

MEMORIA

INDICE

1.	ANTECEDENTES	5
2.	OBJETO	5
3.	CARACTERÍSTICAS DEL RÍO MATARRAÑA	5
3.1.	HIDROLOGÍA	5
3.2.	CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA.....	7
4.	FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL	10
5.	CARACTERÍSTICAS DEL AZUD	11
5.1.	LOCALIZACIÓN.....	11
5.2.	SITUACIÓN ADMINISTRATIVA.....	11
5.3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AZUD.....	11
6.	PERMEABILIZACIÓN	13
6.1.	PARÁMETROS DE PARTIDA	13
6.1.1.	<i>Especies objetivo</i>	13
6.1.2.	<i>Caudales preferentes</i>	13
6.1.3.	<i>Zona de llamada y salida del paso</i>	15
6.2.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	16
6.3.	JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	16
6.4.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS	17
6.5.	CAUDAL DE LA ESCALA	17
6.6.	SALTO TOTAL	19
6.7.	ARTESA REGULADORA	19
6.8.	ARTESAS DE ASCENSO	20
6.8.1.	<i>Orificio de limpieza</i>	20
6.8.2.	<i>Vertedero sumergido</i>	20
6.8.3.	<i>Pérdida de carga total en escotaduras</i>	20
6.8.4.	<i>Disipación energética en las artesas</i>	21
6.9.	OTROS VALORES DE DISEÑO DE LA ESCALA DE PECES	22
6.10.	COTA CORONACIÓN MUROS ENTRADA.....	22
7.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	23
7.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA ESCALA DE PECES.....	23
7.2.	ESTRUCTURAS	23
8.	PLAZO DE LAS OBRAS	23
9.	RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PRESENTE PROYECTO	24
10.	PRESUPUESTO	25

1. ANTECEDENTES

Con objeto de mejorar la continuidad fluvial de la cuenca del Ebro, uno de los objetivos de la Directiva Marco de Aguas (2000/60/CE), en aquellas masas en riesgo de incumplimiento de los objetivos de calidad se ha realizado el siguiente trabajo "Análisis del funcionamiento de escalas de peces existentes en la cuenca del Ebro y para la propuesta de nuevas escalas en el estudio de presas y azudes en los que se necesita su instalación para alcanzar el buen estado de las aguas según la Directiva 2000/60/CE" contratado por la Confederación Hidrográfica del Ebro a Tecnomia.

Durante la fase inicial se realizó una priorización de masas con el objeto de escoger aquellas que presentaban mejores condiciones para instalar una escala de peces.

En la segunda fase o fase final el trabajo se ha centrado en el diseño de 10 escalas o pasos para peces en aquellos obstáculos impermeables que impiden sus migraciones.

2. OBJETO

El objetivo de este proyecto es diseñar un paso de fauna, acorde con la ictiofauna del río Matarraña a su paso por el municipio de Valdeltormo, que permita a los peces **potamodromos** realizar sus migraciones tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura transversal.

De esta forma, se mejorará la continuidad fluvial para la ictiofauna del río Matarraña, con todas las ventajas que ello supone para asegurar la sostenibilidad de las poblaciones piscícolas.

3. CARACTERÍSTICAS DEL RÍO MATARRAÑA

3.1. HIDROLOGÍA

Para el diseño de la escala de peces es de vital importancia conocer los caudales circulantes en el tramo de río donde se va a diseñar el paso de fauna. Para ello se ha recurrido a la página web del CEDEX (<http://hercules.cedex.es/anuarioaforos/>) donde se facilitan los caudales diarios de los aforos de la cuenca del Ebro.

En los anejos se incluye una ficha de las estaciones de aforo utilizadas donde se indica su localización, los años de la serie y algunas estadísticas de los caudales (media mensual, percentiles, máxima mensual, etc).

Al no existir ningún aforo en el río Matarraña en las inmediaciones del azud donde se va a diseñar la escala, ya que el más próximo se localiza en el término municipal de Nonaspe, tramo bajo del río Matarraña, se han seleccionado los caudales diarios de la estación de aforos A9052 del río Matarraña en Beceite. Estos valores se han multiplicado por dos ya que este aforo se localiza aguas arriba de la confluencia con el río Uldemó, afluente del Matarraña por la margen derecha presenta una superficie de cuenca y un régimen muy similar al del río Matarraña, por lo que se ha optado por duplicar los caudales. A su vez a estos caudales se han añadido, únicamente en los días en los que se disponía de dato en las dos estaciones, los caudales de la estación de Aforo A 9154 del río Tastavins en Peñarroya de Tastavins.

En las siguientes gráficas se representa el régimen hidrológico en las dos estaciones de aforo seleccionadas. En éstas se aprecian las diferencias entre los regímenes del río Matarraña (régimen simple pluvial) y del río Tastavins (régimen complejo pluvial). Como podemos ver en la gráfica el río Tastavins presenta dos periodos de caudales altos (en octubre y de diciembre a mayo) y otros dos de caudales bajos (noviembre y de junio a septiembre). En cuanto al río Matarraña en Beceite presenta un régimen simple con un periodo de caudales altos, comprendido de octubre a junio, y otro de caudales bajos, de junio a septiembre.

CAUDAL MEDIO MENSUAL

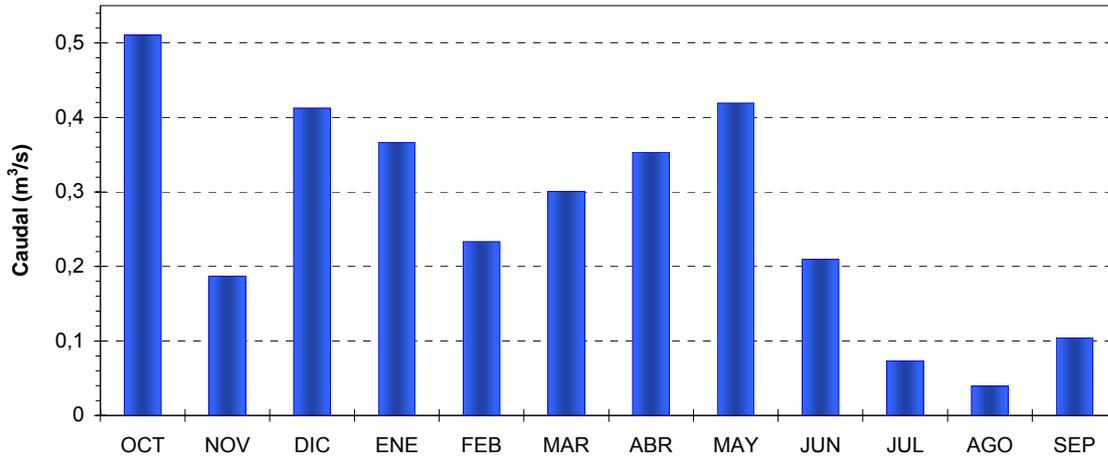


Fig. 1. Régimen Anual del Río Tastavins en el Aforo 154 en Peñarroya del Tastavins. (Fuente CHE)

CAUDAL MEDIO MENSUAL

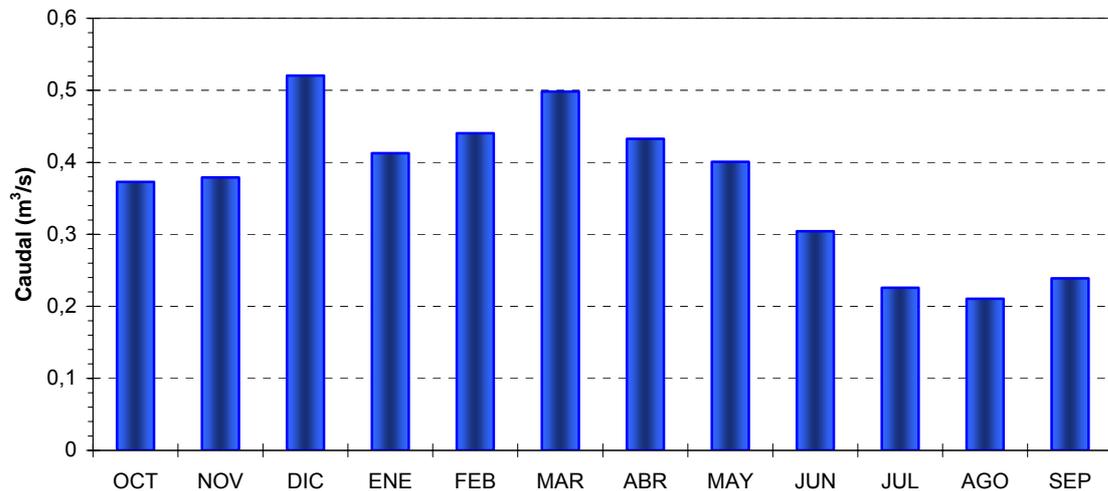


Fig. 2. Régimen anual del río Matarraña en el Aforo 052 en Beceite. (Fuente CHE)

3.2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

En el río Matarraña, de acuerdo con la información recogida en los muestreos de peces realizados por la Universidad de Barcelona (Muestreos IBI), nos encontramos en un tramo donde predominan las especies de ciprínidos siendo testimonial la presencia de *Salmo trutta* (trucha común) en la mayor parte de los puntos inventariados.

A continuación se presenta una tabla donde se muestran algunas estadísticas del muestreo IBI 135 (Coordenadas UTM, Huso 30: X 761.324,340. Y 4.537.617,703) utilizadas en el diseño de la escala de peces.

Especie	Nº Ejemplares	Talla media	Desv. Típica	Peso medio	Desv. Típica	Moda (talla)	Moda (peso)
<i>Barbus graellsii</i>	52	112,56	23,07	12,38	40,26	118	21,5
<i>Barbus haasi</i>	50	97,24	30,82	8,10	14,35	64	2,9
<i>Barbatula quignardi</i>	43	66,16	4,15	1,45	0,43	64	2,5
<i>Parachondrostoma miegii</i>	40	78,55	21,18	3,02	4,42	72	5
<i>Achondrostoma arcasii</i>	7	51,71	4,27	0,19	0,45	-	-
<i>Squalius laietanus</i>	6	146,67	46,32	2,01	36,05	-	-
<i>Cobitis paludica</i>	4	59,50	10,50	0,13	0,72	-	-
<i>Salmo trutta</i>	1	94,00	0,00	10,60	0,00	-	-

Tabla 1. Estadísticas del muestreo de peces IBI 135 en el río Matarraña

El grupo que mayor número de ejemplares presenta es el del barbo común, seguido del barbo colirrojo. También cabe destacar el número de individuos de madrilla y pez lobo. De ahí que estas cuatro especies de ciprínidos sean las escogidas como objetivo para el diseño de la escala.

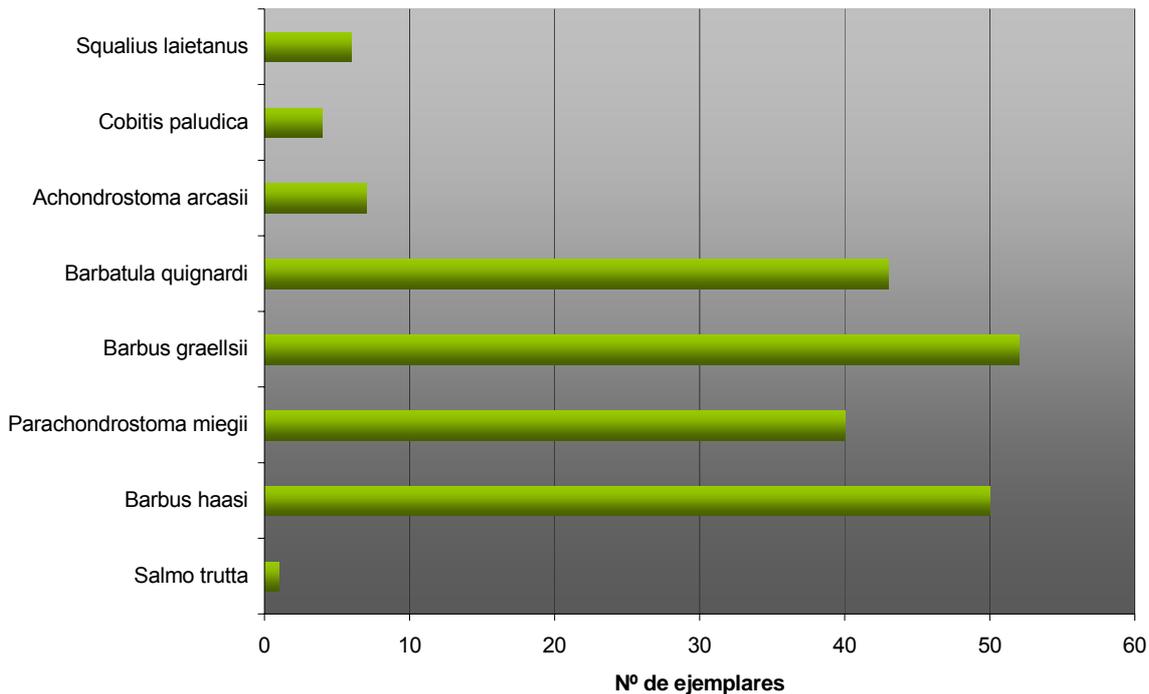


Fig. 3. Número de ejemplares por especies en el muestreo IBI 135 del río Matarraña

Especie	Mediana (Talla)	Mediana (Peso)	Máxima Talla	Máximo Peso	Biomasa
<i>Salmo trutta</i>	94	10,6	94	10,6	10,6
<i>Barbus haasi</i>	94,5	10,4	165	64,3	788
<i>Parachondrostoma miegii</i>	77	4,65	128	22,1	236,9
<i>Barbus graellsii</i>	114,5	20,55	155	303	1393,6
<i>Barbatula quignardi</i>	66	2,2	74	3,4	96,1
<i>Achondrostoma arcasii</i>	52	1,4	59	2,1	9,9
<i>Cobitis paludica</i>	61,5	1,85	70	2,9	7,6
<i>Squalius laietanus</i>	151	44,65	195	96,3	295,3

Tabla 2. Estadísticas del muestreo IBI 135 en el río Matarraña

La especie del muestreo que mayor biomasa presenta es el *Barbus graellsii* con un peso total de casi 1,4 Kg repartidos para 52 individuos. La media para esta especie es de 26,9 gr/individuo. Cabe destacar también la biomasa del *Barbus haasi* (788 gr), pez que alcanza un tamaño mucho menor que el barbo común.

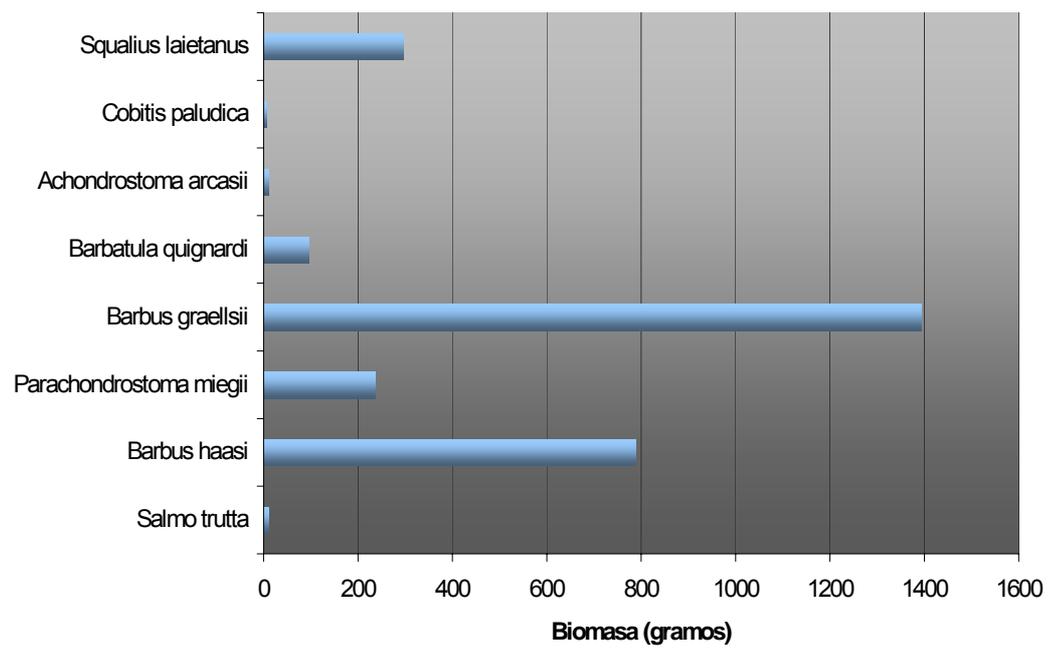


Fig. 4. Biomasa por especies en el muestreo IBI 135 del río Matarraña.

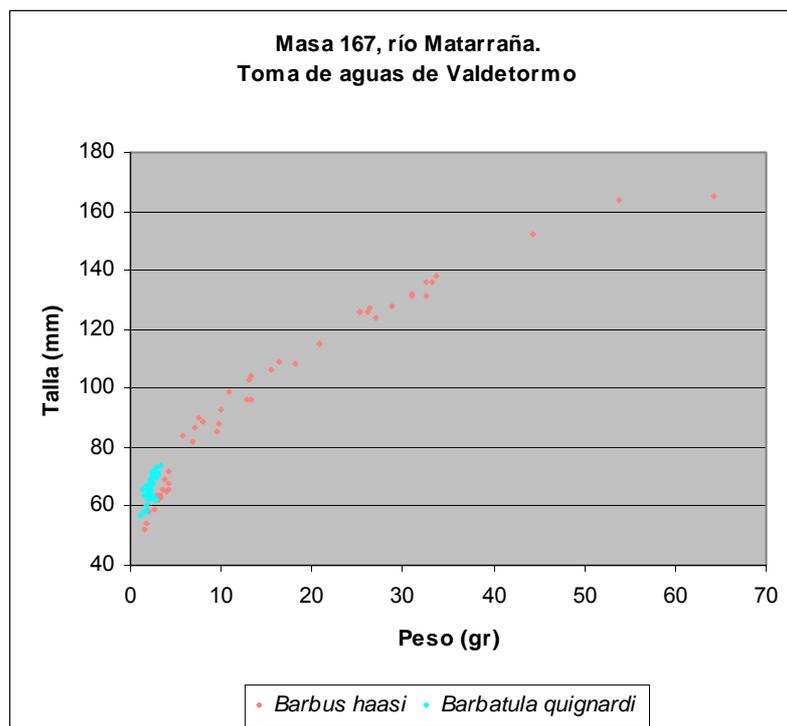


Fig. 5. Relación talla-peso del *Barbus haasi* y la *Barbatula quignardi* en el río Matarraña.

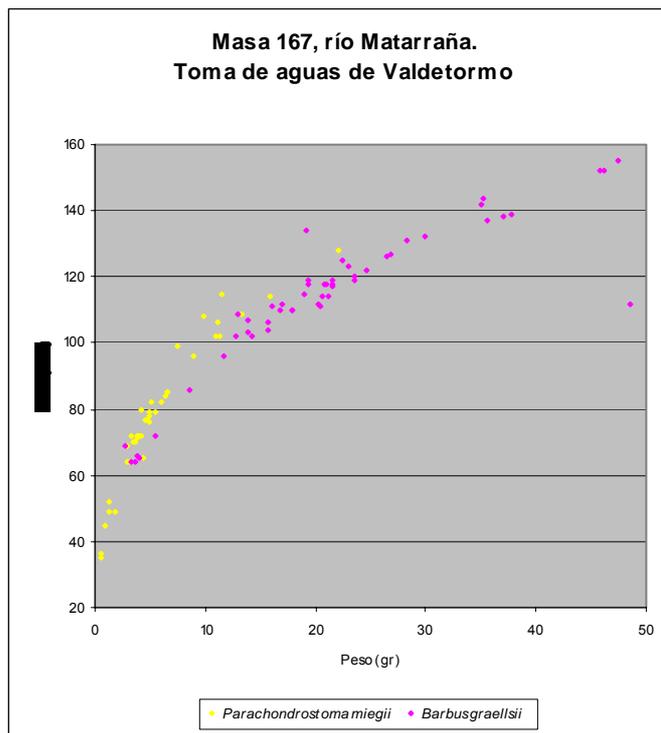


Fig. 6. Relación talla-peso de la *Parachondrostoma miegii* y el *Barbus graellsii* en el río Matarraña

4. FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

El azud de la toma de aguas del municipio de Valdetormo se localiza dentro del LIC ES2430097 “Río Matarraña” (ver plano de figuras de protección).

Este LIC es un espacio de gran interés en cuanto a tipología paisajística fluvial en medios mediterráneos.

La fuerte irregularidad hídrica que presenta el régimen fluvial del Matarraña permite catalogarlo como un río de régimen pluvial, con un acusado periodo seco estival, desde el mes de junio y unos máximos de caudal coincidiendo con las precipitaciones equinocciales. Este enclave presenta una vegetación riparia con un bosque bien estructurado, especialmente en su tramo bajo, con posiciones secuenciales respecto al cauce del río de acuerdo a sus necesidades hídricas, sucediéndose saucedas, alamedas, fresnedas y olmedas.

El paisaje vegetal está dominado por una galería arbórea mixta con predominio de *Populus alba*, *Populus nigra* y *Salix alba* y zonas con galerías arbustivas mixtas colonizando pedregales sueltos junto a pastizales higrófilos.

La calidad del LIC se debe al especial interés de los valores naturales que alberga, al tratarse de un corredor fluvial compuesto por pequeños sistemas de bosques galería que se comunican con los

pequeños espacios seminaturales de las serrezuelas, resultando un interesante refugio para la fauna y la flora.

Según la ficha del LIC en él se incluyen las siguientes especies de peces: *Chondrostoma toxostoma* y *Rutilus arcasii*. Ambas incluidas en el Anexo II de la Directiva 92/43/CEE. Según las indicaciones de la ficha la población de estas especies no es significativa.

5. CARACTERÍSTICAS DEL AZUD

5.1. LOCALIZACIÓN

El azud que se utiliza para la toma de aguas del municipio de Valdeltormo. Se encuentra en el término municipal de Valdeltormo en las coordenadas UTM, del Huso 30: X 761.684, Y 4.542.060.

5.2. SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

El azud se corresponde con una conexión del abastecimiento al núcleo urbano de Valdeltormo.

5.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AZUD

Altura	1,5 m.
Longitud	61 m.
Anchura de coronación	0,4 m
Talud aguas abajo	H1:V3
Forma	Chaflan
Material	Pantalla de hormigón armado.

Tabla 3. Principales características del azud



Fig. 7. vista de la estructura a permeabilizar desde la margen izquierda del río Matarraña.

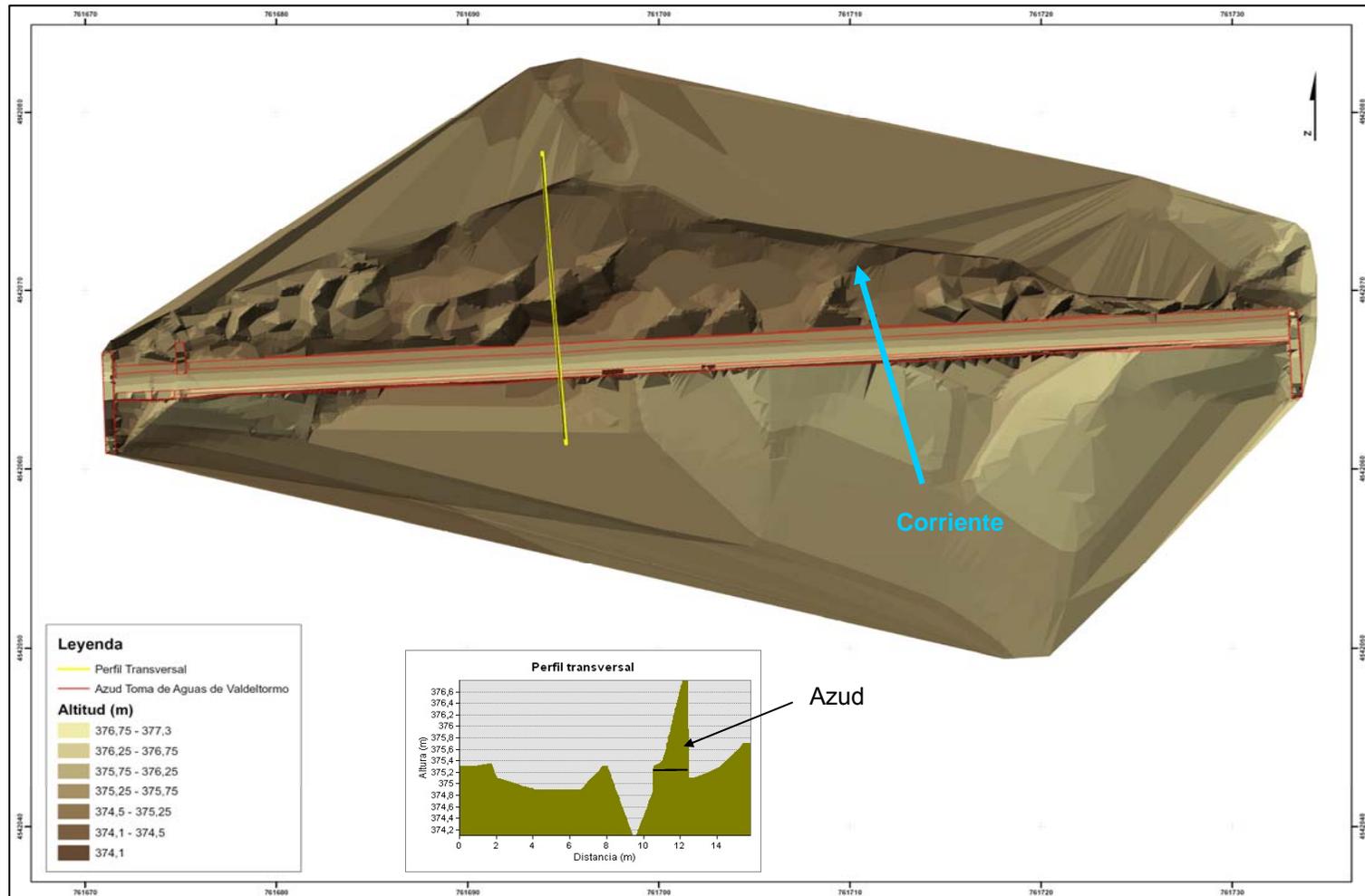


Fig. 8. Perfil transversal del azud de la toma de aguas de Valdeltormo

6. PERMEABILIZACIÓN

El objeto del presente proyecto es diseñar y definir las características de una estructura que permita las migraciones de peces a través de este azud.

Sin lugar a dudas la eliminación del azud (demolición) es la mejor solución, no obstante existen otras posibilidades que, con menor efectividad permiten un grado aceptable de transitabilidad para las poblaciones afectadas.

Una escala de peces, como cualquier estructura de paso de peces requiere un estudio de las características de la población piscícola presente y de las propias condiciones fluviales.

6.1. PARÁMETROS DE PARTIDA

En este epígrafe se analizan cada uno de los condicionantes que la condiciones fluviales imponen para el diseño de un sistema de paso para peces.

6.1.1. Especies objetivo

Se han seleccionado como especies objetivo para tener en cuenta en el diseño de la escala aquellas que presentan un grupo mayor de 10 individuos. En este caso serían las siguientes especies: *Barbus graellsii* (Barbo común), *Barbus haasi* (Barbo colirrojo), *Barbatula quignardi* (pez lobo) y *Parachondrostoma miegii* (madrilla).

No sólo se ha considerado el tamaño del grupo por especies para incluirlas como especies objetivo, sino que también se ha tenido en cuenta el tamaño y el peso de los individuos para descartar aquellos que por su talla y su peso no pueden remontar la escala de peces.

Esta relación de especies es adecuada por su representatividad y además por ser el grupo con menor capacidad de salto, siendo accesible por tanto también al resto de las especies muestreadas (trucha común).

6.1.2. Caudales preferentes

En la siguiente tabla se representan la mediana, el percentil 25 y el percentil 75 para cada uno de los periodos reproductivos de las especies presentes en el río en la zona del azud de la toma de aguas de Valdeltormo (salmónidos de noviembre a febrero y ciprínidos de abril a agosto).

Río Matarraña. Masa 167

A9052(x2) Matarraña en Beceite y A9154 Tastavins en Peñarroya**Noviembre/Febrero. Periodo Salmónidos**

Mediana	0,57 m ³ /s
Percentil 25	0,39 m ³ /s
Percentil 75	0,96 m ³ /s

Abril/Agosto. Periodo Ciprínidos

Mediana	0,462 m ³ /s
Percentil 25	0,268 m ³ /s
Percentil 75	0,9 (m ³ /s)

Tabla 4. Estadísticas de los caudales del río Matarraña

En el diseño de la escala se pretende que ésta tenga un óptimo funcionamiento para los caudales próximos a la mediana. Además, el diseño de la escala se ha sobredimensionado para que funcione en una horquilla de caudales más amplia, aproximadamente entre el percentil 25 y el percentil 75.

De esta forma se asegura que la escala funcione para más del 50 % de los caudales-día que circulan por el río.

6.1.3. Zona de llamada y salida del paso

Para que un paso resulte eficaz es necesario que el pez pueda encontrar la entrada y franquear el obstáculo sin retraso, estrés o daños perjudiciales en su migración río arriba. La entrada es la parte más importante del diseño de estos dispositivos, ya que de ella depende el franqueo del obstáculo (Clay 1995).

La atracción hacia un dispositivo de franqueo va a estar ligada a su localización en el obstáculo, en particular a la situación de la entrada, así como a las condiciones hidrodinámicas (caudales, velocidades y líneas de corriente) en sus proximidades. El pez debe poder detectar el flujo de agua proveniente del paso a la mayor distancia posible de la entrada. La entrada o entradas no deben estar enmascaradas ni por las salidas de las turbinas o de los aliviaderos, ni por zonas de recirculación o de aguas muertas. La entrada del paso no representa más que una parte reducida comparada con el tamaño del obstáculo y está alimentada por un caudal constituido por una fracción limitada del caudal total del curso de agua.

Sea cual sea el tipo de paso adoptado tiene que disponer en la entrada de una fosa (poza) de una profundidad suficiente, para que el pez pueda permanecer al pie de la obra sin dificultad.

La situación de la entrada en el obstáculo no es el único factor a tener en cuenta. La salida del paso no tiene que estar situada ni en una zona de fuerte velocidad, ni en las proximidades del aliviadero, para que el pez no pase otra vez aguas abajo, ni en una zona de aguas muertas o de recirculación en la que pueda quedar atrapado.

A continuación se presentan unos emplazamientos (correctos e incorrectos) de pasos de fauna según la disposición en planta del azud.

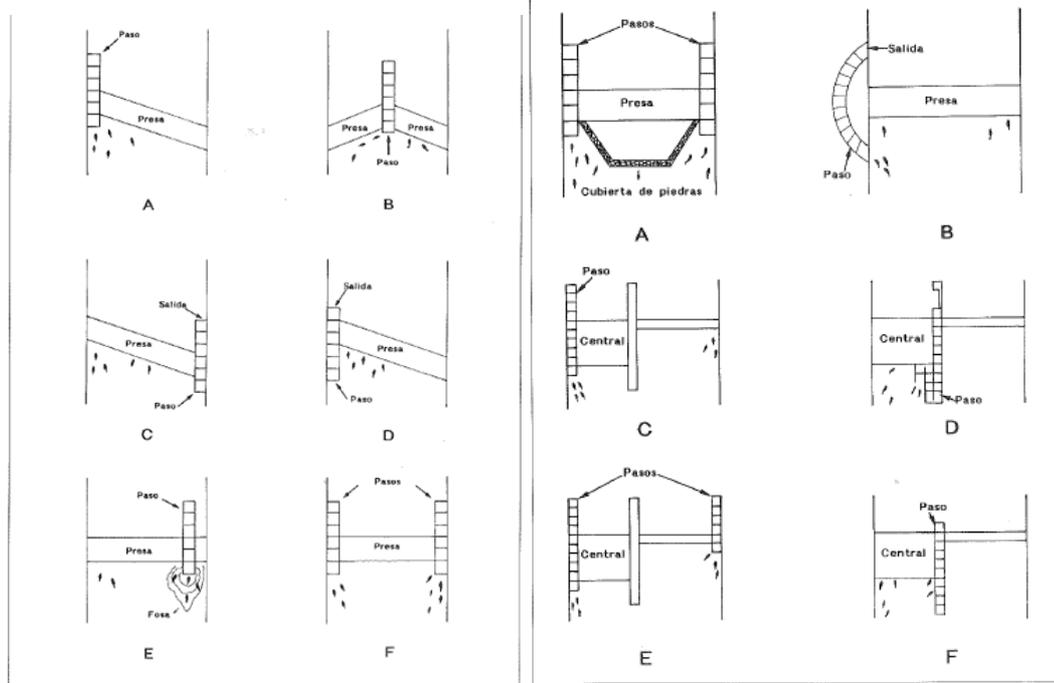


Figura 15. Disposición del paso en el obstáculo. A. Situación correcta en un obstáculo oblicuo. B. Situación correcta en un obstáculo en ángulo. C y D. Situación incorrecta en un obstáculo oblicuo. E y F. Situación correcta en un obstáculo transversal.

Figura 16. Disposición del paso en el obstáculo. A. Cubierta de piedras bajo el obstáculo para facilitar el acceso de los peces a los pasos. B. Situación del paso cuando existen problemas de espacio junto al obstáculo. C, D y E. Situación correcta del paso en un aprovechamiento hidroeléctrico. F. Situación incorrecta del paso en un aprovechamiento hidroeléctrico.

Fig. 9. Tipos de emplazamientos de pasos de fauna. (CEDEX, 1998)

6.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

El paso de peces se precisa para dar continuidad a las migraciones de especies en el río y así mitigar el efecto que la construcción del azud produciría en las poblaciones piscícolas. La solución de diques o de rampa no parecen las más adecuadas, dada la altura del azud (1,50 metros), que llevaría a la construcción de una obra muy costosa, por lo que se opta por la escala de peces como la alternativa más viable.

La tipología de escala elegida se fundamenta principalmente según las especies de peces inventariadas en los muestreos más próximos al sector del río donde se enmarca la actuación.

En este caso al existir ciprínidos, especies con una capacidad de salto muy reducida, se ha optado por diseñar una escala de artesas sucesivas con orificios de limpieza.

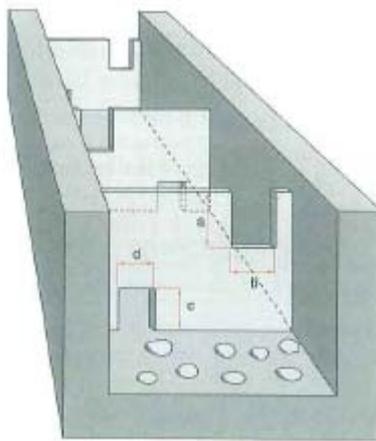


Fig. 10. Vista de una escala de estanques sucesivos. (Larinier 1992)

De esta forma, se han descartado para el diseño los otros tipos de pasos para peces por su elevado coste o por su ineficacia para las especies de ciprínidos presentes en el río. Ascensor de peces, esclusa de peces (o esclusa Borland), río artificial y escala de ralentizadores (escala Denil).

6.3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

Se plantea el diseño de una escala de peces de artesas sucesivas para salvar el azud de la toma de aguas de Valdehorno.

Se ha adoptado una escala de artesas rectangulares intercomunicadas por orificios inferiores y vertederos semisumergidos alternativos situados en los tabiques de separación. El paso de agua de un estanque a otro se realiza a través de estos orificios y vertederos. Los peces pasan fundamentalmente por los vertederos tanto en sentido ascendente (que necesita un importante esfuerzo para el pez) como descendente, dejándose en este caso llevar por la corriente descendente del agua. Además, algunos ciprínidos pueden remontar la escala a través de los orificios de limpieza.

6.4. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Para el dimensionamiento de los parámetros hidráulicos y geométricos de las escalas de peces se ha seguido la metodología descrita en la publicación "Escalas para peces" de Andrés Martínez de Azagra Paredes, publicado por el Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal de la E.T.S. de Ingenierías Agrarias de Palencia (Universidad de Valladolid -1ª edición 1999-). Igualmente se ha tomado como referencia la publicación "*Passes à poissons. Expertise, conception des ouvrages de franchissement*" del *Conseil Supérieur de la Pêche* (Francia).

Las dimensiones de las artesas se han establecido previamente a la realización de los cálculos hidráulicos, dimensionando posteriormente los vertederos y orificios sumergidos o de limpieza en función de los caudales.

Para llevar a cabo dicho dimensionamiento se ha realizado un equilibrio de caudales. Dado que la escala se va a diseñar para ciprínidos, los caudales que se han tomado son los percentiles 25, 50 y 75 de los meses comprendidos entre Abril y Agosto.

En función de dichos caudales se ha determinado la altura de la lámina de agua en los distintos puntos de la artesa de regulación y de las artesas tipo, permitiendo saber las alturas y los caudales que circulan por la artesa de regulación, por las artesas tipo y por el aliviadero de la artesa de regulación en función del caudal del río.

Tras calcular las alturas, se sobredimensionan las paredes de las artesas iniciales de forma que puedan absorber los caudales hasta un máximo, considerándose éste como el cual, permitiendo la ascensión de los peces, es inviable desde el punto de vista constructivo.

Tras saber los caudales que circulan por la artesa de regulación y las artesas tipo, se comprueba que la disipación en el interior de las mismas está en el rango de valores que permite la ascensión de la fauna piscícola.

El tipo de artesa diseñada y su dimensiones han sido establecidas teniendo en cuenta los siguientes condicionantes:

- El vertido se ha elegido mediante vertedero parcialmente sumergido, ya que para los ciprínidos el vertido libre es una alternativa mucho menos accesible.
- El orificio de limpieza tendrá una anchura superior a 0,15 m con el fin de evitar que se colmate la artesa y se produzcan obstrucciones.
- Anchura mínima del vertedero parcialmente sumergido: 0,2 m.

6.5. CAUDAL DE LA ESCALA

La escala se calcula para favorecer principalmente el paso de ciprínidos, ya que las condiciones de diseño son más restrictivas. En las condiciones de caudal y con el azud existente las dimensiones son:

Desnivel entre depósitos consecutivos (ΔH):	0,20 m
Altura de la artesa tipo	1,60 m
Anchura de la artesa tipo	1,50 m
Longitud de la artesa (L):	2,00 m
Anchura de escotadura (b):	0,25 m
Altura del umbral de vertedero (p):	0,80 m
Tamaño de orificio sumergido (c-d):	0,2 x 0,2 m

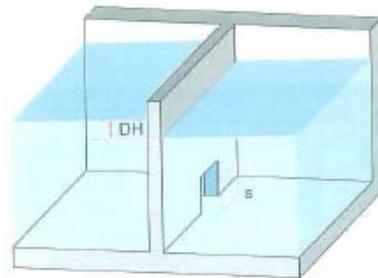
Tabla 5. Características geométricas de la escala

Para el cálculo del caudal que pasa por el orificio de limpieza se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$Q_i = c_i \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$$

Donde:

- Coeficiente de descarga, c_i . Se toma el valor de 0,85.
- Superficie del orificio, S (m²).
- Diferencia de altura entre artesas ΔH (m).



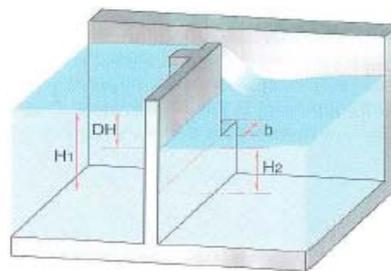
Para determinar el caudal que pasa por el vertedero rectangular sumergido se ha realizado mediante la ecuación:

$$Q_v = k \cdot c_v \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_1^{1,5}$$

Donde:

$$k = \left[1 - \left(\frac{h_1 - \Delta H}{h_1} \right)^{1,5} \right]^{0,385}$$

- Coeficiente de descarga, c_v . Se toma el valor de 0,65.
- Anchura de paso de la escotadura, b (m).
- Diferencia de altura entre artesas ΔH (m).
- Calado medio en la artesa h_1 (m).



Tomando las dimensiones establecidas en la tabla 5, las artesas, tanto la de regulación como la artesa tipo, funciona perfectamente hasta un caudal 2 veces superior al caudal establecido para el percentil 75, obteniéndose valores para la energía disipada de $142,586 \text{ W/m}^3$ en la artesa de regulación y de $128,570 \text{ W/m}^3$ para las artesas tipo. Para un caudal 4 veces superior al percentil 75, la energía disipada es de $171,534 \text{ W/m}^3$ en la artesa de regulación y de $131,344 \text{ W/m}^3$ en las artesas tipo, valores válidos para salmónidos y situados en el umbral superior para ciprínidos.

Por todo lo expuesto, el sobredimensionamiento de los muros se ha establecido para estos últimos valores, obteniendo un incremento del muro en la artesa de regulación de 0,252 m.

6.6. SALTO TOTAL

Así, para los valores calculados obtenemos:

Cota azud	376,8 m
Cota lámina agua abajo	375,3 m
Desnivel total	0,20 m x 10 artesas tipo = 2,00 m
Desnivel entre artesas	0,20 m
Desnivel en escotaduras de entrada y salida	0,20 m

Tabla 6. Desniveles de la estructura

6.7. ARTESA REGULADORA

La artesa reguladora presenta una longitud de 3 m, donde en uno de sus laterales (el situado aguas abajo) se sitúa el aliviadero que permitirá regular el caudal de entrada a la escala en las distintas fluctuaciones del nivel que se puedan producir.

Con lo expuesto, se obtiene una artesa de regulación de 2 m de ancho y 3 m de longitud. La altura de dicha artesa, teniendo en cuenta la sobredimensión para que cumpla las condiciones con caudales iguales al caudal 75 (en adelante Q_{75}), es de 1,591 m.

El vertedero de entrada de agua (salida de peces) a la artesa reguladora, dimensionado para el caudal $2Q_{75}$ presenta unas dimensiones de 0,3 x 0,6 m.

El efecto regulador de esta artesa viene definido por la relación existente entre el vertedero de salida del agua de la artesa reguladora respecto a la longitud del aliviadero (lateral de la artesa instalado en el lado del azud). Así, para la artesa diseñada, la anchura del vertedero es de 0,3 m, mientras que la longitud del aliviadero es de 3 m. Para la escala que nos ocupa, las artesas tipo absorben todo el caudal hasta el establecido para el percentil 50, en donde el aliviadero lateral empieza a evacuar agua, en concreto para este caso $0,102 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.8. ARTESAS DE ASCENSO

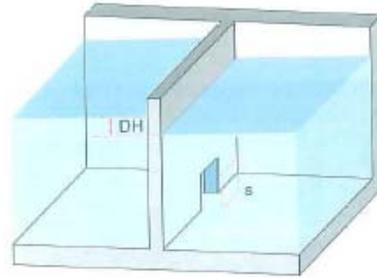
6.8.1. Orificio de limpieza

El caudal que pasa por el orificio de limpieza viene dado por la ecuación:

$$Q_i = c_i \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$$

Donde:

- Coeficiente de descarga, c_i . Se toma el valor de 0,85.
- Superficie del orificio: se establecen unas dimensiones de 0,20 x 0,20 m, por lo que la S es de 0,04 (m²).
- Diferencia de altura entre artesas ΔH (m) = 0,20.



La principal función del orificio de limpieza es fundamentalmente permitir la salida de gravas de las artesas, impidiendo su colmatación.

6.8.2. Vertedero semisumergido

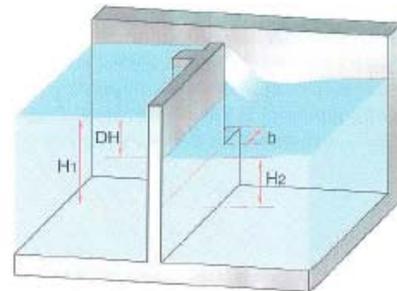
El caudal que pasa por el vertedero sumergido viene dado por la ecuación:

$$Q_v = k \cdot c_v \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_1^{1,5}$$

Donde:

$$k = \left[1 - \left(\frac{h_1 - \Delta H}{h_1} \right)^{1,5} \right]^{0,385}$$

- Coeficiente de descarga, c_v . Se toma el valor de 0,65.
- Anchura de paso de la escotadura, b (m) = 0,25.
- Diferencia de altura entre artesas ΔH (m) = 0,20.
- Calado medio en la artesa h_1 (m) = Este parámetro se sitúa en función del caudal que circula por la artesa.



Tanto las aristas de los orificios de limpieza como las de los vertederos de la artesa de regulación y de la artesa tipo se han redondeado con el objetivo de reducir las posibilidades de que los peces sufran heridas durante su paso por la escala.

6.8.3. Pérdida de carga total en escotaduras

La pérdida de carga entre dos artesas consecutivas, para la escala diseñada, será la diferencia de alturas entre ambas, es decir de 0,20 m.

6.8.4. Disipación energética en las artesas

Para el cálculo utilizaremos la fórmula del *Office National de L'Eau et des Milieux Aquatiques - ONEMA* (antiguo *Conseille Supérieur de la Pêche - CSP*).

Dado que la escala se diseña para ciprínidos, los umbrales recomendados para la potencia disipada por unidad de volumen de agua en las artesas es 100-125 W/m³. En pasos cortos se puede incrementar este valor entre 25 - 50 W/m³.

Con las dimensiones establecidas para las artesas diseñadas, la energía disipada es:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H}{B \cdot L \cdot t_{med}}$$

Siendo:

ρ = Masa de agua (1000 m³)

g = Gravedad

Q = Caudal del paso (m³/s)

ΔH = Desnivel entre artesas

B = Ancho de la artesa inferior

L = Largo de la artesa inferior

t_{med} = Profundidad de la artesa inferior

Realizando la comprobación para un incremento de caudal equivalente al caudal establecido para el 2Q₇₅ asciende a 142,586 W/m³ para la artesa de regulación y de 128,570 W/m³ en la artesa tipo. Para el caudal 4Q₇₅ los valores ascienden a 171,534 W/m³ para la artesa de regulación y de 131,344 W/m³ en la artesa tipo. Los valores obtenidos en la artesa de regulación son válidos para salmónidos, situándose por encima del umbral establecidos para ciprínidos (100-125 W/m³), si bien, dado que para pasos cortos se puede incrementar estos valores en 25-50 W/m³, la disipación en la artesa puede ser válida para el paso de los ciprínidos de mayor tamaño. En las artesas tipo, el valor es ligeramente superior al umbral establecido, si bien, por la misma razón que la artesa de regulación, permitirá el paso de los ejemplares de mayor talla.

Con el objetivo de reducir la potencia disipada en las artesas se ha diseñado un deflector junto al vertedero de la artesa de regulación con unas dimensiones de 25 cm de ancho por 30 cm de largo.

Además las artesas presentan una relación entre el ancho del vertedero y la longitud de la artesa comprendida entre 7 y 11.

6.9. OTROS VALORES DE DISEÑO DE LA ESCALA DE PECES

Existen otras relaciones que se deben cumplir para asegurar un correcto funcionamiento de los pasos de peces. A continuación se indican.

- Pendiente media de la escala $I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{0,20}{2} = 10\%$. Lo recomendable para ciprínidos es < 12 %.
- Relación entre longitud y anchura del vertedero que debe cumplir: $7 \leq \frac{L}{b} = \frac{2}{0,25} = 8 \leq 11$.

6.10. COTA CORONACIÓN MUROS ENTRADA

Se considera un resguardo de 0,252 m, obtenido para cumplir las condiciones de diseño para un caudal de $2Q_{75}$, que será suficiente para que el río no desborde dichos muros y se incorpore al caudal de la escala. Por lo tanto, dado que la cota de coronación del azud es de 376,8 m, la cota de coronación del muro de entrada será de 377,052 m.

7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Una vez justificadas se resumen las principales características geométricas de la escala de peces diseñada.

7.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESCALA DE PECES

Cauce:	Matarraña.
Función presa:	Toma de aguas.
Nº estanques:	8
Desnivel entre artesa tipo:	0,20 m
Anchura vertedero semisumergido artesa tipo:	0,25 m
Calado en vertedero semisumergido artesa tipo:	0,80 m
Dimensiones orificio de limpieza:	0,20 x 0,20 m
Longitud artesa tipo:	2,00 m
Anchura artesa tipo:	1,50 m
Calado máximo artesa tipo:	1,60 m
Ancho vertedero semisumergido entrada artesa reguladora:	0,30 m
Calado vertedero semisumergido entrada artesa reguladora:	1,052 m
Ancho vertedero semisumergido salida artesa reguladora:	0,25 m
Calado vertedero semisumergido salida artesa reguladora:	0,80 m
Longitud artesa reguladora:	3,00 m
Anchura artesa reguladora:	2,00 m
Calado aliviadero de artesa reguladora:	0,3 m

Tabla 7. Características de la escala de peces

7.2. ESTRUCTURAS

La escala será de hormigón y tendrá unas artesas con una sección en U, con muros de altura variable. El hormigón empleado será HA-25.

Los muros tendrán 30 cm de espesor en alzado y 40 cm de canto en zapata. Los tabiques intermedios serán asimismo de hormigón, de 20 cm de espesor y dimensiones indicadas en el plano correspondiente.

8. PLAZO DE LAS OBRAS

De acuerdo con el plan de obra previsto en el anejo nº 6, el plazo de ejecución de las obras es de un (1) mes. Con el fin de minimizar las afecciones sobre el curso de agua este mes debe corresponderse con el de menor caudal.

9. RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PRESENTE PROYECTO

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJO Nº 1 AFOROS DE CAUDALES

ANEJO Nº 2 CÁLCULOS HIDRÁULICOS. DIMENSIONAMIENTO

ANEJO Nº 3 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEJO Nº 4 FICHA AMBIENTAL

ANEJO Nº 5 REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ANEJO Nº 6 PLAN DE OBRA

ANEJO Nº 7 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

DOCUMENTO Nº 2 PLANOS

PLANO Nº 1 LOCALIZACIÓN

PLANO Nº 2 EMPLAZAMIENTO

PLANO Nº 3 PLANTA, SECCIONES TIPO y 3D

PLANO Nº 4 FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

DOCUMENTO Nº 3 PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO Nº 4 PRESUPUESTO

MEDICIONES

CUADRO DE PRECIOS

CUADRO DE PRECIOS Nº 1

CUADRO DE PRECIOS Nº 2

PRESUPUESTOS

PRESUPUESTO GENERAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

10. PRESUPUESTO

Con todo cuanto antecede se estima suficientemente justificado este **PROYECTO DE LA ESCALA DE PECES EN EL AZUD DE LA TOMA DE AGUAS DE VALDELTORMO, T.M. VALDELTORMO (TERUEL)**, siendo su Presupuesto de Ejecución Material de TREINTA Y NUEVE MIL TREINTA Y TRES EUROS con SETENTA Y TRES CENTIMOS (**39.033,73 €**).