

**MEMORIA**



## INDICE

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>ANTECEDENTES.....</b>                         | <b>5</b>  |
| <b>2.</b> | <b>OBJETO.....</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>3.</b> | <b>CARACTERÍSTICAS DEL RÍO IREGUA.....</b>       | <b>6</b>  |
| 3.1.      | HIDROLOGÍA.....                                  | 6         |
| 3.2.      | CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA.....                   | 7         |
| <b>4.</b> | <b>FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL.....</b>      | <b>8</b>  |
| <b>5.</b> | <b>CARACTERÍSTICAS DEL AZUD.....</b>             | <b>8</b>  |
| 5.1.      | LOCALIZACIÓN.....                                | 8         |
| 5.2.      | SITUACIÓN ADMINISTRATIVA.....                    | 8         |
| 5.3.      | CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AZUD.....          | 9         |
| <b>6.</b> | <b>PERMEABILIZACIÓN.....</b>                     | <b>12</b> |
| 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> .....   | 13        |
| 6.2.      | ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....                    | 15        |
| 6.3.      | JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....       | 15        |
| 6.4.      | CÁLCULOS HIDRÁULICOS.....                        | 16        |
| 6.5.      | CAUDALES CIRCULANTES.....                        | 18        |
| 6.6.      | SALTO TOTAL Y NUMERO DE ESTANQUES.....           | 19        |
| 6.7.      | CAUDAL Y DIMENSIONES DE LA ESCALA.....           | 20        |
| 6.8.      | DIMENSIONES DE LA PRIMERA ARTESA.....            | 21        |
| 6.9.      | PÉRDIDA DE CARGA TOTAL EN ESCOTADURAS.....       | 22        |
| 6.10.     | DISIPACIÓN ENERGÉTICA EN LAS ARTESAS.....        | 22        |
| 6.11.     | ZONA DE LLAMADA.....                             | 24        |
| 6.12.     | COTA CORONACIÓN MUROS ENTRADA.....               | 24        |
| <b>7.</b> | <b>DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....</b> | <b>25</b> |
| 7.1.      | CARACTERÍSTICAS DE LA ESCALA DE PECES.....       | 25        |
| 7.2.      | DIMENSIONAMIENTO Y ARMADO.....                   | 26        |
| <b>8.</b> | <b>PLAZO DE LAS OBRAS.....</b>                   | <b>26</b> |
| <b>9.</b> | <b>PRESUPUESTO.....</b>                          | <b>26</b> |



## **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 presente Anejo tiene por objeto el diseño de un paso de fauna, acorde con la ictiofauna del río Iregua (masa 506) a su paso por el municipio de Nalda, que permita a los peces **potamodromos** realizar sus migraciones tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura transversal; así como la descripción y justificación de esta obra para la correcta realización de la escala de peces en su aspecto técnico, con los cálculos necesarios para su dimensionamiento y los datos básicos de partida utilizados en éste.

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

### 3. CARACTERÍSTICAS DEL RÍO IREGUA

#### 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.

Se han seleccionado los caudales diarios de la estación más próxima, situada unos 300 metros aguas arriba de la toma de aguas de Logroño (A9036, río Iregua en Islallana).

En la siguiente gráfica se representa el régimen hidrológico de la estación de aforo seleccionada. El río Iregua en Islallana presenta un régimen simple con un periodo de caudales altos, comprendido de enero a junio, y otro de caudales bajos de julio a diciembre. El máximo de caudal se registra los meses de abril y mayo por el deshielo de las nieves acumuladas durante el invierno.

#### CAUDAL MEDIO MENSUAL

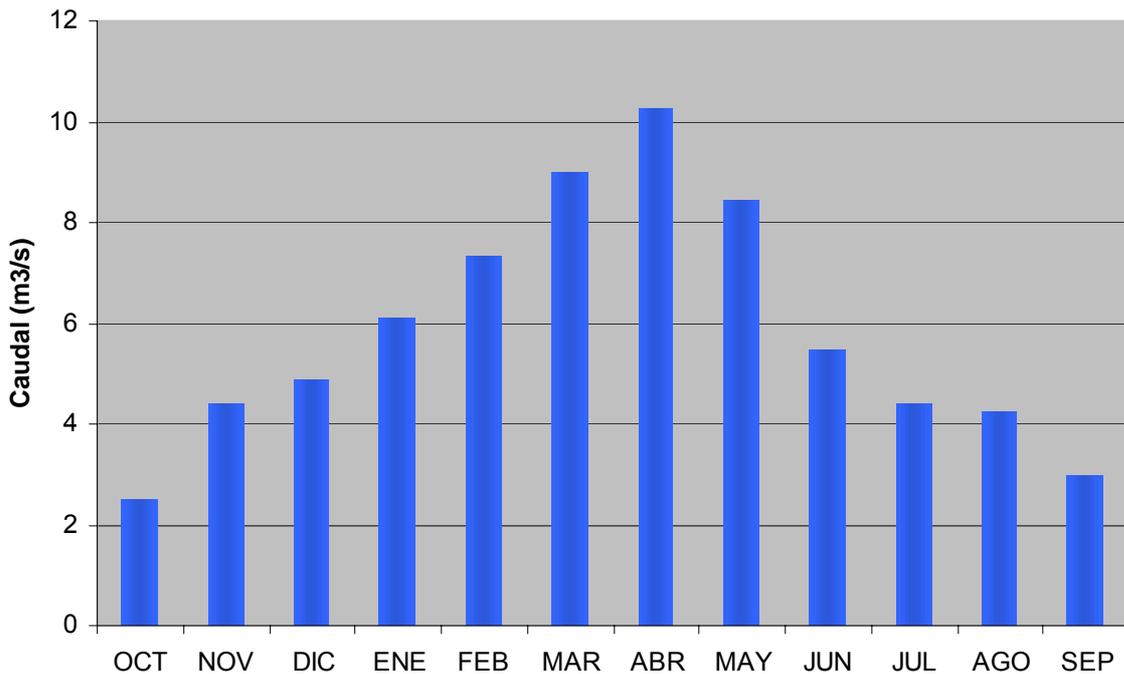


Fig. 1. Régimen anual del río Iregua en el Aforo 037 en Islallana. (Fuente CHE)

Para el estudio de los caudales en el río Iregua, se partió de una serie temporal de caudales diarios de 75 años; tomados en la estación de aforo 9037. Esta serie se inicia el año 1931 y finaliza en el 2006.

### 3.2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

En el río Iregua 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 predomina la *Salmo trutta* (trucha común) frente a los ciprínidos.

A continuación se presenta una tabla donde se muestran algunas estadísticas del muestreo IBI 349 (Coordenadas UTM Huso 30 X 540.489 Y 4.685.078) utilizadas en el diseño de la escala de peces.

| Masa 506. Río Iregua IBI 349 |            |             |             |            |             |           |          |         |
|------------------------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|----------|---------|
| Especie                      | Ejemplares | Talla media | Desv Típica | Peso medio | Desv Típica | Máx Talla | Máx Peso | Biomasa |
| <i>Salmo trutta</i>          | 14         | 78,9        | 34,6        | 15,4       | 31,5        | 176,0     | 110,1    | 215,1   |
| <i>Phoxinus bigerri</i>      | 2          | 47,5        | 3,5         | 1,3        | 0,0         | 50,0      | 1,3      | 2,6     |

Tabla 1. Estadísticas del muestreo de peces IBI 349 en el río Iregua

El grupo que mayor número de ejemplares presenta es la trucha común (*Salmo trutta*), seguido del piscardo (*Phoxinus bigerri*).

Cabe destacar que en otro muestreo en el río Iregua, a la altura del TM. de Albelda, se identificaron ejemplares de Barbo colirrojo (*Barbus haasi*).



Fig. 2. Número de ejemplares por especies en el muestreo IBI 349 en el río Iregua

La especie del muestreo que mayor biomasa presenta es la trucha común con un peso total de 2,15 Kg. repartidos para 14 individuos. La media para esta especie es de 15,4 gr.

## **4. FIGURAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

La actuación se encuentra dentro del Lugar de Interés Comunitario Peñas de Iregua, Leza y Jubera (ES 0000064).

El espacio presenta un alto grado de biodiversidad con hábitats representativos de la montaña media ibérica. El total alberga 11 hábitats naturales de los que 2 son prioritarios y algunos taxones de gran interés como el visón europeo, nutria y desmán de los pirineos. Asimismo incluye un conjunto de roquedos que marcan la transición entre la Depresión del Ebro y las sierras del Sistema Ibérico en los Valles del Iregua y Leza.

Las especies piscícolas incluidas en la ficha del anejo II son la madrilla (*Parachondrostoma miegii*) y el Rutilo (*Rutilus rutilus*).

## **5. CARACTERÍSTICAS DEL AZUD.**

### **5.1. LOCALIZACIÓN**

El azud de toma se encuentra en el término municipal de Nalda, en las coordenadas UTM del Huso 30 X 539.471 Y 4.685.528.

### **5.2. SITUACIÓN ADMINISTRATIVA**

Se trata de una estructura cuyos propietarios son los ayuntamientos de Fuenmayor, de Logroño y Navarrete. Además existen dos derivaciones a acequias de riego, una en cada margen que se desconoce los propietarios.

De tal forma que esta estructura tiene dos usos; abastecimiento para núcleos urbanos y riego.

### 5.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AZUD

|                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| Altura Total del Obstáculo      | 2,25 m               |
| Cota Aguas arriba               | 576,2 m              |
| Cota lámina de agua aguas abajo | 573,95               |
| Longitud                        | 38 m                 |
| Anchura de coronación           | 0,9 m                |
| Forma                           | Chaflan (H4,3-V2,25) |
| Material                        | Hormigón             |

Tabla 2. Principales características del azud



Fig. 3. Vista de la estructura desde la margen izquierda

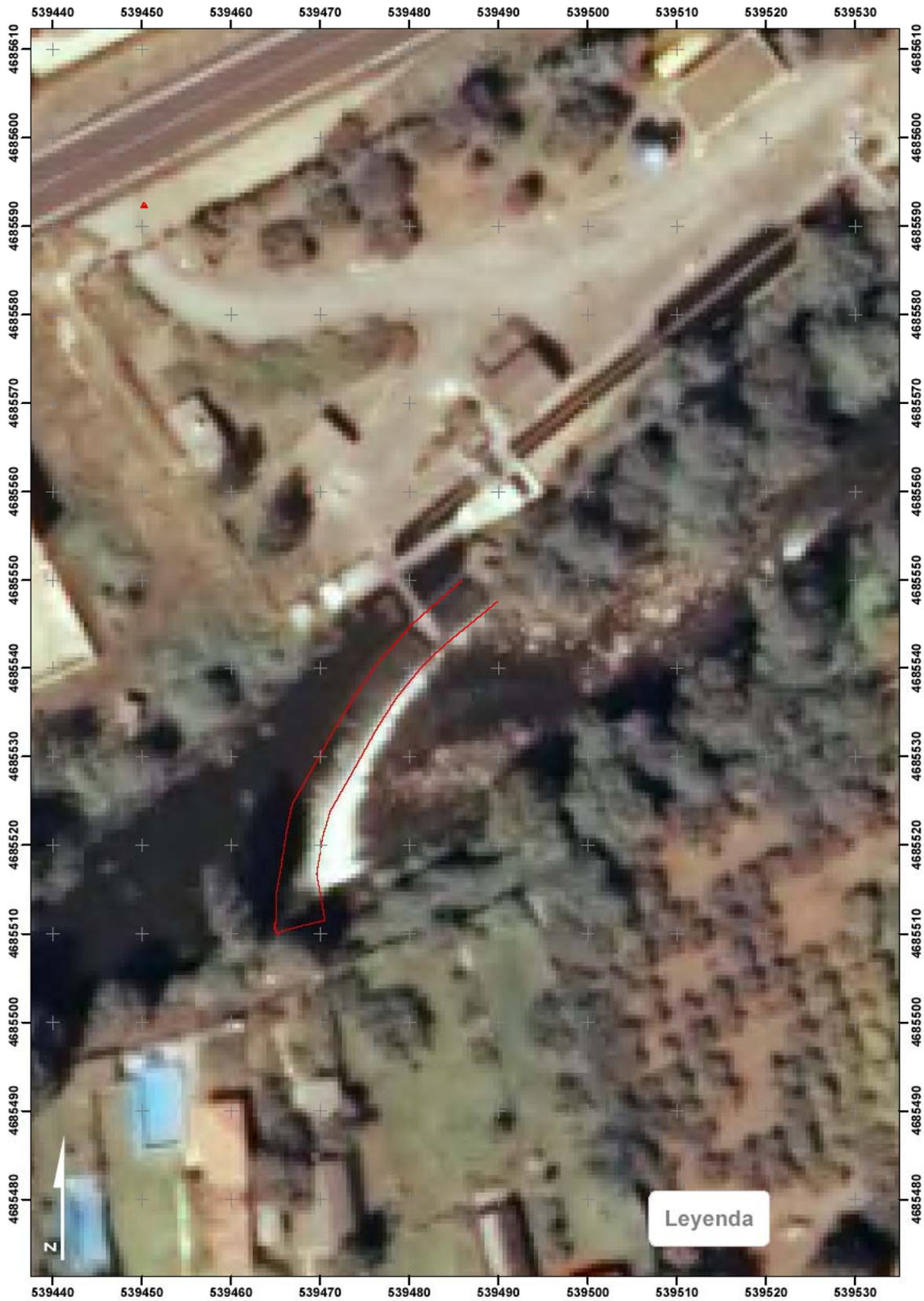


Fig. 4. Vista en planta de la estructura.

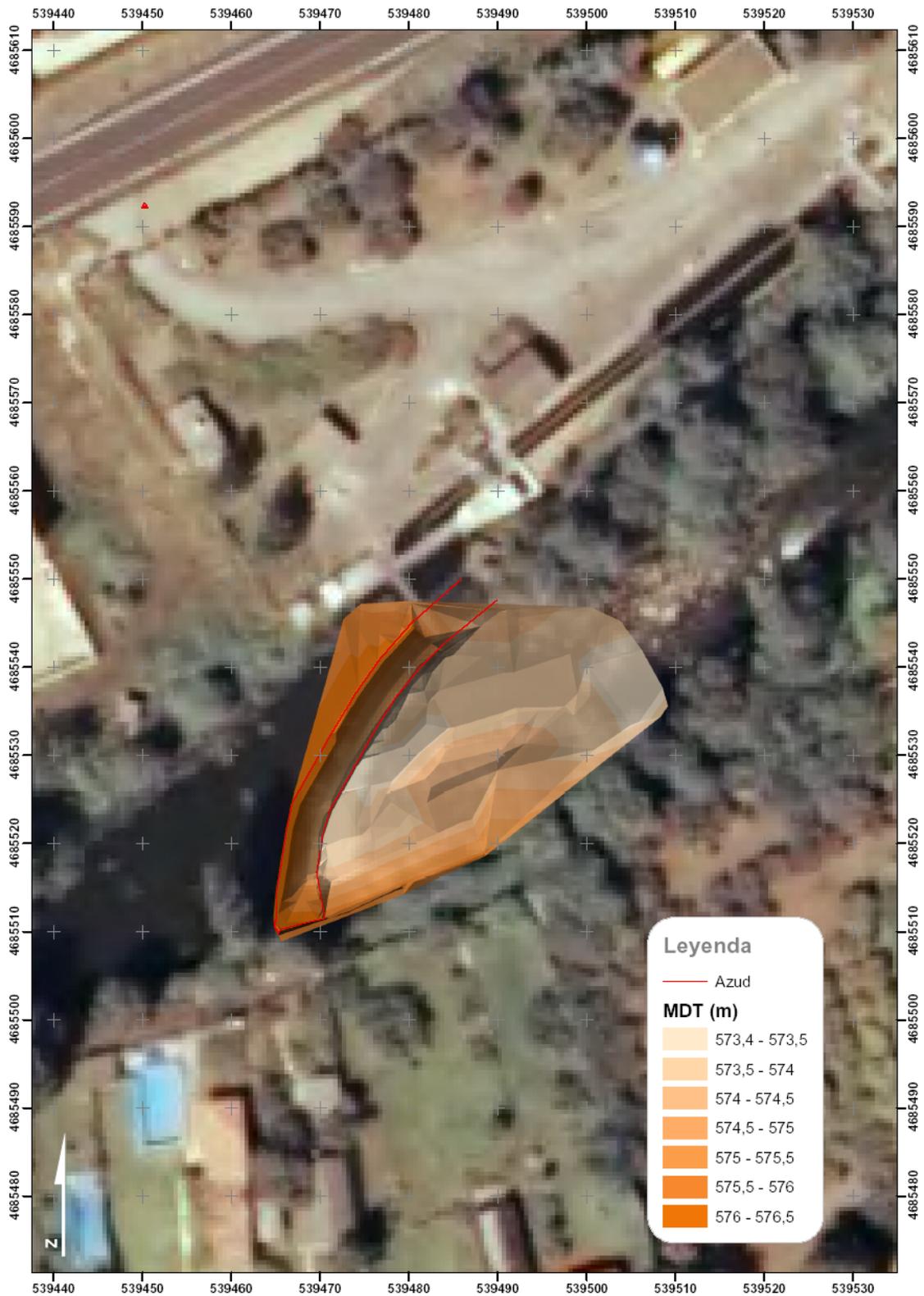


Fig. 5. Modelo digital del terreno en el entorno del azud

## 6. PERMEABILIZACIÓN

El objeto del presente anejo es diseñar y definir las características de una estructura que permita las migraciones de peces a través de este azud, tanto de aguas abajo hacia aguas arriba como al contrario.

Una escala de peces es la solución que permite un grado aceptable de transitabilidad para las poblaciones afectadas. Como cualquier estructura de paso de peces, las escalas requieren 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

Se ha seleccionado como especie objetivo para tener en cuenta en el diseño de la escala, aquellas que presentan mayores dificultades a la hora de su desplazamiento. En este caso sería el piscardo (*Phoxinus phoxinus*); siempre teniendo en consideración la Trucha común (*Salmo trutta*) por el interés social y deportivo que ofrece.

Esta relación de especies es adecuada por su representatividad y además por pertenecer a la familia de los ciprínidos, grupo con menor capacidad de salto, siendo accesible por tanto también al resto de las especies encontradas (trucha común).



Fig. 6. Foto de una trucha común intentando remontar una estructura transversal en el río Iregua

### 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 (salmónidos de noviembre a marzo y ciprínidos de marzo a agosto).

| <b>Río Iregua en Islallana</b>                         |                        |
|--|------------------------|
| <b>A9037 Río Iregua en Islallana (m<sup>3</sup>/s)</b> |                        |
| <b>Noviembre-Febrero. Periodo Salmónidos</b>           |                        |
| Mediana  | 3,23 m <sup>3</sup> /s |
| Percentil 25   | 2,01 m <sup>3</sup> /s |
| Percentil 75   | 6,24 m <sup>3</sup> /s |
| <b>Marzo-Julio. Periodo Ciprínidos</b>                 |                        |
| Mediana  | 4,82 m <sup>3</sup> /s |
| Percentil 25   | 3,4 m <sup>3</sup> /s  |
| Percentil 75   | 7,31 m <sup>3</sup> /s |

Tabla 3. Estadísticas de los caudales del río Iregua en Islallana

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 mínimo y máximo de la serie anual de caudales medios mensuales.

### 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 poza artificial de una profundidad suficiente, para que el pez pueda permanecer al pie del paso sin dificultad y, además, pueda impulsarse para entrar en el paso.

La situación de la entrada en el obstáculo no es el único factor a tener en cuenta. La salida del paso se localizara en una zona de baja velocidad, alejada del aliviadero y de posibles canales de derivación, así como en zonas de aguas muertas o de recirculación, la finalidad de dicho emplazamiento es evitar que pueda desorientarse o ser arrastrado aguas abajo del obstáculo por la corriente.

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

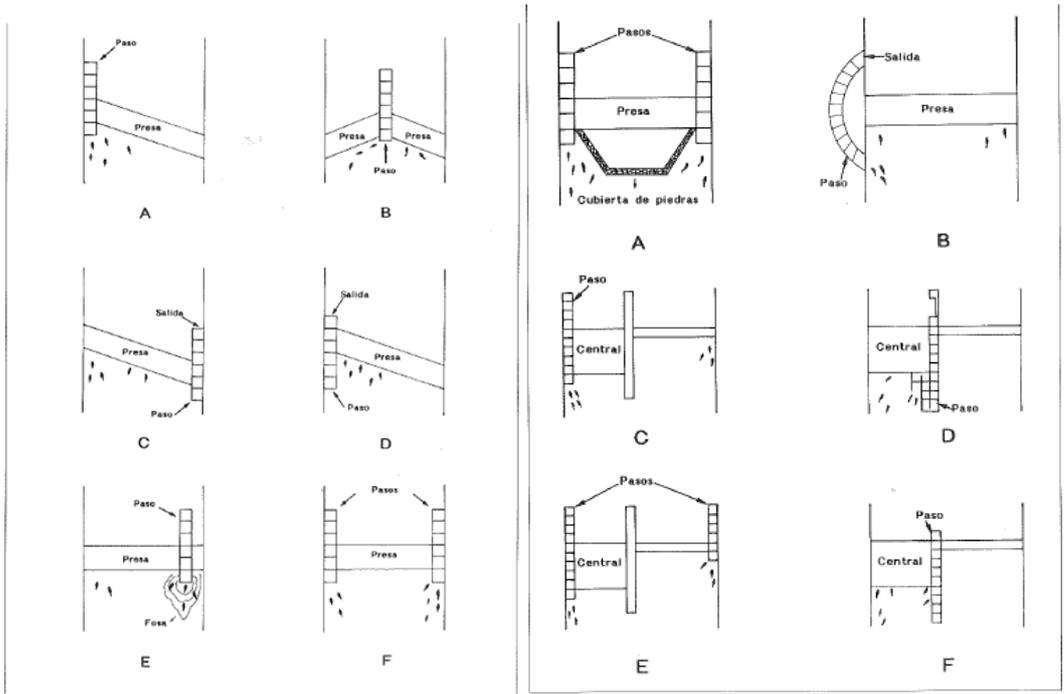


Figura 15. Disposición del paso en el obstáculo. A. Situación correcta en un obstáculo oblicuo. B. Situación correcta en un obstáculo en ángulo. C y D. Situación incorrecta en un obstáculo oblicuo. E y F. Situación correcta en un obstáculo transversal.

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. 7. 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 producirá en la continuidad fluvial para las especies piscícolas. La solución de diques o de rampa no parecen las más adecuadas, dada la altura del azud y las características de la zona, 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 y vertederos semisumergidos.

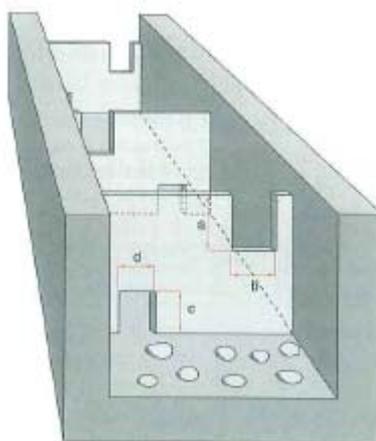


Fig. 8. Vista de una escala de estanques sucesivos. (Larinier 1992)

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 derivación.

Se ha adoptado una escala de artesas rectangulares sucesivas 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* “, Larinier et al.

Los caudales utilizados para el dimensionamiento de las artesas, son equivalentes a la mediana del periodo de migración de ciprínidos (4,82 m<sup>3</sup>/s).

En función de dichos caudales, de la anchura de los vertederos, del desnivel entre estanques y de de la carga de vertido se ha determinado el caudal y la altura de la lámina de agua en los distintos puntos de las artesas.

A partir de dicho caudal de diseño, se han adaptado las dimensiones de la primera artesa, para que esta se adapte a las características hidráulicas del resto de las artesas que configuran la estructura.

Tras saber los caudales que circulan por la escala (266-303 l/s), y las dimensiones de esta, se comprueba que la disipación de energía 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:

- Anchura mínima de escotadura para vertederos semisumergidos será de 0,20 m tanto para la trucha como para los ciprínidos.
- El tamaño mínimo de los orificios de limpieza será de 0,04 m<sup>2</sup> para la trucha y ciprínidos.
- La profundidad media mínima de los estanques (desde la rasante de los vertederos semisumergidos) para la trucha y ciprínidos será de 0,6 m.
- El cociente entre el ancho de la artesa (B) y el ancho del vertedero (b), cumple la siguiente relación:  $4 - B/b - 6$  (8 máximo).
- La longitud y situación recomendada para el deflector (e) será igual al ancho vertedero.
- La altura umbral del vertedero (p) debe de cumplir la siguiente condición:  $0,6 \leq p \leq 1$  m.
- La relación entre la longitud de las artesas (L) y el ancho del vertedero (b) es la siguiente: (7 mínimo )  $8 - L/b - 10$  (11 máximo).
- La pendiente media de la escala estará comprendida entre el 7 – 10 %.
- La velocidad en los vertederos deberá ser inferior a 1,7 m/s para la mayoría de los ciprínidos e inferior a 2 m/s para salmónidos y ciprínidos grandes.

- El desnivel máximo entre artesas vendrá condicionado por las especies presentes en la masa:
  - Ciprínidos: 0,20 – 0,25 m (especies de mayores dimensiones).
  - Salmónidos: 0,30 m.
- Al igual que en el caso anterior, la potencia disipada en las artesas, dependerá de las especies presentes; así:
  - Ciprínidos: 100 – 125 W/m<sup>3</sup> \*
  - Salmónidos: 175 W/m<sup>3</sup> .\*

\* Pudiéndose superar en 25 – 50 W/m<sup>3</sup> en pasos cortos.

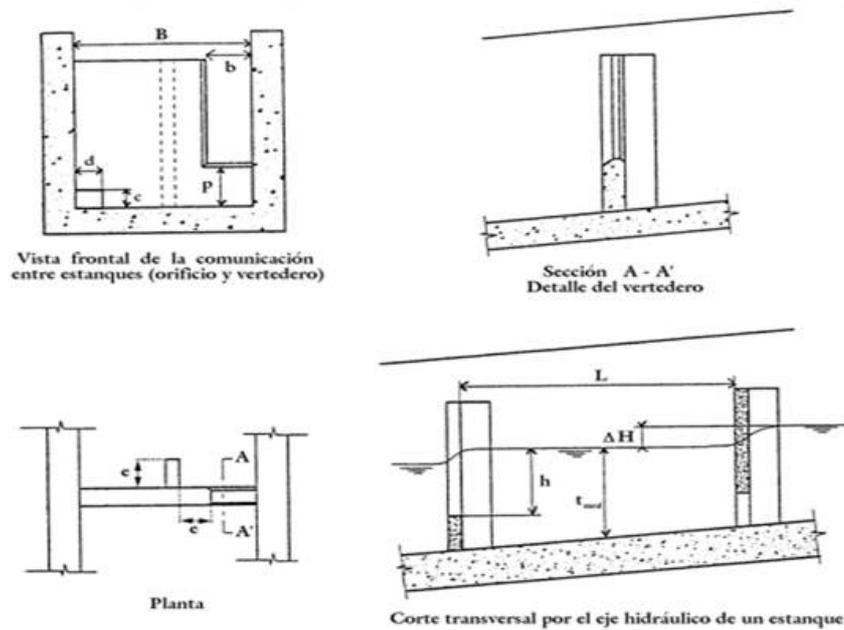


Fig. 9. Esquema de la artesa tipo.

## 6.5. CAUDALES CIRCULANTES

Los caudales circulantes por el tramo de estudio que nos van a condicionar el diseño del paso piscícola se han obtenido de la estación de aforos A9036, río Iregua en Islallana. Se consideran representativos del régimen circulante por el azud ya que se encuentra muy próxima al azud de derivación.

El periodo reproductor de las especies objetivo (*Phoxinus phoxinus*) comienza en marzo y termina a finales de julio. Sin embargo debido a la regulación de caudales es menor el caudal del río durante la época de migración de los salmónidos, especie importante el río Iregua, que de los ciprínidos. De ahí que se haya seleccionado la mediana del periodo reproductivo de los salmónidos para diseñar la escala de peces.

Ese flujo va a permitir la definición del desnivel entre aguas arriba y abajo del obstáculo en la época de migración.

Dado que los periodos de migración no son fijos en el tiempo, se estudió a su vez el funcionamiento de la escala para un rango de caudales más amplio, por lo que una vez fijado el caudal medio en el periodo de migración, se comprobó el funcionamiento del paso para el mínimo caudal de la serie anual (2,49 m<sup>3</sup>/s) y para el máximo (7,51 m<sup>3</sup>/s).

Con todo lo expuesto anteriormente, los caudales empleados para el diseño de la escala fueron los siguientes:

|   | Caudal circulante<br>(m <sup>3</sup> /s) | Concesión<br>(m <sup>3</sup> /s) | Caudal de diseño<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|---|--|----------------------------------|---|
| Q <sub>min</sub> (Anual)                | 2,49                                     | ---                              | 2,49                                    |
| Q <sub>med</sub> (Periodo de migración) | 4,82                                     | ---                              | 4,82                                    |
| Q <sub>máx</sub> (Anual)                | 7,51                                     | ---                              | 7,51                                    |

Tabla 4. Caudales de diseño de la escala de peces.

## 6.6. SALTO TOTAL Y NUMERO DE ESTANQUES

Para poder obtener el desnivel (H) que debe salvar el paso para peces se definió la cota de lámina de agua de aguas arriba ( $Z_{ag-arr}$ ), aguas abajo ( $Z_{ag-abj}$ ) y la carga de vertido del azud (h).

$$H = (Z_{azud} + h) - Z_{ag-abj}$$

La  $h_{azud}$  (incremento de la lámina de agua en la rasante del azud) se obtiene utilizando la fórmula de gasto para un vertedero de pared delgada, como el que presenta la estructura a franquear. Dicha fórmula es la siguiente:

$$Q = C_d * L * (2 * g)^{1/2} * h^{3/2}$$

Donde: Q: caudal en la época de migración ( $m^3/s$ ).

**C<sub>d</sub>**: coeficiente de gasto (0,4).

**L**: anchura del vertedero del azud (m).

**g**: aceleración de la gravedad ( $9,81 m^2/s$ ).

**h<sub>azud</sub>**: altura de la lámina de agua sobre el vertedero (m)

Partiendo del desnivel entre cotas de lámina de agua (H) y del salto propuesto entre arquetas ( $\Delta h$ ) de 0,21 m, se determinó el número de estanques y de vertederos.

$$N_{estanques} = \left( \frac{H}{\Delta H} \right) - 1$$

$$N_{vertederos} = N_{estanques} + 1$$

Los resultados obtenidos del desarrollo de las ecuaciones anteriores, se muestran en la siguiente tabla:

|  |          |
|--|----------|
| Cota azud  | 576,2 m  |
| Cota lámina aguas abajo                          | 573,95 m |
| Incremento lámina de agua en la rasante del azud | 0,17 m   |
| Desnivel total                                   | 2,42 m   |
| Desnivel entre arquetas                          | 0,20 m   |
| Número de estanques                              | 12       |
| Número de vertederos                             | 13       |

Tabla 5. Desniveles de la estructura y número de estanques

## 6.7. CAUDAL Y DIMENSIONES DE LA ESCALA

La escala se dimensionó para que cumpliera con un caudal de diseño comprendido entre 200–300 l/s, las dimensiones propuestas, se muestran a continuación:

|   |        |
|---|--------|
| Ancho del vertedero (b)                 | 0,3 m  |
| Ancho del estanque (B)                  | 1,8 m  |
| Longitud del estanque (L)               | 2,5 m  |
| Altura del umbral de fondo (p)          | 0,6 m  |
| Orificio de fondo (cxd)                 | 0,04 m |
| Anchura del tabique (s)                 | 0,25 m |
| Carga de vertido (h)                    | 0,7 m  |
| Dimensiones del deflector (e)           | 0,3 m  |
| Desnivel entre estanques ( $\Delta h$ ) | 0,2 m  |
| Pendiente (I)                           | 7,3 %  |

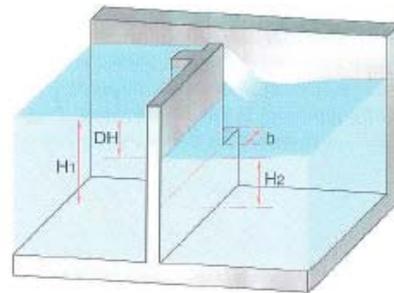
Tabla 6. Características geométricas de la escala

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

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

Donde:

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



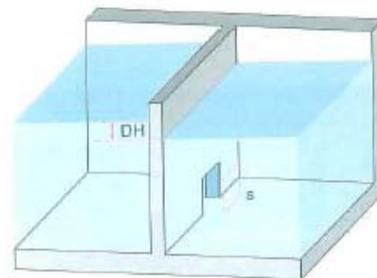
- Coeficiente de descarga,  $c_v$ . Se toma el valor de 0,40.
- Anchura de paso de la escotadura, b (m).
- Diferencia de altura entre artesas  $\Delta H$  (m).
- Calado medio en la artesa  $h_1$  (m).

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

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

Donde:

- Coeficiente de descarga,  $c_i$ . Se toma el valor de 0,80.
- Superficie del orificio,  $S$  (m<sup>2</sup>).
- Diferencia de altura entre artesas  $\Delta H$  (m).



Tomando las dimensiones establecidas en la tabla 8, los caudales de diseño de las artesas para los caudales definidos anteriormente (caudales circulantes), son los siguientes:

| Caudal circulante (m <sup>3</sup> /s) | Carga de vertido (h) | Profundidad media | k    | Caudal de diseño (Qd) (m <sup>3</sup> /s) | Caudal orificios (Qos) | Caudal vertedero (Qv) |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------|------|---|------------------------|-----------------------|
| 2,49                                  | 0,64                 | 1,14              | 0,72 | 0,266                                     | 0,055                  | 0,210                 |
| 4,82                                  | 0,70                 | 1,20              | 0,70 | 0,285                                     | 0,055                  | 0,229                 |
| 7,51                                  | 0,76                 | 1,26              | 0,68 | 0,303                                     | 0,055                  | 0,247                 |

Tabla 7. Caudales de diseño de la escala.

Como se puede observar en la tabla anterior los caudales de diseño de la escala para las dimensiones y caudales circulantes definidos con anterioridad, se encuentran dentro del rango de caudales objetivo definidos al comienzo del apartado (200 – 300 m<sup>3</sup>/s).

## 6.8. DIMENSIONES DE LA PRIMERA ARTESA

En la primera artesa –la de entrada de caudal– la artesa y el vertedero difieren para adaptarse a las variaciones de nivel de agua del río Iregua, se ha propuesto una hendidura vertical en vez de un vertedero semisumergido. Dicha hendidura tendrá una anchura de 0,50 m que permitirá el paso de los peces sin problema.

Cuando los peces acceden a dicha artesa, sus facultades natatorias han disminuido como consecuencia del desgaste producido en el ascenso, es por ello que para esta primera artesa se propone un salto de agua cauce-artesa menor que en el resto (0,04 m), para que le resulte a los peces superar el último obstáculo con mayor facilidad.

Por todo lo expuesto anteriormente, y atendiendo a las condiciones técnicas e hidráulicas que deben de cumplir las artesas tipo, se proponen las siguientes dimensiones para la artesa:

| VARIABLES                            | VALOR  |
|--------------------------------------|--------|
| Desnivel artesa-río ( $\Delta h_2$ ) | 0,04 m |
| Ancho vertedero (b)                  | 0,5 m  |
| Altura del umbral de fondo (p1)      | 0,6 m  |
| Carga de vertido (h1)                | 0,7 m  |
| Carga de vertido (h2)                | 0,8 m  |
| Salto (p2)                           | 0,5 m  |
| L2                                   | 1,5 m  |
| L1                                   | 1,0 m  |
| Ancho del estanque (B)               | 1,8 m  |

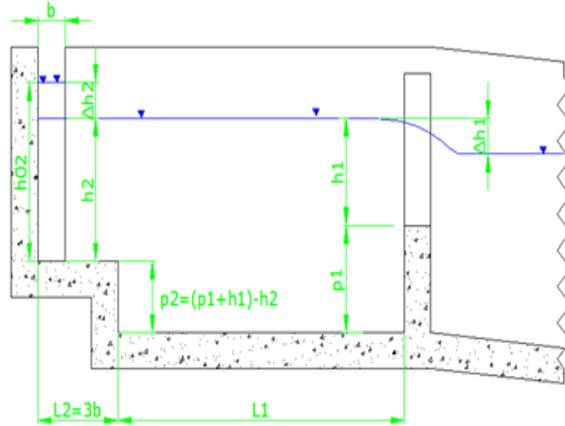


Tabla 8. Dimensiones de la primera artesa.

## 6.9. 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 0,20 m. Dado que el último salto (artesa-río) es de 0,04 m, el desnivel total que se salvará será de 2,44 m, es decir 0,02 m más que la altura total del obstáculo.

La primera artesa presentara un salto (artesa-río) de 0.18 m.

## 6.10. 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/m<sup>3</sup>. En pasos cortos se puede incrementar este valor en 25 - 50 W/m<sup>3</sup>.

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:

$\rho$  = Densidad del agua (1000 g/cm<sup>3</sup>)

$g$  = Gravedad

$Q$  = Caudal del paso (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta H$  = Desnivel entre artesas

$B$  = Ancho de la artesa inferior

$L$  = Largo de la artesa inferior

$t_{med}$  = Profundidad de la artesa inferior

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

| Q <sub>rio</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Carga de vertido (h) | Profundidad media | Desnivel entre artesas ( $\Delta h$ ) | Caudal de la escala (m <sup>3</sup> /s) | Potencia disipada (W/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| 2,49                                 | 0,78                 | 0,74              | 0,04                                  | 0,266                                   | 23                                    |
| 4,82                                 | 0,84                 | 0,80              | 0,04                                  | 0,285                                   | 23                                    |
| 7,51                                 | 0,90                 | 0,86              | 0,04                                  | 0,303                                   | 23                                    |

Tabla 9. Disipación de energía en la primera artesa.

| Q <sub>rio</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Carga de vertido (h) | Profundidad media | Desnivel entre artesas ( $\Delta h$ ) | Caudal de la escala (m <sup>3</sup> /s) | Potencia disipada (W/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| 2,49                                 | 0,64                 | 1,14              | 0,2                                   | 0,266                                   | 102                                   |
| 4,82                                 | 0,70                 | 1,2               | 0,2                                   | 0,285                                   | 103                                   |
| 7,51                                 | 0,76                 | 1,26              | 0,2                                   | 0,303                                   | 105                                   |

Tabla 10. Disipación de energía en las artesas tipo.

## **6.11. ZONA DE LLAMADA**

Con el objeto de facilitar lo máximo posible la entrada de los peces a la escala se ha diseñado una poza artificial en la entrada de la escala para los peces desde la cual puedan coger impulso y entrar fácilmente en el paso. Esta poza tendrá un calado de 0,5 m por 4,5 m de ancho y por 4,5 m de largo. Las profundidades de esta son variables en su superficie, presentando el mayor calado junto al vertedero de entrada de los peces a la escala.

## **6.12. COTA CORONACIÓN MUROS ENTRADA.**

Con el objeto de que cuando se incrementen los niveles del río no entre el caudal en la escala se ha considerado un incremento de 0,15 m sobre los tabiques interiores y de 0,15 m más para el caso del los muros exteriores, presentando éstos una altura de 1,60 m. Dicha altura no se mantendrá constante a lo largo de toda la estructura, sino que se adaptara a las condiciones y morfología del azud.

En los tabiques interiores se ha considerado un incremento de 0,15 m, con lo que la altura total de éstos será de 1,45 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:                     | Iregua.             |
|                     | Función presa:             | Azud                |
|                     | Nº estanques:              | 12                  |
|                     | Nº de tabiques:            | 13                  |
|                     | Ancho del vertedero        | 0,3 m               |
|                     | Ancho del estanque         | 1,8 m               |
|                     | Longitud del estanque      | 2,5 m               |
|                     | Altura del umbral de fondo | 0,6 m               |
| <b>ARTESAS TIPO</b> | Orificio de fondo (cxd)    | 0,04 m <sup>2</sup> |
|                     | Anchura del tabique        | 0,25 m              |
|                     | Carga de vertido           | 0,7 m               |
|                     | Dimensiones del deflector  | 0,3 m               |
|                     | Desnivel entre estanques   | 0,2 m               |
|                     | Pendiente                  | 7,3 %               |
|                     | Desnivel artesa-río        | 0,04 m              |
|                     | Ancho orificio             | 0,5 m               |
|                     | Altura del umbral de fondo | 0,6 m               |
| <b>1ª ARTESA</b>    | Carga de vertido           | 0,7 m               |
|                     | Carga de vertido           | 0,8 m               |
|                     | Salto                      | 0,5 m               |
|                     | L2                         | 1,5 m               |
|                     | L1                         | 1,0 m               |
|                     | Ancho del estanque         | 1,8 m               |

Tabla 11. 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 25 cm de espesor y dimensiones indicadas en el plano correspondiente.

La base de las artesas estará recubierta de cantos con un diámetro medio de 0,15 m, sobresaliendo estos de la rasante de la solera, hasta 2/3 de los mismos. Colocándose de forma irregular. Esta acción ayudará a disipar la energía en el interior de las artesas y a naturalizar el paso para peces.

## **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. PRESUPUESTO**

Con todo cuanto antecede se estima suficientemente justificado este **PROYECTO DE ESCALA DE PECES EN EL RÍO IREGUA, T.M DE NALDA (LA RIOJA)**, siendo su Presupuesto de Ejecución Material de SETENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS TRECE CON SETENTA CÉNTIMOS DE EURO (**78.413,7 €**).

Zaragoza, Junio de 2010

EL AUTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Pedro Rivas Salvador  
Ingeniero de Caminos, C. y P.  
Colegiado Número: 16.602

VºBº. LA DIRECTORA DEL PROYECTO

Fdo.: Concha Durán Lalaguna