

MÉTODO G. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONECTIVIDAD FLUVIAL PARA CANTABRIA (ICFC)

ÍNDICE

1. Objetivo	G1
2. Procedimiento metodológico	G1
2.1. Elementos de análisis	G1
2.2. Integración de los indicadores	G12
3. Referencias de interés	G12
Apéndice	G14

1 Objetivo

El presente método tiene por objeto describir la metodología utilizada para valorar la conectividad longitudinal de los espacios acuáticos continentales incluidos en la red Natura 2000 de Cantabria. La evaluación de la conectividad fluvial se realiza mediante la aplicación y análisis del Índice de Conectividad Fluvial (ICF; Agencia Catalana del Agua, 2006b). Este índice ha sido modificado para adaptarlo a las comunidades ictiológicas y las características de los obstáculos y pasos para peces presentes en los sistemas fluviales de Cantabria (Índice de Continuidad Fluvial de Cantabria; ICFC).

2 Procedimiento metodológico

2.1 Elementos de análisis

La aplicación del ICFC consta de tres pasos o bloques de análisis:

- Valoración del obstáculo
- Valoración de los pasos de peces
- Aplicación de moduladores finales

Valoración del obstáculo

Mediante el **primer bloque** se valora el obstáculo, determinando para que grupos de peces puede suponer una barrera real de cara a su movimiento longitudinal. Para esto se realiza una caracterización del obstáculo en la que analizan diferentes aspectos del mismo, los cuales varían en función del tipo de barrera presente en el río:

- 1- **Azudes/ Presas** (Figura G.1): En los azudes y presas se caracteriza su verticalidad y altura (h), la profundidad de la poza (z), la anchura de coronación (AC) la longitud del salto hasta la coronación del obstáculo ($AC2$) y la profundidad del agua en la coronación del obstáculo (ALC ; Figura G.2). $AC2$ sólo se valora cuando la presa o el azud no es vertical.
- 2- **Coberturas** (Figura G.3): En las coberturas se caracteriza su verticalidad y altura (h), la profundidad de la poza (z), la anchura de coronación (AC), la profundidad del agua en la coronación del obstáculo (ALC), la velocidad del flujo (v) y el diámetro del conducto interior para el paso de agua (d ; Figura G.4). De modo general se consideran coberturas aquellos puentes en los que además de los estribos se ha modificado el lecho del cauce (Figura G.3 A y G3 B) y los vados agujereados en los cuales el agua, en condiciones medias de caudal, no circula por encima del mismo (Figura G.3C y G.3D). La altura (h) se mide desde el punto más bajo del tubo u orificio de salida del agua hasta la superficie de la lámina de agua. En aquellas coberturas en las que no existe salto de agua antes del obstáculo, la altura (h) no se valora (Figura G.3; A, B y C). La anchura de la lámina de coronación (AC) es la longitud del tubo o paso por dentro del vado agujereado o la longitud del lecho

modificado en el puente. En los vados agujereados la altura de la lámina de coronación (ALC) es la profundidad del agua en el interior del conducto. En el caso de los puentes no es necesario caracterizar el diámetro del conducto (d). Cuando una cobertura tipo vado agujereado cuenta con más de un paso se caracteriza únicamente el conducto por el que circule el mayor caudal (Figura G.3 C).



Figura G.1. Ejemplos de presa (A) y azud (B).

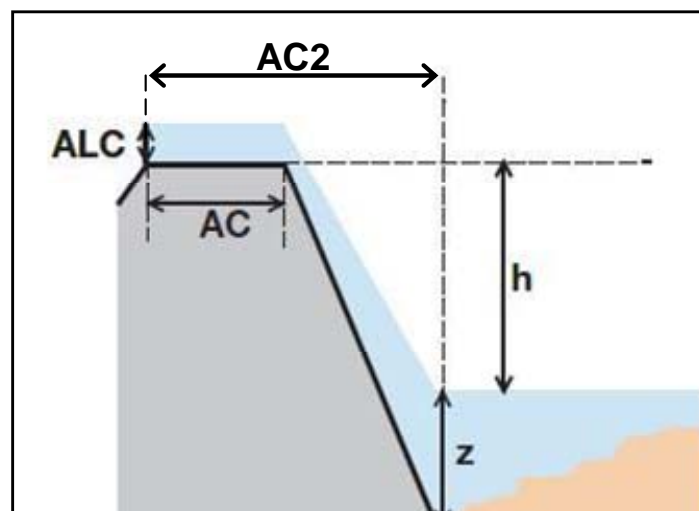


Figura G.2. Elementos analizados en la caracterización de los azudes y presas (adaptado de ACA, 2006).



Figura G.3. Ejemplos de coberturas. Cobertura tipo puente con el lecho del cauce original modificado (A y B). Cobertura tipo vado agujereado con varias aberturas (C) y con una abertura y salto inicial antes del obstáculo (D).

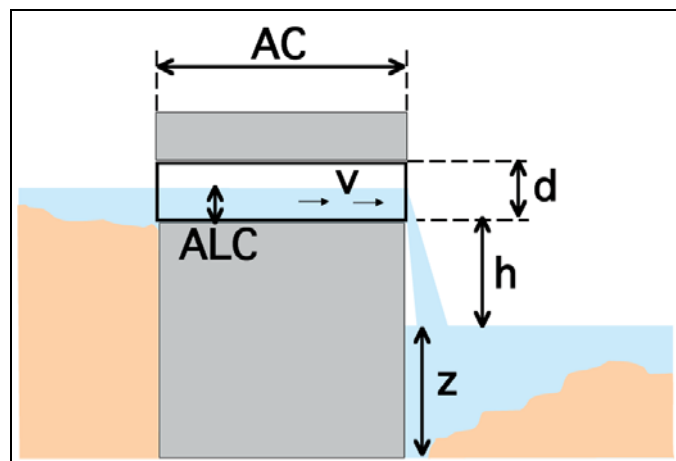


Figura G.4. Elementos analizados en la caracterización de las coberturas (adaptado de ACA, 2006).

- 3- **Traviesas, estaciones de aforo y vados** (Figura G.5): En el caso de estas barreras se caracteriza la anchura de coronación (AC), la altura de la lamina de agua (ALC) y la velocidad del flujo cuando circula por encima del obstáculo (v ; Figura G.6). En aquellos casos en los que estas estructuras generen un salto de agua aguas abajo del

mismo (Figura G.5 D), la estructura se caracteriza del mismo modo que un azud (Figura G.2).

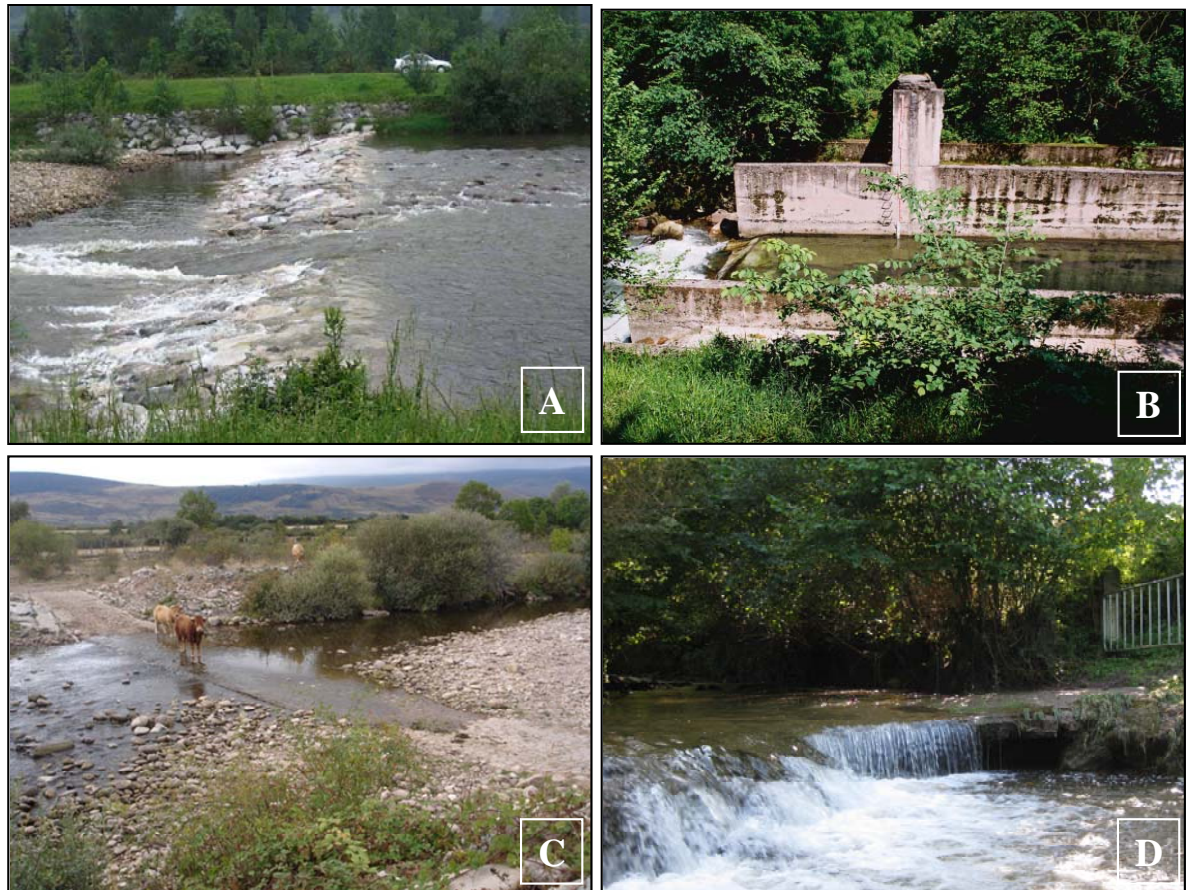


Figura G.5. Ejemplos de traviesa (A), estación de aforo (B) y vado (C y D). El vado en D genera un salto aguas abajo del obstáculo.

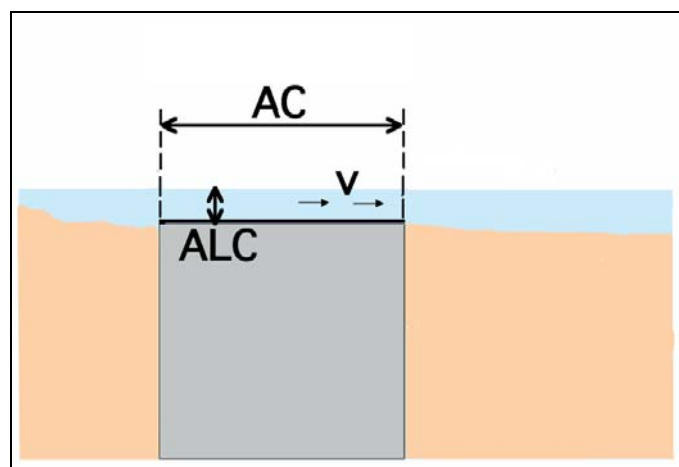


Figura G.6. Elementos analizados en la caracterización de las traviesas, estaciones de aforo y vados.

Previamente al análisis de la franqueabilidad del obstáculo hay que identificar las comunidades ictiológicas presentes en la unidad de valoración objeto de estudio o las que le corresponderían en condiciones naturales, es decir, la comunidad potencial (Tabla G.1). Este trabajo se realizó en gabinete partiendo de los datos correspondientes a los muestreos realizados en diferentes campañas por diversos organismos (IH Cantabria, Confederación Hidrográfica del Norte y Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad). Una vez caracterizado el obstáculo y conociendo las especies de peces que habitan o potencialmente podrían habitar en la unidad de valoración en el que se localiza (Tabla G.1), se valora la franqueabilidad del obstáculo según los baremos que se presentan en la Tabla G.3.

Grupo 1. Especies anadromas con elevada capacidad de salto	
<i>Salmo salar</i>	
Grupo 2: Especies anadromas con baja capacidad para superar obstáculos	
<i>Alosa alosa</i>	<i>Petromyzon marinus</i>
Grupo 3: Especies catádromas de largo recorrido sin capacidad de salto pero con elevada capacidad para superar obstáculos	
<i>Anguilla anguilla</i>	
Grupo 4. Especies potadromas con elevada capacidad nadadora y de salto	
<i>Salmo trutta</i>	
Grupo 5: Especies potadromas de corto recorrido, con capacidad baja o moderada para superar obstáculos.	
Grupo 5a. Especies grandes, con capacidad moderada para superar obstáculos	Grupo 5b. Especies pequeñas, con muy poca capacidad para superar obstáculos
<i>Luciobarbus graellsii</i>	<i>Barbatula barbatula</i>
<i>Parachondrostoma miegii</i>	<i>Barbus haasi</i>
<i>Squalius pyrenaicus</i>	<i>Cobitis calderoni</i>
<i>Pseudochondrostoma duriense</i>	<i>Phoxinus phoxinus</i>
<i>Squalius carolitertii</i>	<i>Parachondrostoma arcasii</i>
	<i>Salaria fluviatilis</i>
	<i>Gobio lozanoi</i>

Tabla G.1. Grupos de peces.

Características del obstáculo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5a	Grupo 5b
Altura máxima de la barrera si es vertical -h- (cm)	100	20	30	75	40	20
Altura máxima de la barrera si no es vertical -h- (cm)	75	20	Cualquiera ¹	50	30	20
Profundidad mínima de la poza de pie -z- (cm)	1*h	1.4*h	Cualquiera ¹	1,25*h	1,4*h	1,4*h
Anchura de coronación si ALC <0,15m -AC- (cm)	50	50	Cualquiera ¹	50	50	50
Velocidad máxima del agua ² -v- (m/sg)	2,6	1,6	0,5	2,4	1,2	0,4

Características del obstáculo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5a	Grupo 5b
Diámetro del conducto ³ -d-(cm)	50	50	50	50	50	50

Tabla G.2. Umbrales de los atributos de los obstáculos para el paso de los diferentes grupos de peces. ¹Siempre y cuando circule agua de forma continua por el obstáculo. ²Excepto en azudes. ³Sólo en coberturas tipo vado agujereado.

Caracterización del obstáculo	Valoración
Si pasan todos los grupos de peces	Barrera Franqueable
Si algún grupo presente no pasa la barrera	Barrera infranqueable para alguno de los grupos de peces presentes
Si ningún grupo de peces pasa la barrera o bien no circula agua de forma continua por encima del obstáculo (o por dentro en caso de los vados agujereados)	Barrera infranqueable para todos los grupos de peces presentes

Tabla G.3. Valoración del obstáculo.

Valoración de los pasos para peces

El **segundo bloque** consiste en la valoración de los pasos para peces. En este apartado se analiza la presencia o ausencia de dispositivos artificiales que faciliten el paso de los diferentes grupos peces. En el caso de que existan dichos pasos, se identifica la tipología de los mismos y posteriormente se valora su eficacia.

Los principales tipos de pasos son:

- Canales laterales
- Rampas con deflectores
- Rampas para anguilas
- Artesas

A continuación se describe el método de evaluación de la eficacia de cada una de estas estructuras:

- 1- **Canal lateral:** Canal que intenta imitar el comportamiento de un río pequeño, de suave pendiente, que permite el paso de los peces en ambos sentidos (Figura G.7). En este caso solo se valora la existencia del paso.



Figura G.7. Esquema de un canal lateral teórico.

2- **Rampa con deflectores:** Consiste en un canal de pendiente relativamente fuerte y de sección rectangular con una serie de ralentizadores o placas en el fondo o en las paredes cuyo objetivo es reducir la velocidad de la caída de agua (Figura G.8).

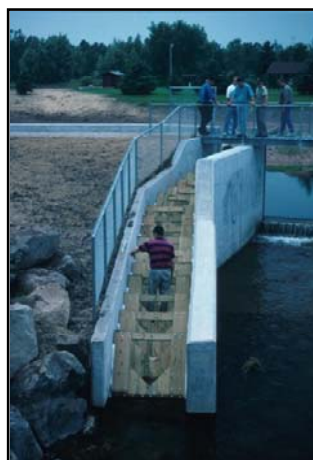
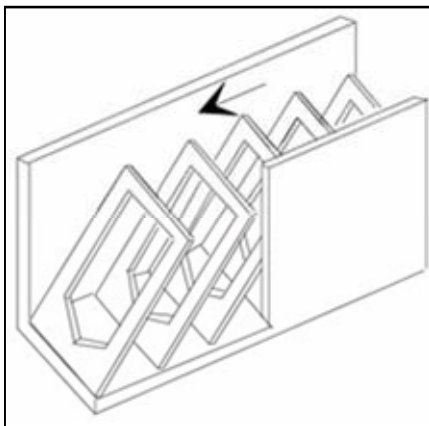


Figura G.8. Imágenes de rampas con deflectores (Fuente: Massachuset Department of Fish and Games; The Connecticut River Watershed Council, Inc; Canadian River Institute).

En este tipo de pasos se valora la anchura de la rampa (W), la profundidad (H), el ángulo de los deflectores (PD), la anchura de los deflectores (AD), la velocidad de la corriente (v) y la longitud (L) y la altura (A) de la rampa con las que se calcula la pendiente (p ; Figura G.9).

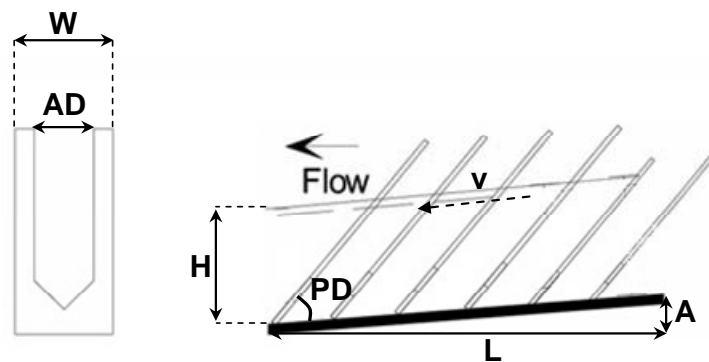


Figura G.9. Elementos analizados en la caracterización de las rampas con deflectores.

Finalmente, se evalúa la eficacia del paso en función de los umbrales establecidos para cada elemento analizado y para los diferentes grupos de especies (Tabla G.4).

Características del paso	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5a	Grupo 5b
Anchura mínima -W- (cm)	100	100	100	100	100	100
Pendiente máxima -p- (%)	16%	12%	20%	14%	10%	10%
Profundidad -H- (cm)	$110 > H > 40$	$80 > H > 30$	$80 > H > 10$	$88 > H > 21$	$76 > H > 28$	$76 > H > 28$
Angulo deflectores máximo-PD- (°)	45°	45°	45°	45°	45°	45°
Anchura mínima deflectores-AD- (cm)	58	58	58	58	58	58
Velocidad máxima del agua -v- (m/sg)	2,6	1,6	0,5	2,4	1,2	0,4

Tabla G.4. Umbrales de los atributos de rampas con deflectores para el paso de los diferentes grupos de peces.

3- **Rampas para anguilas:** Los pasos para anguilas (Grupo 3) son rampas con una pendiente suave y el fondo rugoso sobre el que las anguilas puedan reptar hasta superar el obstáculo (Figura G.10).

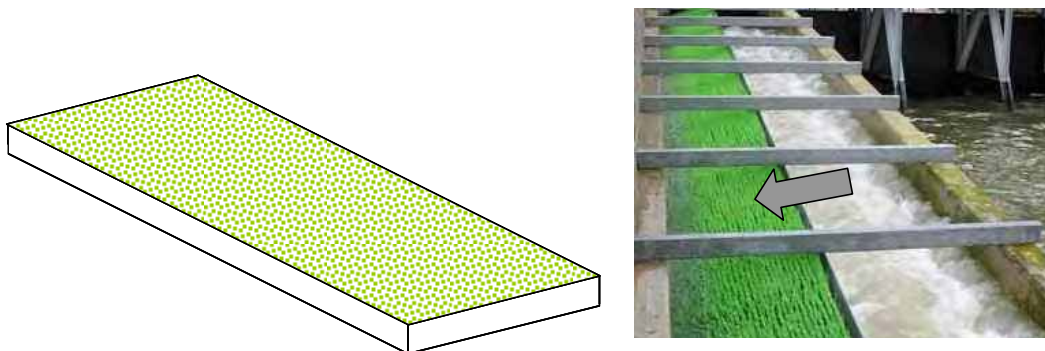


Figura G.10. Imágenes de rampas para anguilas (Fuente: Ordeix, 2006).

Estos pasos se caracterizan mediante la anchura (W), la longitud (L) y la altura (A) de la rampa con las que se calcula la pendiente de la misma, la profundidad (H) y velocidad del agua (v) y el tipo de fondo (F ; Figura G.11).

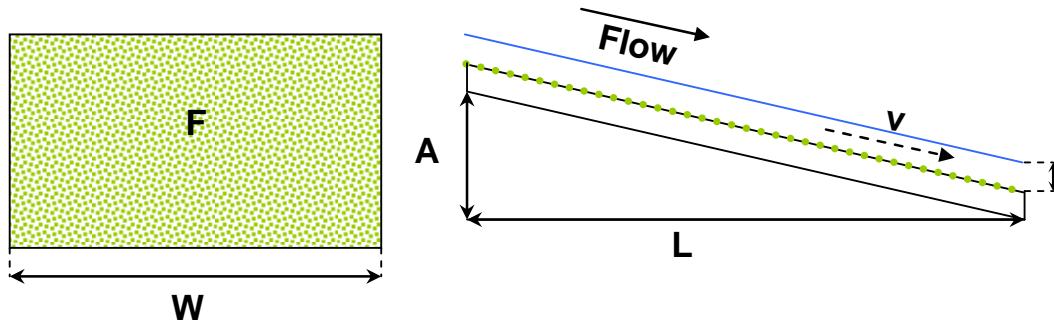


Figura G.11. Elementos analizados en la caracterización de las rampas para anguilas.

Por último, se valora la eficacia de la rampa para el paso de las anguilas en función de los siguientes umbrales (Tabla G.5):

Características del paso	Grupo 3
Anchura mínima - W - (cm)	20
Pendiente máxima - p - (%)	20%
Profundidad mínima - H - (cm)	10
Velocidad máxima del agua - v - (m/sg)	0,5

Tabla G.5. Umbrales de los atributos de rampas para el paso de anguilas.

- 4- **Artesas:** Consiste en una estructura basada en la división de la altura del obstáculo en pequeños saltos de agua que incitan al pez a saltar de un escalón a otro. Los estanques pueden estar separados por taludes con aperturas centrales, laterales o incluso orificios sumergidos para permitir el paso de los peces de fondo o reptantes, o los que no son buenos nadadores (Figura G.12).

En los pasos para peces tipo artesas se valora la anchura de las artesas (W), la altura (Z) y la anchura (O) de los orificios de fondo si existiesen, la profundidad de la poza de remonte (PR), el salto entre artesas (S), la profundidad del agua en las artesas (H) y la longitud de las artesas (LA ; Figura G.13).

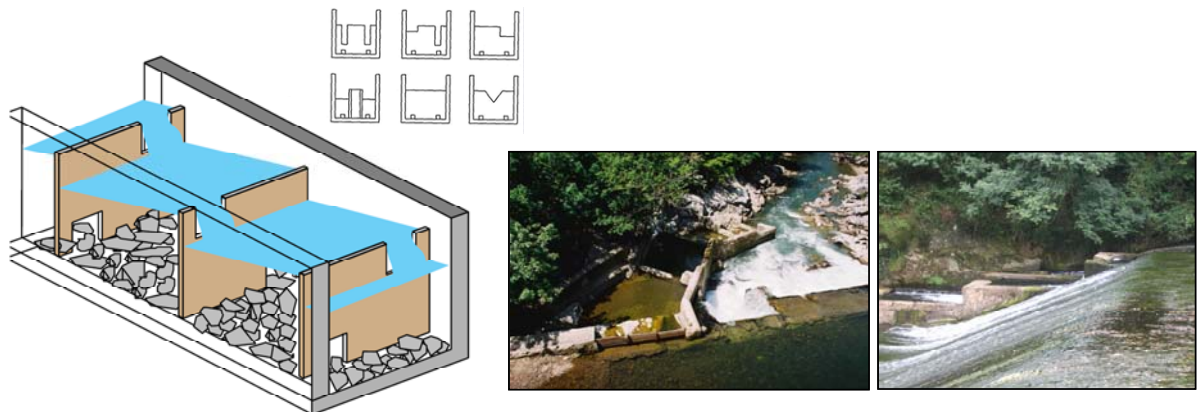


Figura G.12. Ejemplos de artesas para peces (Fuente: FAO, 2002).

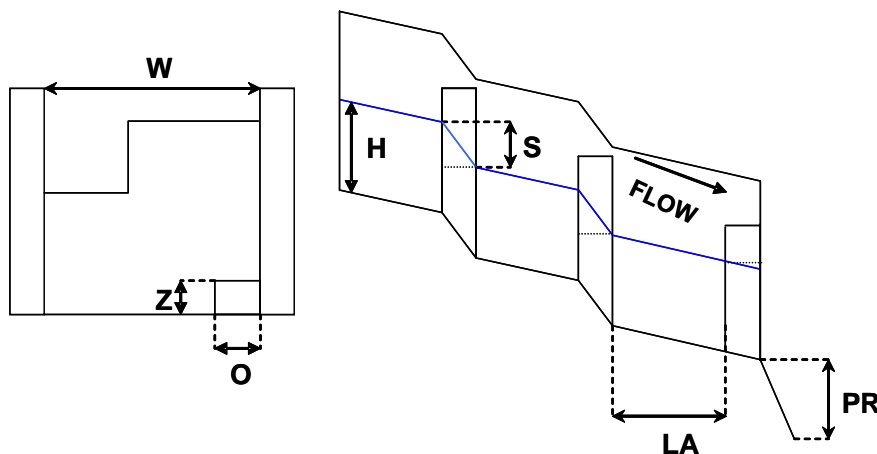


Figura G.13. Elementos analizados en la caracterización de los pasos tipo artesas.

Finalmente, se valora la eficacia del paso tipo artesa en función de los umbrales de cada elemento analizado para los diferentes grupos de especies (Tabla G.6).

Así mismo, con objeto de evaluar totalmente la eficacia de los pasos para peces se analizan otros cuatro condicionantes finales comunes a todos los tipos de pasos: i) la obstrucción de la entrada, ii) la circulación de agua por el paso de manera constante, iii) el estado de conservación de la infraestructura y iv) la obstrucción de la salida.

La combinación de estos cuatro condicionantes con los umbrales propuestos para los diferentes grupos de peces en cada tipo de paso se lleva a cabo a través de una tabla de doble entrada (Tabla G.7) mediante la que se define la eficacia final del paso, diferenciando entre cuatro valoraciones: Sin paso, con paso ineficiente, con paso eficiente para algunas especies y, finalmente, con paso eficiente.

Características del paso	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5a	Grupo 5b
Anchura de las artesas -W- (cm)	300	200	200	250	200	N.F.
Alto y ancho de los orificios de fondo -Z/O- (cm)	indiferente	40	40	Indiferente	40	40
Profundidad mínima de la poza de remonte -PR- (cm)	150	70	70	100	70	N.F.
Salto máximo entre artesas -S- (cm)	45	20	20	30	20	N.F.
Profundidad mínima de artesas -H- (cm)	120	120	120	120	120	N.F.
Longitud mínima de artesas -LA- (cm)	300	200	200	250	200	N.F.
Otras características		Lamprea y anguila: Con sustrato de fondo				

Tabla G.6. Umbrales de los atributos de las artesas para el paso de los diferentes grupos de peces. N.F.=No franqueable. * Las especies del grupo 5b sólo serán capaces de utilizar pasos de artesas si existen orificios de fondo.

Caracterización del obstáculo		Cumplimiento de los requisitos finales	
		Todos se cumplen	Alguno no se cumple
Cumplimiento de todos los requisitos de las Tablas G4, G5, G6*	Se cumplen para todos los grupos presentes	Paso eficiente	Paso poco eficiente
	Se cumplen para algunos de los grupos presentes	Paso eficiente para algunas especies presentes	Paso poco eficiente
	No se cumple para ninguno de los grupos presentes	Paso poco eficiente	Paso poco eficiente

Tabla G.7. Valoración final del obstáculo. * Se valorará sólo el paso para peces que exista.

Aplicación de moduladores finales

El **tercer bloque** consiste en la identificación de ciertas condiciones que penalizan el estado de la conectividad del sistema. Dichas condiciones son los moduladores finales, y su penalización se ejecuta en el caso de que aparezca uno o más de los siguientes escenarios:

- Ausencia de mecanismos que eviten el paso de los peces hacia el canal de derivación (en caso de que exista).
- Ausencia de una corriente de atracción a la entrada del paso para peces.
- Ausencia de mecanismos que eviten el peligro de depredación en el paso de peces.

- Localización inadecuada de la salida del paso de peces que provoque caídas por la barrera a superar.

2.2 Integración de los indicadores

Una vez valorado cada obstáculo y paso para peces, el ICFC de la unidad de valoración en el que se encuentra ese obstáculo se obtiene mediante la integración de ambas valoraciones tal como se muestra en la Tabla G.8.

Finalmente, al valor de ICFC obtenido se le aplican los condicionantes expuestos en los moduladores finales, de modo que si se cumple una, o varias, de las condiciones expuestas en el tercer bloque, la valoración de la conectividad del sistema se verá penalizada en un grado (Tabla G.9).

En el caso de que exista más de un obstáculo en una unidad de valoración, el ICFC de la misma sería igual a la peor de las valoraciones.

		Valoración del paso			
		Eficiente	Eficiente para algunas especies	Ineficiente	Sin Paso
Valoración del obstáculo	Sin Obstáculo				Favorable
	Franqueable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
	Infranqueable para algunos grupos de especies	Favorable	Insuficiente	Desfavorable	Desfavorable
	Infranqueable para todos los grupos de especies	Insuficiente	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable

Tabla G.8. Metodología para integración de los indicadores para la valoración del obstáculo.

ICFC sin moduladores	ICFC tras aplicar los moduladores finales
Favorable	Insuficiente
Insuficiente	Desfavorable
Desfavorable	Desfavorable

Tabla G.9. Valoración de la conectividad fluvial del obstáculo cuando se cumple uno o varios de los moduladores finales.

3 Referencias de Interés

Agencia Catalana del Agua, 2006a. Avaluació de la connectivitat per als peixos als rius de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.

Agencia Catalana del Agua, 2006b. Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos (protocolo HIDRI).

FAO/DVWK, 2002. Fish passes: Design, dimensions and monitoring, FAO, Rome.

Larinier, M., Travade, F. and Porcher, J.P., 2002. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture. 364 Suppl, 208 pp.

