

PROYECTO DE RESTAURACIÓN FLUVIAL DEL SOTO
DEL PUENTE, PARCELAS 400 Y 402 DEL POLÍGONO 11 DE
CAPARROSO.

MEMORIA

Octubre 2022

Historial de revisión						
Rev.	Fecha	Descripción	Autor	Revisor	Observaciones	Aprobación del cliente
1	18/10/2022	MEMORIA	Alberto Barseló	Eduardo Lastrada		
2						
3						
4						
5						

Declaración Responsable:

SPESA INGENIERÍA, S.A. y los autores responsables de la preparación y elaboración de este informe declaran no tener, ni esperar tener un derecho de usufructo en el área de estudio de este proyecto y la voluntad de no beneficiarse de ninguna de las recomendaciones formuladas en este informe.

La preparación de este informe ha estado de acuerdo con la información e indicaciones proporcionados por el cliente y se ha confiado en la información, los datos y los resultados previstos o recogidos de las fuentes.

Toda la información contenida en este informe está preparada para el uso exclusivo del cliente y no debe ser utilizado para ningún otro propósito o por cualquier otra persona o entidad sin su consentimiento. No debe confiarse en la información contenida en este informe para cualquier otro propósito aparte de los expuestos en él.

SPESA INGENIERÍA, S.A., no asume ninguna responsabilidad por cualquier pérdida, daño o inconveniente que surja de cualquier persona o entidad que utilice la información de este estudio para fines distintos a los indicados anteriormente.



SPESA INGENIERIA S.A.
CIF A50098722
Av.César Augusto 3, 10°C
50.004 Zaragoza (España)
Tel. (+34) 976 41 01 47
spesa@spesa.es
www.spesa.es

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS	1
3.	AMBITO DEL PROYECTO	2
4.	ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA	5
5.	OBJETO DEL PROYECTO	6
6.	CARACTERIZACION DEL MEDIO	7
6.1.	CLIMATOLOGÍA	7
6.2.	HIDROLOGÍA	8
6.3.	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	9
6.3.1.	Contexto Geológico	9
6.3.2.	Contexto Geomorfológico	10
6.4.	EDAFOLOGÍA	13
6.5.	FAUNA	15
6.6.	FLORA	17
6.7.	ESPACIOS NATURALES	19
6.8.	PATRIMONIO HISTÓRICO	20
7.	DIRECTRICES Y CONDICIONANTES	20
8.	CONDICIÓN DE REFERENCIA E IMAGEN OBJETIVO	21
8.1.	CONDICIÓN REFERENCIA	21
8.2.	EVOLUCIÓN TEMPORAL	23
8.3.	IMAGEN OBJETIVO	26
9.	ANALISIS DE ALTERNATIVAS	28
9.1.	OPCIÓN 0	28
9.2.	OPCIÓN 1. RETIRADA DE ESCOLLERA	28
9.3.	OPCIÓN 2. RETIRADA ESCOLLERA Y MOTA	29
9.4.	OPCIÓN 3. RETIRADA ESCOLLERA Y MOTA, Y REBAJE DE TERRENO	30
9.5.	ALTERNATIVA SELECCIONADA	31
10.	DESCRIPCION DE LAS ACTUACIONES	32
10.1.	ELIMINACION PARCIAL DE MURO DE ESCOLLERA	32
10.2.	ELIMINACION DE VEGETACIÓN	34
10.3.	RETIRADA DE MOTA Y REBAJE DE PLATAFORMA	35

10.4. ESTABILIZACION Y REFUERZO DE TALUDES INTERIORES	39
10.5. REFORESTACION	41
10.5.1. Pie de escollera revegetado	43
10.5.2. Rodal A	43
10.5.3. Rodal B	45
10.5.4. Rodal C	46
10.5.5. Rodal D	47
10.5.6. Rodal E	48
10.5.7. Selección y procedencia del material vegetal	48
10.5.8. Densidades, marcos y periodo de plantación	50
10.6. ITINERARIO AMBIENTAL Y AREA RECREATIVA	51
11. GESTIÓN DE RESIDUOS	52
12. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS	54
13. SEGURIDAD Y SALUD	54
14. PLAN DE OBRA	54
15. PRESUPUESTOS	55
15.1. PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	56
15.2. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD	56
15.3. PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	56
15.4. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	56
15.5. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	56
16. FORMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS	57
17. PLAZO DE GARANTIA	57
18. CONCLUSIONES	58

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el denominado **“PROYECTO DE RESTAURACIÓN FLUVIAL DEL SOTO DEL PUENTE, PARCELAS 400 Y 402 DEL POLÍGONO 11 DE CAPARROSO”**.

Este proyecto se enmarca dentro de los trabajos impulsados por el Gobierno de Navarra, y con el apoyo del Ayuntamiento de Caparroso, para el asesoramiento, análisis y diagnóstico del estado del medio fluvial del río Aragón a su paso por Caparroso, en los que además de los citados trabajos, deben redactarse los siguientes documentos:

- *“Estudio valorado de alternativas de actuación para la recuperación del espacio fluvial del río Aragón a su paso por el T.M. de Caparroso, como estrategia de conservación reducción del impacto de inundaciones”.*
- *“Proyecto de restauración fluvial del soto del Puente, parcelas 400 y 402 del polígono 11 de Caparroso”.*

Este proyecto debe ser elaborado simultánea y coordinadamente con los trabajos de análisis y diagnóstico del estado del medio fluvial, así como del estudio de alternativas.

2. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

En el año 2009 del Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra, a través de la empresa pública Gestión Ambiental de Navarra, promovió la realización del denominado **“ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE ACTUACION DE RESTAURACION DE RÍOS Y DEFENSA FRENTE A INUNDACIONES EN LA ZONA DE CONFLUENCIA DE LOS RÍOS ARGÁ Y ARAGÓN”**. Este estudio buscaba responder a la problemáticas de la zona, resumida en 3 vértices esencialmente:

- Desequilibrio geomorfológico. Incisión y simplificación del cauce motivados por las obras de canalización, dragado y defensa llevadas que se llevaron cabo en la zona durante décadas.
- Pérdida de funcionalidad ecológica del sistema fluvial. La degradación de los procesos fluviales ha afectado fuertemente a la continuidad de los bosques de ribera y por ende al resto de hábitats fluviales.
- Inundación de terrenos.

Este estudio tenía por objeto plantear una serie de alternativas de actuación que permitiesen mitigar la problemática planteada, teniendo en cuenta la relación existente entre los diferentes aspectos socioeconómicos, hidrológicos, hidráulicos, geomorfológicos y ecológicos.

Entre las propuestas planteadas por el citado estudio se encontraba, en el municipio de Caparroso, la eliminación de la escollera de la margen izquierda, aguas abajo de Caparroso, salvo su parte inicial y final, y la pista-mota que le acompaña. Esta actuación debería permitir que el curso fluvial recuperase la continuidad transversal con el canal de crecida que es funcional en episodios de avenida, y el soto que se desarrolla en margen izquierda.

El mismo año en que se elaboró el ya referido estudio de alternativas (2009), el Gobierno de Navarra ejecuta el proyecto “ADECUACIÓN AMBIENTAL DEL RÍO ARAGÓN EN EL TRAMO URBANO DE CAPARROSO. ACCIÓN 1-AUMENTO DE LA SECCIÓN DEL CAUCE”, que consistía en el retranqueo de la mota de la margen derecha del río Aragón a su paso por el tramo urbano de Caparroso.

En el año 2010 el Gobierno de Navarra ejecuta el denominado “PROYECTO DE RESTAURACION de RIBERA Y MEJORA RECREATIVA EN EL SOTO DEL PUENTE EN EL LIC TRAMOS BAJOS DEL ARAGON Y ARGA (T.M. CAPARROSO)”, que consistió en la restauración de la margen derecha con vegetación de ribera y creación de una zona de usos público, así como en la eliminación de basuras y madera muerta en la margen izquierda (parcelas 400 y 402 del polígono 11) y la creación de bosquetes con especies de ribera (120 árboles entre chopos, álamos y sauces blancos). En la margen izquierda de “Soto del Puente” también se acondiciono una pequeña área de recreo (3 conjuntos Picnic).

En marzo de 2017 se declara la Z.E.C. “Tramos Bajos del Aragón y del Arga” y se aprueba su Plan de Gestión.

En noviembre de 2019 el Gobierno de Navarra ejecuto la memoria “ELIMINACIÓN DE CHOPOS HIBRIDOS (ALLOCTONOS) DE LAS MARGENES FLUVIALES DEL RÍO ARAGÓN (T.M. CAPARROSO)”, que consistió en la eliminación de ejemplares de chopo híbrido en la margen derecha del río Aragón, en terrenos incorporados al territorio fluvial tras el retranqueo de la mota de 2009.

3. AMBITO DEL PROYECTO

El ámbito de estudio del presente proyecto radica en Caparroso, localidad Navarra bañada por el río Aragón, localizándose las actuaciones propiamente dichas en la margen izquierda de dicho río en el tramo comprendido entre las desembocaduras de sus afluentes Zidacos y Arga en la parte baja de su cuenca hidrográfica.



Localización de la población de Caparroso en el contexto de la cuenca del río Aragón (FUENTE. CHE)

En lo que al río Aragón respecta, supone el principal afluente del Ebro en cuanto a aportaciones se refiere. Con una longitud de unos 175 km, drena una cuenca vertiente de unos 8.600 km², de los de que unos 2.800 km² pertenecen a la cuenca del Arga, su principal afluente por margen derecha y con el que confluye a unos 18 km aguas abajo del núcleo urbano de Caparroso.

En este sector, en el entorno de Caparroso, el paisaje está dominado por una amplia llanura aluvial. En la margen derecha este dominio se prolonga mediante un sistema complejo de terrazas de más de 5,0 km de anchura, conformando una extensa vega sometida a una explotación agrícola intensiva gracias al riego con recursos procedentes del propio río. En margen izquierda, por el contrario, la llanura aluvial termina bruscamente al pie de importantes relieves, que llegan a desarrollar cortados verticales de hasta más de 100 m de altura y que lindan directamente con el cauce del río o con una estrecha faja de terrenos aluviales de menos de 1,0 km de anchura máxima.

Dentro de este contexto, Caparroso se localiza a caballo de los relieves que dominan el Aragón por el sur y las pequeñas terrazas aluviales desarrolladas en la margen izquierda del río, situándose el casco histórico sobre la ladera de esos relieves y el ensanche moderno sobre una terraza baja.



Emplazamiento de Caparroso en relación con los relieves de la zona (MTN 50.000 del IGN)

En lo que a la localización exacta de las actuaciones ligadas al presente proyecto se circunscriben a las parcelas 400 y 402 del polígono 11 del término municipal de Caparroso (Navarra).



Localización de la población de la zona de actuación.

En cuanto a la ubicación de las actuaciones ligadas al proyecto respecto a las principales figuras de protección ambiental, se puede observar que las actuaciones quedan englobadas dentro de la Zona de Especial Conservación (ZEC.: 2200035) denominada: “Tramos bajos del Aragón y Arga”, declarada como tal por Decreto Foral 14/2017, de 8 de marzo.



Ubicación de la zona de actuación respecto a la Zona Especial Conservación (ZEC.: 2200035)

En lo que respecta a otros espacios naturales protegidos, la zona de actuación no se encuentra dentro de ninguno de ellos (ZEPAS, Áreas Naturales recreativas, Parques naturales, Reservas integrales, Enclaves Naturales, Reservas naturales y Paisajes Protegidos), siendo el más cercano el denominado “Sotos de La Lobera y El Sotillo”, declarados por la Ley Foral 6/1987.



Ubicación de la zona de actuación respecto a la Reserva Natural más próxima

En lo que al régimen hidrológico respecta, el caudal medio circulante por la estación es de 64,834 m³/s, con caudales mínimo y máximo mensual de 0,73 m³/s y 392,76 m³/s, respectivamente, y un caudal máximo instantáneo de 1.396,7 m³/s, sufrido el día 2 de abril de 2007 y que supuso que la lámina de agua alcanzase una altura de 5,23 m. Dicho caudal es ligeramente superior al estimado para la máxima crecida ordinaria en régimen natural (1.258 m³/s).

También hay que señalar que, desde la entrada en servicio de la minicentral hidroeléctrica de Caparroso y el canal de derivación asociado, parte de los caudales circulantes baipasean la estación de aforos, por lo que el dato de caudal total corresponde a la suma de los caudales registrados en la estación de aforos y en la minicentral y está referido a un punto situado inmediatamente aguas abajo de la salida del canal de entrega de las aguas turbinadas al cauce del Aragón. Los caudales derivados para turbinar representan una porción mínima de los caudales

circulantes en situación de crecida extraordinaria, pero son una fracción muy importante de los ordinarios: la minicentral cuenta con una concesión máxima de 70 m³/s frente a los 64,8 m³/s del caudal medio del río



Localización de la E. aforos A005, la minicentral hidroeléctrica de Caparrosa y del punto al que se asigna el caudal total registrado (FUENTE: SAIH Ebro)

El caudal máximo instantáneo registrado, con ser muy importante, está lejos de los esperables para, en condiciones de régimen natural, avenidas de periodo de retorno de alta recurrencia: 2.018 m³/s para la avenida de 10 años o 3.217 m³/s para la de 100. La razón de ello se encuentra en los grandes embalses de Yesa e Itoiz, que entraron en servicio en 1960 y 2003, respectivamente, y con un indudable impacto hidromorfológico sobre el río Aragón por alteración del flujo tanto de agua como de sedimentos.

4. ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA

El análisis de los datos disponibles pone de manifiesto que en términos generales el mayor problema del sistema fluvial es la drástica reducción del volumen de agua circulante, agravado por la derivación de caudales hacia la minicentral hidroeléctrica de Caparrosa, como consecuencia del efecto regulador de los embalses de Yesa e Itoiz, e indirectamente la drástica reducción de la carga sólida movilizable por el río.

Las consecuencias de todo ello es una acusada disminución de la altura de la lámina de agua circulante y consecuentemente del freático, lo que conlleva la desconexión del río con su llanura de inundación histórica, fenómeno agravado por la presencia de motas defensivas que limitan aún más la conectividad transversal del sistema, y el consiguiente descuelgue del nivel piezométrico, lo que dificulta, cuando no impide, el desarrollo de vegetación riparia en ese ámbito.

Adicionalmente los refuerzos de margen constituyen en sí mismo la canalización del río, constriñendo e impidiendo el natural movimiento del río.

Secundariamente, las cortas efectuadas en los años 70 y 80 del pasado siglo de algunos de los meandros del Aragón han colaborado en la desconexión del río con su llanura de inundación y, a medio plazo, con la progresiva desecación de los galachos creados artificialmente. De igual forma, la

introducción de obstáculos transversales al cauce (azudes) está alterando aún más el ya muy precario equilibrio del sistema, con aparición de procesos de decantación, característicos de medios tranquilos, en el canal activo.

En resumen, todas estas cuestiones conllevan por tanto:

- El estrechamiento y encajonamiento del cauce, lo que a su vez ha iniciado procesos de incisión.
- Desconexión del cauce de su llanura de inundación con la consiguiente reducción en los aportes de sedimentos y, por lo tanto, de los caudales sólidos del río Aragón aguas abajo del tramo de estudio.
- Una reducción de la capacidad de movimiento del río, con la consiguiente simplificación de la morfología del cauce, así como la paulatina eliminación de hábitats ribereños.
- Disminución de la dinámica hidromorfológica del cauce y de las riberas más próximas.
- Aparición de fenómenos de estrés hídrico crónico en la vegetación ripícola motivado por el pronunciado descenso del nivel freático (Incisión del cauce), que ha conllevado la desconexión del sistema radicular de esta vegetación con dicho nivel freático.

5. OBJETO DEL PROYECTO

A raíz de la problemática existente, resumida en el Apartado 1.-Introducción, y de la que a continuación se exponen los principales elementos:

- Desequilibrio geomorfológico: Incisión y simplificación del cauce.
- Pérdida de funcionalidad ecológica del sistema fluvial.

El objeto del presente proyecto es definir las actuaciones necesarias para la restauración y mejora de condiciones del Soto del Puente ubicado en las parcelas 400 402 del polígono 11 del T.M. de Caparroso. Estas actuaciones persiguen los siguientes objetivos individuales:

- Minimizar los efectos de las avenidas gracias al ensanchamiento de la ribera funcional mediante la eliminación de los refuerzos de margen izquierda, y el rebaje de la terraza artificial formada en su trasdós.
- Restauración y mejora del hábitat existente gracias a la plantación de vegetación riparia autóctona, mediante técnicas que permitan un nivel de garantía adecuado para su supervivencia a lo largo del tiempo con altos niveles de eficiencia energética e hídrica.
- Eliminación de flora de carácter alóctono (Ailantos, falsa Acacia, Plataneros, chopo productivos...)
- Creación de un espacio ribereño de recreo para la población, que esté adecuadamente integrado con el/los hábitats que se pretenden recrear.

6. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO

En este capítulo se resumen las características básicas del medio en el que se ubican las actuaciones: Clima, Hidrología, Geomorfología, Edafología, Fauna, Flora, Espacios Naturales, Patrimonio Histórico.

6.1. CLIMATOLOGÍA

Este apartado, que se ha desarrollado en detalle en el Anejo 3. Estudio del Medio, caracteriza en clima de Caparroso utilizando para ello los datos climáticos de la serie histórica 29P/53T-2021 de la estación meteorológica manual ubicada en Caparroso (Navarra) en las coordenadas: 610989, 4688426, 303 msnm. Los datos, de los que a continuación se muestra un resumen, pueden ser consultados a través del siguiente enlace:

http://meteo.navarra.es/climatologia/fichasclimaticas_estacion.cfm?IDestacion=97

PARÁMETRO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Precipitación media (mm)	29.5	25.8	32.2	45.5	49.3	41.1	23.3	24.3	39.9	44.3	45.7	33.5	434.5
Precipitación máxima 24 horas (mm)	46.4	27	44.5	55	58.8	80	64.6	94.2	92	82	105	41.2	105
Días de lluvia	8.5	7.2	7.5	8.5	8.6	6.2	4.1	4.2	5.3	7.6	9.4	8.6	85.6
Días de nieve	0.7	0.9	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0.6	2.7
Días de granizo	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0.8
Temperatura máxima absoluta (°C)	23	23	30	35	38.5	45	47	45	42	36	27	22	47
Temperatura media de máximas (°C)	9.8	12	16	18.6	23.3	28.3	31.8	31.4	27.3	20.8	13.7	10	20.2
Temperatura media (°C)	5.5	6.9	10	12.4	16.7	20.9	23.9	23.7	20.2	15	9.1	6	14.2
Temperatura media de mínimas (°C)	1.2	1.7	3.9	6.3	10	13.6	16	15.9	13.2	9.2	4.5	1.9	8.1
Temperatura media de mínimas absolutas (°C)	-4.5	-3.6	-1.7	0.8	4.3	8.3	11.4	11	7.8	2.8	-2	-4.2	2.5
Temperatura mínima absoluta (°C)	-13	-11	-7	-3	1	5	8	6	3	-1	-8	-13	-13
Días de helada	13.5	10.9	4.7	1	0	0	0	0	0	0.1	4.8	10.9	45.9
ETP, índice de Thornthwaite (mm)	10.3	15	32.3	49	85.5	121.4	149.9	136.8	94.1	55.2	22.5	11.5	783.5

A la vista de las variables climáticas analizadas se puede concluir que el clima de Caparroso es de tipo **Mediterráneo-Continental con inviernos fríos** (2 °C de media en enero) y **veranos cálidos** (30 °C de media en Agosto), **lluvias escasas** (424 mm anuales caídos en 65 días) e **irregulares** y con

una aridez de alrededor de 750 mm de evapotranspiración potencial acentuada por la acción del viento (Cierzo).

Según los distintos índices y clasificaciones climáticas utilizadas se puede afirmar lo siguiente:

- Índice de aridez de **Martonne**: Zona **Semiárida de tipo Mediterráneo**
- Clasificaciones climáticas de **Köppen**: Clima de tipo “Csa”. **Clima templado con veranos cálidos y secos.**
- Clasificaciones climáticas de **Papadakis**: Clima de tipo **Mets. Mediterraneo templado (seco)**

6.2. HIDROLOGÍA

La zona de actuación se ubica en la vega adyacente al río Aragón por su margen izquierda, entre las desembocaduras de sus afluentes Zidacos y Arga, en la parte baja de su cuenca.

El río Aragón supone el principal afluente del Ebro en cuanto a aportaciones se refiere. Con una longitud de unos 175 km, drena una cuenca vertiente de unos 8.600 km², de los de que unos 2.800 km² pertenecen a la cuenca del Arga, su principal afluente por margen derecha y con el que confluye a unos 18 km aguas abajo del núcleo urbano de Caparroso.

En lo que a caudales se refiere, al amparo de los datos recogidos por la estación de aforo A005. Aragón en Caparroso (serie de 74 años entre 1912-2018), se observa que el caudal medio circulante por la estación es de 64,834 m³/s, con caudales mínimo y máximo mensual de 0,73 m³/s y 392,76 m³/s, respectivamente, y un caudal máximo instantáneo de 1.396,7 m³/s, sufrido el día 2 de abril de 2007 y que supuso que la lámina de agua alcanzase una altura de 5,23 m. Dicho caudal es ligeramente superior al estimado para la máxima crecida ordinaria en régimen natural (1.258 m³/s).

Desde la entrada en servicio de la minicentral hidroeléctrica de Caparroso y el canal de derivación asociado, parte de los caudales circulantes baipasean la estación de aforos, por lo que el dato de caudal total corresponde a la suma de los caudales registrados en la estación de aforos y en la minicentral y está referido a un punto situado inmediatamente aguas abajo de la salida del canal de entrega de las aguas turbinadas al cauce del Aragón. Los caudales derivados para turbinar representan una porción mínima de los caudales circulantes en situación de crecida extraordinaria, pero son una fracción muy importante de los ordinarios: la minicentral cuenta con una concesión máxima de 70 m³/s frente a los 64,8 m³/s del caudal medio del río

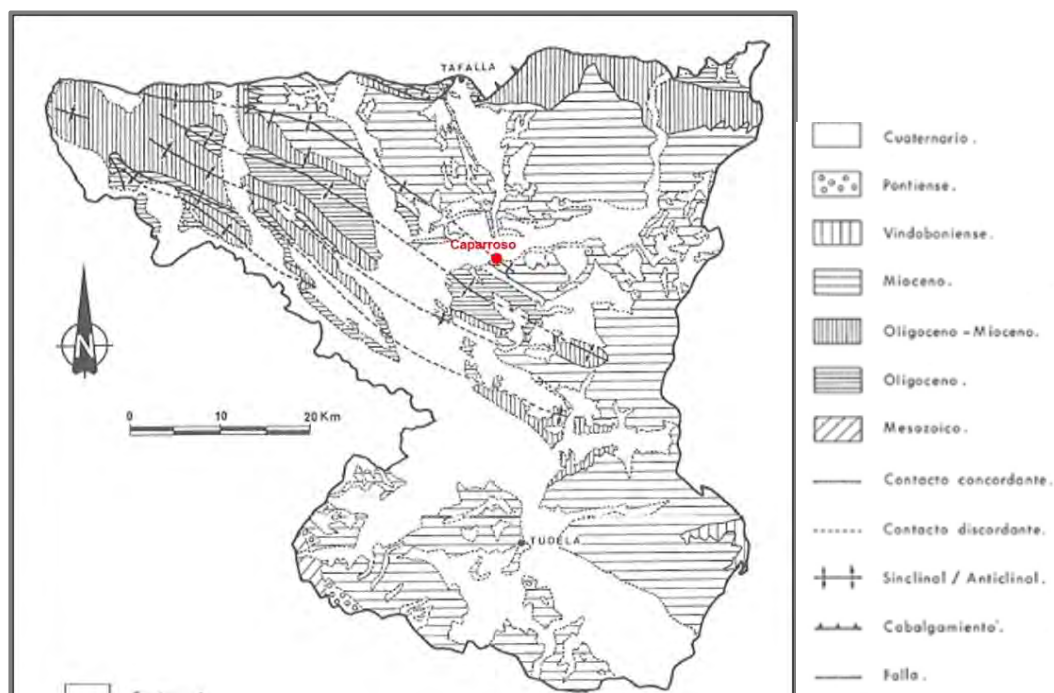
El caudal máximo instantáneo registrado, con ser muy importante, está lejos de los esperables para, en condiciones de régimen natural, avenidas de periodo de retorno de alta recurrencia: 2.018 m³/s para la avenida de 10 años o 3.217 m³/s para la de 100. La razón de ello se encuentra en los grandes embalses de Yesa e Itoiz, que entraron en servicio en 1960 y 2003, respectivamente, y con un indudable impacto hidrogeomorfológico sobre el río Aragón por alteración del flujo tanto de agua como de sedimentos.

6.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Este apartado, que se ha desarrollado en el Anejo 3. Estudio del Medio, describe las características geológicas y geomorfológicas de la zona de actuación y el contexto en las que se encuadran.

6.3.1. Contexto Geológico

La cuenca del río Aragón ocupa terrenos pertenecientes a dos grandes dominios geológicos: los Pirineos al Norte y la Depresión del Ebro al sur. El ámbito pirenaico ocupa aproximadamente dos terceras partes de su cuenca, estando representadas la Zona Axial pirenaica en parte de las áreas de cabecera del Aragón y de algunos de sus afluentes orientales y, sobre todo, la denominada Zona Surpirenaica, en concreto ocupando buena parte del Sinclinal de Pamplona-Jaca.



Ubicación de la zona de actuación respecto a la Reserva Natural más próxima

No obstante, el término municipal de Caparrosa se sitúa en terrenos encuadrados en la denominada Depresión del Ebro, área que funcionó durante la orogenia alpina como una antefosa un tanto atípica del orógeno pirenaico y que resultó posteriormente rellenada por el depósito de los materiales denudados en las montañas circundantes (en este caso, el extremo occidental de los Pirineos). Esta cuenca sedimentaria puede ser dividida en tres sectores relativamente bien diferenciados: la Cubeta Catalana, que ocupa su extremo oriental y está rellenada fundamentalmente por depósitos paleógenos de hasta 3.500 m de potencia, el sector central o Umbral Aragonés, con materiales oligocenos y miocenos que suman espesores máximos del orden de 1.000 m, y el extremo occidental o Cuenca Navarro-Riojana, donde los depósitos oligocenos y, en menor medida, miocenos alcanzan espesores máximos de hasta 5.000 m y se encuentran cabalgados en sus bordes por las unidades estructurales que conforman las Sierras de la Demanda y de Cantabria.

Desde el tránsito entre el Eoceno-Oligoceno hasta finales del Terciario la cuenca se constituye en un área cerrada y endorreica que ira colmatándose con sedimentos de tipo continental. Es a finales del Terciario cuando desaparece el carácter endorreico de la cuenca y comienza el proceso que conduce a la formación de la actual red hidrográfica, que a su vez posibilita el desarrollo de recubrimientos cuaternarios ligados a la dinámica fluvial y de ladera.

En torno a la confluencia de los ríos Arga y Aragón, el sustrato regional sobre el que se ha labrado el relieve actual está constituido por materiales de edad oligocena y, en menor cuantía, miocena. Formados por yesos y arcillas con ocasionales tablas de calizas y areniscas intercaladas, su origen es de tipo palustre-lacustre (yesos y calizas) con influencia fluvio-aluvial (arcillas y areniscas) y generados bajo condiciones de notable aridez. La influencia fluvio-aluvial se acentúa hacia el techo de la serie miocena, donde los términos arcillo-areniscosos llega a formar paquetes de decenas de metros de espesor intercalados en la serie margo-yesífera, como se aprecia en el entorno de Caparroso.

Los sedimentos de edad cuaternaria están representados por varios y extensos niveles, o mejor, agrupaciones de terrazas asociadas a los ríos Aragón, Arga y, más al sur, Ebro. Además, también se localizan pequeños depósitos de esta edad ligados a la actividad de las laderas, básicamente coluviones y algunos glaciares que, en ocasiones, pueden ser catalogados como formaciones mixtas tipo glacis-terrazza.

Desde el punto de vista morfológico, la naturaleza de los materiales cenozoicos, poco competentes en general y constituidos en gran medida por materiales bastante solubles (yesos), ha posibilitado el desarrollo de los principales rasgos de la comarca, como son el carácter asimétrico de los valles fluviales, la notable amplitud del fondo de éstos y la presencia de conjuntos de terrazas solapadas y superpuestas, en algunos casos muy deformadas (amalgamadas) por los procesos diapíricos tectónicos que registra el sustrato yesífero sobre el que se disponen.

De estas estructuras de plegamiento, en el entorno del término municipal del Caparroso, en los relieves que dominan el valle del Aragón, se distinguen, de noreste a suroeste, las siguientes:

- Anticlinorio de Falces-Caparroso.
- Sinclinal de Peralta.

6.3.2. Contexto Geomorfológico

De las distintas formas de modelado del terreno, en el entorno de Caparroso dominan las estructurales y las ligadas, directa o indirectamente, a la acción fluvial. Otras formas de modelado tienen un peso escaso, pudiendo mencionarse los fenómenos de ladera (modelado gravitacional) como los únicos con alguna importancia, mientras que el resto, como las formas asociadas al viento, al endorreísmo o al karst, pueden considerarse simplemente como anecdóticas.

A finales del Terciario, la depresión del Ebro pasa de unas condiciones endorreicas a otras exorreicas, empezando la degradación de los relieves anteriores. Por un lado, la red fluvial se encaja sobre el conjunto de materiales de la Depresión, dando lugar a la formación de relieves estructurales y, por otro, se alternan los estadios de agradación asociados al modelado fluvial. De la acción de los agentes externos de erosión y meteorización sobre el sustrato geológico resultan los distintos relieves estructurales.

Caparroso se localiza en el sector central de la Ribera de Navarra y dentro de él en el área dominada por los relieves en yeso. En esta área, observando la relación entre la red fluvial y las estructuras tectónicas existentes, hay que plantear el desarrollo de una superficie erosiva primigenia que nivelase la zona y que posibilitase el posterior corte transversal de la sucesión de pliegues existente por la red fluvial. Por tanto, se estaría ante una sobreimposición de la red cuaternaria en los relieves terciarios.

A pesar de ello, posiblemente el rasgo estructural más fácilmente reconocible en todo el sector son las series de cuevas y hogbacks localizadas en los flancos de los pliegues, especialmente allí donde se dan intercalaciones de materiales de diferente resistencia en la serie yesífera.

El principal agente modelador del paisaje en el área de estudio es el agua, fundamentalmente la encauzada, aunque la escorrentía no encauzada también es responsable de algunas formas menores presentes en el entorno del área de estudio. El modelado asociado a la escorrentía encauzada es, obviamente, el fluvial y a él se debe básicamente la configuración de todo el ámbito, manifestándose tanto bajo formas erosivas como por depósitos sedimentarios, pudiendo ser estos últimos actuales en sentido amplio (holocenos) o antiguos (del Pleistoceno o, incluso, Plioceno).

Por tanto, las formas básicas de modelado fluvial son, por un lado, el sistema de terrazas asociados a cada curso fluvial y, por otro, los rasgos morfológicos y acciones actuales de esos cursos sobre el paisaje.

Respecto al sistema de terrazas, el río Aragón, al abandonar el dominio pirenaico y penetrar en la Depresión del Ebro encontrando materiales menos resistentes a la erosión, amplía de forma considerable su valle, liberándose de la carga sólida que arrastra y permitiendo el desarrollo de un importante sistema de terrazas. Dicho sistema, dependiendo del autor consultado presenta hasta 8 o 10 niveles distintos, siendo los más bajos los que presentan un mayor desarrollo al estar mejor conservados.

Los materiales depositados en las terrazas son de naturaleza granular, con gravas de naturaleza muy variada, con dominio de cantos de areniscas y calizas y, en mucha menos proporción, cuarcita, cuarzo, liditas y, en los niveles más altos, granito. Tienden a ser de tamaño pequeño o mediano, con medianas comprendidas entre los 2 y los 8 cm y centiles entre 30 y 40 cm, hasta 50 cm en las terrazas más altas. El espesor de los depósitos es moderado, no superando los 10 m en ningún caso.

Con la excepción de los más modernos, los depósitos de terraza asociados al río Aragón y varios de sus afluentes presentan deformaciones. En general, se suele tratar de suaves ondulaciones que alteran la horizontalidad del depósito, pero en otros casos entran en juego fenómenos de plegamiento y fallamiento del depósito que dificultan la identificación del nivel afectado. Esto último tiende a tener lugar allí donde las terrazas se han formado sobre formaciones margoyesíferas terciarias, lo cual justificaría un origen diapírico (halocinético), pero sin poder descartar por completo el tectónico.

Además de estos fenómenos deformacionales, a escala local también se registran procesos de intrusión de materiales terciarios, en especial margas yesíferas, en niveles de terrazas, deformándolos al menos parcialmente y favoreciendo el desarrollo de fenómenos de fracturación. También hay que apuntar la presencia de hundimientos localizados en depósitos de terraza como consecuencia de procesos de disolución desarrollados en formaciones yesíferas subyacentes, con aparición de dolinas aluviales.

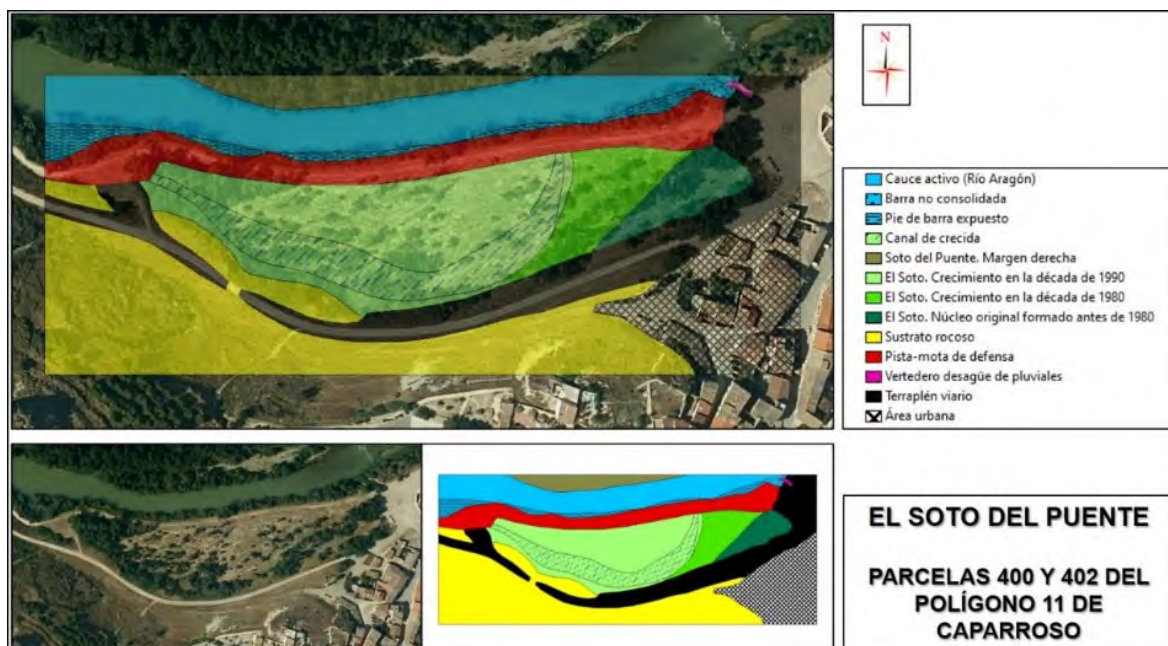
En lo que a la zona de intervención se refiere, se trata de un espacio aproximadamente triangular de unos 300 m de longitud por hasta 75 m de anchura máxima que queda encajado entre el cauce del Aragón y los relieves terciarios que configuran la ladera sur del valle.

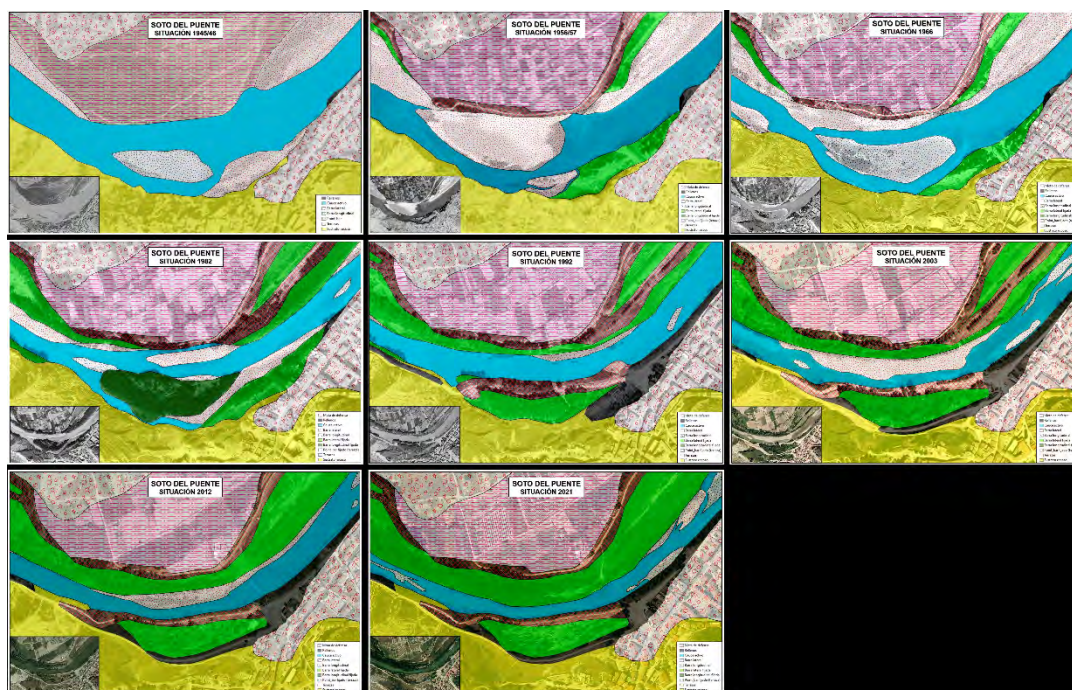
Atendiendo a su aspecto actual, se corresponde con un pequeño retazo de la terraza de 3-4, desarrollada a partir de barras que, en la práctica y como consecuencia de la dinámica fluvial y, en este caso, la ayuda del hombre, han dejado de ser funcionales como tales. Esta terraza está protegida por una pista-mota de defensa de unos 5,5 m de anchura en coronación que discurre entre las cotas 299,50 en sus extremos oriental y occidental y la 299,00 en su segmento central. Tomando como referencia el punto más bajo de esta rasante, se puede afirmar que para que tenga lugar la inundación de los terrenos defendidos, la crecida en el Aragón en este punto debería superar los 6,6 m con respecto a su situación de estiaje (cota de la lámina de agua en estío 292,4 m).

La terraza se localiza, lógicamente, en el trasdós de esa defensa, con el terreno situado entre las cotas 298,5 y 296,3. El primer valor se alcanza a lo largo de la superficie de apoyo del terraplén de la pista-mota y corresponde básicamente a la plataforma generada a partir de la regularización de las líneas de cresta de los diferentes trenes de dunas que configuraban la barra original. El segundo y menor valor se da en las inmediaciones del contacto con el talud de la ladera del valle y representa el fondo del resto del canal de crecida que se situaba en esa zona.

Obviando los elementos artificiales (mota, terraplenes y otros rellenos artificiales), la configuración del terreno, complementada con la información fotográfica disponible, permite distinguir un total de tres cuerpos sedimentarios diferentes.

El primero de ellos, de pequeñas dimensiones y forma triangular, enlaza con el área urbanizada (aparcamiento y plaza) aneja y se corresponde con el núcleo original de la barra formada en esta zona; es decir, con el extremo de aguas abajo de la barra lateral ya existente en los años 40. El segundo, de forma trapezoidal y adosado al anterior, corresponde al crecimiento posterior de esa barra, consolidado durante los años 80. El tercer cuerpo, de dimensiones muy superiores al resto y geometría semilunar, responde a la barra longitudinal migrada desde el centro del canal hacia la margen derecha del río y consolidada a partir de los años 80.





Evolución geomorfológica histórica de la zona de intervención

6.4. EDAFOLOGÍA

Este apartado, que se ha desarrollado en el Anejo 4.: Estudio de Suelos, se describen las características edafológicas del suelo existente en la zona de intervención, es decir, las características físico-químicas y biológicas del mismo.

El análisis edáfico está basado en los resultados extraídos de la campaña de catas y ensayos que se planeó con la intención de identificar depósitos diferenciados entre las áreas correspondientes a las crestas de las barras y a los potenciales canales o surcos que las delimitarían, áreas éstas potenciales receptoras de materiales más finos, así como fijar la posición del nivel freático.



Emplazamiento de las catas realizadas

Los resultados de las catas y ensayos realizados pueden consultarse en el Anejo 3. : Estudio del Medio. A la vista los resultados de los mismos, se observa la existencia de 3 horizontes:

- **O: Horizonte orgánico** de 5 cm de espesor compuesto fundamentalmente de restos de hojas y abundantes raíces de herbáceas.
- **A: Suelo vegetal** poco desarrollado, de entre 25 y 35 cm. Presenta dos niveles diferenciados:
 - **Primer nivel** de 15-20 cm espesor en el que las raíces son abundantes y la cantidad de M.O. ronda los 1,4 y 1,55 % (Moderadamente pobre).
 - **Segundo nivel** de 10-15 cm donde la M.O. es más reducida y las raíces menos abundantes, donde se aprecian ligeras precipitaciones carbonatas y algo de bioturbación.
- **B: Horizonte alcateno** de potencia variable (no estimada debido a la presencia del freático del río Aragón), compuesto por material altamente permeable correspondientes a depósitos fluviales de material grueso: **gravas y bolos** heterométricos y poligénicos (arenisca y caliza) **con matriz de gravilla arenosa**.

En las zonas más elevadas (C-1), correspondientes a la terraza T1 (Llanura de inundación actual 3-5 m) se aprecia la existencia, en la parte superficial de este horizonte, de una capa u horizonte de transición (AB) de potencia variable (1-2 m) compuesta por material grueso (arenas) con ocasionalmente algo de fracción limosa. Este nivel arenoso u horizonte de transición ha ido desapareciendo en las zonas correspondientes a canales de crecida (C-2) debido a los recurrentes episodios de crecida que han ido lavando los materiales más finos, dejando únicamente gravas y bolos, sobre los que posteriormente se ha desarrollado un fino horizontes vegetal.

Se puede concluir pues, que estamos ante un suelo no evolucionado y con poco desarrollo de horizontes. Su textura mayoritariamente gruesa (excepto en la zona más elevadas donde se observa la existencia de un horizonte Franco-limoso correspondiente a un nivel de terraza que no sufre lavados tan continuos como en otras zonas (Canales de crecida)) responde al depósito de acarreo fluvial lo que justificaría la ausencia de arcillas, al conservar el río Aragón en este tramo la esencia de río de Montaña y por tanto una dinámica fluvial que no favorece la deposición de arcillas.

Todo ello concuerda con el bajo contenido en materia orgánica y sales solubles presentes en el suelo ensayado., que a su vez corrobora el estado de la cubierta vegetal del ámbito de estudio

Esta clase de suelos, muy permeables, cuentan con una baja capacidad de retención de nutrientes y agua, debido al “gran” tamaño de las partículas, así como de los huecos dejado entre ellas (Macroporos).

Se trata pues de un suelo extremadamente permeable y baja capacidad de campo, en el que debido principalmente a su elevado distanciamiento del nivel freático del río Aragón, así como a la casi total ausencia de materia orgánica, hacen difícil el establecimiento de una cubierta vegetal de importancia.

En lo que respecta al espesor de suelo apto para el desarrollo de material vegetal (Horizonte A: suelo vegetal) cabe indicar que sus 10-40 cm resultan escasos o muy escasos al estar muy por debajo de lo considerado óptimo (> 70 cm).

6.5. FAUNA

El análisis faunístico de la zona de estudio se ha realizado utilizando el Inventario Español de Especies Terrestres (IEET), que con objeto de satisfacer las necesidades y requerimientos del Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, recoge la distribución, abundancia y estado de conservación de la fauna y la flora terrestre Española.

La información recogida en este Inventario está clasificada en teselas de 10x10 Km. Contrapuesta la zona de estudio con la cuadrícula de riqueza de especies del IEET, se observa la completa inclusión de la zona de estudio dentro de la tesela 30TXM18.

De toda la fauna inventariada y recogida en la tesela 30TXM18, solo un número de limitado de especies se encuentra recogida en los listados de especies con regímenes e protección especial, tanto a nivel Autonómico como Estatal:

- **NORMATIVA ESTATAL:** Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.
- **NORMATIVA AUTONÓMICA:** Decreto Foral 563/1995, de 27 de noviembre, por el que se incluyen en el catálogo de especies amenazadas de navarra determinadas especies y subespecies de vertebrados de la fauna silvestre.

Contrapuesto el listado de especies animales presente en la zona de actuación con los listados y catálogos Estatales y Autonómicos de especies animales protegidas se observa que, de la posible fauna presente en zona de actuación, el siguiente listado goza de catalogación “Vulnerable”, o “En Peligro de Extinción”:

GRUPO	NOMBRE	ORDEN	R.D. 139/2011	CATALOGO ESPAÑOL ESPECIES AMENAZADAS	D.F. 563/1995
AVES	<i>Accipiter gentilis</i>	Falconiformes	✓		Interés Especial
	<i>Accipiter nisus</i>	Falconiformes	✓		Interés Especial
	<i>Actitis hypoleucos</i>	Charadriiformes	✓		Vulnerable
	<i>Alcedo atthis</i>	Coraciiformes	✓		Interés Especial
	<i>Burhinus oedicephalus</i>	Charadriiformes			Interés Especial
	<i>Caprimulgus europaeus</i>	Piciformes	✓		Interés Especial
	<i>Caprimulgus ruficollis</i>	Piciformes	✓		Interés Especial
	<i>Charadrius dubius</i>	Charadriiformes	✓		Interés Especial
	<i>Ciconia ciconia</i>	Ciconiiformes	✓		Interés Especial
	<i>Circus gallicus</i>	Falconiformes	✓		Interés Especial
	<i>Circus pygargus</i>	Falconiformes	✓	Vulnerable	Vulnerable
	<i>Clamator glandarius</i>	Cuculiformes	✓		Interés Especial
	<i>Dendrocopos minor</i>	Piciformes	✓		Interés Especial
	<i>Falco subbuteo</i>	Falconiformes	✓		Interés Especial
	<i>Hieraaetus pennatus</i>	Falconiformes	✓		Interés Especial

GRUPO	NOMBRE	ORDEN	R.D. 139/2011	CATALOGO ESPAÑOL ESPECIES AMENAZADAS	D.F. 563/1995
	<i>Himantopus himantopus</i>	Charadriiformes	✓		Sensible alteración hábitat
	<i>Jynx torquilla</i>	Piciformes			Interés Especial
	<i>Lullula arborea</i>	Paseriformes	✓		Interés Especial
	<i>Monticola solitarius</i>	Paseriformes	✓		Interés Especial
	<i>Muscicapa striata</i>	Paseriformes	✓		Interés Especial
	<i>Neophron percnopterus</i>	Falconiformes	✓	Vulnerable	Vulnerable
	<i>Neophron percnopterus</i>	Falconiformes	✓	Vulnerable	Vulnerable
	<i>Oenanthe leucura</i>	Paseriformes	✓		Interés Especial
	<i>Podiceps cristatus</i>	Gaviiformes	✓		Sensible alteración hábitat
	<i>Pterocles alchata</i>	Columbiformes	✓	Vulnerable	Peligro de Extinción
	<i>Pterocles orientalis</i>	Columbiformes	✓	Vulnerable	Sensible alteración hábitat
	<i>Pyrhacorax pyrrhacorax</i>	Paseriformes	✓		Interés Especial
	<i>Rallus aquaticus</i>	Paseriformes			Interés Especial
	<i>Remiz pendulinus</i>	Paseriformes	✓		Interés Especial
	<i>Sylvia melanocephala</i>	Paseriformes	✓		Interés Especial
	<i>Tetrax tetrax</i>	Gruiformes	✓	Vulnerable	Vulnerable
	<i>Tringa totanus</i>	Charadriiformes	✓		Sensible alteración hábitat
MAMÍFEROS	<i>Barbastella barbastellus</i>	Quirópteros			Interés Especial
	<i>Felis silvestris</i>	Carnívoros	✓		Interés Especial
	<i>Lutra lutra</i>	Carnívoros	✓		En Peligro de Extinción
PECES	<i>Cobitis calderoni</i>	Cypriniformes			Interés Especial

Atendiendo de forma concreta a aquellas especies que están catalogadas como: “Vulnerable”, o “En Peligro de Extinción”, tenemos que las especies más sensibles que pueden verse afectadas por la actuaciones ligadas al presente proyecto son las que se indican a continuación:

GRUPO	NOMBRE	ORDEN	R.D. 139/2011	CATALOGO ESPAÑOL ESPECIES AMENAZADAS	D.F. 563/1995
AVES	<i>Actitis hypoleucos</i>	Charadriiformes	✓		Vulnerable
	<i>Circus pygargus</i>	Falconiformes	✓	Vulnerable	Vulnerable
	<i>Neophron percnopterus</i>	Falconiformes	✓	Vulnerable	Vulnerable
	<i>Neophron percnopterus</i>	Falconiformes	✓	Vulnerable	Vulnerable
	<i>Pterocles alchata</i>	Columbiformes	✓	Vulnerable	Peligro de Extinción
	<i>Pterocles orientalis</i>	Columbiformes	✓	Vulnerable	Sensible alteración hábitat
	<i>Tetrax tetrax</i>	Gruiformes	✓	Vulnerable	Vulnerable
MAMÍFEROS	<i>Lutra lutra</i>	Carnívoros	✓		En Peligro de Extinción

Este apartado se ha desarrollado con mayor detalle en el Anejo 3.: Estudio del Medio.

6.6. FLORA

Para la caracterización del estado actual de la vegetación de ribera se ha consultado la información disponible en las páginas web del CEDEX y del Gobierno de Navarra (www.biodiversidad.navarra.es), así como mediante el estudio de trabajos previos en la zona de actuación como el del equipo formado por Diego García Jalón, Marta González del Tanago y Judit Maroto (2010).

Partiendo de la información contenida en la “Guía Visual interactiva de la vegetación de ribera Española” de la página web del CEDEX (www.vegetacionderibera.cedex.es), en concreto de las fichas ARAGON-4 y ARAGÓN-5, se caracteriza a continuación el marco florístico de la zona de actuación:



■ **ARAGON-4:**

Tramo dominado en la primera banda por formaciones arbóreas (60% de ocupación) compuestas por *Populus nigra*. No obstante los anterior se observan en la zona bosques galería de chopo productivo compuestos por *Populus x canadienses*. Acompañando a las formaciones de *Populus nigra* tenemos ejemplares de *Salix x Rubens*, *Salix alba*, *Alnus glutinosa* y *Fraxinus angustifolia*. Se observa también la existencia de un abundante estrato arborescente (35% de ocupación) con *Salix alba* como especie dominantes, y *Salix purpurea*, *Fraxinus angustifolia*, *Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*, *Populus nigra* como especies acompañantes.

Existe en esta banda un importante estrato lianoide compuesto por *Humulus lupulus*, *Rubus caesius*, *Calystegia sepium*, *Hedera helix*, *Solanum dulcamara*, *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris*, *Cucubalus baccifer*, *Clematis vitalba*.

Respecto al estrato herbáceo se observa la presencia de *Brachypodium sylvaticum*, *Dactylis glomerata* subsp. *hispanica*, *Prunella vulgaris*, *Eupatorium cannabinum*, *Urtica dioica*, *Lythrum salicaria*, *Rumex crispus*, *Polygonum persicaria*, *Iris* sp., *Ranunculus repens*, *Lysimachia vulgaris*, *Mentha pulegium*, *Plantago media*, *Verbena officinalis*, *Lapsana communis*, *Althaea officinalis*, *Carex pendula*, *Equisetum arvense*, *Plantago lanceolata*,

Cichorium intybus, Phalaris arundinacea, Bromus rubens, Euphorbia hirsuta, Galium palustre, Polypogon viridis.

Tras esta primera banda encontramos la primera banda secundaria en la se observa un estrato al arbóreo (30% de ocupación) compuesto casi en exclusiva por *Salix alba*, acompañado por un abundante estrato arborescente (40% de ocupación) compuesto por *Salix alba, Salix purpurea* y *Salix eleagnos*. El estrato lianoide de esta banda, muy escaso, está compuesto por *Calystegia sepium*. Respecto al estrato herbáceo se observa la presencia de *Polygonum lapathifolium, Lythrum salicaria, Typha domingensis, Lycopodium europaeus, Paspalum paspalodes, Rumex conglomeratus, Mentha pulegium, Iris sp., Xanthium spinosum, Nasturtium officinale, Veronica anagallis-aquatica, Apium nodiflorum*. Respecto a la caracterización florística de la segunda banda se indica que se trata de formaciones degradativas aisladas de heliófilas sobre graveras secas, estando compuestas por *Polygonum persicaria, Datura stramonium, Solanum nigrum, Anagallis arvensis, Dipsacus fullonum, Melilotus albus, Bituminaria bituminosa, Daucus carota, Sinapis arvensis, Solanum dulcamara, Convolvulus arvensis*.

▪ **ARAGON-5:**

Este tramo está compuesto mayoritariamente por Alamedas. Se observa la existencia, en general, una división dentro de lo que correspondería a la primera de banda del bosque galería. La primera banda está claramente dominado por un estrato arbóreo (75% de ocupación) compuesto por la Alameda Higrófila, aunque salpicada por manchas de tamaño variable de saucedá blanca y chopera. Este estrato arbóreo está acompañado de un estrato arborescente (35% de ocupación) compuesto *Crataegus monogyna* y *Cornus sanguinea* como especies frecuentes y *Ligustrum vulgare* y *Prunus spinosa* como especies acompañantes.

Se observa así mismo la existencia de un escaso estrato arbustivo (10% de ocupación) fundamentalmente de *Ostrya alba*, y de un abundante dosel lianoide compuesto principalmente por *Hedera hélix*, acompañada por otras especies frecuentes como *Vitis vinífera, Bryonia cretica* subsp. *dioica, Cynanchum acutum, Rosa sempervirens, Rubus ulmifolius, Rubus caesius* y *Rubia peregrina*. Respecto al estrato herbáceo tenemos como especie más abundante el *Brachypodium sylvaticum*, acompañado por especies menos abundantes como *Equisetum ramosissimum, Elymus pungens* y *Brachypodium phoenicoides*. Tras esta primera banda encontramos la primera banda secundaria en la se observa un estrato al arbóreo (40% de ocupación) compuesto por saucedá blanca, con *Salix alba* como especie dominante y *Fraxinus angustifolia* como especie frecuente. Respecto al estrato arborescente predominan las especies *Salix alba* y *Salix purpurea*, siendo el *Salix eleagnos* una especie acompañante. El dosel lianoide en esta banda es escaso, encontrando *Calystegia sepium*. En cuanto al estrato herbáceo se observa la presencia ocasional de *Phragmites australis, Veronica anagallis-aquatica, Lythrum salicaria, Carex cuprina, Potentilla reptans, Scirpus holoschoenus, Polygonum persicaria, Typha domingensis, Sparganium erectum, Alisma lanceolatum* y *Echinochloa cruz-gallii*.

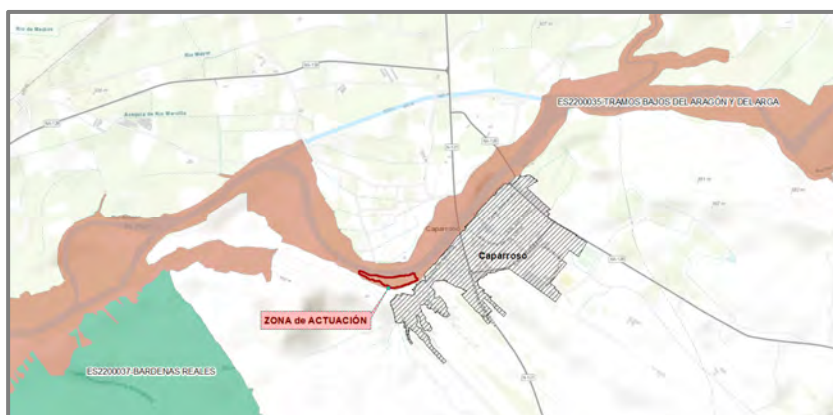
Atendiendo a los listados y Catálogos de especies amenazadas, tanto Estatales como Autonómicos (Real Decreto 139/2011 y Decreto Foral 94/1997) y a la vista de la composición específica de la zona de estudio podemos concluir que dentro de la misma no existen especies protegidas ni amenazadas, salvo el chopo (*Populus nigra*).

6.7. ESPACIOS NATURALES

Para el análisis del medio, respecto a figuras ambientales protegidas, se han consultado las bases de datos cartográficas de las siguientes figuras de protección: Monumentos naturales, Áreas naturales recreativas, Paisajes Protegidos, Parques Naturales, IBAs, Convenio RAMSAR, MAB hombre y Biosfera, ZEPIM, Inventario de Zonas húmedas, Red NATURA 2000, Reservas Naturales, Habitats.

Verificada la coincidencia espacial de estas figuras con la zona de actuación se observa que únicamente las siguientes figuras ambientales la interceptan:

- **ZEC ES2200035.**: “Tramos Bajos de Aragón y del Arga”.



- **Area de protección de Avifauna por líneas eléctricas**



Respecto a los hábitats de interés comunitarios (HICs), no se observa la coincidencia espacial de ninguno con la zona de actuación. No obstante lo anterior sí que se puede encuadrar la zona de actuación con un hábitat concreto. Analizada la ubicación y teniendo en cuenta la geomorfología, edafología y los criterios hidráulicos e hidrológicos, se establece que el hábitat más probable para la

zona de actuación es el 82A034 *Rubio tinctorum-Populetum albae* en su facie *Populus nigra* (variante típica e inundable).

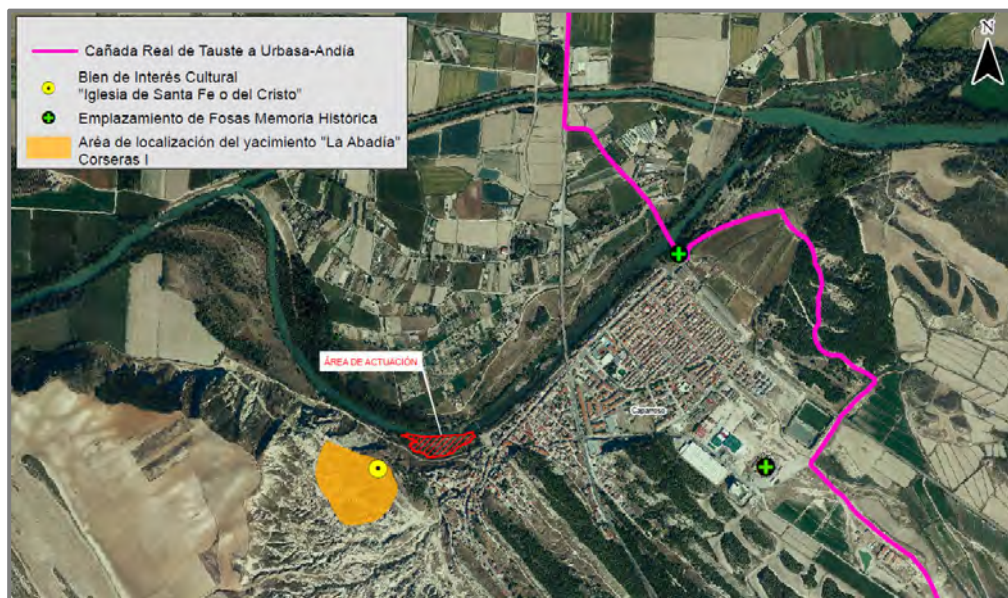
6.8. PATRIMONIO HISTÓRICO

Consultado el catalogo del Departamento de Cultura y Turismo. Dirección General de Patrimonio Cultural del Gobierno de Navarra, así como el Plan General Municipal de Caparrosa, no se observa ningún elemento de interés, del Patrimonio histórico de Navarra dentro de la zona de intervención.

También se han consultado estudios arqueológicos como el redactado por María García Barberena Unzu, Nicolas Zuazúa Wegener y Carlos Zuza Astiz en 2016 y que se denomina Trabajos de Arqueología en Navarra. Separata Pueblo Viejo (Caparrosa).

Los elementos más cercanos a la zona de actuación son:

- **BIC:** Iglesia de Santa Fe o del Cristo
- **Yacimientos Arqueológicos:** Desolado de rada y Corseras I.
- **Memoria Histórica:** Puente de Caparrosa y Cementerio de Caparrosa
- **Edificios Religiosos Históricos:** Iglesia de Santa Fe y Ermita de la Virgen del Soto
- **Vías Pecuarias:** Cañada Real de Tauste a Urbasa-Gandia



7. DIRECTRICES Y CONDICIONANTES

A continuación se exponen las directrices y condicionantes establecidas en el documento de Prescripciones Técnicas del Pliego de Contratación para la redacción del presente proyecto y que giran en torno a tres pilares fundamentales: la mejora de la dinámica fluvial, la restauración ambiental de la zona y la integración del medio natural y social:

- Eliminación de la escollera de la margen izquierda, que impide la conexión del cauce de aguas bajas con la orilla y que está causando la incisión del cauce.
- Revegetación del soto mediante la plantación y siembra de vegetación autóctona de cercanía.
- Tratamiento del área para potenciar el establecimiento de Hábitats de Interés Comunitario, y permita su compatibilización con el uso público-social de los mismos.
- Eliminación de la vegetación aloctona.
- Potenciación del uso público del ecosistema fluvial y de la educación ambiental, mediante la integración en la zona restaurada de elementos que permitan la interpretación del soto (recorridos, señalética, ...) y el esparcimiento (zona recreativa, ...)
- Potenciar los focos de dispersión de semilla de especies arbóreas y arbustivas propias de la comunidad Rubio tinctorum-Populetum albae, especialmente en la orilla del soto
- Utilizar especies de rápido crecimiento y recubrimiento con objeto de evitar un desarrollo excesivo de la nitrófilas y el arrastre de tierras en caso de riada.

8. CONDICIÓN DE REFERENCIA E IMAGEN OBJETIVO

La determinación de las imágenes de referencia y objetivo resulta de un proceso secuencial que se apoya en trabajos de caracterización previos y que evoluciona considerando a los agentes sociales involucrados.

Las condiciones de referencia representan el estado potencial de la ribera en ausencia de los efectos negativos derivados de las actuaciones humanas. Es decir, dichas condiciones de referencia representan la situación del paisaje fluvial en condiciones de máxima naturalidad posible. No obstante, esta condición puede resultar imposible de alcanzar, debido a múltiples limitación existente de tipo, físico, legal o social.

Por su parte la imagen objetivo es aquella que pretende, al igual que la condición de referencia, la máxima naturalidad posible pero desde un enfoque más realista, teniendo en cuenta esos factores limitantes a los que se aludía en el párrafo anterior. Se trata por tanto de aquellas condiciones factibles, asumiendo los cambios y alteraciones irreversibles en los sistemas fluviales.

El establecimiento de esta imagen objetivo precisa de un conocimiento suficiente de las condiciones de referencia, la evolución acaecida a lo largo del tiempo, así como de sus causas.

8.1. CONDICIÓN REFERENCIA

Para la determinación de las condiciones de referencia se ha recurrido al análisis del medio mediante la consulta de imágenes antiguas del área afectada; en concreto imágenes aéreas (pseudortofotos y ortofotos) realizadas desde el año 1946.

La elección de dichas imágenes aéreas (1946) se debe en gran medida a que muestran una situación de muy escasa alteración del sistema fluvial en lo que a modificación de sus características hidráulicas se refiere. En teoría, esa escasa alteración permitía entonces un funcionamiento hidrológico e hidráulico al menos seminatural y, en consecuencia, una baja alteración morfológica

del canal de bankfull y del borde interno de la llanura de inundación, funcionalidad apreciable en la extensión del dominio ripario y en los tipos de usos desarrollados en el fondo de valle.

Por otra parte, el número de las intervenciones en cauce realizadas con anterioridad a esa fecha es significativamente menor que lo ejecutado con posterioridad, factor que también parece indicar la existencia de unas condiciones del espacio ribereño más naturales que las actuales. En el caso concreto del río Aragón en la zona de análisis, las modificaciones antrópicas acontecidas desde entonces han sido muy apreciables, cambiando el aspecto del río.

La imagen construida a partir de los fotogramas del Vuelo Americano A representan un estado del río Aragón con un régimen hidráulico que, sin serlo plenamente por las detracciones de agua para riego mediante derivaciones por acequias y la mínima regulación de la cabecera del Irati conseguida con la presa de Irabia (14 hm³ de capacidad y entrada en servicio en 1925), podría ser considerado natural y en el que no existen en la práctica obstáculos transversales que actúen como trampas efectivas de sedimentos, ya que los distintos azudes que jalonaban su trazado se encontraban en la práctica aterrados.

Como consecuencia de ello, el río Aragón aparece como un río muy dinámico, que adopta una morfología meandriforme a pequeña escala y trenzada en detalle, con un canal de bankfull de unos 100 m de anchura al que se asocia, por lo general, una amplia llanura de inundación receptora de las crecidas ordinarias anuales, hasta constituir un cauce que en algunos puntos alcanzaba los 700 m de anchura. Buena parte del mismo aparece formado por grandes trenes de barras de gravas muy móviles (laterales, longitudinales y de acreción), abundantes canales de crecida y con desarrollo de activos procesos erosivos en los frentes de ataque de los meandros, lo que posibilitaba la acusada movilidad del cauce y la afección a las tierras cultivables anejas.

Las consecuencias de este acusado dinamismo se reflejan en la vegetación de ribera, ausente en no pocos sectores y de carácter ralo o arbustivo en otros muchos, siendo los sotos bien desarrollados un bien bastante escaso e inconexo. Posiblemente, estos sotos estarían sujetos a una significativa presión antrópica como fuente de leña, dada la carestía de otros combustibles registrada en el periodo de postguerra, especialmente en el ámbito rural.



Ortoimagen correspondiente al Vuelos Americano A 1945-46

8.2. EVOLUCIÓN TEMPORAL

Para la realización del estudio y dentro del abanico de posibilidades existente, para el necesario seguimiento de la evolución sufrida por el río, se han seleccionado los cinco documentos gráficos siguientes:

- **Pseudo ortofoto del Vuelo Americano A de 1946.** Anterior a la construcción de Yesa.
- **Ortofoto del vuelo de 1966,** que es la referencia más próxima que se dispone tras la entrada en servicio de Yesa.
- **Ortofoto del vuelo foral de 1987,** documento que recoge tanto los efectos de la regulación de Yesa como las cortas efectuadas en los meandros más activos del tramo.
- **Ortofoto del vuelo foral de 2003,** posterior a la construcción del canal de derivación y entrada en funcionamiento de la minicentral hidroeléctrica de Caparroso (1998-2000) y representativa del estado del río a la entrada en servicio de la presa de Itoiz.
- **Ortofoto del vuelo foral de 2021,** que muestra la situación actual.

En este tramo la posición del río no ha sufrido cambios demasiado significativos, constatándose una aparente migración del cauce como consecuencia, básicamente, de la reducción de su anchura efectiva.

La imagen obtenida en 1946 sitúa el cauce prácticamente a pie del talud del frente de terraza sobre la que se levanta el casco urbano moderno de Caparroso, con las viviendas asomadas directamente al río, y de los relieves terciarios de la caja del valle. En margen izquierda sólo se reconoce una pequeña barra lateral asociada a la desembocadura del barranco de la Cabrería y una gran barra longitudinal, de 200 por 60 m de dimensiones máximas, localizada en el centro del cauce que en situaciones de estiaje llega a interactuar con la margen izquierda del río.

Por margen derecha aparece un amplio lóbulo de meandro que limita con el frente de la terraza baja, ésta densamente cultivada. Entre ese frente de terraza y el cauce ordinario del Aragón, que llega a tener 160 m de anchura, se desarrolla un complejo sistema de barras de acreción formado por diferentes sets de barras separadas por surcos sedimentarios que desempeñan el papel de pequeños canales en situación de crecida. Este sistema de barras, parcialmente colonizado por vegetación de ribera, conforma una llanura de inundación de 300 m de desarrollo máximo.

La ortofoto de 1966 recoge un cambio significativo: los campos de cultivo, restringidos antaño a la terraza baja, han progradado hasta alcanzar casi el río al amparo de nuevas motas de protección, desapareciendo en el entorno del ápice del meandro la llanura de inundación natural. La progradación de los campos cultivados es menor frente al casco urbano, manteniéndose aquí parte de la llanura de inundación y del sistema de barras, disminuyendo su anchura desde los 300 m en torno al actual puente de la N-121 a los cero metros a la altura de la desembocadura del barranco de la Cabrería.

El cauce por su parte muestra síntomas de contracción, viéndose reducida su anchura eficaz de forma significativa y manteniendo en el ápice del meandro la barra longitudinal del centro de cauce, si bien ahora con tendencia a interactuar con la margen derecha en situación de estiaje, donde se localiza una barra lateral móvil relativamente extensa. Y en margen izquierda, la barra ligada a la desembocadura del barranco de la Cabrería se consolida, incrementando ligeramente sus dimensiones.

En la imagen de 1987 vuelve haber cambios muy significativos. En primer lugar, ya aparece el puente de la N-121 (construido entre 1970 y 1971) y asociado a su estribo derecho una nueva mota que restringe aún más la llanura de inundación, quedando reducida a una banda de 50 m de anchura máxima y en la que, además, a mediados de los años 80 se procedió a la regularización mecánica de toda la superficie e, incluso, orilla, perdiéndose todos los rasgos morfológicos originales.

En margen izquierda se ha efectuado un rellenado lineal de toda la orilla para crear una plataforma, de unos 12 m de anchura, delante de las viviendas y edificios del casco urbano, de forma que queden más alejados del río y se ha procedido a proteger el nuevo frente fluvial mediante escollero. También se actúa sobre la desembocadura del barranco de la Cabrería, modificando la organización de la margen, y se prolonga el nuevo frente fluvial mediante el arranque de una nueva mota que permite incorporar al área protegida a la antigua mejana del río, muy estabilizada por crecimiento de un denso soto juvenil y que había vuelto a aproximarse a la orilla izquierda, y a sellar el canal de crecidas que separaba a la mejana de la margen.

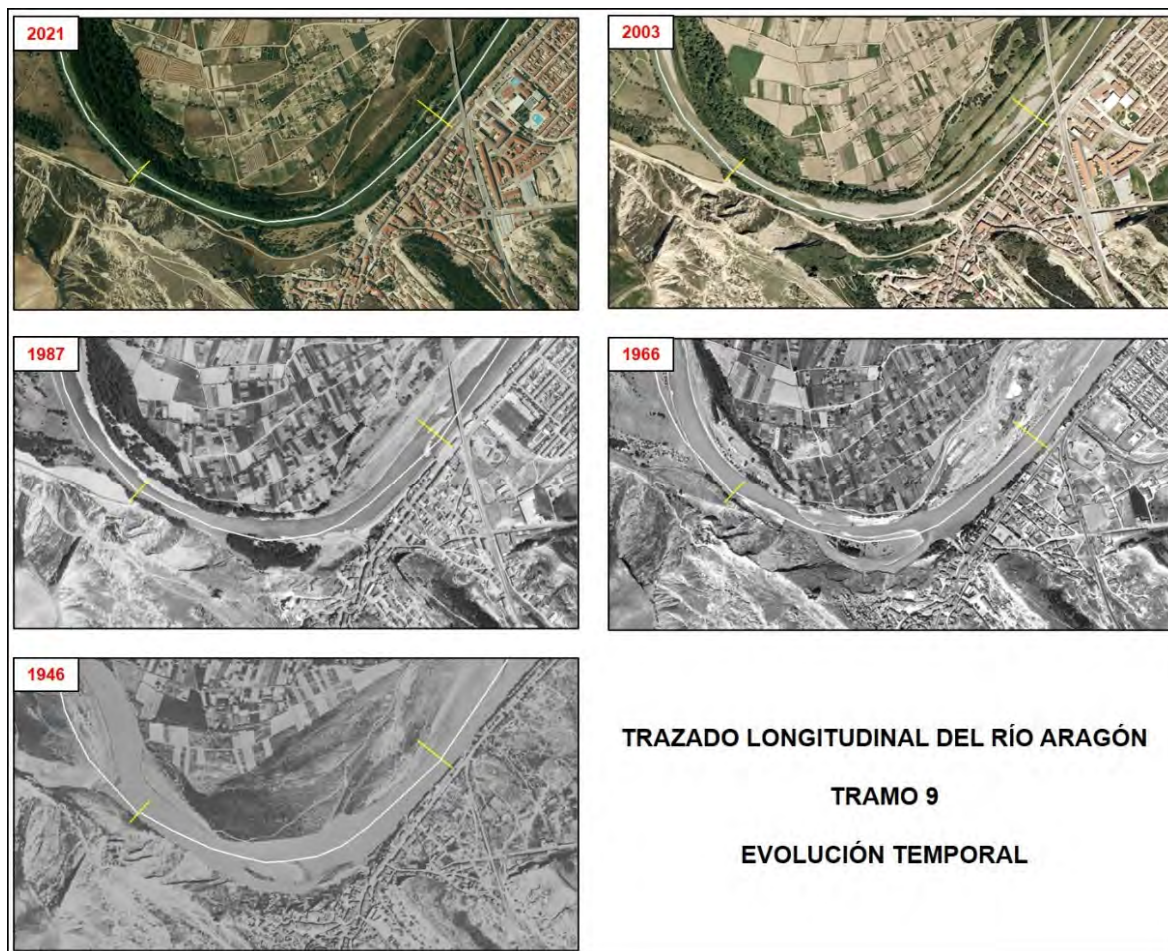
Como consecuencia de todo ello, el Aragón, hasta el vértice del meandro, ha pasado a ser, en la práctica, un río encauzado, perdiendo sus rasgos de naturalidad. Este aparente amansamiento del río es una consecuencia directa de la disminución de los caudales circulantes derivada del efecto regulador del embalse de Yesa.

En la ortofoto del 2003, ya con la minicentral hidroeléctrica y su canal de derivación funcionando, la imagen es de un río todavía con menor dinamismo, con un canal activo en el que, en algunas zonas y en situación ordinaria, su anchura efectiva se ha reducido hasta los 20 metros y que aparece salpicado de grandes barras de gravas longitudinales y laterales con síntomas de poca movilidad.

Además, en margen izquierda la antigua mejana ya está plenamente integrada en el entorno urbano, consecuencia de haberse completado la mota de protección a finales de la década de 1980, que fue prolongada por la margen hasta alcanzar el contacto con los materiales terciarios de la caja del valle.

Por último, la ortoimagen de 2021 es completamente coherente con la anterior, poniendo de manifiesto la estabilidad de las barras de gravas aparecidas en la ortoimagen de 2003, que aparecen completamente cubiertas de vegetación riparia de gran porte, el desarrollo de un soto lineal en margen izquierda, y la nula recuperación natural del soto en la antigua mejana del río tras la eliminación de los ejemplares no autóctonos efectuada en la primera década del siglo.

También se reconoce la eliminación, en margen derecha, de la mota que partía del estribo del puente de la N-121 y la presencia de dos pequeños azudes modernos: el ya reseñado que marca el límite de aguas abajo del tramo y otro ubicado a la altura de la desembocadura del barranco de la Cabrería. Este último fue levantado tras la construcción de una toma para riego en el lecho del Aragón, con la lógica estación de bombeo asociada, durante los años 2008 y 2009.



Evolución temporal entre los años 1946 y 2021 del cauce del Aragón en el tramo de estudio.



Estación de bombeo y toma en el Aragón, verano de 2008 (izq) y Azud en relación con ella (dcha)

Por último, hay que apuntar la presencia de velos algares creciendo en las zonas de remanso asociadas a los azudes mencionados y en otras áreas del cauce. La presencia de estas formas vegetales suele estar asociada a la presencia de limos de decantación y regímenes de flujo laminares lentos, condiciones sinónimas de caudales fluyentes muy reducidos.



Crecimiento descontrolado de velos algares en zonas de remanso del cauce del río Aragón en Caparroso (julio de 2017)

8.3. IMAGEN OBJETIVO

Una vez establecidas las condiciones de referencia, teniendo en cuenta la evolución temporal de la zona desde las mismas hasta la situación actual y a la vista de los condicionantes existentes a día de hoy de carácter físico y social mayoritariamente, se establece la imagen objetivo.

Plantear una imagen objetivo idénticas a las condiciones de referencia no resulta posible ni realista, dado que las condiciones generales del río, su cuenca y su entorno distan mucho de las que concurrían en el momento en que se definió aquella.

“Condiciones diferentes conducen a soluciones diferentes, condiciones similares llevan a soluciones similares”. (Fernando Gutierrez Argul. Geólogo)

Las circunstancias que impiden replicar y adoptar las condiciones de referencia como imagen objetivo son:

- Modificación del régimen hidrológico, tanto caudales líquidos como sólidos, motivada por la construcción y entrada en explotación de los embalses de Yesa e Itoiz, y en menor medida por la minicentral hidroeléctrica de Caparroso. Esta alteración tiene una doble repercusión: disminución de los caudales totales circulantes y modificación de su distribución temporal, así como una muy difícil e improbable solución.
- Evolución y cambio de los usos del suelo en consonancia con la evolución registrada por la sociedad y la explotación económica del medio. Reducción del espacio fluvial a favor de superficie agrícola, urbana e industrial.

Además de estos aspectos, se ha tenido en cuenta otros, como la contextualización paisajístico-territorial, las demandas sociales actuales sobre el espacio fluvial, la situación catastral, los cambios futuros del sistema fluvial derivados de la ejecución de las actuaciones, y los valores ambientales, paisajísticos y culturales actuales.

Asumiendo que buena parte de la problemática está causada por acciones llevadas a cabo a cientos de kilómetros del ámbito estudiado, la imagen objetivo será el resultado de resolver la problemática local, derivada fundamentalmente de la desarticulación del sistema cauce/llanura de inundación, y más concretamente a la considerable reducción del espacio y la dinámica fluvial.

A tenor de todo lo anterior podemos definir la imagen objetivo para la zona de actuación como la existencia de una terraza T_1 (2-3 m), correspondiente a los niveles de la llanura de inundación actual, sobre la que se asentaría un soto. Este relativamente bajo nivel de la terraza permitiría el establecimiento de vegetación freatófilas (dada la cercanía del freático del Aragón) que actuara como fuente de estabilización de la margen, así como la entrada en funcionamiento hidráulico en situaciones de aguas medias y altas, permitiendo una mayor movilidad del cauce y una mayor capacidad laminadora durante las avenidas.

Dado que la zona de actuación se encuentra en la zona exterior del meandro, y por lo tanto en la zona sujeta a mayor acción erosiva, el nivel de terraza propuesto (T_1) posibilitará la permanencia y estabilización de la misma, y por lo tanto su uso y disfrute como soto de recreo por los vecinos de Caparroso. Todo ello compatibilizado con su funcionamiento hidráulico ya para periodos de retorno bajos, así como para caudales correspondientes a la Máxima Crecida Ordinaria (MCO).



Sección de la Condición de Referencia



Sección del Estado Actual



Figura 13: Sección de la Imagen Objetivo

9. ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Este apartado tiene por objeto la identificación de uno o más estrategias que permitan alcanzar la imagen objetivo descrita en el apartado anterior. Por lo tanto, únicamente se van analizar aquellas estrategia o alternativas que resulten viables desde el punto de vista, físico, económico, social y ambiental. Una vez determinadas estas alternativas se procederá a su categorización o priorización con objeto de seleccionar aquella que resulte optima, con objeto de seguirla o ejecutarla.

Se ha seleccionado un total de 3 estrategias que permiten parcial o totalmente la consecución de los siguientes objetivos:

- Restaurar la conectividad Cauce-Llanura de inundación
- Ampliar el espacio fluvial
- Ampliar la sección del cauce activo
- Mejorar la dinámica fluvial
- Creación de hábitats y corredores faunísticos
- Frenar los efectos de la dinámica vertical acelerada (Incisión)
- Eliminación de flora aloctona
- Mejorar la conectividad forestal longitudinal
- Mejorar la conectividad forestal transversal

A estas 3 alternativas referidas se une una adicional (OPCION 0), que resulta del supuesto en el que se decide no actuar y por lo tanto no resolver la problemática existente. Las estrategias seleccionadas (3+1), son las que se enumeran a continuación:

- ✚ **OPCION 0.** No Actuar.
- ✚ **OPCION 1.** Retirada de Escollera
- ✚ **OPCION 2.** Retirada de Escollera y Mota
- ✚ **OPCION 3.** Retirada de Escollera y Mota, y Rebaje del Terreno

9.1. OPCIÓN 0

Esta alternativa consiste en la NO actuación, es decir, en la NO intervención más allá de los cambios que de forma natural y a lo largo del tiempo se produzcan en el río y/o su entorno. No puede contemplarse como una alternativa propiamente dicha puesto que no está encaminada a la resolución de la problemática existente en el tramo de estudio.

9.2. OPCIÓN 1. RETIRADA DE ESCOLLERA

Esta alternativa consiste en la eliminación parcial del refuerzo de margen (se mantiene una pie de escollera), consistente en un muro de escollera de altura variable, en los aproximadamente 245 m que protegen la margen izquierda del denominado “Soto del Puente”.

Con esta actuación se dejaría expuesta la margen izquierda a la dinámica fluvial y por tanto los fenómenos erosivos, consiguiéndose de este modo, y a **largo plazo**:

1. La progresiva desaparición de la mota existente en el trasdós del muro de escollera, a causa de la propia dinámica fluvial (Erosión).
2. La paulatina recuperación del espacio fluvial que perdido como consecuencia de la construcción de la mota y el refuerzo de margen.
3. Progresiva ampliación del cauce activo hasta su condición de referencia (1946)
4. La progresiva implantación natural de una masa forestal de carácter ripícola

Como **ventajas** de esta alternativa frente al resto de ellas podemos destacar:

- Menor entidad de las actuaciones a llevar a cabo y por lo tanto menor duración de las mismas con respecto al resto de opciones.
- Posible consecución de los objetivos de forma más natural y gradual.
- Menor coste económico de las actuaciones con respecto al resto de opciones.

Como **inconvenientes** de esta alternativa frente al resto de ellas podemos destacar:

- Plazo de tiempo más prolongado hasta conseguir los objetivos perseguidos., dependiente totalmente de la dinámica fluvial existente (ya se ha incidido en lo limitada de la misma en la actualidad)
- Mayor variabilidad de los resultados, asociada al menor control que se tiene del resultado final.
- Pérdida del espacio socio-cultural del que se dispone actualmente, motivada por deseada y progresiva integración del mismo al cauce activo (posiblemente similar al que se puede observar en las ortoimágenes de 1946).
- No soluciona el problema de descuelgue del sistema radicular de la vegetación, actual o futura, con respecto al freático del Aragón, siendo el motivo de dicho descuelgue los fenómenos de incisión.

9.3. OPCIÓN 2. RETIRADA ESCOLLERA Y MOTA

Esta alternativa consiste en la adición a la Opción 1, la retirada adicional de la mota situada tras el refuerzo de margen.

Al igual que en el caso anterior, esta actuación dejaría expuesta la margen izquierda a la dinámica fluvial y por tanto a los fenómenos erosivos dicha margen, consiguiéndose a **medio-largo plazo**:

1. La paulatina recuperación del espacio fluvial que perdido como consecuencia de la construcción de la mota y el refuerzo de margen.
2. Progresiva ampliación del cauce activo hasta su condición de referencia (1946)
3. La progresiva implantación natural de una masa forestal ripícola

Como **ventajas** de esta alternativa frente al resto de ellas podemos destacar:

- Menor entidad de las actuaciones a llevar a cabo y por lo tanto menor duración de las mismas con respecto a la Opción 2.
- Posible consecución de los objetivos de forma más natural y gradual que la Opción 2.
- Menor coste económico de las actuaciones que la Opción 2.

Como **inconvenientes** de esta alternativa frente al resto de ellas podemos destacar:

- Plazo de tiempo más prolongado hasta conseguir los objetivos perseguidos., dependiente totalmente de la dinámica fluvial existente (ya se ha incidido en lo limitada de la misma en la actualidad)
- Mayor variabilidad de los resultados, asociada al menor control que se tiene del resultado final.
- Pérdida del espacio socio-cultural del que se dispone actualmente, motivada por la integración del mismo al cauce activo (posiblemente similar al que se puede observar en las ortoimágenes de 1946).
- No soluciona el problema de descuelgue del nivel de desarrollo radicular de la vegetación, actual o futura, con respecto a los niveles con humedad freática del Aragón.

9.4. OPCIÓN 3. RETIRADA ESCOLLERA Y MOTA, Y REBAJE DE TERRENO

Esta alternativa consiste en la adición a la Opción 2 de una nueva actuación, consistente en la excavación de la plataforma de tierras ubicada tras la mota, de manera que el nuevo nivel de la misma corresponda al nivel de la terraza T1 de la margen derecha. Esto permitiría reducir a niveles funcionales la distancia entre el sistema radicular de la futura vegetación a implantar, o que de forma natural de estableciese, y el nivel freático del Aragón en condiciones de estiaje.

Esta opción conseguiría los siguientes objetivos a **corto plazo**:

1. Rápida recuperación del espacio fluvial que perdido como consecuencia de la construcción de la mota y el refuerzo de margen.
2. Rápida recuperación de una masa forestal ripícola compatible con su uso en actividades socio-culturales.
3. Mantenimiento y mejora del área de esparcimiento social existente en la actualmente en la zona de actuación.

Como **ventajas** de esta alternativa frente al resto de ellas podemos destacar:

- Mayor rapidez en la consecución de los objetivos perseguidos, con relativa independencia de la dinámica fluvial.
- Consecución de los objetivos de manera más precisa y de acuerdo a los criterios de diseño. Mayor control de la situación de partida y su futura evolución temporal.
- Mantenimiento y mejora de las instalaciones socio-ambientales y de recreo.
- Soluciona los problemas actuales de descuelgue del nivel de desarrollo radicular con respecto a los niveles con humedad freática. Mejora de las condiciones de implantación de las masas forestal riparia.

Como **inconvenientes** de esta alternativa frente al resto de ellas podemos destacar:

- Mayor coste económico de las actuaciones necesarias.
- Mayor entidad y duración de las actuaciones.

9.5. ALTERNATIVA SELECCIONADA

En primer lugar, una vez analizadas en su conjunto cada una de las alternativas planteadas, se puede observar que uno de los factores principales a tener en cuenta en la elección de una u otra Opción, es el plazo de tiempo necesario, tras su ejecución, para observar la consecución de los objetivos perseguidos. En este sentido mientras que las opciones 1 y 2 son de lento desarrollo y totalmente dependientes de la dinámica fluvial, la Opción 2 resulta de rápido desarrollo y no dependiente de la dinámica fluvial.

Por otro lado, se ha valorado el control que cada una de las opciones ofrece respecto del resultado final, siendo la Opción 2 la única en ofrecer un nivel de precisión y control suficiente, precisamente por no estar limitada únicamente a la dinámica fluvial y la acción erosiva del río.

Finalmente, contrapuestas las ventajas e inconvenientes que presenta cada una de las opciones se ha seleccionado como optima la **Opción 2.: Retirada de escollera y mota, y rebaje de terreno**, al ser la única que resuelve la totalidad de la problemática existente en el tramo de estudio, en plazo y forma adecuados.

A continuación se muestra el análisis comparativo entre cada una de las opciones y las repercusiones que su ejecución puede conllevar:

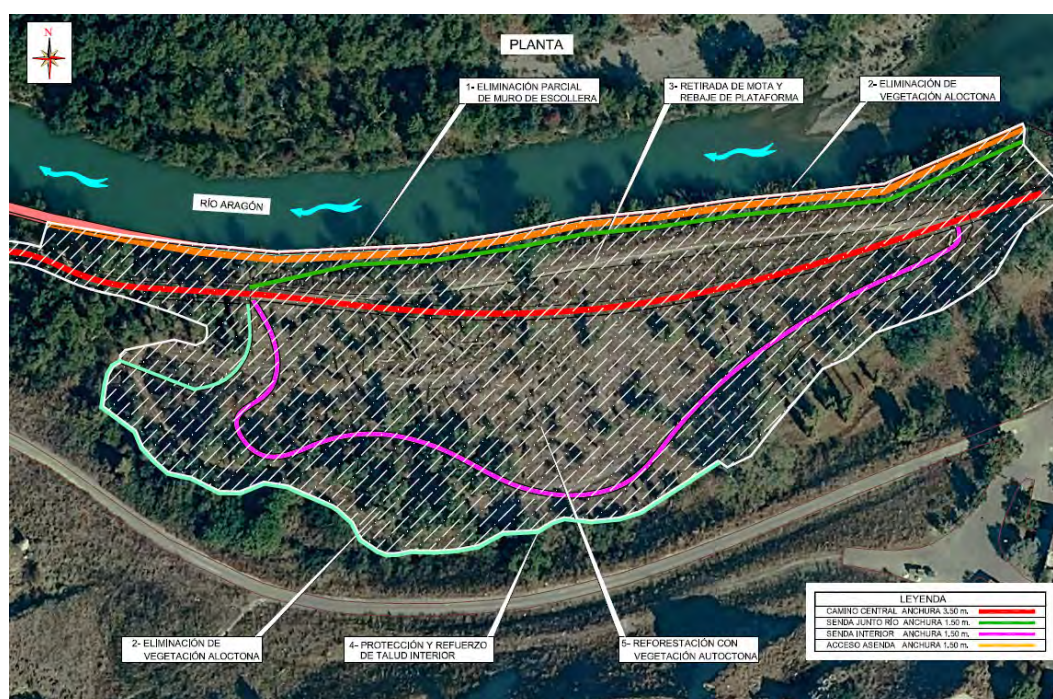
RAMA	ACCIÓN	OPCIONES			
		0	1	2	3
DINÁMICA FLUVIAL	Frenar efectos de la dinámica vertical acelerada (Incisión)	✗	✗	✓	✓
	Ampliar sección del cauce activo	✗	✗	✓	✓
	Restaurar la conectividad Cauce-Llanura de inundación	✗	✓	✓	✓
	Ampliar el espacio fluvial	✗	✗	✗	✓
	Mejorar la laminación de episodios de avenida	✗	✗	✓	✓
RESTAURACIÓN AMBIENTAL	Ampliar el espacio fluvial	✗	✗	✗	✓
	Creación de hábitats y corredores faunísticos	✗	✗	✗	✓
	Mejorar conectividad longitudinal	✗	✗	✗	✓
	Mejorar continuidad transversal	✗	✗	✗	✓
	Mejora de condiciones para implantación de vegetación	✗	✗	✗	✓

RAMA	ACCIÓN	OPCIONES			
		0	1	2	3
	Eliminación de flora aloctona	✗	✓	✓	✓
SOCIAL	Mejorar la integración de intereses ambientales y socio-culturales	✗	✗	✗	✓

10. DESCRIPCION DE LAS ACTUACIONES

Como conclusión al estudio de alternativas, se plantea un proyecto con las siguientes actuaciones y que en los subapartados siguiente se describirán con detalle:

1. **Eliminación parcial de muro de escollera**
2. **Eliminación de vegetación aloctona**
3. **Retirada de mota y rebaje de plataforma**
4. **Protección y refuerzo de talud interior**
5. **Reforestación con vegetación autóctona**



Planta general de actuaciones

10.1. ELIMINACION PARCIAL DE MURO DE ESCOLLERA

El primer paso para la desrigidización del cauce del río Aragón y mitigar los efectos de la dinámica vertical acelerada del cauce, así como para permitir la conexión del mismo con su llanura

de inundación, será la eliminación del muro de escollera que refuerza la margen izquierda en la zona de actuación.

Se trata de un muro de contención de altura variable, conformado por bloques de piedra caliza de tamaño uniforme y diámetro medio estimado 80 cm.



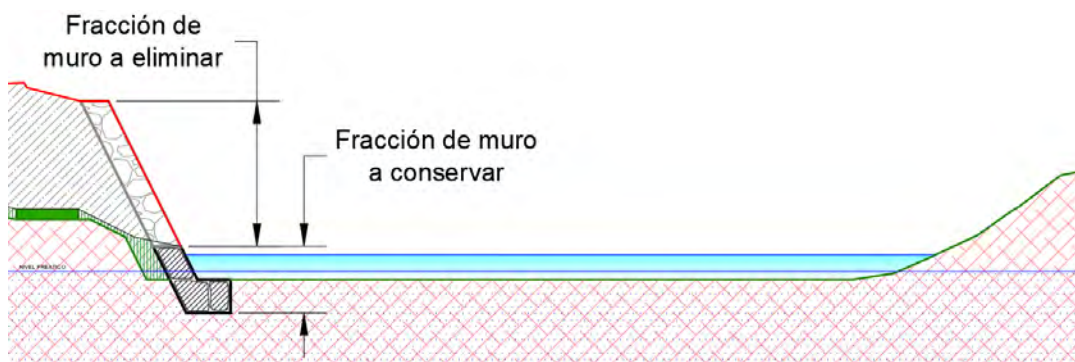
Estado y alcance actual del refuerzo de la margen izquierda

La retirada parcial, y no total, de este elemento estructural de protección se debe a la necesidad de mantener un pie de escollera que mitigue la acción erosiva del río en condiciones de aguas bajas sobre la plataforma donde se proyecta la restauración ambiental. De esta manera se mejora la conexión lateral del río y la llanura de inundación, así como se amplía el espacio fluvial, sin detrimento del mantenimiento de un área renaturalizada y compatible con fines socioculturales y recreativos.

La determinación de la cota o nivel de aguas bajas se ha efectuado a partir de los datos históricos diarios de los niveles del río Aragón durante la serie histórica comprendida entre los años 2000 y 2022 aportado por el SAIH del Ebro recogidos en la estación de aforo A005 (Río Aragón en Caparroso). Del análisis de estos datos se establecen los caudales medios, mínimos y máximos medios diarios:

DATOS ESTADÍSTICOS	CALADOS DIARIOS (m)		
	MIN	MED	MAX
MED	0.36	0.46	0.58
MIN	0.04	0.10	0.10
MAX	3.80	4.28	5.23

El nivel de aguas bajas se ha hecho coincidir con el percentil 95 (Q_{95}) de los caudales medios diarios. Aplicando dicho criterio se obtiene un calado de 100 cm, que es aquel que NO ha sido superado el 95% de los días de la serie histórica analizada.



Esquema desmantelamiento parcial refuerzo de margen izquierda

La actuación consistirá pues en el desmantelamiento parcial del muro de escollera ubicado en la margen izquierda del soto del puente en una longitud de 245 y en una altura variable, comprendida entre los 2 y 3,5 m (aunque muy mayoritariamente entre 3 y 3,5 m), de tal modo que se mantenga un pie de escollera de 110 cm (Calado correspondiente $Q_{95} + 10$ cm de resguardo) sobre el lecho del cauce.

En total se removerán aproximadamente 450 m³ de bloques de escollera, que serán reubicados íntegramente como refuerzo del talud interior de la zona de actuación.

10.2. ELIMINACION DE VEGETACIÓN

El paraje denominado “Soto del Puente”, en su margen izquierda, abarca 23.390 m², es decir, aproximadamente 2,34 ha, de las cuales únicamente 1,54 ha aproximadamente (15.410 m²) serán el objetivo de las actuaciones ligadas al presente proyecto, lo que supone el 65,8 % del total. Esta reducción de superficie de actuación, respecto al porcentaje total de superficie del soto del Puente, se debe a:

- **Criterios ambientales:** se ha primado la conservación de toda la vegetación forestal autóctona que sea posible, siempre y cuando se observe presenta signos de estar dotada de un buen desarrollo y una buena conexión con el nivel de humedad freática necesario.
- **Criterios económicos:** toda reducción de la zona de actuación supondrá una reducción de los costes de actuación respecto de los mismos en caso de contar con una mayor superficie de actuación.

De esta forma se han establecido dos zonas dentro del paraje de “Soto del Puente”:

- **Zona A:** aquella que cuenta con una masa forestal de calidad media-alta y en la que se aprecian signos de buen desarrollo y capacidad de supervivencia. Esta zona no será objeto de actuación alguna, salvo la de localización y eliminación de especies alóctonas.
- **Zona B:** aquella que se encuentra en la actualidad escasamente forestada, constituyendo la escasa vegetación existente hoy en día, los remanentes de la vegetación natural que cubría la playa de gravas que posteriormente se convertirá en la zona de actuación, así como de los trabajos de reforestación del canal de crecida

efectuados entre 1984 y 1987, todo ello anterior a la construcción de la mota y el refuerzo de margen.

Mientras que la Zona A no será objeto de actuación alguna, salvo la de localización y eliminación de especies alóctonas, la Zona B será objeto de los trabajos de excavación necesarios para dotar a la plataforma de la cota requerida por factores hidráulicos y ambientales y que se ha fijado en 296-296,5 msnm. Así pues la Zona B será objeto, previamente a los trabajos de excavación, de la eliminación de toda su cobertura forestal, identificando el carácter aloctona de aquellos ejemplares que en su caso deberán ser llevados a gestos de residuos autorizado.



Zonificación de la obra

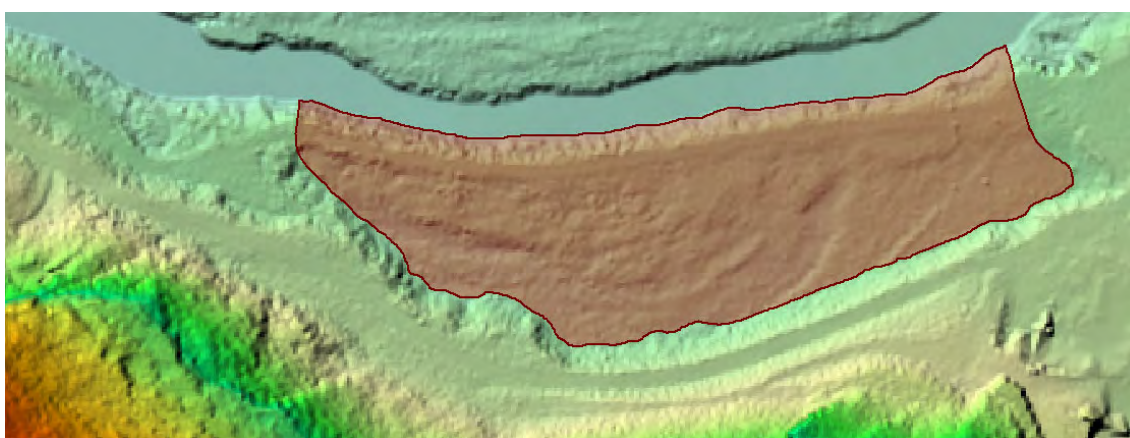
La potencial vegetación aloctona y/o invasora localizada en el Soto del Puente puede ser: Ailantos, Falsa Acacia, Platanero de sombra, Chopos productivos y Olmo siberiano. Aquellos ejemplares que se encuentren dentro de la Zona B serán eliminados con medios mecánicos incluso el destocoado, mientras que aquellos que se encuentren en la Zona A podrán ser objeto, además, de tratamiento químico en caso de resultar complicada su eliminación por medios mecánicos.

10.3. RETIRADA DE MOTA Y REBAJE DE PLATAFORMA

En la actualidad la rasante de la plataforma o terraza sobre la que se asiente el Soto del Puente está comprendida entre las cotas 296 y 300 msnm, con pendiente favorable en dirección de la corriente del río. Sobre dicha plataforma aún pueden observarse signos del trazado de antiguos canales de crecida que han quedado descolgados respecto al nivel actual del río, entrando únicamente en funcionamiento en episodios de crecida, debido a los fenómenos de incisión existentes y a la mota que se interpone entre estos y el río.



Perspectiva de la zona de intervención



Planta de la topografía en la situación actual

Con objeto de mitigar los efectos de la dinámica vertical acelerada existente en el tramo de estudio y de ampliar el espacio fluvial en el mismo, se proyecta el rebaje de la cota de la rasante de terraza o plataforma de la margen izquierda del Soto del Puente, así como la eliminación de la mota que lo defiende.

La cota de la rasante final de la explanada o plataforma se ha definido en base a criterios de carácter hidráulico, ambiental y social:

- **C. Hidráulico:**

Cualquier reducción de la cota de la rasante de la terraza del Soto del Puente va a suponer una ampliación de la sección útil del río y del cauce activo en situación de avenida, así como un incremento de su capacidad laminadora.

En este sentido, la cota máxima que debería tener la rasante de la plataforma objeto de actuación es aquella que permita el tránsito de un caudal de 200 m³/s, que corresponde en términos de cota 296,40 msnm

▪ **C. Ambiental:**

Este criterio deriva de a su vez de las características edáficas del terreno, muy permeable y con escasa capacidad de retención, así como de la excesiva distancia existente entre la rasante del terreno actual y el nivel freático. Estas cuestiones dificultan el correcto desarrollo de la vegetación existente llegando a imposibilitar la implantación de una masa forestal freatofila, y por lo tanto el establecimiento de nuevo hábitats de interés y el desarrollo de los ya existentes (problemas de desecación de la vegetación).

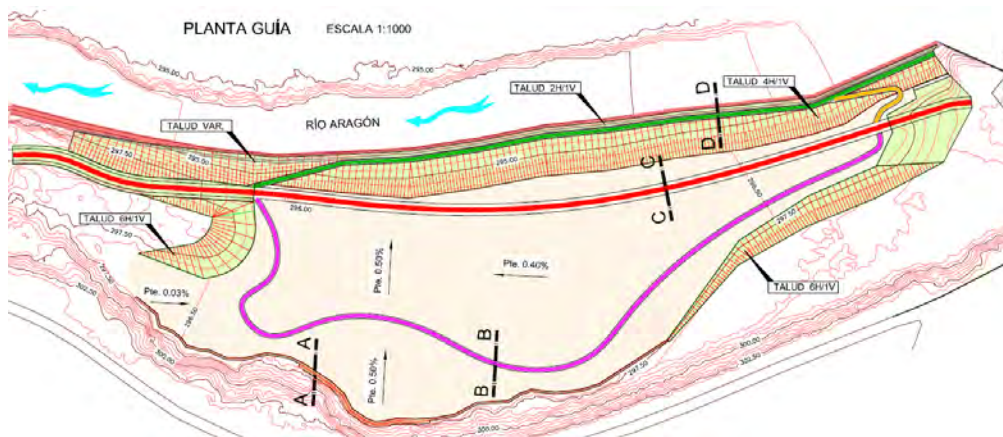
Dado que la realización de una corrección o enmienda de las características físico-químicas del terreno no es factible, se hace indispensable acortar la distancia existente entre la rasante de la explanada objeto de las actuaciones y el nivel freático del río, posibilitando de esta manera un más fácil acceso por parte de la vegetación a la humedad freática del subsuelo.

El estudio geotécnico y el MDT han permitido determinar la profundidad del nivel freático en las condiciones actuales, encontrándose el mismo, de media, a una profundidad variable de entre 3,5 y 6 m.

Teniendo en cuenta las exigencias de agua de la vegetación riparia y su capacidad de desarrollo radicular, así como que no se pretende instalar un sistema de riego y se persigue minimizar al máximo la necesidad de riego de apoyo, se plantea la ejecución de las plantaciones “a raíz profunda”. Este tipo de plantación, que permite el contacto directo del sistema radicular de la planta con el freático, presenta alguna limitación a partir de profundidades de 4 m, por lo que se propone el rebaje de la cota de la rasante de la explanada hasta situarla, de media, a 4 m del nivel freático del río en condiciones de máximo estiaje (Calado del río = 10 cm).

▪ **C. Social:**

La cota de la rasante final de la explanada de la plataforma debe ser tal que permita la utilización del espacio resultante como espacio socio cultura y de recreo durante todo el tiempo posible, manteniendo un equilibrio entre los criterios ambiental e hidráulico.



Planta de itinerarios y recorridos lúdico-recreativos

De toda la extensión del Soto del Puente únicamente se excavará la porción correspondiente a la Zona B, manteniendo las rasantes existentes en la Zona A. Respecto a la Zona B, en base a los criterios anteriores, se ha fijado como cota final de la rasante en el punto medio de la explanada la cota 296 msnm. Por otro lado, dado que la explanada debe tener una pendiente longitudinal descendente en la dirección del río de 0,40 % y transversal hacia el río de 0,50%, el rango de altitud será:

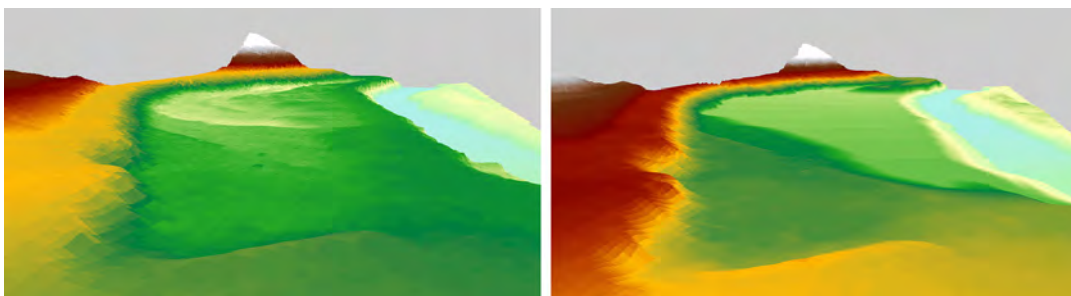
- **Longitudinal:** de los 296,86 msnm hasta los 296,15 msnm
- **Transversal:** de los 296,98 msnm hasta los 296,00 msnm



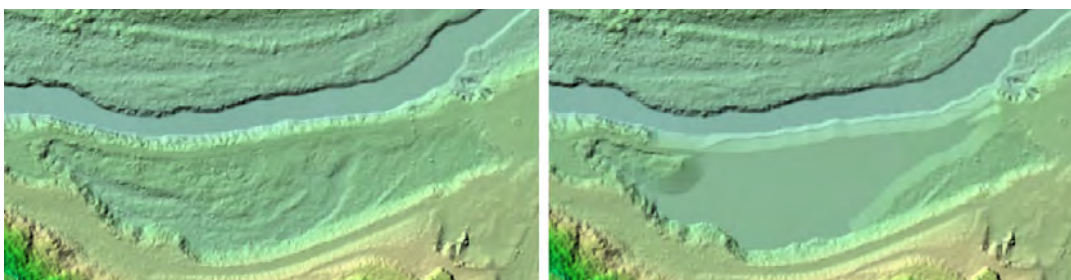
Secciones tipo inicial y final de la plataforma de la zona B

Los acuerdos entre el nivel del pie de escollera mantenido, la plataforma de la Zona B y los niveles del terreno de la Zona A, se resolverán mediante rampas o taludes con las pendientes que se indican a continuación:

- **6H/1V:** Transición entre la explanada de la Zona B y las zonas boscosas a mantener de la Zona A
- **4H/1V:** Transición entre la senda/itinerario junto al río y la plataforma de la Zona B.
- **2H/1V:** Transición entre la coronación del pie de escollera y la senda/itinerario junto al río.
- **Pendiente variable:** zonas locales en la que los planos que definen el talud acuerdan con dos o más planos distintos simultáneamente.



Perspectiva 3D del estado inicial (Izquierda) y estado final (Derecha)



Ortoimagen 3D Estado inicial (Izquierda) y estado final (Derecha)

Previamente a los trabajos de excavación se retiraran y acopiaran los primeros 40 cm de suelo correspondientes al suelo vegetal para su posterior reutilización sobre la nueva rasante de la explanada y los taludes, suponiendo un volumen total de 6.245,85 m³. El volumen de suelo vegetal recuperado alcanzará, una vez extendido, para crear una capa de 45 cm de espesor.

En total se estima se generará un volumen de tierra procedente de la excavación de 24.741,88 m³, estando formado el mismo fundamentalmente por gravas sobre matriz arenolimosas. El destino de las tierras excedentarias será la zona de acopio municipal localizada en la parcela 679 del polígono 4 del término municipal de Caparroso (Navarra).



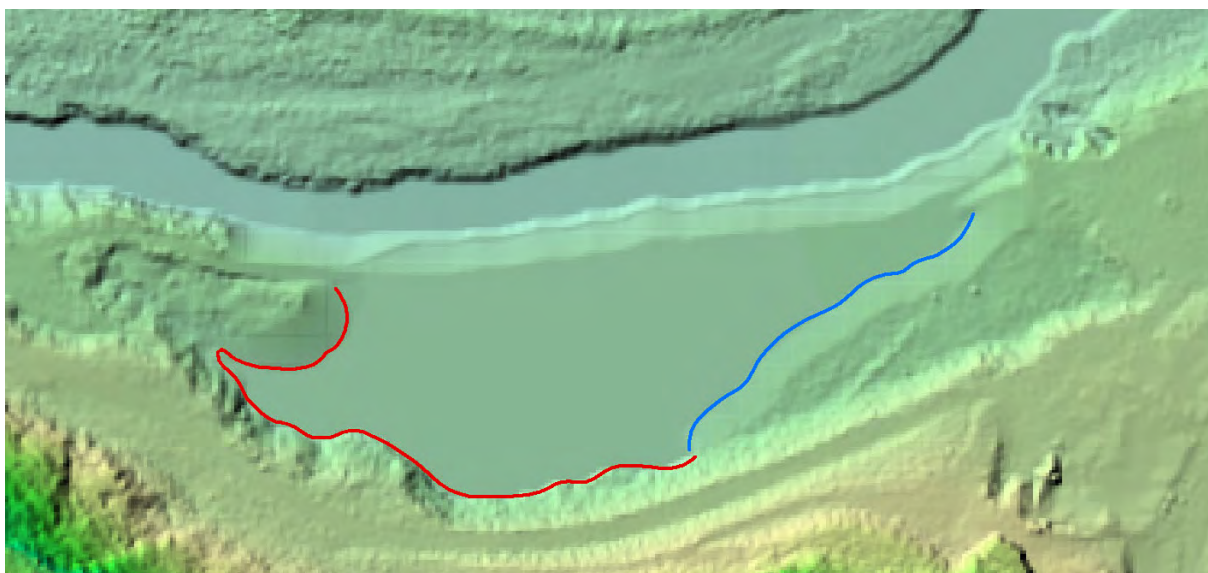
Localización de la zona de acopio Municipal

10.4. ESTABILIZACIÓN Y REFUERZO DE TALUDES INTERIORES

El desmantelamiento parcial del muro de escollera de refuerzo de la margen izquierda va a generar un excedente de volumen de aproximadamente 450 m³ de bloque de piedra. Teniendo en cuenta que la excavación de la explanada de la Zona B va a dejar más expuesto a la acción erosiva del río el talud interior de la zona de actuación y que constituye el límite entre la zona de actuación y el camino que conduce al paraje de “Las Vales”, se proyecta la utilización de dicho excedente de bloque de escollera en la protección de dicho talud.

Con 2,70 metros de altura media de muro desmantelado, una longitud de 245 m y un diámetro estimado del bloque de escollera de 80 cm, se obtiene material como para cubrir una superficie de 660 m² o una alineación de altura igual al diámetro del bloque en una longitud aproximada de 825 m.

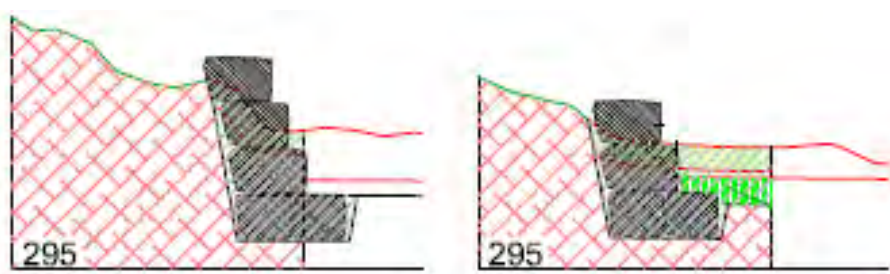
Dentro de la zona de actuación se distinguen dos tipos de talud a proteger dependiendo de lo expuestos que se encuentran a la acción erosiva del río. Por un lado los taludes que discurren sensiblemente paralelos a la corriente del río y por otro aquellos que lo hacen perpendicularmente o que interceptan la dirección de dicha corriente. En el primero de los casos se dispondrá únicamente de un pie de escollera de un único bloque de piedra, mientras que para el segundo se dispondrán hasta 3 hileras de bloque (dependiente de la geometría del talud receptor) formando una pantalla de protección sobre los taludes.



Localización del retranqueo de la protección de margen



Detalle general de sección de retranqueo



Detalle de la disposición de los bloques de escollera en su nueva ubicación

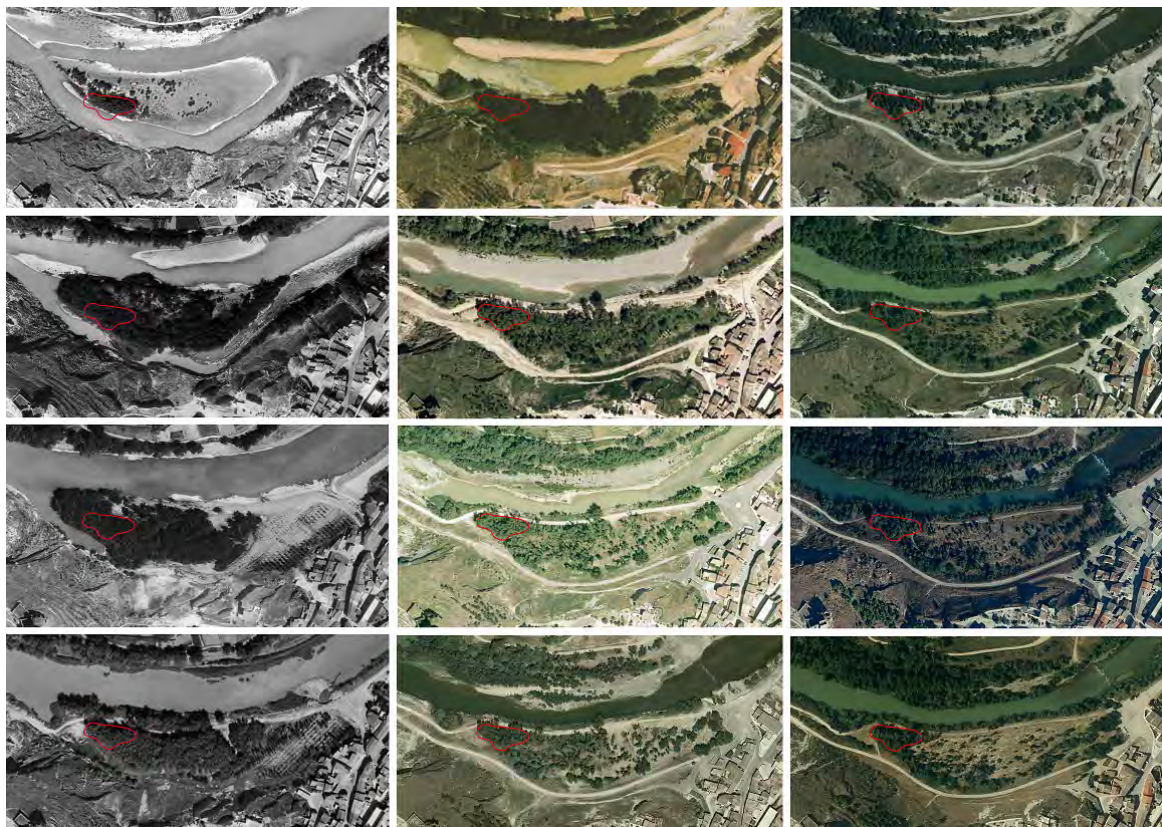
10.5. REFORESTACION

Los trabajos de reforestación de la zona intervenida pretenden dotar a la masa forestal a implantar en un punto de lanzamiento óptimo. Su objetivo es favorecer el avance de la sucesión vegetal y la mejora de la biodiversidad de la zona, replicando la composición específica y distribución de los sotos cercanos.

En la actualidad la masa forestal existente en la zona de intervención, pese a haberse desarrollado previamente trabajos de reforestación, es muy escasa y dispersa. Únicamente existen dos reductos en los que puede considerarse estable el desarrollo de la misma, siendo precisamente estas zonas las que se pretende conservar y mantener inalteradas fuera del ámbito de las actuaciones ligadas al presente proyecto:

- **Bosquete Occidental:** masa forestal correspondiente al bosque que colonizo la isla de gravas entre los años 1957 y 1966 y que a lo largo del tiempo acabo uniéndose a la margen izquierda formando lo que hoy se reconoce como la margen izquierda del soto del Puente.
- **Bosquete Oriental:** pequeño conjunto de árboles ubicado sobre la terraza original del río (T₂), sobre la que ya en el año 1966 existía un bosque que fue talado para la plantación de chopo productivo. Esta masa forestal se corresponde dicha plantación de chopo productivo que se realizó entre los años 1987 y 1992.

A continuación se muestra una imagen con la evolución temporal del soto desde el año 1966 hasta el 2021:



Secuencia temporal de la formación del "Soto del Puente" y su colonización vegetal

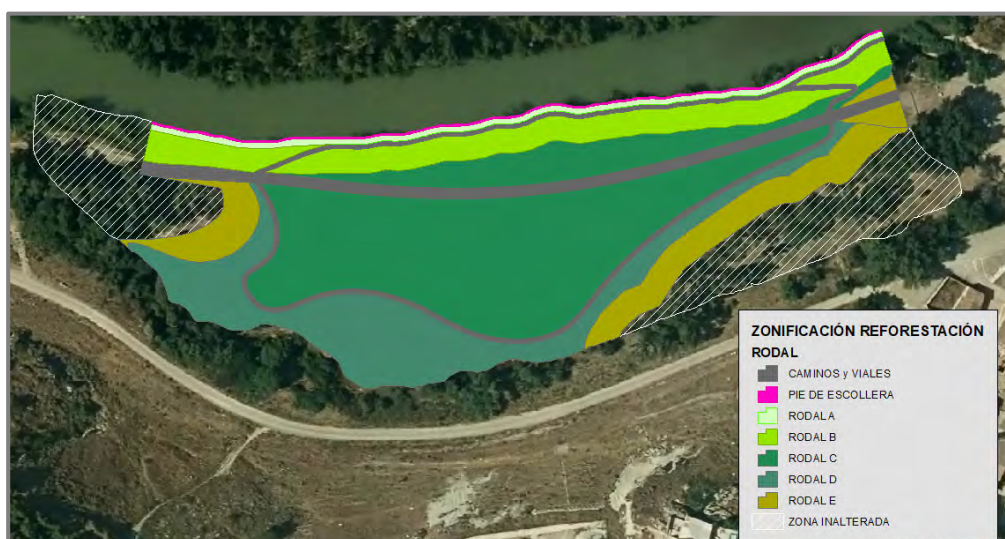
En lo que respecta al resto de la masa forestal existente en la zona de actuación se encuentra muy mermada y deteriorada, con evidentes signos de un acusado y crónico estrés hídrico presumiblemente a causa de la cada vez menor cota del nivel del agua en el río. Este descenso de la cota de la lámina de agua tiene dos orígenes: la disminución de los caudales líquidos a causa de la derivación de la minicentral hidroeléctrica y los fenómenos de incisión por el constreñimiento y simplificación que ha sufrido en cauce, y que están motivados a su vez por:

- Disminución de los caudales sólidos circulantes por el río debido a la construcción y entrada en explotación de los embalses de Yesa e Itoiz.
- Construcción de estructuras de defensa frente a inundaciones (Motas)
- Defensas/Refuerzos de margen.

Este descenso de la cota de la lámina de agua ha sido el mismo experimentado por el subálveo del río, hecho que unido a las características físico-químicas del suelo (muy permeable y bajo contenido en M.O.), hacen que se dificulte el acceso a la humedad freática por parte de la vegetación. Esta inaccesibilidad al freático en el caso de la vegetación ripícola (freatófila) es determinante y puede provocar su deterioro y en casos extremos la pérdida de este tipo de masas forestales, tal y como puede observarse en la imagen de la evolución histórica del soto del Puente.

Respecto a la condición de referencia a la que encaminarse con los trabajos de reforestación, se ha establecido la misma observando las condiciones y características de los sotos cercanos a la actuación que gozan de un buen estado ecológico y un alto grado de conservación. En este sentido la serie de vegetación potencial que corresponde la zona de actuación es la Serie de las alamedas y olmedas Bardeneras (*Rubio tinctorum*-*Populetum albae*). Dicha serie está encabezada por choperas y alamedas (*Populus nigra* y *Populus alba*, respectivamente), y se localiza en terrazas solo anegadas por grandes avenidas periódicas.

En lo referente a la composición y estructura de la masa forestal de la imagen objetivo, hay que tener en cuenta en primer lugar que nos referimos a la que hipotéticamente habría en un estado ideal (condición de referencia) pero condicionada a la morfología final objeto del presente proyecto (imagen objetivo). A tenor de ello se proyecta la existencia de 5 bandas de vegetación, cuya localización y composición específica está íntimamente ligada a la cercanía del nivel freático del río así como a la dinámica fluvial.



Planta general de la zonificación de la reforestación

Visto todo lo anterior, la superficie total de reforestar asciende a 13.755 m² entre la explanada y los taludes de transición entre plataformas, dividiéndose en 5 zonas en función de las características específicas de cada una de ellas para albergar un tipo de vegetación u otra. De este modo distinguimos:

ZONAS	SUPERFICIE (m ²)	RODAL	TALUD	SUPERFICIE (m ²)
TALUDES RIO	2582	RODAL A	2H/1V	534
		RODAL B	4H/1V	2048
EXPLANADA	9373	RODAL C	-	6515
		RODAL D	-	2858
TALUDES EXTERIORES	1800	RODAL E	6H/1V	1800
TOTAL	13755 m²	1.38 ha		

A continuación se detallan las características de cada uno de los rodales planteados:

10.5.1. Pie de escollera revegetado

No se trata de un rodal en sí mismo, no obstante el pie de escollera que es necesario mantener para evitar la plausible y paulatina desaparición de la zona de actuación por procesos erosivos, será objeto de estacado mediante estaquillas sauce arbustivo (*Salix purpurea*, *Salix elagnos*, *Salix fragilis*, *Salix alba*.) de 1,5 m de longitud y una densidad de 2 ud/m².



Localización del pie de escollera a mantener

10.5.2. Rodal A

Rodal más cercano de la orilla del río, situado justo a continuación del pie de escollera. Se trata de la banda de vegetación más expuesta a los efectos de la dinámica fluvial y con mayor garantía de acceso al agua, es decir dentro de la zona acuática del río.

La revegetación de esta zona se realizará mediante la técnica de cobertura de ramas o esteras de ramaje. Esta técnica persigue, además de la evidente renaturalización de la superficie, la protección y estabilización de las márgenes fluviales más expuestas a la corriente y a la erosión mecánica de la misma. Sus principales virtudes son:

- Efecto inmediato de protección mecánica frente a l flujo circulante y contención de tierras en todo el talud
- Estabilización en profundidad en todo el talud a medio plazo por el desarrollo de una densa red de raíces.
- Formación de saucedas arbustivas densas y resistentes a modo de bandas de protección en la zona intervenida.



Localización rodal A (Cobertura de ramas vivas)

Esta técnica se realizará mediante el recubrimiento con ramas vivas de vegetación arbustiva elástica y duradera, como son las correspondientes al género *Salix* (*Salix purpurea*, *Salix elagnos*, *Salix fragilis*, *Salix alba*). Para ello, se dispondrán ramas de entre 4-4,5 m de largo tendidas sobre el talud y perpendicularmente a la corriente del río. La densidad o recubrimiento será de entre 12-16 ramas por metro, y las ramas se enterrarán tras el pie de escollera alcanzando como mínimo el nivel del río en máximo estiaje, asegurando de este modo su acceso al agua.

El atado de las ramas se realizará mediante piquetas y ramas de sauce flexible tendidas sobre las ramas de forma paralela a la dirección del agua. Sobre esta cobertura se extenderá una capa de tierra vegetal de 5 cm de espesor debiendo asomar por la cabeza del talud un mínimo de 50 cm de follaje.



Sección tipo actuación rodal A. (Cobertura de ramas vivas)

Adicionalmente, como medida de protección del talud hasta que arraigue la cobertura de ramas, sobre el talud se instalara una malla de fibra vegetal (coco) de paso de malla 5x5 cm que además de estar trabada con el pie de escollera ira fijada al terreno mediante estacas de madera viva (*Salix* sp.). Finalmente sobre el talud se realizará una siembra manual de baja densidad (*Rubia tinctorum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Brachypodium phoenicoides*, *Dactylis glomerata*, *Polygonum persicaria*, *Polygonum viridis*, *Carex pendula*, *Plantago lanceolata*...).



Figura 18: Ortoimagen 3D Estado inicial (Izquierda) y estado final (Derecha)

10.5.3. Rodal B

Rodal situado a continuación del Rodal A, separado de este por la senda o itinerario junto al río que además permitirá la realización de trabajos de mantenimiento en los rodales A y B. Este rodal, ubicado sobre un talud de pendiente 4H:1V, se encuentra a una distancia mínima del freático tal que dificulta la viabilidad de la realización de plantaciones a raíz superficial y/o la aparición de forma espontánea de vegetación de interés. Por este motivo se plantean la plantación a raíz profunda de especies de marcado carácter azonal.



Localización del rodal B

Este tipo de plantación está recomendada en aquellos terrenos en que el nivel freático está comprendido entre los 4-5 m de profundidad y en los que el tipo de sustrato al ser grueso impide, o dificulta, el ascenso de la humedad edáfica por capilaridad hasta profundidades accesibles por el

sistema radicular de las plantas. Esta técnica consiste en la plantación de las plantas a una profundidad tal que sus raíces, o base de plantón, alcancen el nivel de la capa freática en el periodo de máximo estiaje. De esta manera se asegura el arraigo de las plantas en medios gruesos, de escasa fertilidad, y moderada distancia al freático, tal como es el caso que nos ocupa. Las principales ventajas de este método de plantación son:

- Una vez plantada la planta no se requieren aportes suplementarios de agua
- Se “asegura” lo máximo posible el éxito de la plantación independientemente del régimen pluviométrico local.
- Permite utilizar terrenos de textura excesivamente gruesa y de baja fertilidad.
- Reduce el riesgo por estrés hídrico estival.
- Reduce el riesgo de vuelco de la plantación a causa del viento o de la dinámica fluvial, al gozar esta de un anclaje profundo de su sistema radicular.
- Método que goza de una alta eficiencia energética e hídrica.

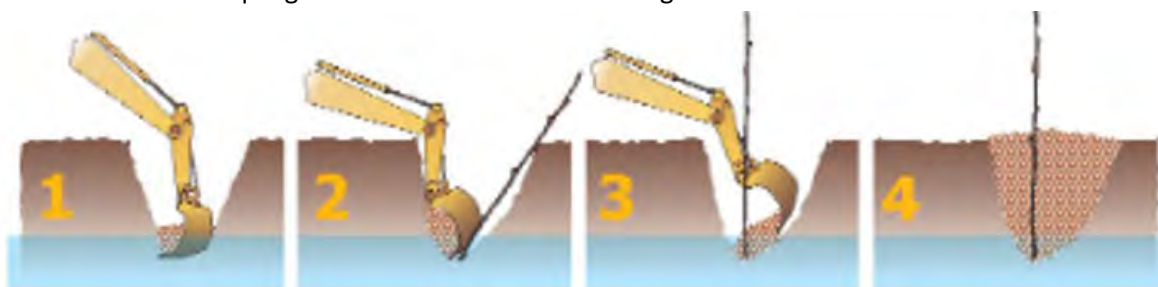


Figura 18: Ortoimagen 3D Estado inicial (Izquierda) y estado final (Derecha)

La composición específica del rodal será la correspondiente a una sauceda arbórea (*Salix alba* 60%) con ejemplares aislados de Aliso (*Alnus glutinosa* 40%), con una densidad de 400 pl/ha. Posteriormente a la plantación de los ejemplares arbóreos la superficie del talud será objeto de una siembra manual a razón de 350 Kg/ha (*Rubia tinctorum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Brachypodium phoenicoides*, *Dactylis glomerata*, *Polygonum persicaria*, *Polygonum viridis*, *Carex pendula*, *Plantago lanceolata*...).

10.5.4. Rodal C

Este rodal, que ocupa la mayor parte de la explanada o plataforma del soto del Puente, es el que mayor extensión ostenta con 0,65 ha, correspondiéndose con lo que debería ser una alameda.

Al igual que ocurría con el rodal B, dadas las características físico-químicas del suelo, la profundidad del freático y el régimen pluviométrico local de la zona, requieren de la aplicación de la técnica de plantación a raíz profunda*. No obstante en este caso tal y como se ha referido en el párrafo anterior, dada la lejanía con respecto al cauce y la mayor profundidad a la que se encuentra el freático, estaríamos ante una banda de vegetación correspondiente a la zona media-alta del buffer azonal de la vegetación ribereña.

La composición específica del rodal será la correspondiente a una alameda (*Populus alba* 60%) con ejemplares aislados de Chopo (*Populus nigra* 30%), y Fresno (*Fraxinus angustifolia* 10%), con una densidad de 250 pl/ha.



Localización rodal C)

La técnica de plantación a raíz profunda únicamente se empleará con la familia de las Salicáceas (álamos, chopos y sauces), mientras que la plantación de los ejemplares del género *Fraxinus* se realizará de manera superficial previa mejora del sustrato subyacente. Esta mejora consistirá en la excavación hasta alcanzar el freático y sustitución de parte del sustrato excavado con tierra vegetal con mayor porcentaje en finos.

10.5.5. Rodal D

Variante del Rodal C, correspondiente a la zona alta del buffer azonal. Constituye el ecotono entre el espacio con condiciones azonales (edáficas) de la ribera y el que tiene condiciones zonales (climáticas) situado por encima del camino que conduce al paraje de “Las Vales”.



Localización rodal D

La composición específica del rodal será la correspondiente a una alameda (*Populus alba* 45%) pero con matices tendente a Chopera (*Populus nigra* 35%) y Fresneda (*Fraxinus angustifolia* 20%), con una densidad de 250 pl/ha. Las técnicas de plantación serán las mismas que las empleadas en el Rodal C.

10.5.6. Rodal E

Rodal situado sobre los taludes interiores, de pendientes, 6H:1V, del soto del Puente. La excesiva profundidad a la que se encontraría el freático respecto al sistema radicular de la hipotética vegetación que pudiera establecerse en su superficie (> 5 m) resulta inviable técnicamente, la plantación de especies forestales edafófilas. Se plantea en este caso la rápida implantación de especies arbustivas (*Crataegus monogyna*, *Cornus sanguinea*) y herbáceas (*Polygonum persicaria*, *Datura stramonium*, *Solanum nigrum*, *Anagallis arvensis*, *Daucus carota*, *Convolvulus arvensis*) con escasos requerimientos hídricos y cuya función ser meramente la protección de los taludes frente a la dinámica fluvial. La dosis de siembre será de 350 kg/ha, e ira acompañada de la instalación de una malla de fibras vegetales (coco) con un paso de malla de 5x5cm.



Localización rodal D

10.5.7. Selección y procedencia del material vegetal

La selección de las especies que compondrán el mosaico de material vegetal a implantar en la zona intervenida se ha realizado partiendo de conocimiento del medio y de los requerimientos de dicho material. Únicamente se han seleccionado especies y variedades autóctonas características de los hábitats riparios presentes en los sotos cercanos. Se trata de especies bien adaptadas a los factores ecológicos locales. Para ello se han seguido, entre otras, las recomendaciones plasmadas en la “Guía técnica para la gestión de materiales forestales de reproducción en la revegetación de riberas”.

Se ha priorizado la implantación de especies de carácter arbóreo y arbustivo por tratarse de la más efectivas y funcionales en los trabajos de reforestación. Asimismo también se ha priorizado la reforestación con las especies “cabeza de serie” del hábitat que se supone debería existir en la zona de actuación, en el caso que nos ocupa la alameda (*Populus alba*).

Así pues las especies seleccionadas han sido:

TIPO	NOMBRE	NOMBRE COMUN	PRESENTACIÓN	UNIDADES
HERBACEAS	<i>Rubia tinctorum</i>	Rubia roja	Semilla	
	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Falso bromo		
ARBUSTIVAS	<i>Crataegus monogyma</i>	Majuelo		

TIPO	NOMBRE	NOMBRE COMUN	PRESENTACIÓN	UNIDADES
	<i>Cornus sanguinea</i>	Cornejo		
	<i>Salix atrocinerea</i>	Mimbrera cenicienta	Estaquilla	
ARBOREAS	<i>Populus alba</i>	Alamo	R2/T2	
	<i>Populus nigra</i>	Chopo		
	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fresno	Cepellón	
	<i>Salix alba</i>	Sauce	R2/T2	
	<i>Salix fragilis</i>	Mimbrera	Rama viva R1/T1 R2/T1	
	<i>Salix neotricha</i>	Mimbrera blanca		
	<i>Salix eleagnos angusifolia</i>	Sarga		
	<i>Salix purpurea</i>	Mimbrera purpura		

Respecto al origen del material forestal a emplear en la revegetación, aunque lo ideal es que se recurriera a la recolección de propágulos y semillas de las especies seleccionadas de los sotos cercanos, lo cierto es que se desconoce la viabilidad de esta alternativa en lo que a criterios de cantidad y calidad se refiere. Por este motivo se plantea que el origen del material forestal sea de vivero certificado.

Parte del material forestal a emplear en la presente actuación estará afectado por el Real Decreto 289/2003, modificado posteriormente por el Real Decreto 1220/2011, siendo la Normativa que incorpora al ordenamiento jurídico Español la Directiva 1999/105/CE. Las especies afectadas son: *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*, *Populus alba* y *Populus nigra*.

La planta a utilizar deberá tener la categoría IDENTIFICADA, a la que le corresponde la etiqueta amarilla. La planta perteneciente a esta categoría proviene de zonas de recolección que NO han sido sometidas a un proceso de selección por sus características genéticas o fenotípicas. Se garantiza por tanto el origen geográfico de los materiales, promovándose la recolección de lotes con cierta diversidad geográfica.

La planta recepcionada deberá estar adecuadamente etiquetada (Etiqueta amarilla) e ir acompañadas por su correspondiente Documento del Proveedor, con la información mínima que fija la legislación.

En este sentido las plantas deberán tener la calidad cabal y comercial adecuadas, que se determinará en función de las características generales, el estado sanitario, la vitalidad y la calidad fisiológica. Los lotes deberán cumplir al menos, que el 95% sean de calidad cabal y comercial, sin presentar los siguientes defectos:

- Heridas distintas de las causadas por la poda o heridas debidas a los daños de arranque.
- Ausencia de yemas susceptibles de producir un brote apical.
- Tallo múltiple.
- Signos de desecación, recalentamiento, enmohecimiento, podredumbre o daños causados por organismos nocivos.

El resto de especies referidas en el proyecto, y que no están sometidas al RD 289/2003, estarán reguladas por la Ley 30/2006. Para este tipo de plantas deberán cumplirse los requisitos mínimos establecidos: etiquetado individual o por grupos, con etiqueta o documento del proveedor, al menos, en español y donde conste el nombre del mismo, la especie y, si cabe, la variedad. Para este tipo de material se intentará en la medida de lo posible que las fuentes de recolección sean poblaciones naturales, ya sean poblaciones naturales o artificiales, debiéndose garantizar cierta diversidad genética.

Asimismo, el material vegetal afectado por el Real Decreto 58/2005, que transpone el régimen fitosanitario comunitarios al ordenamiento jurídico español, deberá contar con su correspondiente pasaporte fitosanitario que acredita que el material recepcionado ha sido sometido a los controles establecidos y que se encuentra libre de los organismos nocivos incluidos en la norma.

10.5.8. Densidades, marcos y periodo de plantación

Aun cuando resulta inevitable establecer un marco de plantación determinado a la hora de poder establecer las densidades de plantación se ha de tener en cuenta que las mismas deberán tener una distribución lo más irregular posible, imitando la distribución de sotos cercanos y evitando en cualquier caso las alineaciones y distribuciones con patrones geométricos. Se procurará, durante los trabajos de plantación crear zonas con densidades variables: zonas con mayor densidad al marco general establecido (bosquetes), y zonas con menor densidad (claros) que permitan la colonización de otro tipo de vegetación arbustiva o herbácea.

A continuación se muestran los marcos y densidades generales por rodal:

RODAL	MARCO (m)	DENSIDAD	BOSQUETE	CLARO
RODAL A	-	12-16 ramas/m	-	-
RODAL B	5x5	400 pl/ha	2x2	5x5
RODAL C	6x6,5	250 pl/ha	3x3	6x6,5
RODAL D				
RODAL E	Siembra 350 Ka/ha			

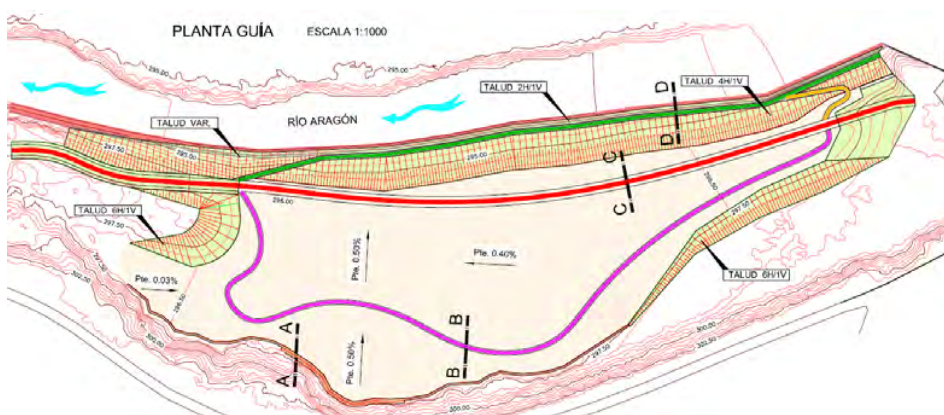
Respecto al periodo óptimo para la realización de los trabajos de plantación, a continuación se muestra un cuadro descriptivo del periodo óptimo en que realizarlas en función de la especie y su presentación:

OPERACIÓN	TIPO DE PLANTA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
PLANTACION	ENVASE (ALVEOLO y CONTENEDOR)													
	RAIZ DESNUDA													
	CEPELLÓN													

10.6. ITINERARIO AMBIENTAL Y AREA RECREATIVA

Con objeto de dar a la zona de actuación, además de la evidente finalidad ambiental, una función social y que sirva como zona de esparcimiento para los vecinos de Caparroso, se proyecta la creación de diversos itinerarios.

Se plantean dos itinerarios: uno que discurre junto al río y el otro que discurre por el interior del soto, a los que se accede desde la pista central que atraviesa longitudinalmente el soto y cuya función es la de ofrecer un paso a vehículos hasta el interior del soto para posibilitar los trabajos de mantenimiento, limpieza, etc. del mismo.



Localización itinerarios y recorridos lúdico-recreativos

- **Itinerario Río:** Este itinerario discurrirá a escasos metros de la margen del río, permitiendo transitar y observar la parte del soto más cercana a la orilla, donde se asientan las saucedas y alisedas. Asimismo facilitará el acercamiento hasta la misma orilla, posibilitando actividades como la pesca.
- **Itinerario Soto:** Este itinerario discurrirá por el interior del soto, permitiendo el paseo y observación de la alameda que ocupara esta zona del soto.

Ambos itinerarios contendrán paneles informativos acerca de la flora y fauna que se puede observar durante su recorrido. En ambos casos se trata de sendas de 150 cm de ancho con firme de e=20 cm de zahorra ZA-20 compactada, e irán jalonados con postes de madera para delimitar claramente su recorrido.

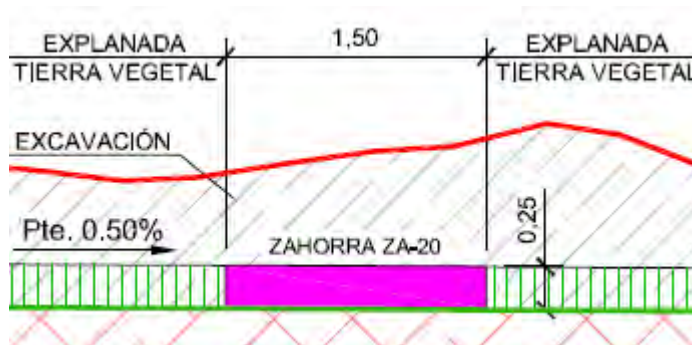
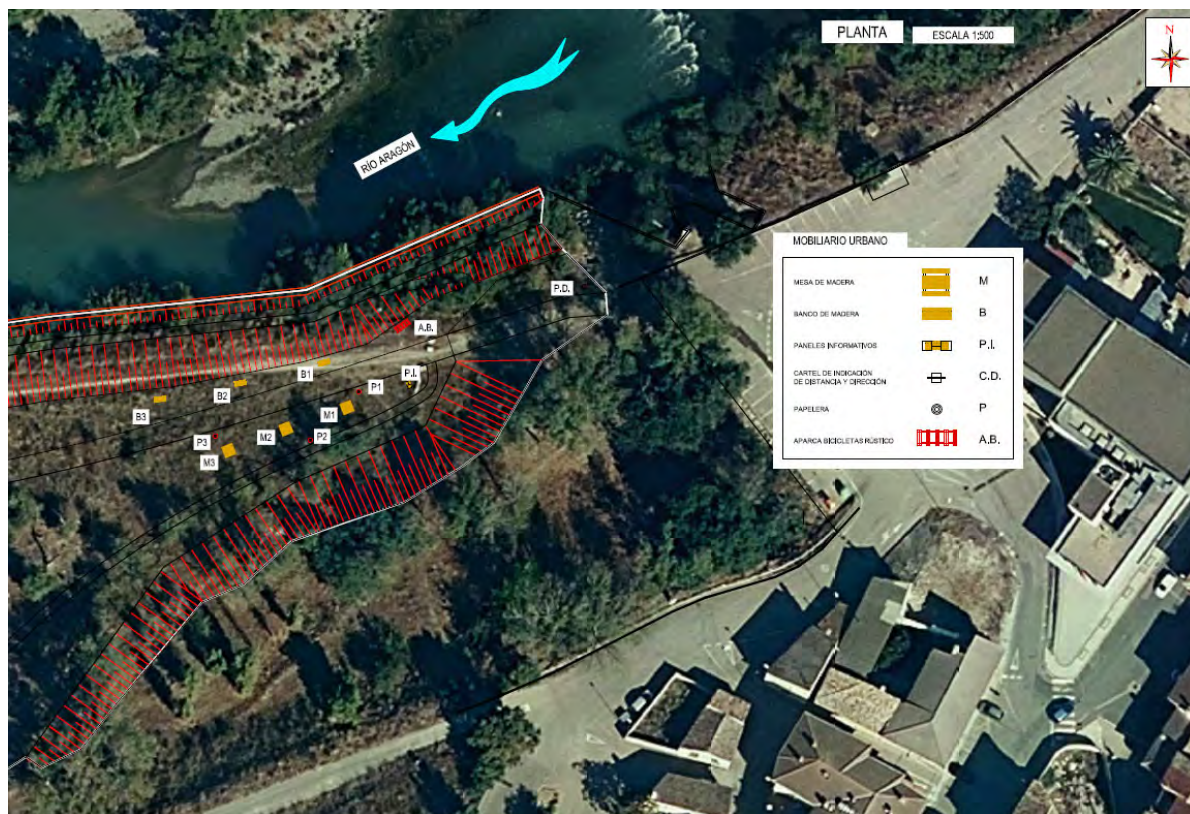


Figura 18: Ortoimagen 3D Estado inicial (Izquierda) y estado final (Derecha)

Además de los dos itinerarios con carácter lúdico ambiental se plantea la creación de un área recreativa compuesta por 3 mesas con bancos y papeleras



Localización área recreativa

11. GESTIÓN DE RESIDUOS

El **Real Decreto 105/2008**, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, dispone que:

“Entre las obligaciones que se imponen al productor, destaca la inclusión en el proyecto de obra de un estudio de gestión de los residuos de construcción y demolición que se producirán en ésta, que deberá incluir, entre otros aspectos, una estimación de su cantidad, las medidas genéricas de prevención que se adoptarán, el destino previsto para los residuos, así como una valoración de los costes derivados de su gestión que deberán formar parte del presupuesto del proyecto. También, como medida especial de prevención, se establece la obligación, en el caso de obras de demolición, reparación o reforma, de hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generen, proceder a su retirada selectiva y entrega a gestores autorizados de residuos peligrosos”.

De acuerdo con el RD 105/2008, por la que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, se adjunta en el presente proyecto el Anejo nº 12.: Gestión de Residuos”.

Los principales residuos que se prevé van a generar durante las actuaciones englobadas en el presente proyecto son tierra, rocas (residuos inertes) y biomasa forestal (ramas, troncos, desbroces, etc...).

Respecto al volumen de residuos inertes (tierras procedentes de la excavación de la nueva rasante de la plataforma o explanada del soto del Puente así como de la creación de los taludes de transición), su volumen ascenderá a 29.400 m³, que serán transportados hasta la zona de acopio municipal del Ayto. Caparroso ubicada a aproximadamente 1,6 Km de distancia de la zona de intervención (Parcela 679 de polígono 4 del T.M. de Caparroso).

Los bloques de piedra procedentes del desmantelado parcial del muro de escollera protector de la margen izquierda suponen un volumen total de 530 m³ de piedra. No obstante se reutilizará íntegramente en el refuerzo del talud interior.



Localización de la zona de acopios Municipal

La determinación de los Kg de biomasa provenientes de los trabajos de tala, apeo y destoco de los ejemplares arbóreos, se ha realizado mediante la metodología empleada por Montero et al. (2005). Dicha metodología utiliza ecuaciones de tipo alométrico, en las cuales el peso de biomasa seca está relacionada con el diámetro normal del árbol.

$$B = \alpha \cdot d^{\beta}$$

Donde “B” es la biomasa seca de la componentes de estudio en Kg, “d” es el diámetro normal en cm, y “α” y “β” son parámetros del modelo que varían en función de la especie y de la componente del árbol que se trate (fuste, ramas, hojas, raíces).

COMPONENTE	α	β	DIAMETRO NORMAL (cm)	BIOMASA (Kg)
<i>Copa</i>	0.053	2.5668	30	327.91
<i>Tronco</i>	0.0431	2.5377		241.53

COMPONENTE	α	β	DIAMETRO NORMAL (cm)	BIOMASA (Kg)
<i>S. Radical</i>	0.007	2.8205		102.64
TOTAL (kg biomasa/árbol)				672.08
EXTENSION COPAS MASA FORESTAL A ELIMINAR (m ²)				4231
Nº ESTIMADO DE PLANTAS				170
TOTAL (Tn biomasa/zona de actuación)				114.25

El destino de los residuos forestales será un gestor de residuos autorizado o en su caso un planta capaz de valorizar este tipo de material como pueden ser las centrales térmicas de biomasa y las de ciclo combinado, o empresas papelera/cartoneras.

12. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

La justificación de precios figura en el Anejo nº 7 de esta Memoria, cuyos precios figuran recogidos en los Cuadros de Precios nº 1 y 2.

13. SEGURIDAD Y SALUD

En aplicación de la legislación vigente, es necesaria la redacción de un Estudio de Seguridad y Salud para dar cumplimiento al **Real Decreto 1627/1997**, de 24 de Octubre, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras en Construcción, dentro del marco de la **Ley 31/1995** de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

De acuerdo con dicho Real Decreto, se adjunta en el presente proyecto, como Anejo nº11: “Estudio de Seguridad y Salud”.

En este estudio, se establecen las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidente y enfermedades profesionales, y a las instalaciones de higiene y bienestar durante la construcción de las obras.

14. PLAN DE OBRA

En el Anejo nº 8: “Cronograma” se definen los condicionantes técnicos y medioambientales que influyen en la ejecución de los diferentes elementos que integran el proyecto, de tal forma que se obtenga un Plan de Obra concebido racionalmente, teniendo en cuenta unos ritmos realistas de puesta en obra de las distintas unidades y las interferencias existentes entre las distintas actividades.

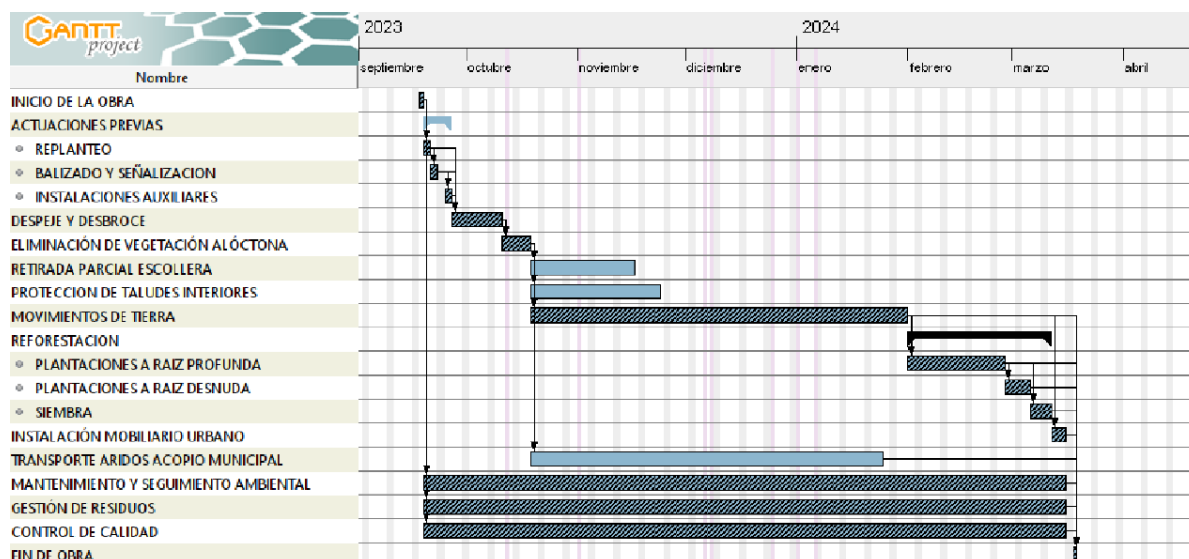
Los principales aspectos tenidos en cuenta han sido:

- Periodo de reproductor de la avifauna de la zona, especialmente aquella catalogada como vulnerable o en peligro de extinción, comprendido entre los meses de marzo y julio.
- El periodo de reproducción y cría de la nutria (*Lutra lutra*) es de marzo a agosto, por lo cual se prohíben las obras durante este periodo de tiempo.

Por todo ello se ha previsto trabajar de septiembre a marzo, evitando de este modo las mayores afecciones posibles a la fauna, esquivando asimismo el periodo del año con mayores registros de calados medios del río Aragón.

Las diferentes tareas se han planificado considerando el trabajo en jornadas semanales de cinco días, con jornada de trabajo habitual (solo trabajo DIURNO).

El plazo de ejecución está condicionado exclusivamente por el volumen de obra a realizar, por lo cual se ha estimado la duración de la ejecución en **SEIS (6) MESES**, conforme al citado Plan de Obra.



Para llevar a cabo la obra, se estima que la plantilla máxima dedicada simultáneamente a su ejecución presente en los diferentes tajos será de cinco (5) personas.

15. PRESUPUESTOS

Los presupuestos contienen todas las mediciones de la obra. Aplicando los precios unitarios, calculados en la justificación de precios, de las diferentes unidades de obra a las mediciones, se obtiene:

15.1. PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de **CIENTO SETENTA Y CINCO MIL SESENTA Y DOS EUROS con SIETE CENTIMOS (175.062,07 €)**.

15.2. PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD

Asciende el presupuesto de ejecución material asignado a Seguridad y Salud en las obras a la expresada cantidad de **CINCO MIL QUINIENTOS VEINTISIETE EUROS con NOVENTA Y CUATRO CENTIMOS (5.527,94 €)**.

15.3. PRESUPUESTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Asciende el presupuesto de ejecución material asignado a la gestión de residuos de construcción y demolición a la expresada cantidad de **MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS con CUARENTA Y OCHO CENTIMOS (1.657,48 €)**.

15.4. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

Incrementando el presupuesto de ejecución material en un 13% en concepto de Gastos Generales y otro 6% en concepto de Beneficio Industrial y finalmente aplicando, a todo ello un 21% de I.V.A:

Asciende el presupuesto base de licitación a la expresada cantidad de **DOSCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL SETENTA Y UN EUROS con OCHENTA Y SIETE CENTIMOS (252.071,87 €)**.

15.5. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

Asciende el presente Presupuesto para Conocimiento de la Administración a la expresada cantidad de **DOSCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL SETENTA Y UN EUROS con OCHENTA Y SIETE CENTIMOS (252.071,87 €)**, de acuerdo con el siguiente desglose:

CONCEPTO	IMPORTE
<i>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</i>	252.071,87 €
<i>EXPROPIACIONES</i>	0,00 €
<i>PRESUPUESTO PARA LA CONSERVACIÓN Y ENRIQUECIMIENTO DEL PATRIMONIO HISTÓRICO/ARTÍSTICO ESPAÑOL (2 % del PEM)</i>	No afecta (< 1.000.000)
TOTAL PRESUP. PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	252.071,87 €

16. FORMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 103 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, , en su artículo 103 indica que:

“...cuando proceda, la revisión periódica y predeterminada de precios en los contratos del sector público tendrá lugar en los términos establecidos en este capítulo, cuando el contrato se hubiese ejecutado, al menos, en el 20 por ciento de su importe y hubiesen transcurrido dos años desde su formalización. En consecuencia, el primer 20 por ciento ejecutado y los dos primeros años transcurridos desde la formalización quedarán excluidos de la revisión. No obstante, la condición relativa al porcentaje de ejecución del contrato no será exigible a efectos de proceder a la revisión periódica y predeterminada en los contratos de concesión de servicios.”

Habida cuenta de que el plazo previsto de ejecución de la obra es de 6 MESES, tal y queda recogido en el apartado y anejo homónimo: Cronograma, se entiende no procede la revisión de precios en este proyecto.

No obstante, para el caso en que el plazo de ejecución se prolongue por encima de los dos años, a partir de la fecha de adjudicación, por causas no imputables al Contratista, se propone a efectos de revisión de precios la siguiente formula polinómica (bloque nº5. Obras Hidráulicas, concretamente encauzamientos y restauración de ríos):

FORMULA 511. Alto contenido en rocas y áridos, siderurgia y cemento. Tipologías más representativas: encauzamientos y restauración de ríos.
$$K_t = 0,01B_t/B_0 + 0,06C_t/C_0 + 0,05E_t/E_0 + 0,01M_t/M_0 + 0,05O_t/O_0 + 0,05P_t/P_0 + 0,12R_t/R_0 + 0,08S_t/S_0 + 0,57$$

Esta fórmula atiende a los criterios fijados en el Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las administraciones públicas.

17. PLAZO DE GARANTIA

Todos los elementos y actuaciones incluidas contempladas por las obras proyectadas tendrán un plazo de garantía de UN (1) AÑO. Dicho plazo comenzará a contar desde la fecha de recepción que figure en el acta de la misma.

18. CONCLUSIONES

Con la presente Memoria y demás documentos que se acompañan, se considera este proyecto justificado y acorde con los fines perseguidos, por lo que se presenta a la superioridad para su tramitación y efectos oportunos si procede.

Zaragoza, octubre de 2022

El coautor del proyecto

El coautor del proyecto

Fdo. Alberto Barseló Ferrer

Fdo. Eduardo Lastrada Marcen

Ingeniero Técnico Agrícola

Dr. Ingeniero de Camino , Canales y Puertos

Nº Colegiado: 38127

Nº Colegiado: 24176