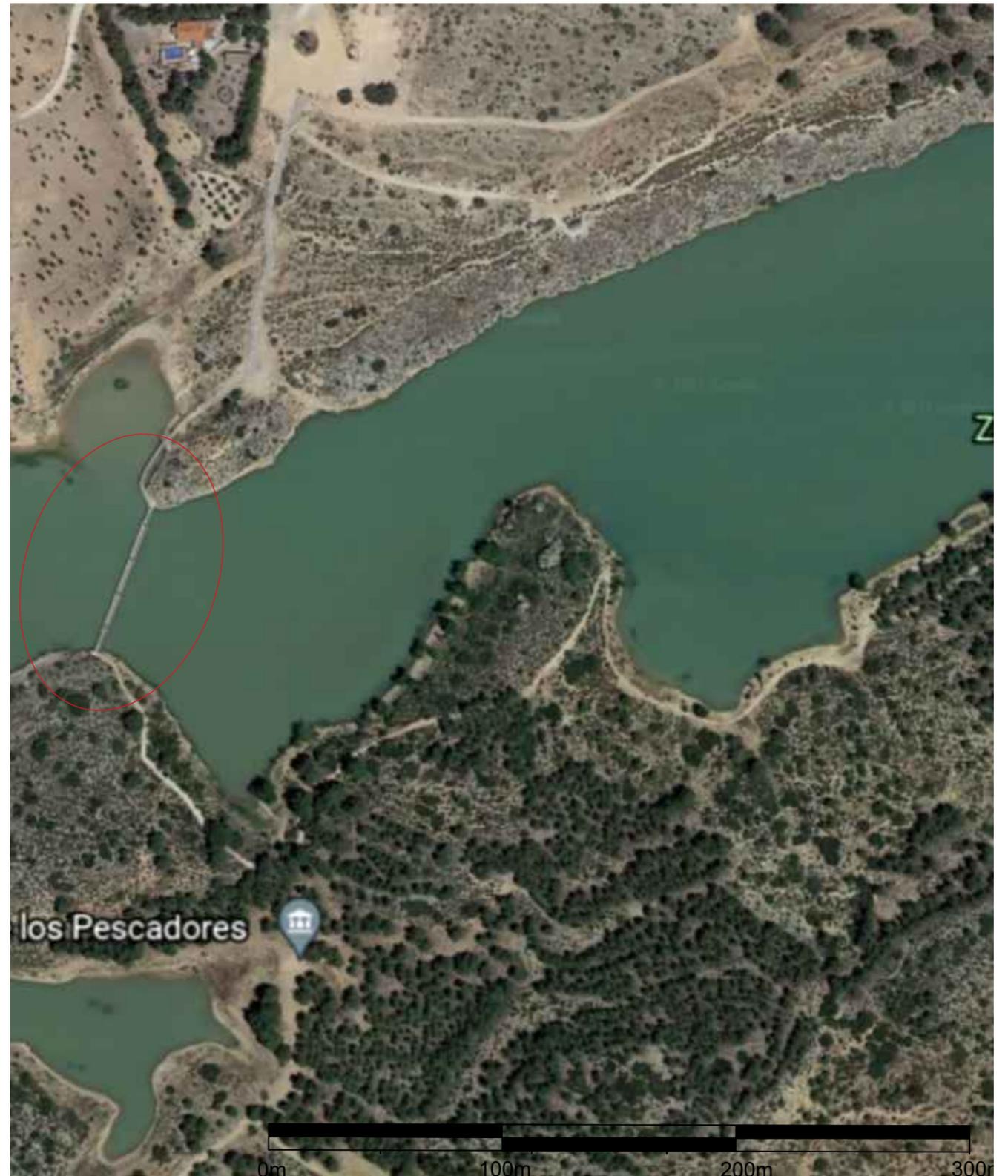
Fecha: julio 2021

Grado de Ingeniería Civil



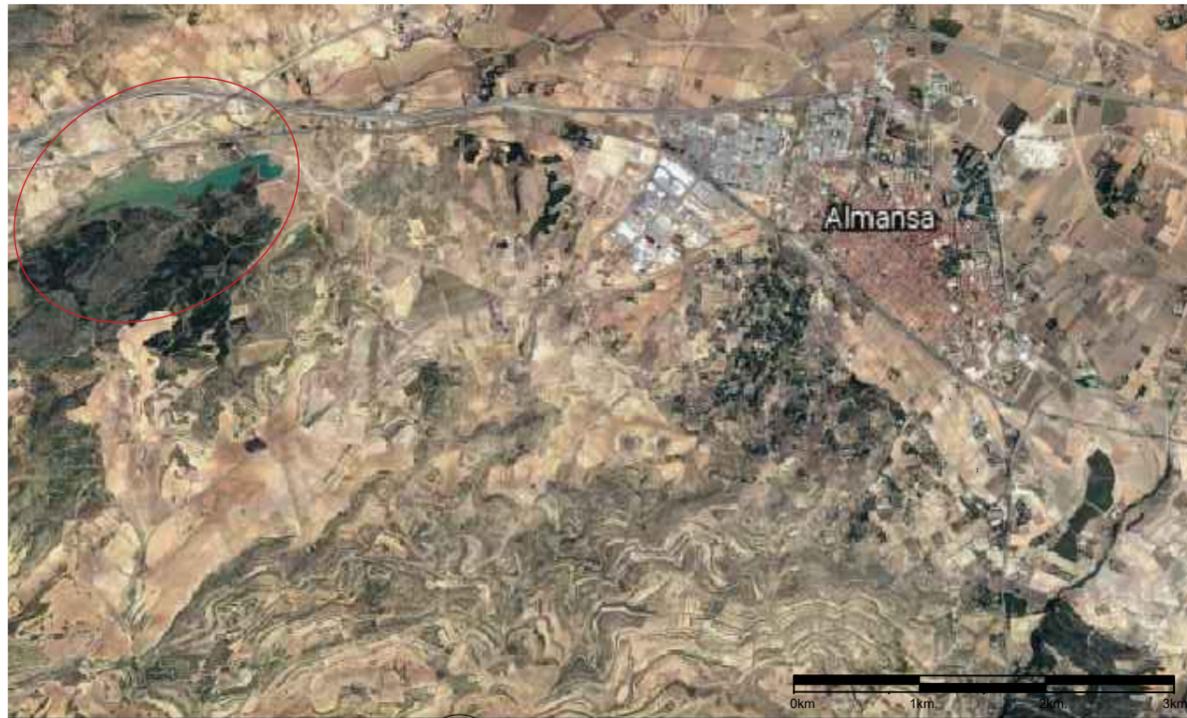
A3
N/A

PLANO GENERAL ALMANSA



A3
N/A

PLANO EN DETALLE
LOCALIZACIÓN PASARELA



A3
N/A

PLANO GENERAL PANTANO
DE ALMANSA

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSA (ALBACETE)



AUTOR

ORTEGA RODRÍGUEZ, JOSÉ DAVID

TÍTULO DEL PLANO

SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

ESCALAS

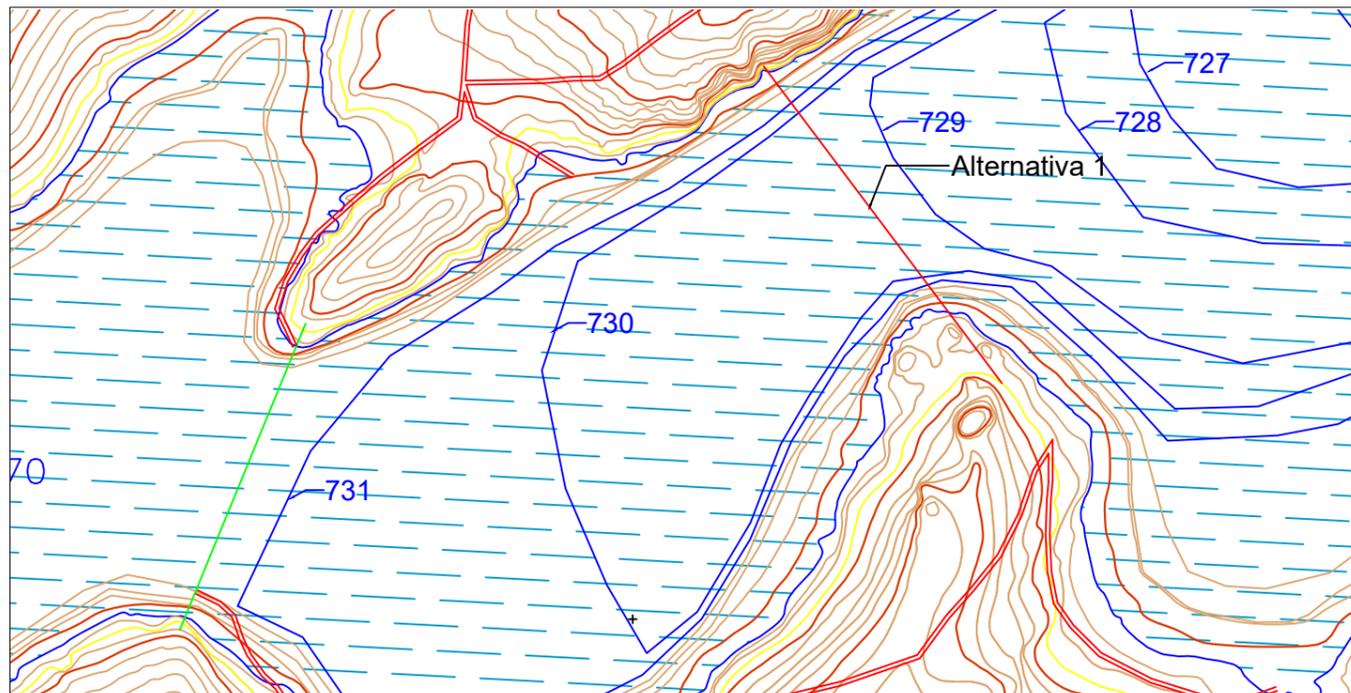
VARIAS

NÚMERO DEL PLANO

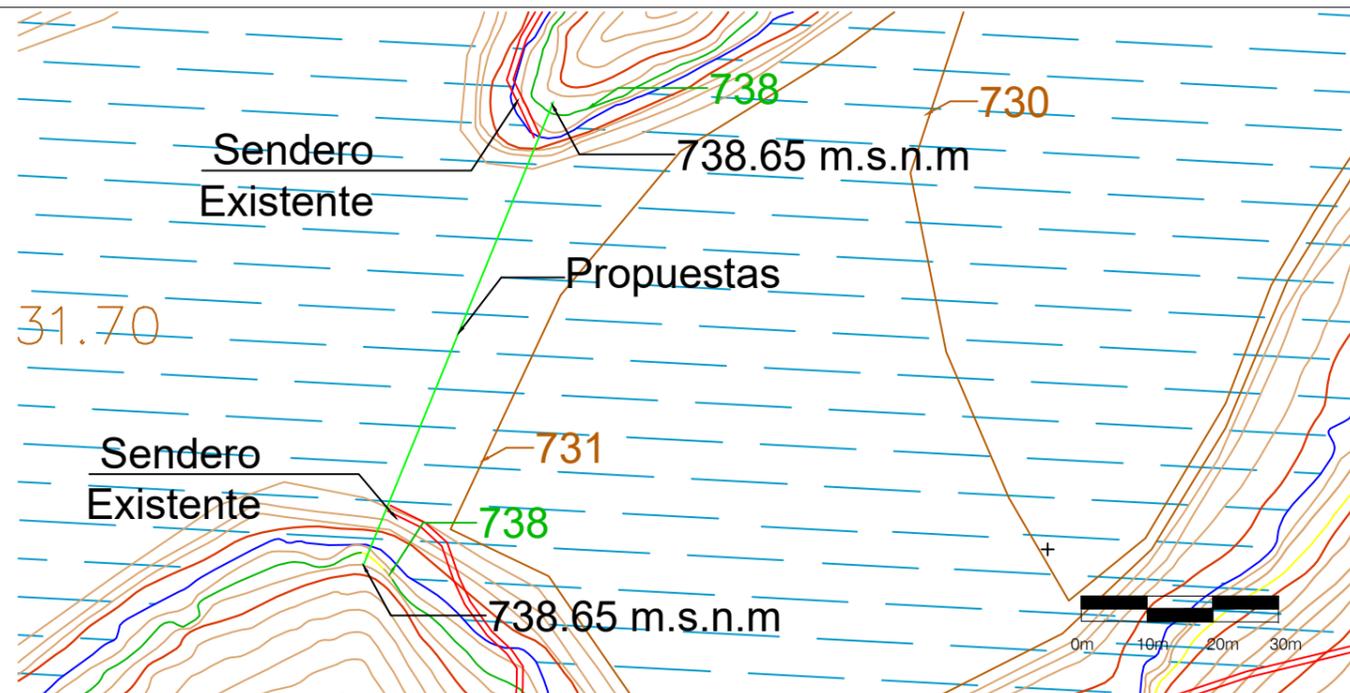
1/8

FECHA

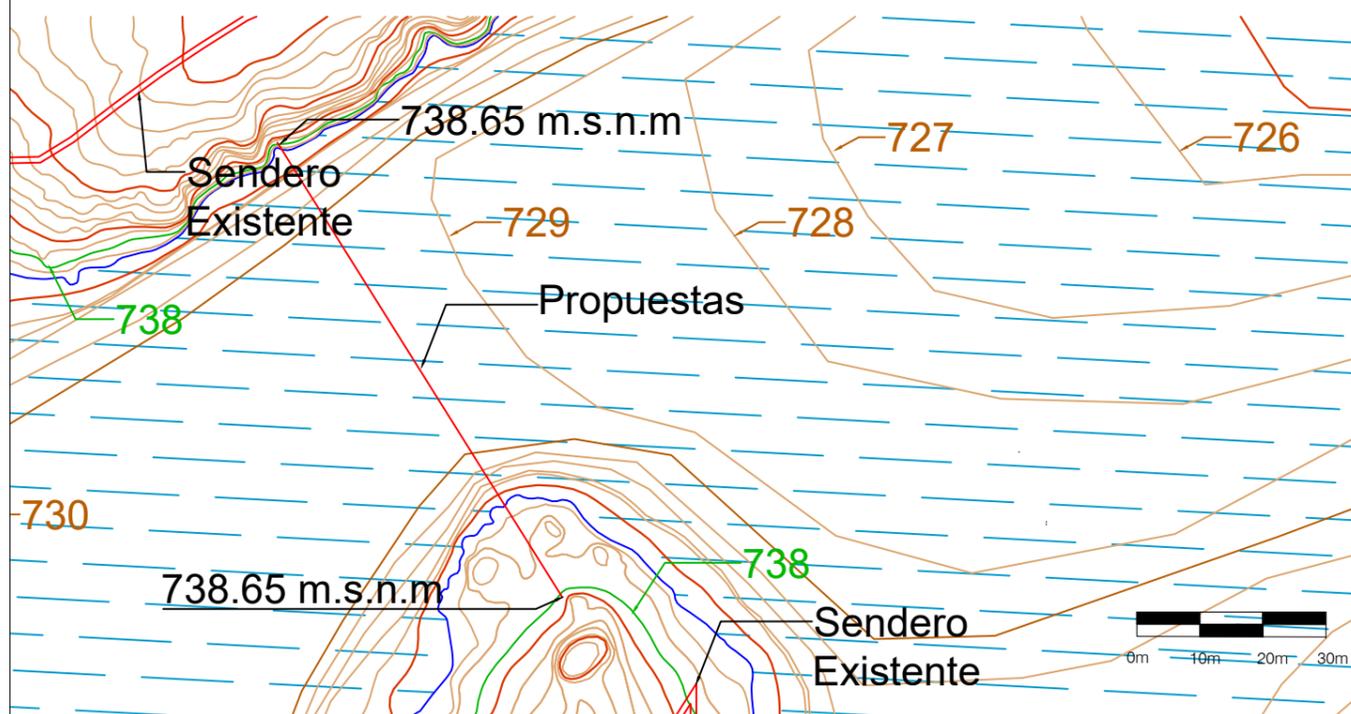
VALENCIA, JULIO 2021



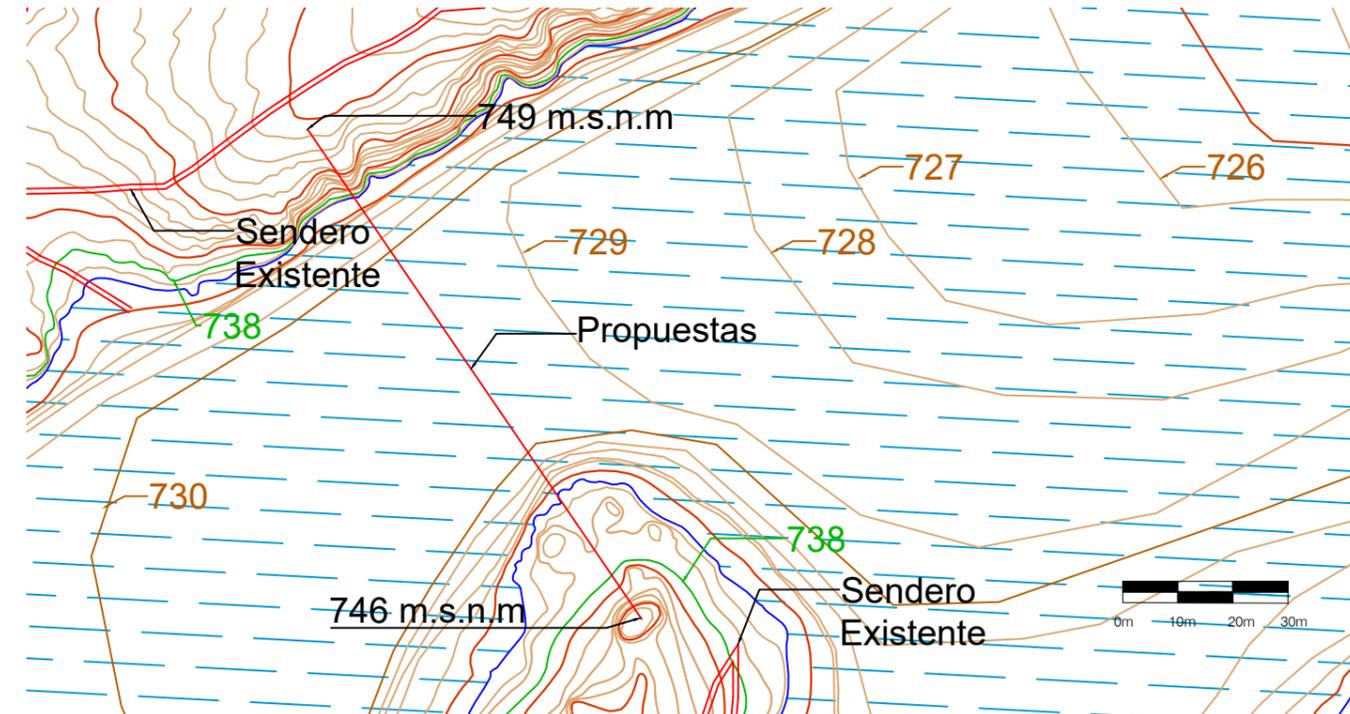
A3
N/A PLANO GENERAL ALTERNATIVAS
TRAZADO EN PLANTA



A3
N/A PLANO DETALLE
ALTERNATIVA 2

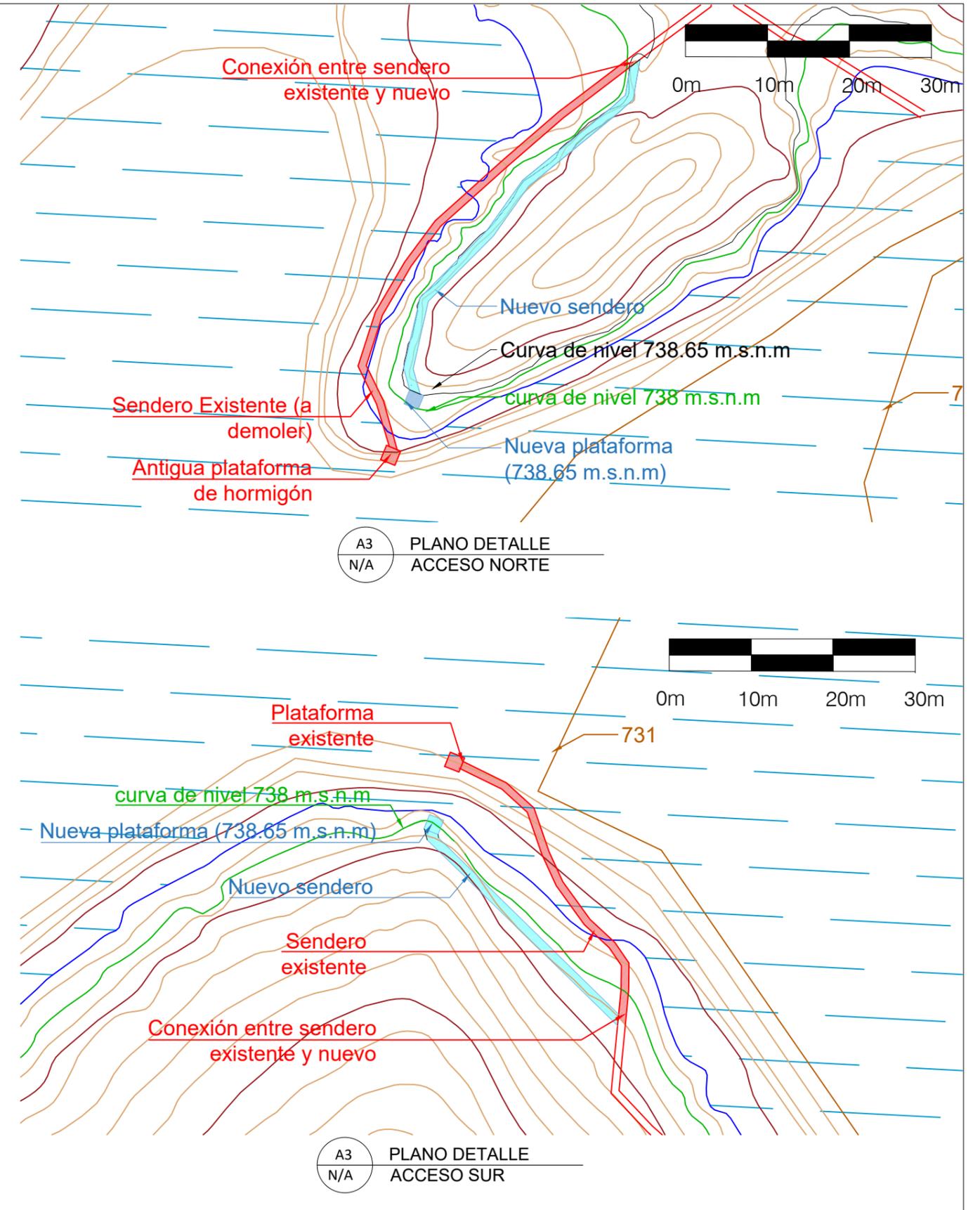
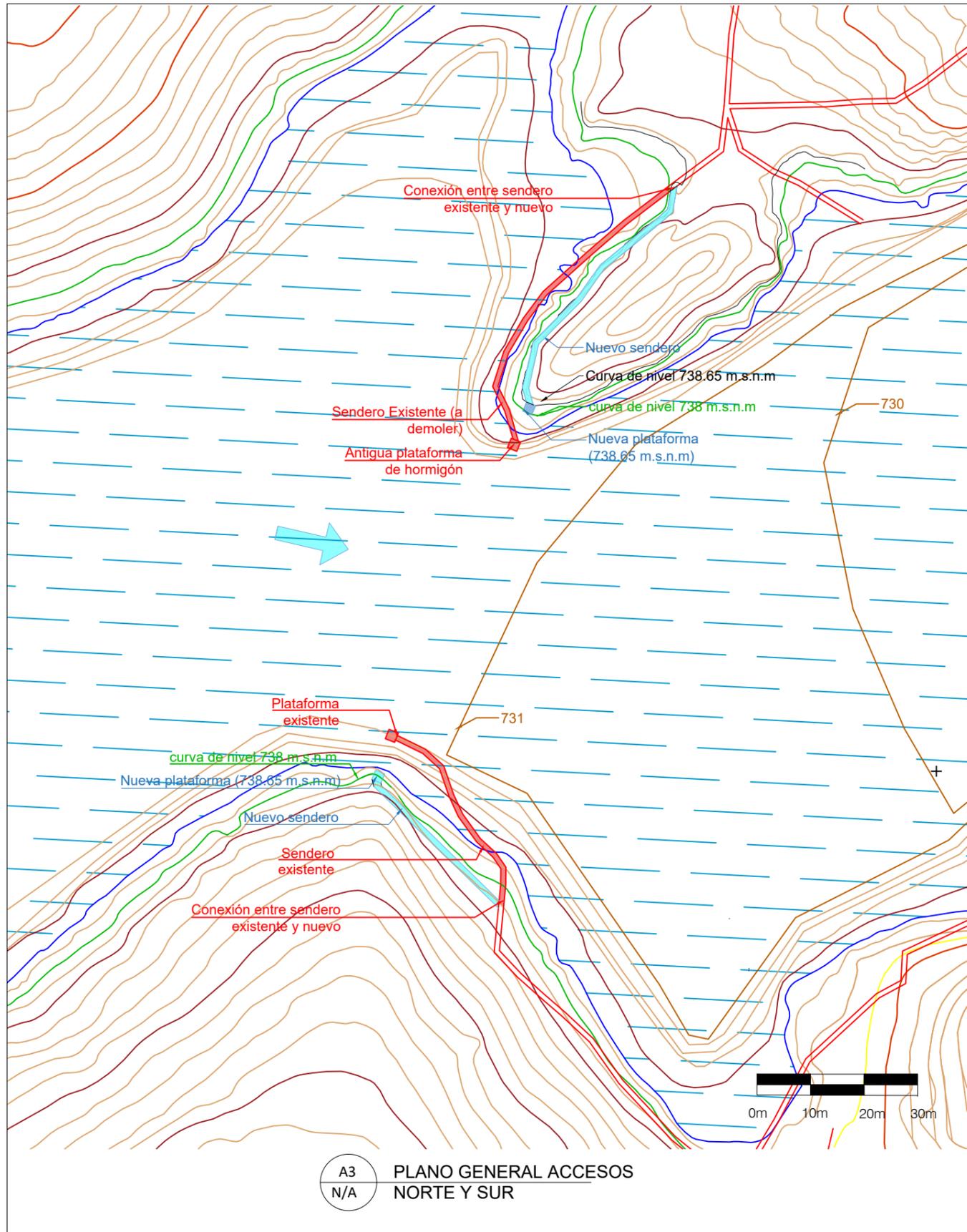


A3
N/A PLANO DETALLE
ALTERNATIVA 1 - OPCIÓN 1



A3
N/A PLANO DETALLE
ALTERNATIVA 1 - OPCIÓN 2

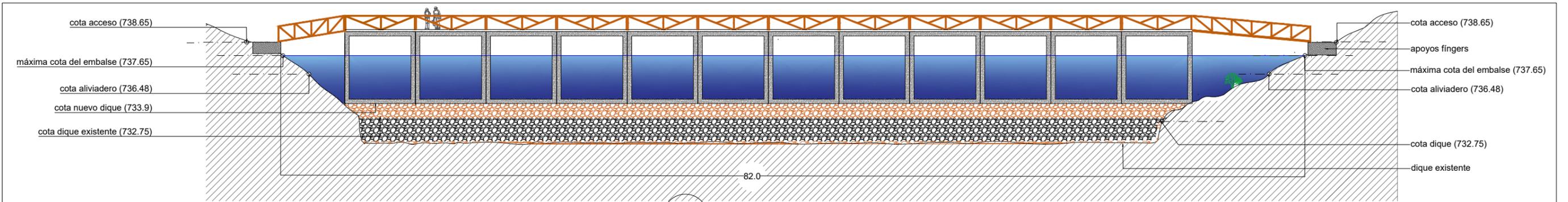
<p>TÍTULO DEL PROYECTO ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSA (ALBACETE)</p>		<p>AUTOR ORTEGA RODRÍGUEZ, JOSÉ DAVID <i>José D.</i></p>	<p>TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVAS DE TRAZADO EN PLANTA</p>	<p>ESCALAS VARIAS</p>	<p>NÚMERO DEL PLANO 2/8</p>	<p>FECHA VALENCIA, JULIO 2021</p>
--	--	---	--	----------------------------------	--	--



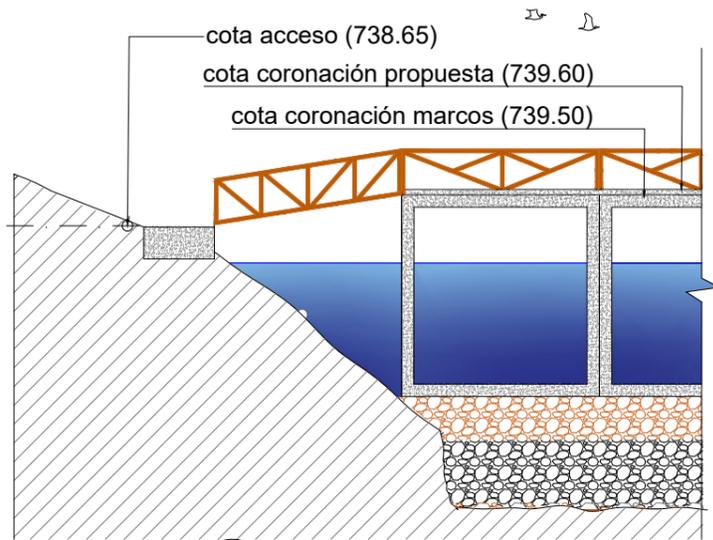
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

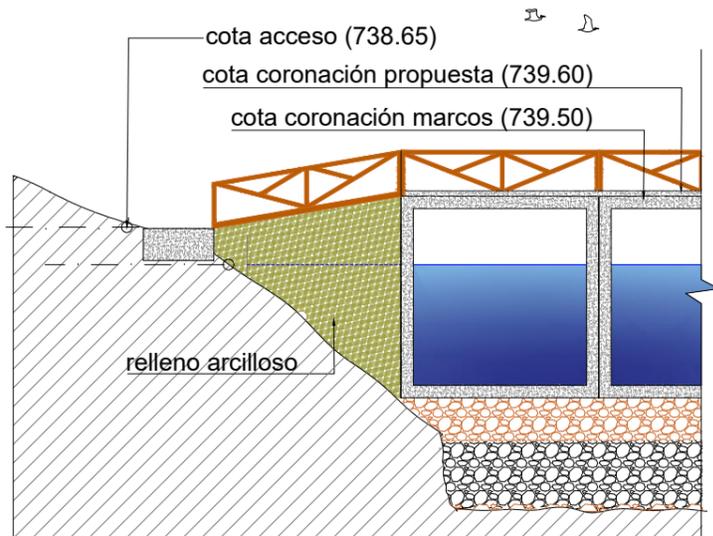
<p>TÍTULO DEL PROYECTO ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSÁ (ALBACETE)</p>		<p>AUTOR ORTEGA RODRÍGUEZ, JOSÉ DAVID <i>Jose D.</i></p>	<p>TÍTULO DEL PLANO ACCESOS</p>	<p>ESCALAS VARIAS</p>	<p>NÚMERO DEL PLANO 3/8</p>	<p>FECHA VALENCIA, JULIO 2021</p>
--	--	---	--	----------------------------------	--	--



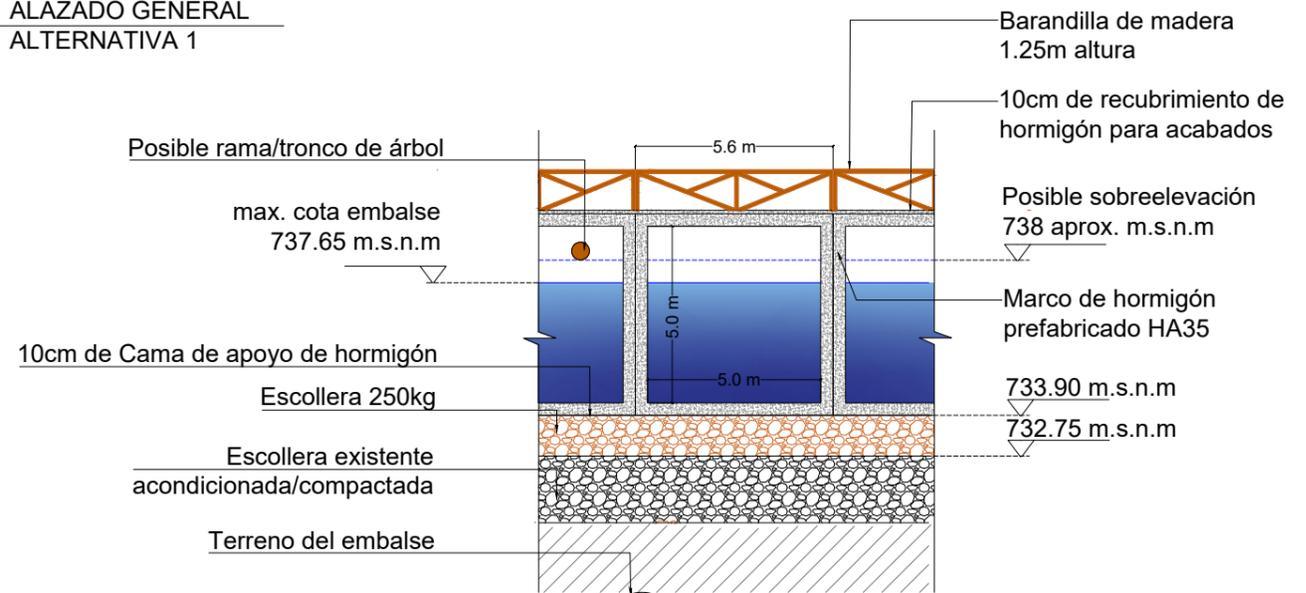
A3
N/A
ALAZADO GENERAL
ALTERNATIVA 1



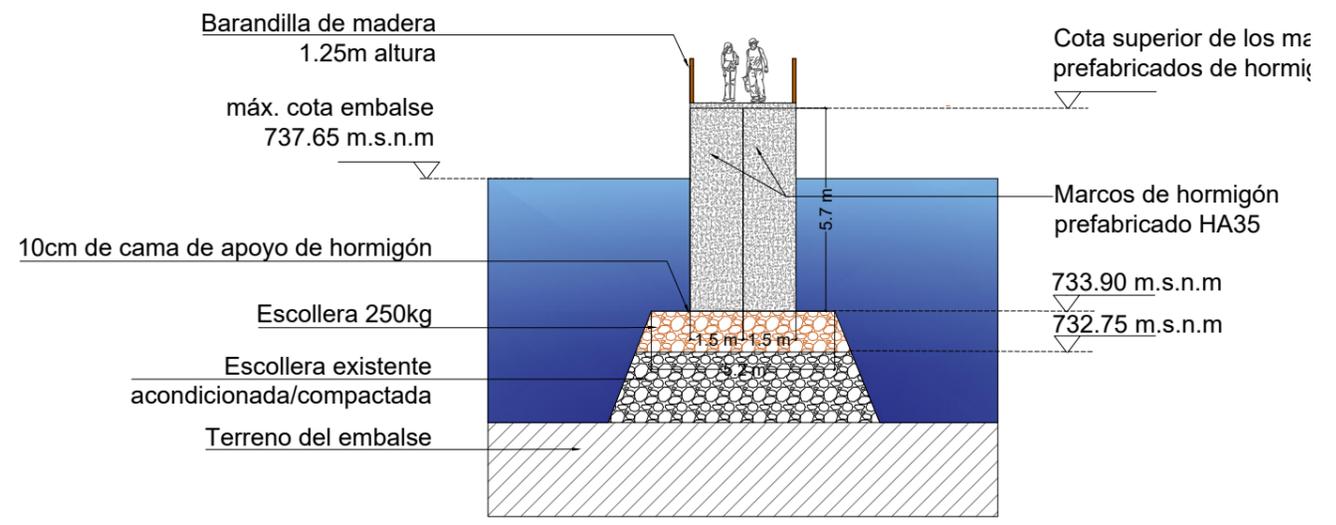
A3
1:200
DETALLE ZONA ESTRIBO
OPCIÓN SIN RELLENO



A3
1:200
DETALLE ZONA ESTRIBO
OPCIÓN CON RELLENO

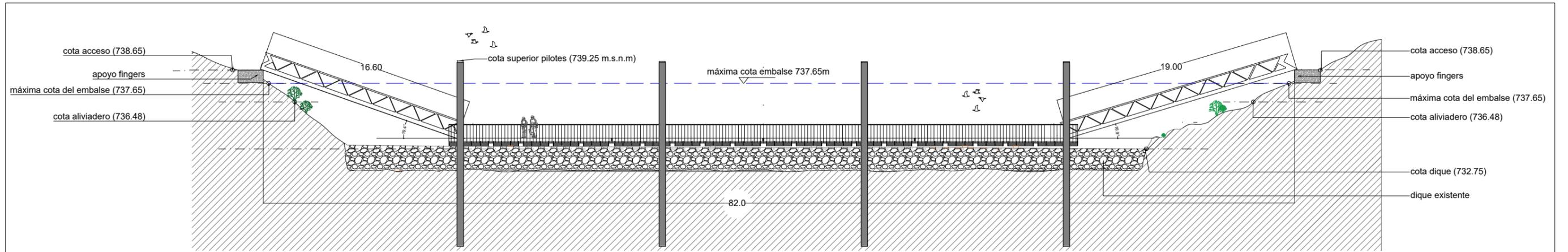


A3
1:200
ALZADO DETALLE

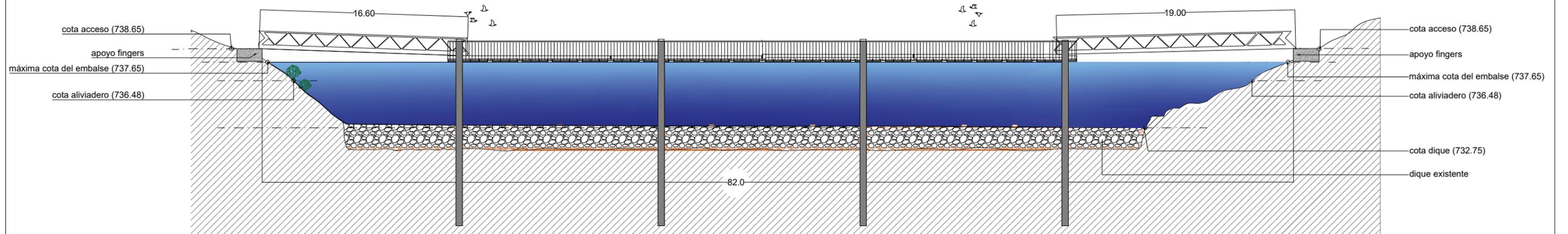


A3
1:200
SECCIÓN
DIQUE Y CAJONES

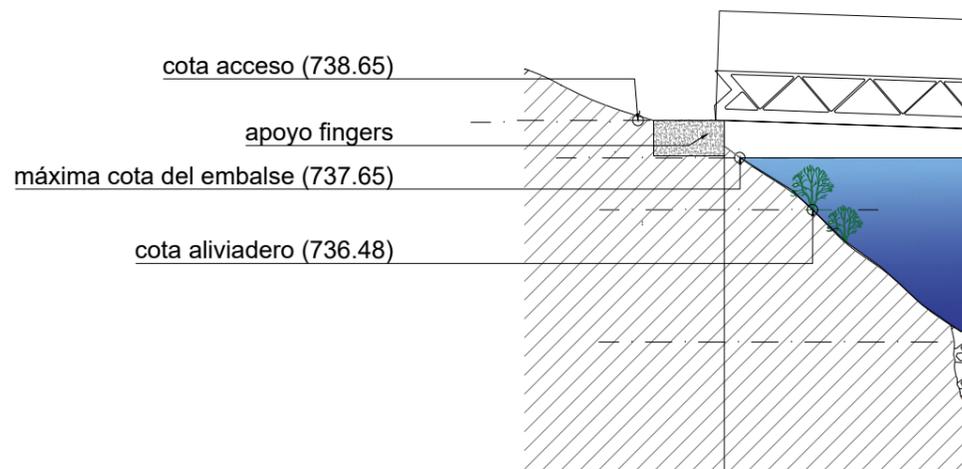
<p>TÍTULO DEL PROYECTO ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSÁ (ALBACETE)</p>		<p>AUTOR ORTEGA RODRÍGUEZ, JOSÉ DAVID <i>Jose D.</i></p>	<p>TÍTULO DEL PLANO ALTERNATIVA 1</p>	<p>ESCALAS VARIAS</p>	<p>NÚMERO DEL PLANO 4/8</p>	<p>FECHA VALENCIA, JULIO 2021</p>
--	--	---	--	----------------------------------	--	--



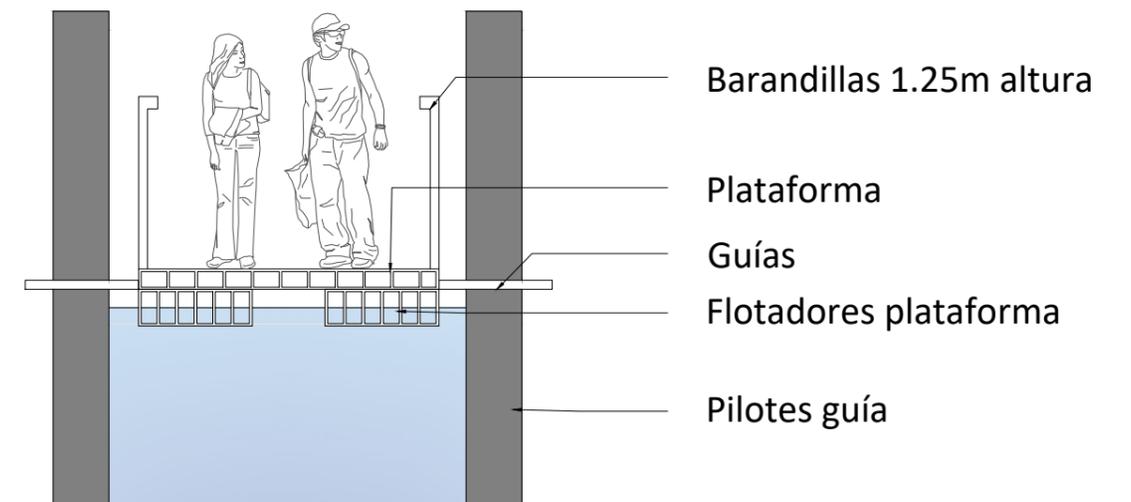
A3 ALZADO GENERAL ALTERNATIVA 2
N/A NIVEL DEL AGUA POR DEBAJO DEL DIQUE



A3 ALZADO GENERAL ALTERNATIVA 2
N/A MÁXIMO NIVEL DEL EMBALSE



A3 ALZADO DETALLE
1:200 ZONA ESTRIBO SUR



A3 SECCIÓN
1:50

TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSA (ALBACETE)



AUTOR

ORTEGA RODRÍGUEZ, JOSÉ DAVID

TÍTULO DEL PLANO

ALTERNATIVA 2

ESCALAS

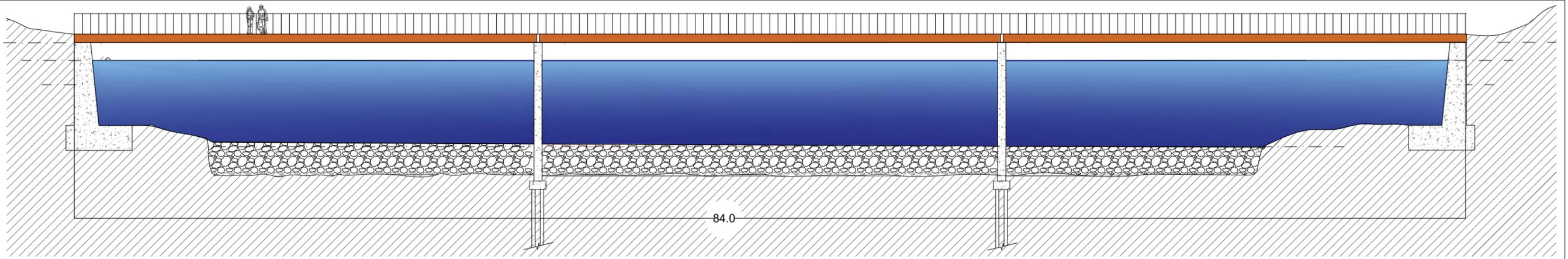
VARIAS

NÚMERO DEL PLANO

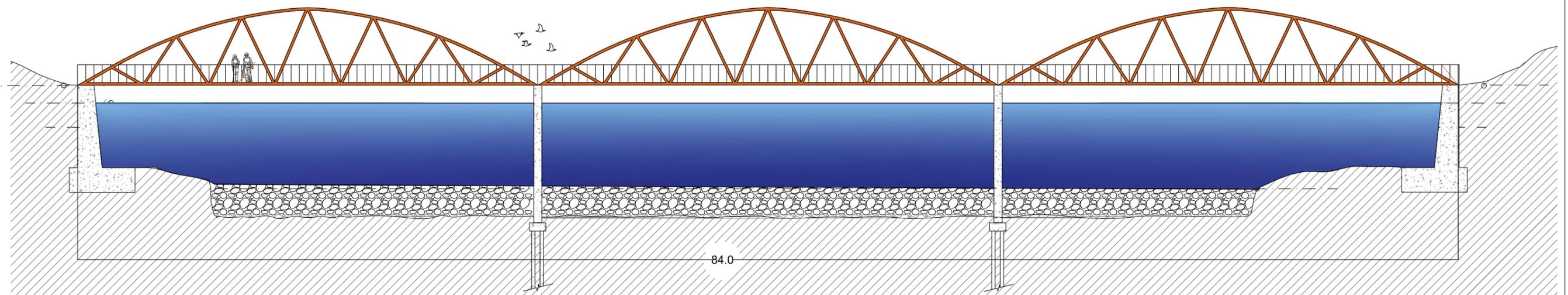
5/8

FECHA

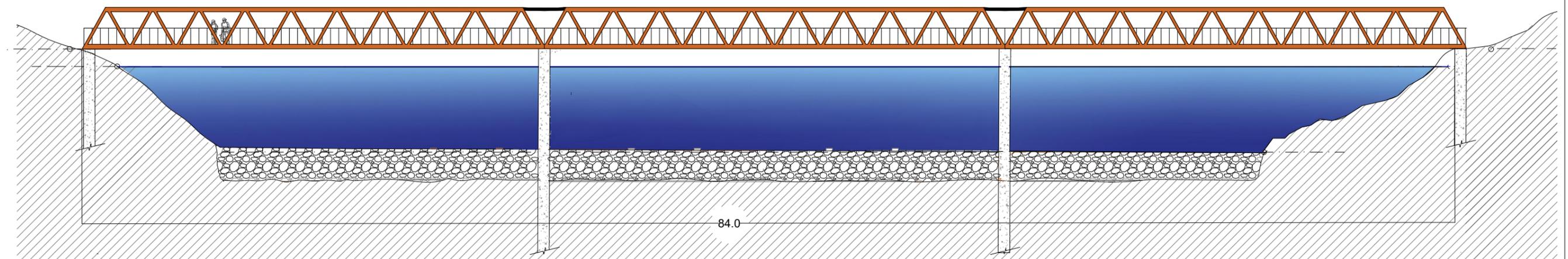
VALENCIA, JULIO 2021



A3 ALZADO GENERAL ALTERNATIVA 3
N/A TIPOLOGÍA VIGA



A3 ALZADO GENERAL ALTERNATIVA 3
N/A TIPOLOGÍA ARCO



A3 ALZADO GENERAL ALTERNATIVA 3
N/A TIPOLOGÍA CELOSÍA

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSA (ALBACETE)



AUTOR

ORTEGA RODRÍGUEZ, JOSÉ DAVID

TÍTULO DEL PLANO

ALTERNATIVA 3 - TIPOLOGÍAS

ESCALAS

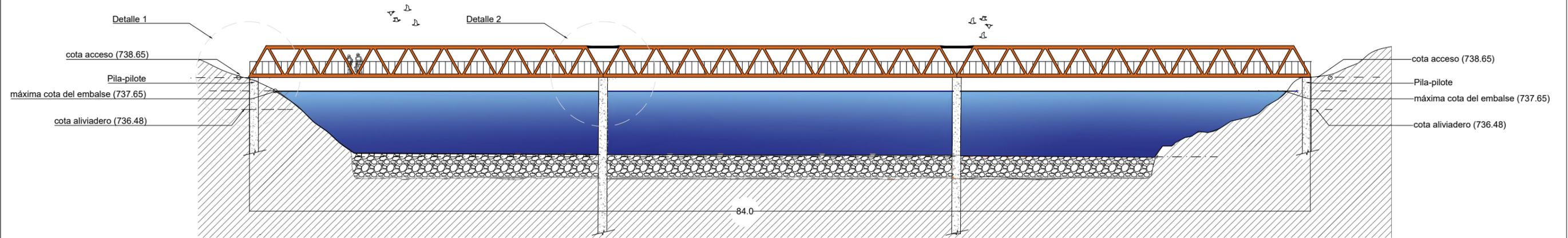
VARIAS

NÚMERO DEL PLANO

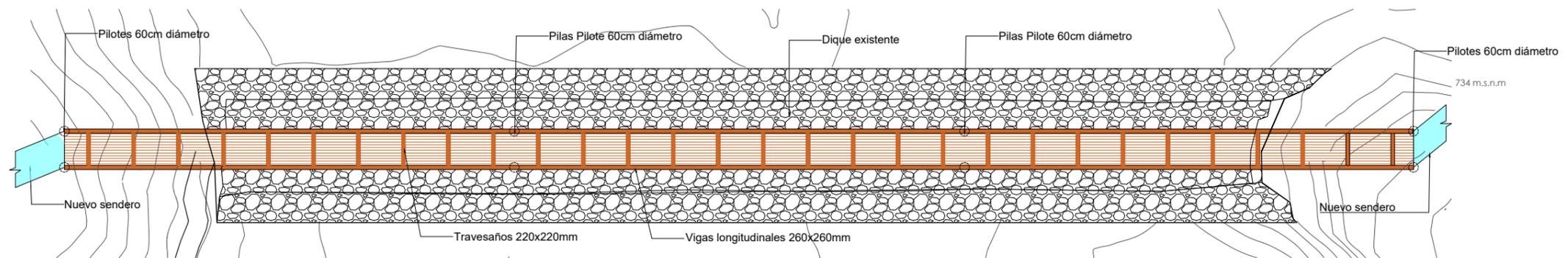
6/8

FECHA

VALENCIA, JULIO 2021



A3 ALZADO GENERAL
N/A ALTERNATIVA 3



A3 PLANTA GENERAL
N/A ALTERNATIVA 3

TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSA (ALBACETE)



AUTOR

ORTEGA RODRÍGUEZ, JOSÉ DAVID

TÍTULO DEL PLANO

ALTERNATIVA 3 - ALAZADO Y PLANTA GENERALES

ESCALAS

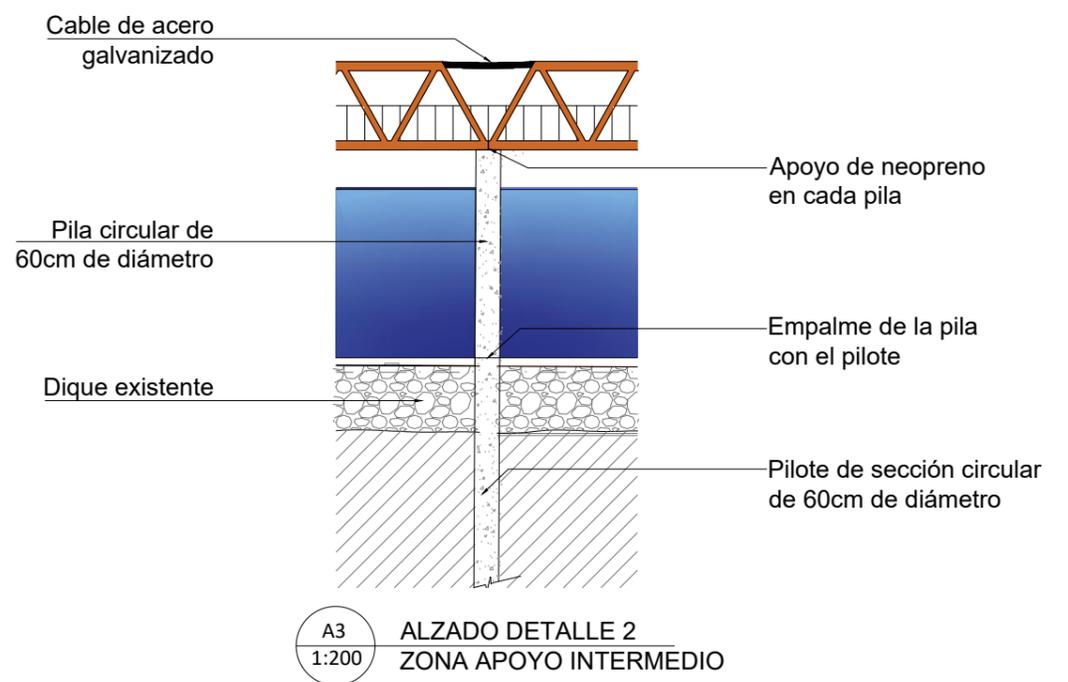
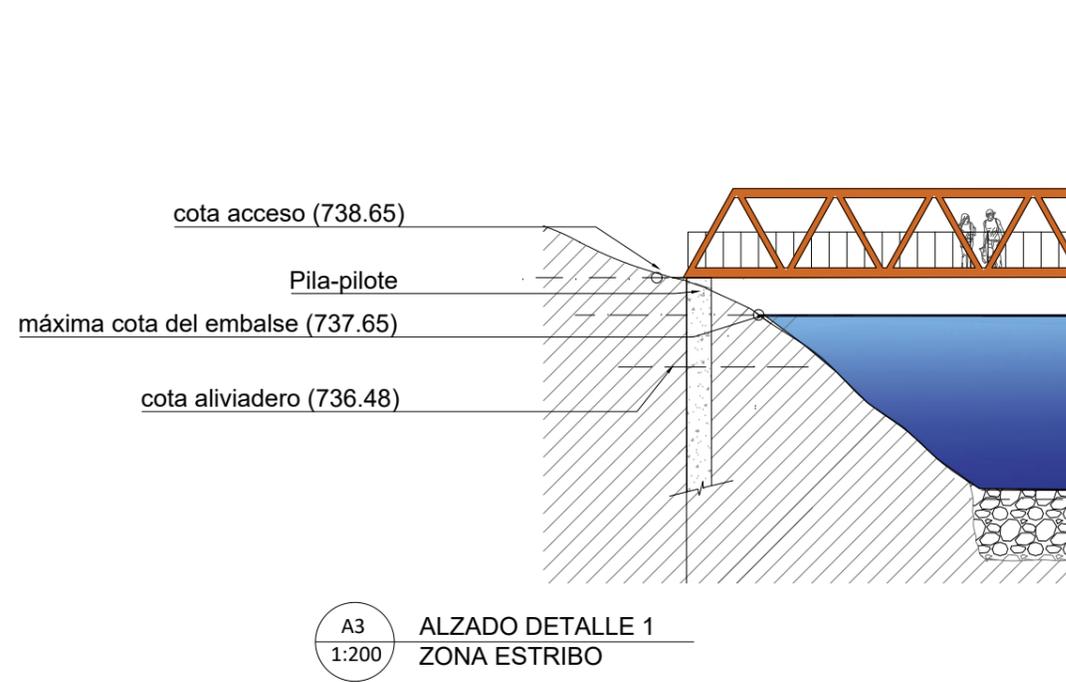
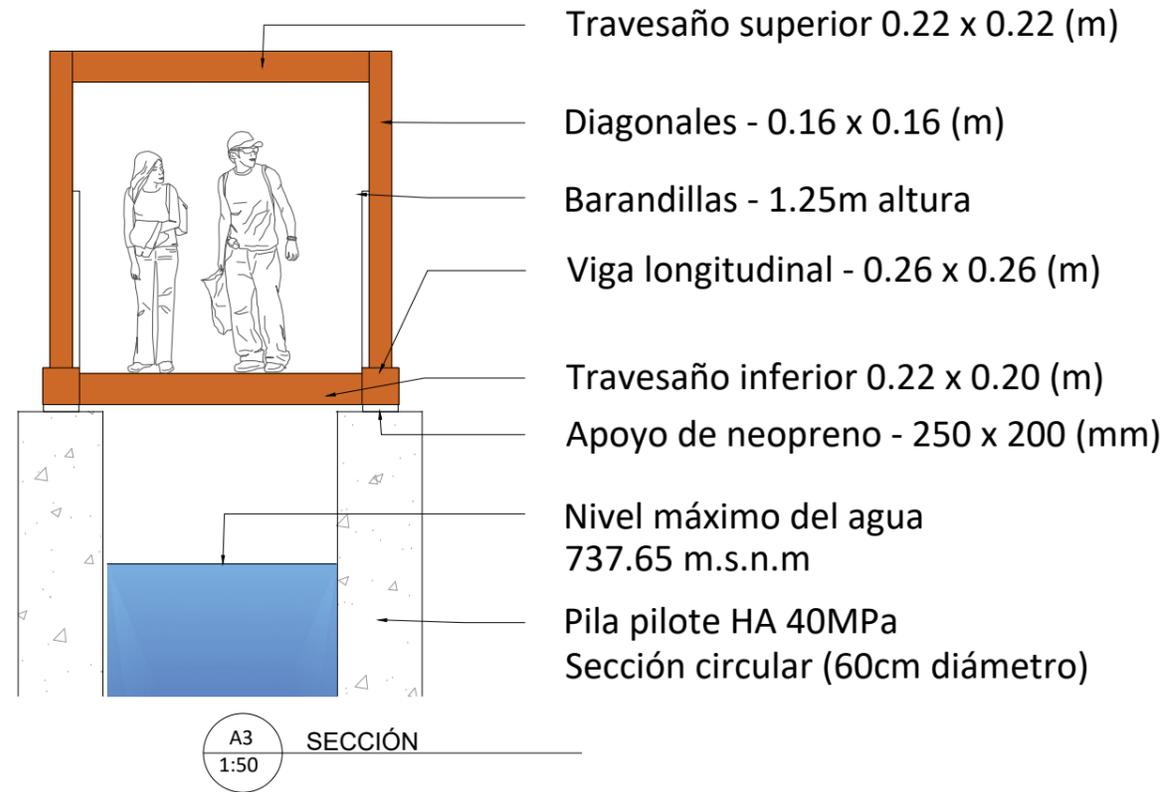
VARIAS

NÚMERO DEL PLANO

7/8

FECHA

VALENCIA, JULIO 2021



TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DE SOLUCIONES DE LA CONTINUACIÓN DEL SENDERO PEATONAL LA RUTA DE LA PRESA A TRAVÉS DEL EMBALSE DE ALMANSA (ALBACETE)



AUTOR

ORTEGA RODRÍGUEZ, JOSÉ DAVID

TÍTULO DEL PLANO

ALTERNATIVA 3
SECCIÓN Y DETALLES

ESCALAS

VARIAS

NÚMERO DEL PLANO

8/8

FECHA

VALENCIA, JULIO 2021