

MEMORIA

INDICE

1.	ANTECEDENTES.....	5
2.	OBJETO.....	5
3.	CARACTERÍSTICAS DEL RÍO ARAKIL.....	5
3.1.	HIDROLOGÍA.....	5
3.2.	CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA.....	6
4.	FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.....	9
5.	CARACTERÍSTICAS DEL AZUD.....	9
5.1.	LOCALIZACIÓN.....	9
5.2.	SITUACIÓN ADMINISTRATIVA.....	10
5.3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AZUD.....	10
6.	PERMEABILIZACIÓN.....	12
6.1.	PARÁMETROS DE PARTIDA.....	12
6.1.1.	<i>Especies objetivo.....</i>	12
6.1.2.	<i>Caudales preferentes.....</i>	13
6.1.3.	<i>Zona de llamada y salida del paso.....</i>	14
6.2.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	15
6.3.	JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	15
6.4.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....	16
6.5.	CAUDAL DE LA ESCALA.....	17
6.6.	SALTO TOTAL.....	18
6.7.	ARTESA REGULADORA.....	18
6.8.	ARTESAS DE ASCENSO.....	19
6.8.1.	<i>Orificio de limpieza.....</i>	19
6.8.2.	<i>Vertedero semisumergido.....</i>	19
6.8.3.	<i>Pérdida de carga total en escotaduras.....</i>	20
6.8.4.	<i>Disipación energética en las artesas.....</i>	20
	OTROS VALORES DE DISEÑO DE LA ESCALA DE PECES.....	21
6.9.	COTA CORONACIÓN MUROS ENTRADA.....	21
7.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	22
7.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA ESCALA DE PECES.....	22
7.2.	DIMENSIONAMIENTO Y ARMADO.....	22
8.	PLAZO DE LAS OBRAS.....	23
9.	RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PRESENTE PROYECTO.....	23
10.	PRESUPUESTO.....	23

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 Tecnomá.

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 Arakil a su paso por el municipio de Arakil, 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 Arakil, con todas las ventajas que ello supone para asegurar la sostenibilidad de las poblaciones piscícolas.

3. CARACTERÍSTICAS DEL RÍO ARAKIL

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 el anejo 1 se incluye una ficha de la estación de aforo utilizada donde se indica su localización, los años de la serie y algunas estadísticas de los caudales (media mensual, percentiles, máxima mensual, etc). Cabe destacar que al no existir ningún aforo de la Confederación Hidrográfica del Ebro se ha utilizado el aforo EA 597AN433 perteneciente a la Comunidad Foral de Navarra.

En la siguiente gráfica se representa el régimen hidrológico en la estación de aforo seleccionada. Como se puede apreciar en la gráfica el río Arakil presenta un régimen simple con un periodo de caudales altos comprendido entre los meses de enero y agosto y otro de caudales bajos entre septiembre y diciembre, cabe destacar los elevados caudales que registra el río durante los meses de junio y julio donde se superan los 14 m³/s cuando el máximo de las medias anuales se da en el mes de marzo con 18 m³/s. Estos meses se corresponden con el periodo migratorio de los ciprínidos.

CAUDAL MEDIO MENSUAL

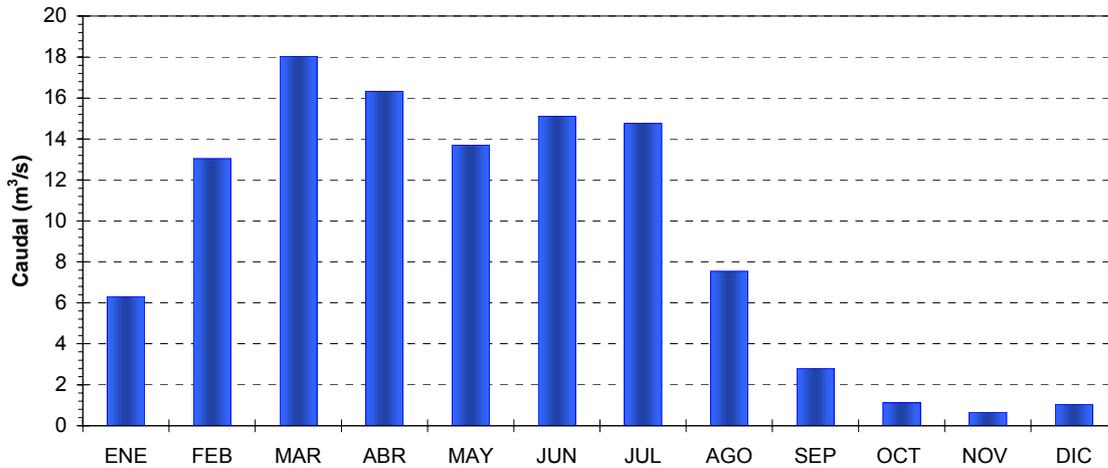


Fig. 1. Régimen Anual del Río Arakil en la estación de aforo EA 597AN433 en el término municipal de Arakil (Fuente Servicio del Agua del Gobierno de Navarra)

3.2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

Dentro de los peces existentes en la cuenca del Ebro nos encontramos principalmente con los siguientes grupos. Los **diadromos**, se corresponden con peces migratorios que se mueven entre el mar y las aguas dulces. Pueden ser de tres tipos: Anadromos, catadromos y anfidormos.

- **Anadromos:** Son peces que pasan la mayor parte de su vida en el mar, pero entran en las aguas dulces para reproducirse (potamocos). Como la fase de mayor alimentación y crecimiento tiene lugar en el mar también se les denomina talasotrofos. Un ejemplo de ellos es el salmón.
- **Catadromos:** Son peces que se pasan la mayor parte de su vida en las aguas dulces, pero van al mar a reproducirse (talasotocos). Como la fase de mayor alimentación y crecimiento tiene lugar en el río también se les denomina potamorfos. Un ejemplo de ellos es la anguila.
- **Anfidormos:** Son peces que se mueven entre el mar y las aguas dulces o viceversa, pero no por causas reproductoras

El grupo que mayor número de movimientos migratorios presenta en la cuenca del Ebro son los **Potamodromos**. Éstos son peces migratorios cuyos movimientos tienen lugar exclusivamente en las aguas dulces. Un ejemplo de ellos es la trucha.

En el río Arakil 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 y en menor proporción la *salmo trutta* (trucha común).

A continuación se presenta una tabla donde se muestran algunas estadísticas del muestreo IBI 335 (Coordenadas UTM Huso 30 X 571.098 Y 4.749.179 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>	50	305,98	97,25	480,79	400,48	305,00	-
<i>Salmo trutta</i>	9	134,89	56,35	45,41	46,91	-	-
<i>Parachondrostoma miegii</i>	46	78,98	36,63	10,40	12,78	45,00	1,00
<i>Phoxinus phoxinus</i>	51	53,39	7,69	1,84	0,82	53,00	1,60
<i>Achondrostoma arcasii</i>	19	64,53	10,84	3,93	2,14	65,00	1,00

Tabla 1. Estadísticas del muestreo de peces IBI 335 en el río Arakil

De acuerdo con los resultados del muestro IBI 335 la especie que mayor número de población es el piscardo (*Phoxinus phoxinus*) con 51 ejemplares seguido muy de cerca del barbo común (*Barbus graellsii*) con 50 ejemplares y la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) con 46.

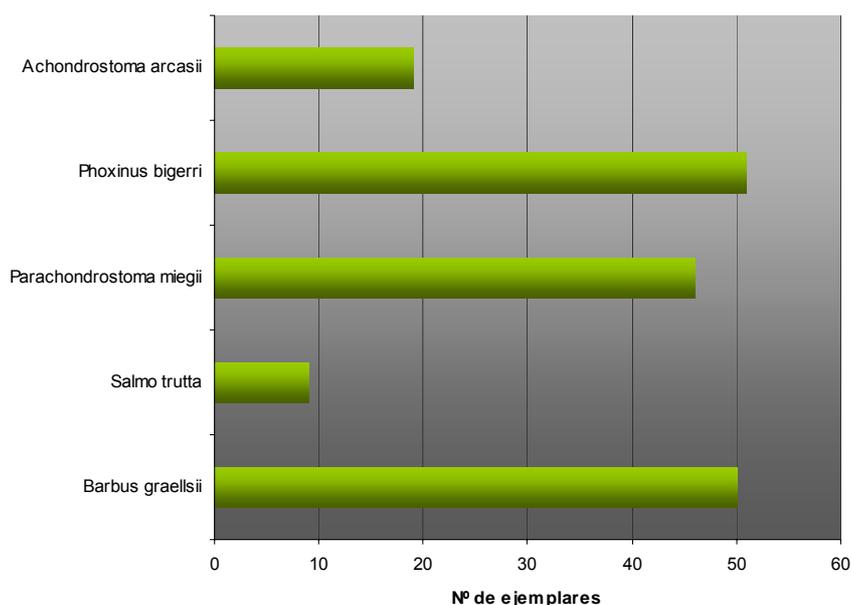


Fig. 2. Número de ejemplares por especies en el muestreo IBI 335 del río Arakil.

Especie	Mediana (Talla)	Mediana (Peso)	Máxima Talla	Máximo Peso	Biomasa (gr)
<i>Barbus haasi</i>	302	316	489	1445	24039,3
<i>Salmo trutta</i>	105	14	240	139,7	408,7
<i>Parachondrostoma miegii</i>	57	2,05	160	49,1	478,4
<i>Phoxinus phoxinus</i>	53	1,6	72	4,3	93,7
<i>Achondrostoma arcasii</i>	65	3,3	85	10,1	74,6

Tabla 2. Estadísticas del muestreo IBI 335 en el río Arakil

Si analizamos la biomasa piscícola, como se puede apreciar en la tabla 2, la especie con mayor peso es el barbo común que alcanza los 2,4 kg para los 50 ejemplares indicados anteriormente, lo que resulta una media de 480,7 gr por ejemplar. El siguiente grupo que mayor biomasa presente es la madrilla con 478,4 gr para 46 ejemplares.

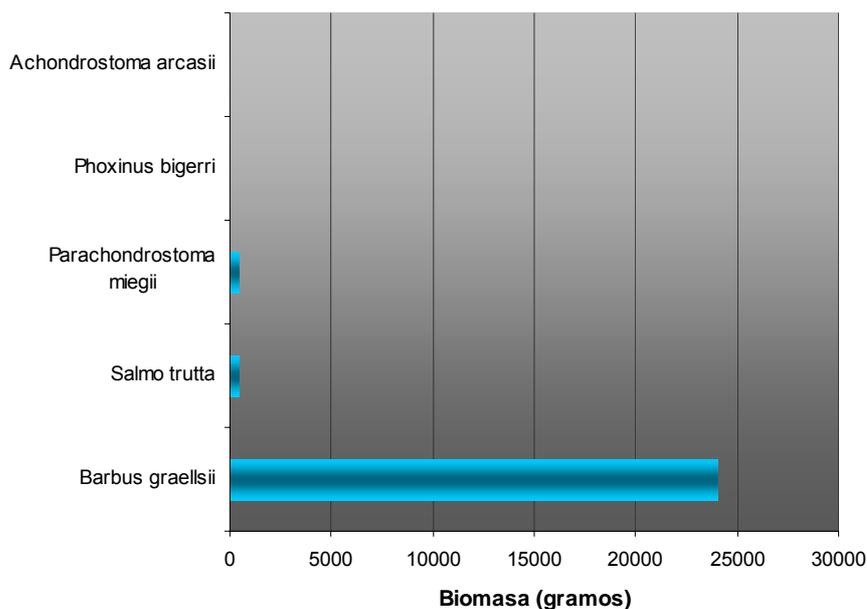


Fig. 3. Biomasa por especies en el muestreo IBI 335 del río Arakil.

4. FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

No existen figuras de protección ambiental en el entorno de la actuación

5. CARACTERÍSTICAS DEL AZUD

5.1. LOCALIZACIÓN

El azud se localiza en el término municipal de Arakil, en las coordenadas UTM del Huso 30 X 589.457. Y 4.750.443.

Se desconoce por que margen discurría la derivación, de acuerdo con lo observado en las visitas de campo es posible que discurra por la margen derecha.

5.2. SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

Se desconoce el propietario del azud.

5.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AZUD

Altura	2,5 m
Longitud	39,5 m
Anchura de coronación	1 m
Forma	Vertical
Material	Mampostería

Tabla 3. Principales características del azud



Fig. 4. Vista de la estructura desde la margen derecha del río Arakil.

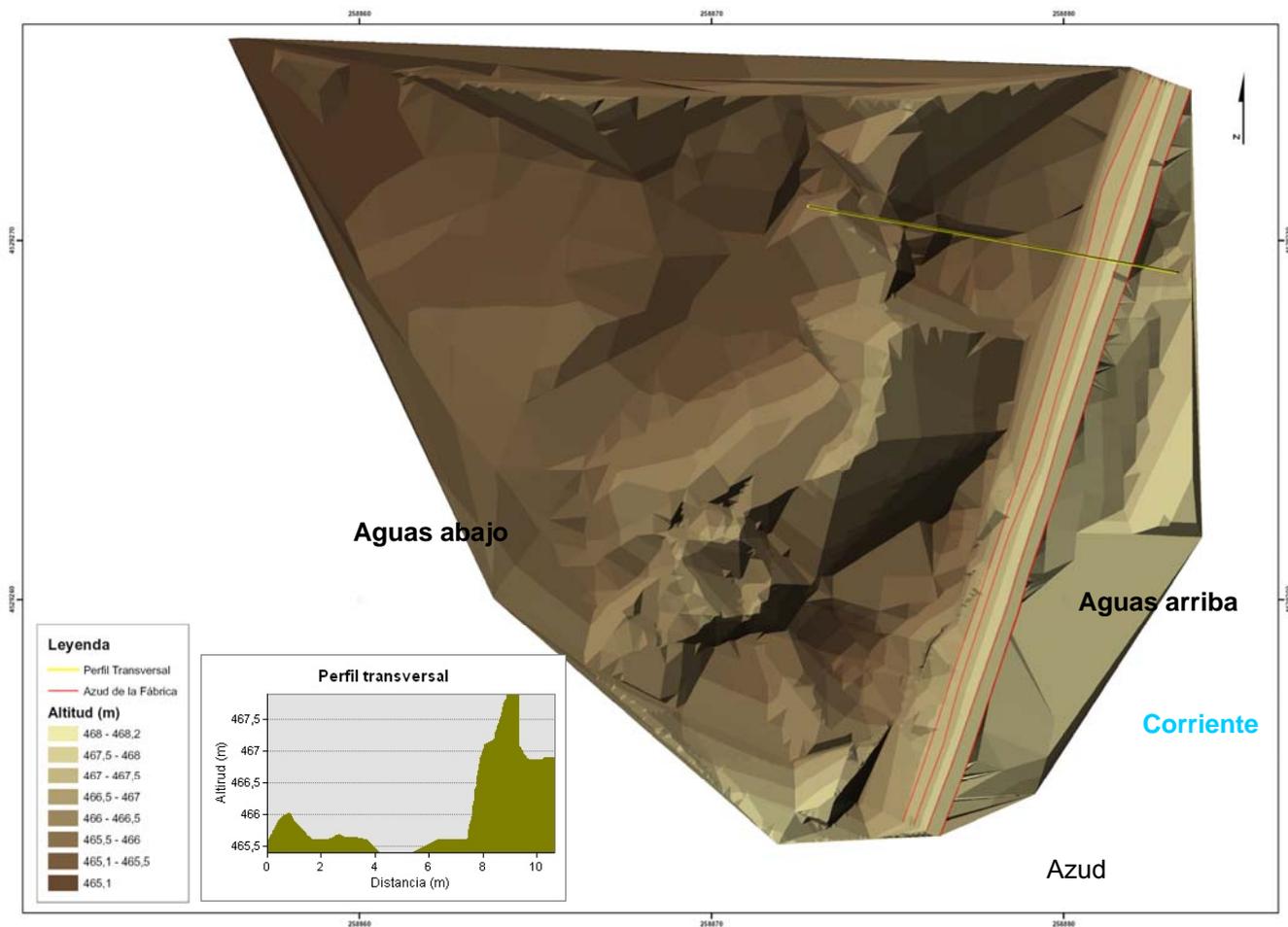


Fig. 5. Modelo Digital de Terreno y Perfil transversal del azud

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 las condiciones fluviales imponen para el diseño de un sistema de paso para peces.

6.1.1. Especies objetivo

No solo se han 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.

Se han seleccionado como especies objetivo para tener en el diseño de la escala aquellas que presentan un grupo mayor de 10 unidades. En este caso serían las siguientes especies: *Barbus graellsii* (barbo común), *Phoxinus phoxinus* (piscardo), *Parachondrostoma miegii* (madrilla) y *Achondrostoma arcasii* (bermejuela).

En el caso de la trucha al tener una capacidad de salto mayor que los ciprínidos indicados anteriormente y al muestrearse únicamente 9 ejemplares se han considerado como especies objetivo el grupo de ciprínidos.

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 en el término municipal de Villanueva. (salmónidos de noviembre a febrero y ciprínidos de abril a agosto).

Río Arakil. Masa 551	
Arakil en Etxarren. Gobierno de Navarra	
Noviembre-Febrero. Periodo Salmónidos	
Mediana	7,4 m ³ /s
Percentil 25	3,2 m ³ /s
Percentil 75	16,6 m ³ /s
Abril-Agosto. Periodo Ciprínidos	
Mediana	1,5 m ³ /s
Percentil 25	0,6 m ³ /s
Percentil 75	4,8 m ³ /s

Tabla 4. Estadísticas de los caudales del río Arakil

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

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, 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.

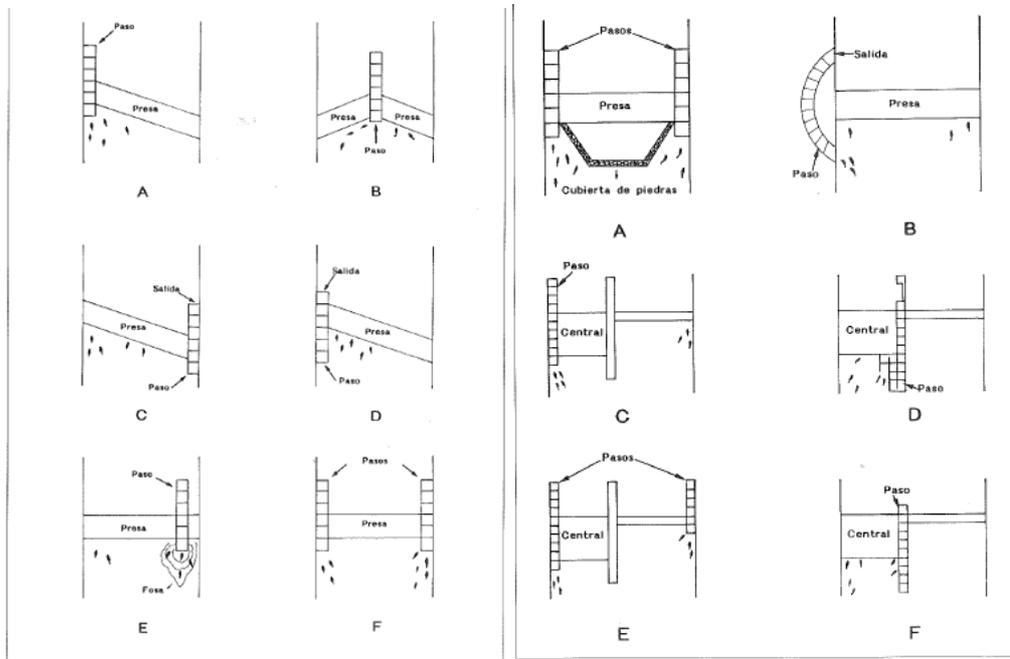


Figura 15. Disposición del paso en el obstáculo. A. Situación correcta en un obstáculo oblicuo. B. Situación correcta en un obstáculo en ángulo. C y D. Situación incorrecta en un obstáculo oblicuo. E y F. Situación correcta en un obstáculo transversal.

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. 6. 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 especies piscícolas. La solución de diques o de rampa no parecen las más adecuadas, dada la altura del azud (1,80 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.

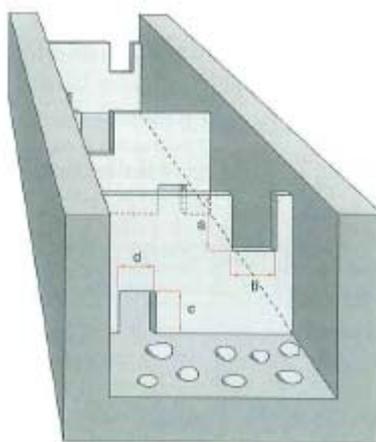


Fig. 7. Vista de una escala de estanques sucesivos. (Larinier 1992)

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 Fábrica.

Se ha adoptado una escala de artesas rectangulares sucesivas intercomunicadas por orificios inferiores y vertederos 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 semisumergidos. 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* ", Larinier et al.

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 han determinado la altura de la lámina de agua en los distintos puntos de la artesa de regulación y de las artesas tipo, permitiendo saber los caudales y las alturas que circula 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 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 sus dimensiones han sido establecidos 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 las artesas	1,7 m
Anchura de la artesa	1,50 m
Longitud de la artesa (L):	2,00 m
Anchura de escotadura (b):	0,25 m
Altura del umbral de vertedero (p):	0,70 m
Tamaño de orificio sumergido (c-d):	(0,2 x 0,2) m

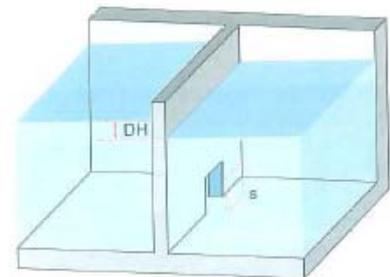
Tabla 5. Características geométricas de la escala

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).



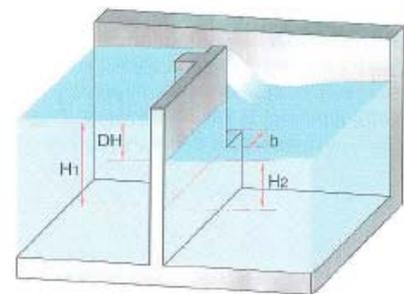
Para determinar el caudal que pasa por el vertedero rectangular sumergido se ha realizado mediante la ecuación:

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

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 igual al establecido para el percentil 75, obteniéndose valores para la energía disipada de $132,643 \text{ W/m}^3$ en la artesa de regulación y de $117,395 \text{ W/m}^3$ para las artesas tipo.

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 0,16 m.

6.6. SALTO TOTAL

Así, para los valores calculados obtenemos:

Cota azud	491,7 m
Cota lámina aguas abajo	489,2 m
Desnivel total	0,20 m x 13 artesas tipo = 2,6 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 Q_{75} , es de 1,86 m.

El vertedero de entrada de agua (salida de peces) a la artesa reguladora, dimensionado para el caudal Q_{75} unas dimensiones de 0,3 x 0,7 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 0,25 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 caudal establecido para el percentil 25, en donde el aliviadero lateral empieza a evacuar agua, en concreto para este caso $0,081 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.8. ARTESAS DE ASCENSO

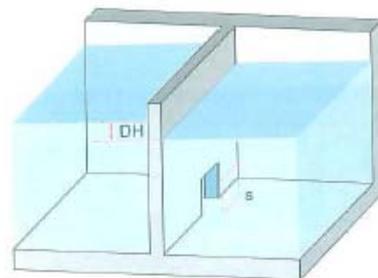
6.8.1. Orificio de limpieza

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 aterramiento.

6.8.2. Vertedero semisumergido

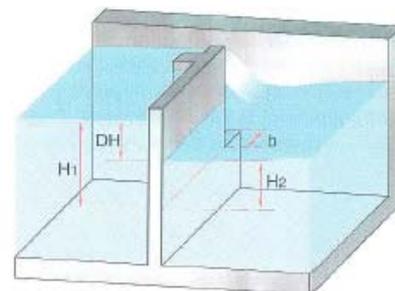
El caudal que pasa por el vertedero sumergido viene dado por la ecuación:

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

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 las artesas 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 en 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 el incremento de caudal debido a la crecida hasta el caudal establecido para el Q₇₅ asciende a 132,643 W/m³ para la artesa de regulación y de 117,395 W/m³ en la artesa tipo. Para el caudal 2Q₇₅ los valores ascienden a 200,636 W/m³ en la artesa de regulación y de 123,509 W/m³ para las artesas tipo.

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.

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: $7 \leq \frac{L}{b} = \frac{2}{0,25} = 8 \leq 11$.

6.9. COTA CORONACIÓN MUROS ENTRADA.

Se considera un resguardo de 0,156 m, obtenido para cumplir las condiciones de diseño para un caudal de Q_{75} , que será suficiente para que el caudal que circula por el río no desborde dichos muros y se incorpore a la escala, lo que produciría que la escala cumpliera la función para la que se proyecta. Por lo tanto, dado que la cota de coronación del azud es de 491,7 m, la cota de coronación del muro de entrada será de 491,856 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:	Arakil
Función presa:	Desconocido
Nº estanques:	13
Desnivel entre artesa tipo:	0,20 m
Anchura vertedero semisumergido artesa tipo:	0,25 m
Calado en vertedero semisumergido artesa tipo:	0,30 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:	1,70 m
Ancho vertedero semisumergido entrada artesa reguladora:	0,30 m
Ancho vertedero semisumergido salida artesa reguladora:	0,25 m
Longitud artesa reguladora:	3,00 m
Anchura artesa reguladora:	2,00 m
Calado aliviadero de artesa reguladora:	0,23m

Tabla 7. Características de la escala de peces

7.2. DIMENSIONAMIENTO Y ARMADO.

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 y 27 días. Con el fin de minimizar las afecciones sobre el curso de agua este periodo 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
ANEJO Nº 8 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN
ANEJO Nº 9 CERTIFICADO DE OBRA COMPLETA

DOCUMENTO Nº 2 PLANOS

PLANO Nº 1 LOCALIZACIÓN
PLANO Nº 2 EMPLAZAMIENTO
PLANO Nº 3 PLANTA Y SECCIONES
 PLANO Nº 3.1 PLANTA Y DETALLES
 PLANO Nº 3.2 PLANTA Y SECCIONES (DEF. GEOMÉTRICA)
 PLANO Nº 3.3 PLANTA Y SECCIONES (DEF. ESTRUCTURAL)
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 LA PRESA DE VILLANUEVA EN EL RÍO ARAKIL, T.M. ARAKIL (NAVARRA)**, siendo su Presupuesto de Ejecución Material de OCHENTA Y DOS MIL DOSCIENTOS SESENTA CON VEINTIDÓS CÉNTIMOS (**82.260,22 €**).

Zaragoza, Abril de 2009

EL AUTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Alfredo Ferrán Adán
Ingeniero de Montes
Colegiado Número: 4.538

VºBº. LA DIRECTORA DEL PROYECTO

Fdo.: Concha Durán Lalaguna