

OBRAS DE CORRECCIÓN FLUVIAL ARROYO ÑIRECO – SAN CARLOS DE BARILOCHE

Jorge Pedro Heck; Marcelo Reverter⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento Provincial de Aguas, Provincia de Río Negro
Los Alerces 769 – R8324CFE Cipolletti - Río Negro – TE (0299) 478 - 3321
San Martín 249 -8500 Viedma – Río Negro – TE (02920) 421781
E-mail: jorgeheck@speedy.com.ar; mreverter@dpa.rionegro.gov.ar

RESUMEN

En el año 2005 el Departamento Provincial de Aguas de la Provincia de Río Negro (DPA) elaboró el proyecto denominado “Estabilización de Cauce y Recuperación de Riberas - Arroyo Ñireco” en la ciudad de San Carlos de Bariloche. Este proyecto contempla la ejecución de diversas obras de corrección fluvial, entre ellas las que se denominaron “retardadores de flujo”, cuyo objetivo consiste en reducir la velocidad media de escurrimiento por debajo de un valor del orden de 2 m/s.

Una vez adjudicada la obra el DPA presentó la inquietud en relación a la estabilidad de algunos de éstos “retardadores de flujo” frente al desarrollo de erosiones en el lecho del cauce en períodos de crecida. Ante esta inquietud, se analizó el tema, se revisaron la totalidad de las obras cuestionadas y se diseñaron protecciones adicionales a las ya previstas en aquellas que así lo requerían.

El punto particular del análisis realizado, consiste en el empleo de cálculos de erosión a partir del desarrollo de erosión general, aplicado a procesos de erosión localizada, originados por la existencia de un cauce que cuenta únicamente con “cauce principal”, dado que las planicies de inundación están completamente invadidas por el avance urbano.

ABSTRACT

In the year 2005 the Departamento Provincial de Aguas of Río Negro state (DPA) makes the project called “Estabilización de Cauce y Recuperación de Riberas - Arroyo Ñireco” (“Stabilization of Bed and Recovery of Riversides – Ñireco Stream”) in San Carlos de Bariloche. This project contemplates the execution of diverse fluvial correction works, among them those that were denominated “retardadores de flujo”, whose objective consists in reducing the average velocity below a value of the order of 2,00 m/s.

Before the beginning of the construction, the DPA presented the restlessness in relation to the stability of some of these “retardadores de flujo” in front of the development of erosions in the channel’s bed in high waters periods. In the face of this restlessness, the topic was analyzed, the entirety of the questioned works were revised and additional protection was already designed to those foreseen in those that required it.

The peculiar point of the analysis carried out, consists on the employment of erosion calculations starting from the development of general erosion, applied to processes of located erosion, originated by the existence of a bed that only counts with “main bed”, since the flood plains are totally invaded by the urban advance.

INTRODUCCIÓN

En el año 2004 el Departamento Provincial de Aguas de la provincia de Río Negro (DPA) contrató la elaboración de un proyecto de “Estabilización de Cauce y Recuperación de Riberas-Arroyo Ñireco”, y recientemente licitó y adjudicó la obra proyectada por medio de la Licitación Pública N° 9/06. Este proyecto fue presentado por los autores del presente en el Segundo Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos realizado en Neuquén, en noviembre de 2005.

El arroyo Ñireco se ubica en el sudoeste de la provincia de Río Negro. Nace en el cerro Confluencia ubicado sobre la Sierra de la Ventana a una altitud de 2.140 m.s.n.m., recibe como afluente al arroyo Chaluaco, para luego atravesar la ciudad de San Carlos de Bariloche y desembocar en el lago Nahuel Huapi a 800 m.s.n.m., completando un recorrido del orden de 40 Km.

El proyecto citado contempla la construcción de distintas obras, entre otras, lo que se ha dado en llamar “retardadores de flujo”, que consiste en la colocación de gaviones de 1,00 x 1,00 metros de sección y de un largo tal que el escurrimiento se concentra para caudales bajos y lo sobrepasa, en algunos casos, para el caudal de diseño. La Figura 1 muestra una sección transversal de esta obra. La Figura 2 la planimetría de un sector en que se plantea esta obra, mientras que las Fotos N° 1 y 2 presentan el sector del arroyo correspondiente a la Figura 2.

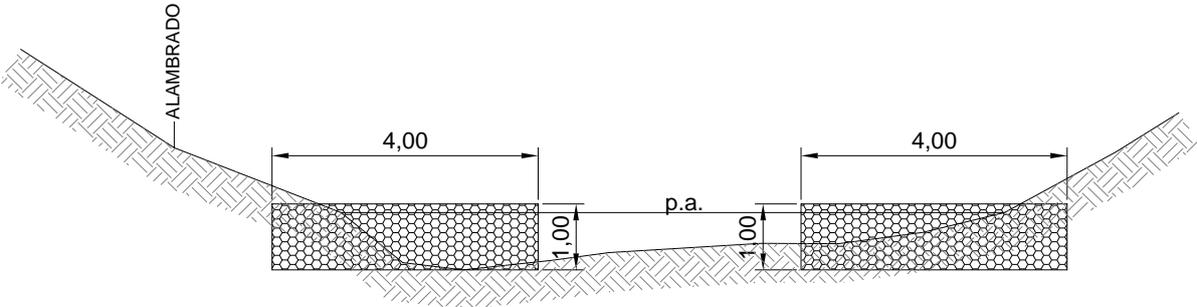


Figura 1.- Esquema general de la obra.

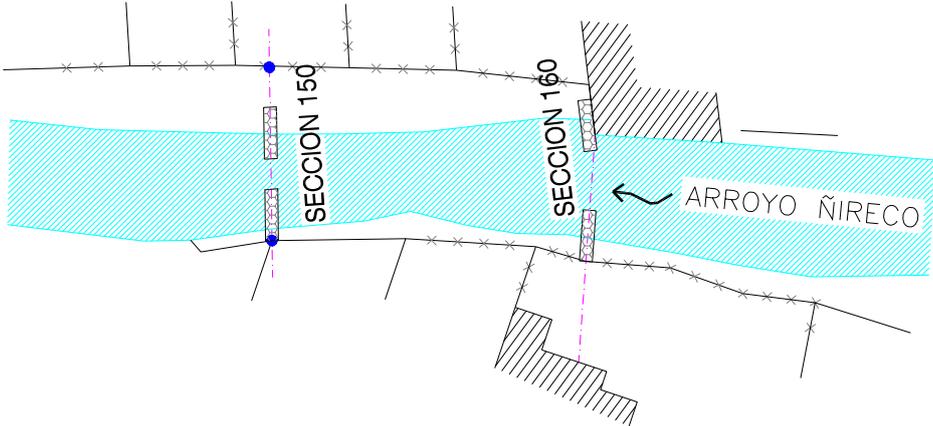


Figura 2.- Vista en planta de la localización de dos “retardadores de flujo”.



Fotos N° 1 y 2.- Vista del arroyo en el sector correspondiente a lo mostrado en la Figura 2.

Los “retardadores de flujo” son “estrechamientos” o “estrangulaciones” del cauce que tienen por objetivo concentrar, en períodos de caudales bajos, el escurrimiento sobre el centro del cauce, mientras que en épocas de caudales altos generan una curva de remanso de sobreelevación hacia aguas arriba, que reduce la velocidad media de escurrimiento, a costa de un aumento local de la velocidad.

Estos “retardadores de flujo” fueron concebidos para lograr una disminución en la velocidad de escurrimiento, bajo la premisa de que ésta sea inferior a 2,00 m/s., valor que, se supone, mejoraría notablemente la situación actual. La velocidad con que el escurrimiento se verifica actualmente, genera procesos erosivos tales como los que muestran las Fotos N° 3 y 4.



Fotos N° 3 y 4.- Vista del arroyo en sectores con procesos erosivos intensos.

Ante el inminente inicio de la obra, el DPA solicitó un análisis de funcionamiento de los mismos, ante la posibilidad de que se produzcan erosiones localizadas que desestabilicen la obra y generen inconvenientes mayores a los que se trata de remediar.

GENERALIDADES

Dado que el arroyo es, en general, angosto, estas obras se transforman en verdaderos obstáculos que al concentrar las líneas de corriente y generar aumentos locales de velocidad, podrían registrar procesos de erosión en inmediaciones de las mismas.

El abordaje de este tipo de problema carece de simplicidad. Analizando el fenómeno, se podría afirmar que se lo debería estudiar como una “erosión por contracción”, dado que lo que hace la obra proyectada es, justamente, contraer el escurrimiento. El fenómeno de erosión por contracción ha sido desarrollado, principalmente, para el caso de construcción de puentes con terraplenes de acceso a los mismos que invaden la planicie de inundación y en los que la erosión por este fenómeno se registra, principalmente, en los extremos de la sección contraída, por ser los puntos en los que se concentran los filetes líquidos de alta velocidad. La aplicación del desarrollo de erosión por contracción resulta sumamente complejo en este caso, dado que la contracción se

produce sobre el cauce principal del arroyo y no en la planicie de inundación (ver Fotos N° 1 y 2, que muestran el tipo de sección del arroyo). Por otro lado, el reducido ancho del cauce frente a la profundidad máxima de escurrimiento, dificulta también la aplicación de los desarrollos de erosión por contracción en pilas de puentes.

La otra opción de análisis del fenómeno podría apoyarse en la aplicación de las expresiones para el cálculo de erosión generalizada, lo cual tampoco sería una representación fiel de los hechos, pero a los fines de obtener resultados con un cierto grado de aproximación, se procedió a estudiar el caso mediante este análisis.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO

EROSIONES

Para evaluar la socavación general se dispone del método propuesto por Lischvan - Lebediev, que se basa en la obtención de la condición de equilibrio entre la velocidad media del flujo y la velocidad media máxima necesaria para no erosionar el material de fondo.

La aplicación del método mencionado, está asociado a la aceptación de una hipótesis que tiende a simplificar el análisis. Considerando un caudal de diseño Q_d , la velocidad media del escurrimiento disminuye a medida que se profundiza el fondo y aumenta el área hidráulica. El área aumenta por incremento de la profundidad del cauce, pero no por erosiones laterales o ampliaciones del ancho, el cual se considera constante durante el paso de la crecida, es decir, durante todo el proceso erosivo del fondo. En este caso, el ancho de la sección se mantiene constante durante el paso de la crecida.

Conocido el material de fondo en la sección en estudio y el caudal de diseño, la profundidad de socavación se obtiene a partir de la expresión (UNAM 1990):

$$d_s = \left[\frac{(\alpha \times d_0^{5/3})}{(4.7 \times \beta \times D_{84}^{0.28})} \right] \left[\frac{(D_{84}^{0.092})}{(0.223 + D_{84}^{0.092})} \right]$$

Donde:

- d_s Profundidad hasta el fondo ya socavado, expresada en metros.
- d_0 Profundidad inicial, en una línea vertical dada, entre el nivel de la superficie libre del agua para el caudal de diseño y el nivel del fondo inicial, expresada en metros.
- D_{84} Diámetro de la muestra de sedimento en que el 84% en peso es menor que ese tamaño, expresada en metros.
- β Coeficiente que toma en cuenta el período de retorno T, del caudal de diseño en años.

La expresión indicada debe aplicarse para varias líneas verticales de la sección transversal. La profundidad en cada una de ellas es función de la profundidad inicial d_0 . Al unir las profundidades d_s , se obtiene el perfil de la sección teórica erosionada.

En el caso que genera el presente trabajo, no se han tomado muestras de suelo para realizar un análisis granulométrico y a partir del mismo, determinar el D_{84} que se emplea en la expresión. Ante esta situación, se planteó la posibilidad de efectuar los cálculos para una gama de D_{84} que cubra los posibles valores que se podrían encontrar en el material de lecho del arroyo Ñireco, y a partir de los resultados, obtener conclusiones referentes al fenómeno.

Son 26 (veintiséis) las secciones sobre las que se realizó la verificación en cuestión, sobre 87 (ochenta y siete) que conforman el tramo del proyecto que tiene una longitud del orden de 3.500 metros. Las secciones se numeraron desde la desembocadura hacia aguas arriba, correspondiéndole el número 10 a la desembocadura y aumentando de 10 en 10. Las secciones que se denominan con un número que no es múltiplo de 10, corresponden a secciones interpoladas o secciones de obras de arte relevadas especialmente.

La aplicación de la metodología de Lischvan - Lebediev demanda el conocimiento de algunos parámetros sobre “fajas” verticales de cada una de las secciones transversales, tales como velocidad de escurrimiento, área, caudal, etc., valores que se obtienen a partir del modelo hidráulico desarrollado. Cabe aclarar que para el desarrollo del modelo mencionado se aplicó el Programa de Computadora para Perfiles Hidráulicos HEC RAS Versión 3.1.3, desarrollado por el

Hidrologic Engineering Center, dependiente del U.S. Army Corp of Engineers, que dispone de la opción “Flow Distribution” que permite obtener los parámetros mencionados anteriormente.

Los resultados de velocidad en cada “faja vertical” son proporcionados, por el programa mencionado, en forma numérica y se presentan también en forma gráfica. Un ejemplo de esta última se muestra en las Figuras 3 y 4.

En ambas se puede apreciar velocidades superiores a 2,00 m/s., aunque en las secciones ubicadas aguas arriba de estas se verifican velocidades medias máximas del orden de 2,00 m/s.

Además de las veintiséis secciones, se decidió aplicar la metodología sobre los perfiles ubicados inmediatamente aguas abajo de cada uno de los “retardadores de flujo”, a fin de obtener resultados complementarios que colaboren en la definición de la necesidad de obra adicional. Estos perfiles fueron, inicialmente, secciones interpoladas que se modificaron de acuerdo a la obra proyectada.

Cabe aclarar que los gaviones que forman los denominados “retardadores de flujo” se incorporan en cada sección transversal con carácter de “obstrucciones” (opción “Obstructions” de HEC RAS), por lo que los mismos no sufren ningún tipo de modificación durante el paso del caudal de diseño. Esto último también pasa a ser otra de las hipótesis simplificativas de la metodología de cálculo.

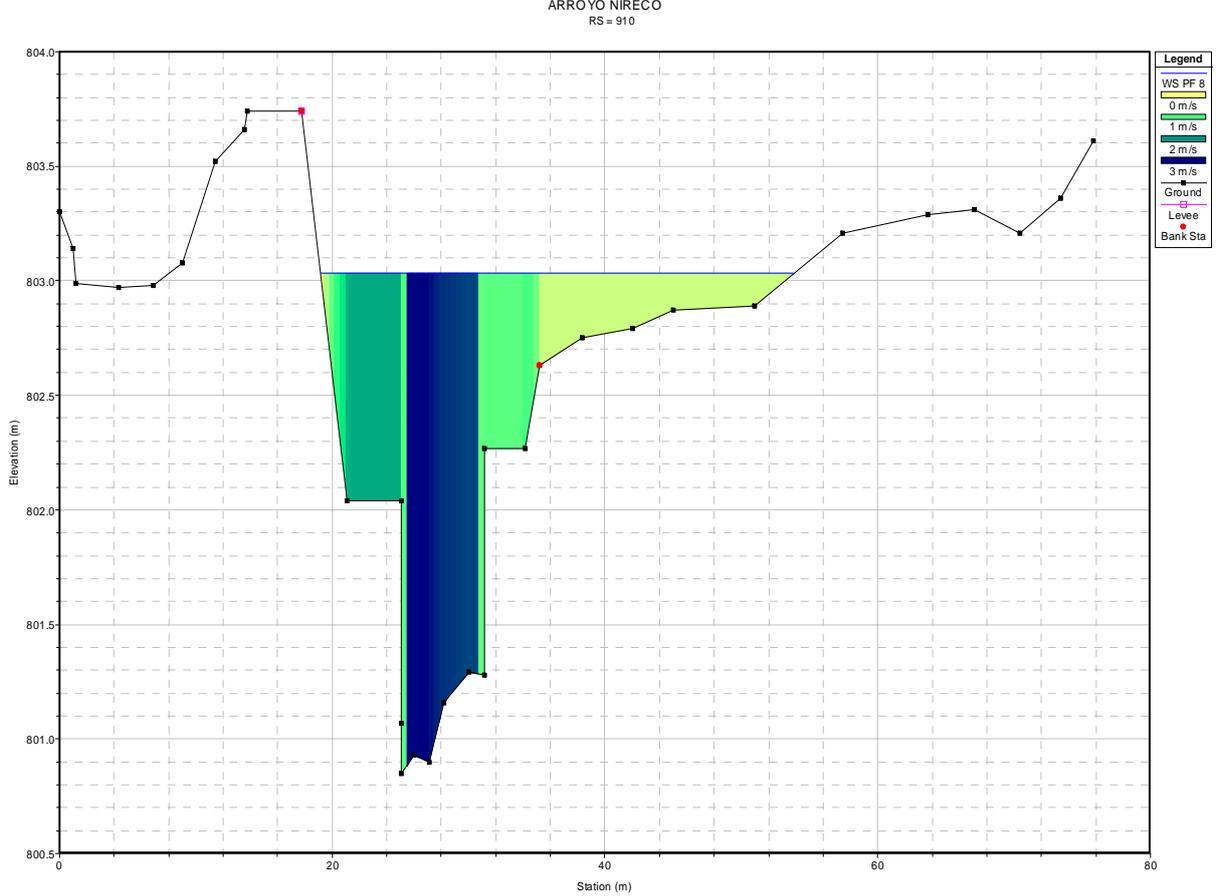


Figura 3.- Distribución de velocidades en la sección “910”.

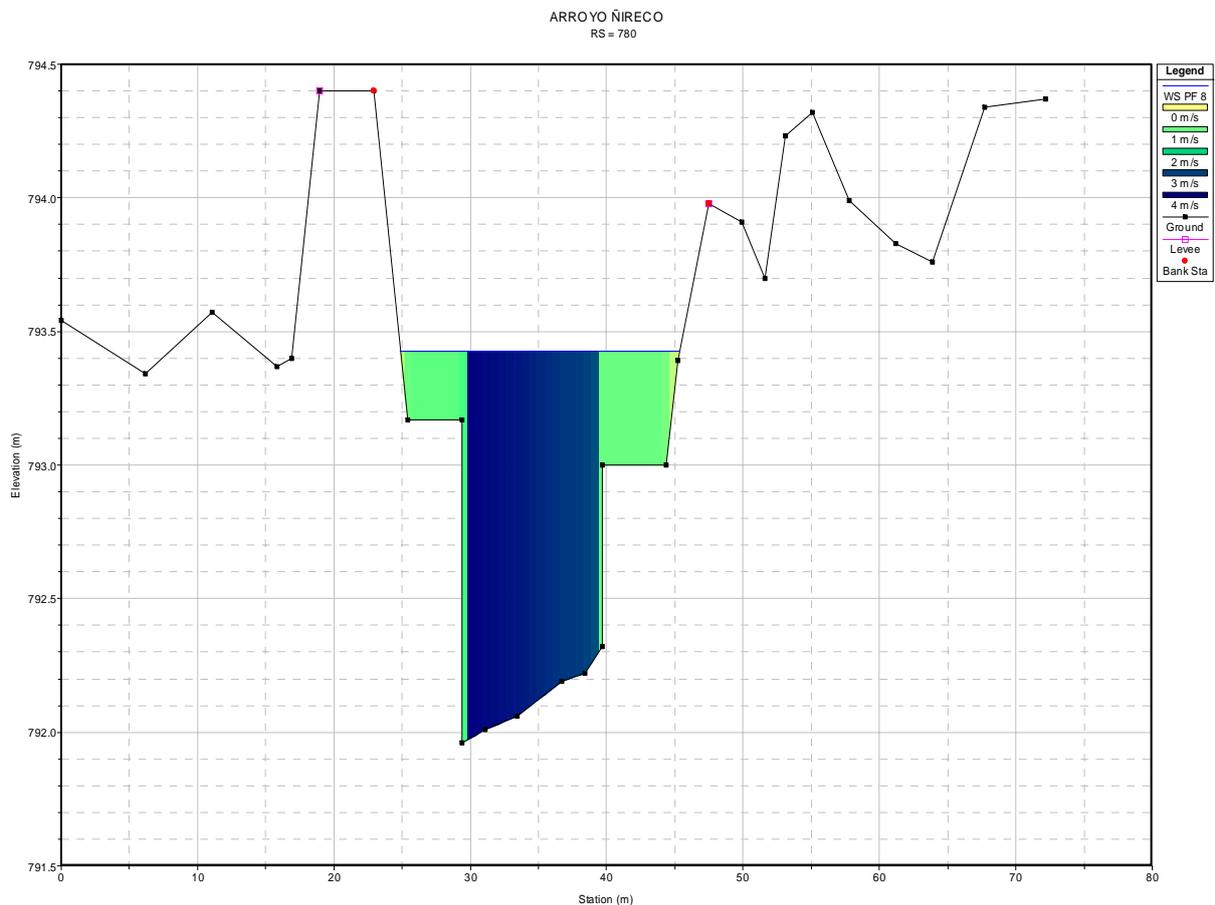


Figura 4.- Distribución de velocidades en la sección “780”.

PROTECCIONES

Para el cálculo de los espesores de colchonetas a emplear se utilizó la Fórmula Generalizada de Pilarczyk.

La Fórmula Generalizada de Pilarczyk, tiene un desarrollo con incorporación de variables que permiten definir con detalle el fenómeno que se produce en el arroyo y obtener así resultados relacionados a la sollicitación. Permite obtener el espesor de la protección, denominado D_n .

Esta fórmula responde a la siguiente expresión (C.S. Loschacoff, J.D. Brea, P. Ormazábal 2004 y C.S. Loschacoff, J.D. Brea, P. Ormazábal 2003):

$$D_n = 0.035 \times \phi_c \times K_T \times K_n \times U^2 / (\Delta_m \times K_s \times \theta_c \times 2g)$$

Donde:

- D_n : Espesor de la Colchoneta Gavionada.
- ϕ_c : Factor de Estabilidad. Adopta distintos valores según el tipo de protección y la ubicación de la misma dentro del cauce del río/arroyo.
- K_T : Factor de Turbulencia. Similar al anterior.
- K_n : Factor de Corrección por Perfil de Velocidades. De acuerdo a la forma de desarrollo del perfil de velocidad de escurrimiento, se adoptan distintos valores para el cálculo.
- U : Velocidad media de escurrimiento en la vertical que se calcula.
- Δ_m : Densidad relativa de la protección.
- K_s : Factor de corrección por inclinación del talud.
- θ_c : Esfuerzo Cortante Crítico para el material de la protección.
- g : Aceleración de la Gravedad.

Se aplicó esta expresión, para obtener los espesores de las colchonetas D_n en cada uno de los “retardadores de flujo” analizados.

RESULTADOS

EROSIONES

Los cálculos se realizaron sobre las secciones previstas suponiendo valores del D_{84} de 0,001 ; 0,01 ; 0,05 ; 0,10 ; 0,20 y 0,40 metros.

Cabe aclarar que se descarta la presencia en el tramo del arroyo Ñireco bajo estudio de valores de D_{84} inferiores a 0,10 metros, pero se indican en la tabla los cálculos realizados para los mismos a fin de contar con una amplia gama de resultados que facilite la interpretación del fenómeno. Los resultados a analizar están relacionados a D_{84} superiores a 0,10 metros, y se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Erosión general máxima esperable, en función del D_{84}

SECCION	MÁXIMA EROSIÓN PARA DISTINTOS D_{84} EXPRESADOS EN m					
	0.001	0.01	0.05	0.10	0.20	0.40
960	3.93	1.91	0.83	0.44	0.09	0.00
959	3.62	1.73	0.72	0.36	0.04	0.00
950	2.31	0.99	0.30	0.05	0.00	0.00
949	2.45	1.06	0.34	0.09	0.00	0.00
940	1.77	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00
939	1.76	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00
930	1.45	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00
929	1.56	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00
920	4.37	2.16	0.96	0.53	0.15	0.00
919	3.39	1.51	0.49	0.12	0.00	0.00
910	6.68	3.71	2.11	1.53	1.02	0.57
909	5.03	2.61	1.30	0.83	0.41	0.05
900	5.33	2.92	1.65	1.21	0.81	0.47
899	3.26	1.57	0.67	0.36	0.08	0.00
890	4.20	2.07	0.91	0.50	0.13	0.00
889	2.70	1.06	0.18	0.00	0.00	0.00
880	4.48	2.28	1.11	0.69	0.32	0.00
879	2.24	0.80	0.02	0.00	0.00	0.00
840	3.50	1.72	0.78	0.45	0.16	0.00
839	2.39	0.99	0.25	0.00	0.00	0.00
830	3.09	1.47	0.62	0.32	0.06	0.00
829	2.30	0.96	0.26	0.02	0.00	0.00
820	2.40	1.18	0.57	0.36	0.18	0.02
819	1.93	0.85	0.31	0.13	0.00	0.00
780	5.18	2.83	1.60	1.17	0.79	0.46
779	3.58	1.79	0.86	0.53	0.25	0.00
760	3.87	1.91	0.87	0.50	0.18	0.00
759	2.87	1.26	0.40	0.09	0.00	0.00
350	3.84	2.03	1.11	0.79	0.51	0.27
349	4.50	2.70	1.63	1.26	0.94	0.67
340	4.21	2.22	1.20	0.84	0.52	0.25
339	6.43	3.67	2.28	1.80	1.38	1.02
330	3.60	1.85	0.96	0.65	0.37	0.14
329	2.57	1.16	0.42	0.16	0.00	0.00
530	6.02	3.34	1.92	1.42	0.98	0.59
529	2.90	1.32	0.49	0.20	0.00	0.00
160	5.80	3.09	1.62	1.09	0.62	0.20
159	3.60	1.61	0.52	0.13	0.00	0.00
150	2.47	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00
149	1.50	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
140	8.09	4.61	2.71	2.02	1.41	0.87
139	3.50	1.56	0.50	0.12	0.00	0.00
120	5.28	2.78	1.42	0.94	0.51	0.12
119	3.83	1.80	0.69	0.29	0.00	0.00
110	4.70	2.43	1.21	0.78	0.39	0.06
109	3.78	1.82	0.76	0.38	0.05	0.00
100	4.41	2.27	1.14	0.74	0.38	0.07
99	2.74	1.19	0.37	0.08	0.00	0.00
80	1.57	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
79	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	3.09	1.31	0.35	0.00	0.00	0.00
69	1.52	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00

Dado que existe una disparidad significativa en los resultados, se realizó un análisis que permita aclarar el motivo que genera esa disparidad, y a partir de ello decidir la necesidad de obras adicionales o corrección de las previstas.

Se compararon las secciones transversales “estranguladas”, pudiéndose encontrar que en aquellos casos en los que, para el caudal de diseño, el nivel supera ampliamente la cota del gavión que se coloca a modo de “retardador de flujo”, el valor de erosión máxima corresponde a los menores valores que se indican en la tabla, mientras que ocurre lo contrario para los perfiles que mantienen el estrangulamiento para toda la gama de caudales. Al mismo tiempo, en este último caso se verifican las mayores velocidades puntuales de escurrimiento, resultado que aparece como sumamente razonable. Debe tenerse presente que los valores máximos de erosión podrían modificarse variando la dimensión del “estrangulamiento” del retardador de flujo, pero se debe considerar al mismo tiempo, que si se aumenta esta dimensión no se logra reducir la velocidad media del escurrimiento hacia aguas arriba.

Del análisis de los valores de erosión máxima para un material de lecho que cuenta con un D_{84} de 0,20 metros, surge que los perfiles sobre los que se presentan las mayores erosiones son los indicados bajo los números 910, 900, 780, 350 (349) , 340 (339), 530 y 140, en los cuales los valores son superiores a 0,65 metros, profundidad de erosión que se considera límite al momento de considerar la estabilidad del gavión empleado como “retardador de flujo”.

Analizando los valores correspondientes a un D_{84} de 0,10 metros, surge que los perfiles sobre los que se presentan las mayores erosiones, además de los indicados en el párrafo anterior, son los indicados bajo los números 160, 120, 110 y 100, siempre manteniendo el límite de erosión admisible por la estructura flexible del gavión, a un valor del orden de 0,65 metros.

En los 11 (ONCE) perfiles mencionados se debería prever la construcción de una obra que controle la erosión del lecho, y que evite la formación de fosas que desestabilicen las obras denominadas “retardadores de flujo”.

PROTECCIONES

Además de lo descrito en los puntos anteriores, se procedió a analizar otros parámetros que permitan contar con datos adicionales que faciliten la definición de la obra necesaria.

Se analizaron los valores de velocidad media máxima y el tirante correspondiente, tanto en los perfiles correspondientes a los “retardadores de flujo”, como en los que se ubican aguas arriba y abajo de los mismos, que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.- Parámetros de diseño de la protección

SECCION	V _{max}	H	OBS.	SECCION	V _{max}	H	OBS.
911	2.43	2.07		161	2.27	2.44	
910	3.10	2.13		160	3.15	2.33	
909	2.63	1.98	(2.66)*	159	2.33	2.41	(1.90)*
901	1.97	1.70		141	2.28	2.99	
900	2.84	1.50		140	5.11	2.42	
899	2.25	1.58	(2.54)*	139	3.04	2.33	(2.56)*
781	2.14	1.58		121	2.09	2.45	
780	3.56	1.45		120	3.80	2.16	
779	2.82	1.46	(2.79)*	119	2.35	2.26	(2.39)*
351	1.47	1.43		111	2.64	2.15	
350	3.39	1.06		110	3.53	1.98	
349	4.19	0.80	(2.46)*	109	2.91	2.02	(2.82)*
341	1.19	1.86		101	2,04	2,05	
340	3.85	1.31		100	3,66	1,77	
339	4.92	0.95	(2.30)*	99	2,69	1,74	(2.57)*
531	1.89	2.03					
530	3.73	1.67					
529	2.59	1.60	(2.52)*				

*: el valor expresado entre paréntesis corresponde a la velocidad máxima en perfil ubicado aguas abajo del correspondiente a la celda de la tabla.

Se puede decir, como regla general, que los valores de velocidad máxima en los perfiles ubicados aguas abajo de los “retardadores de flujo” son mayores a los que se registran en los perfiles ubicados aguas arriba. Se verificó lo que ocurre con la velocidad máxima en el siguiente perfil de aguas abajo, encontrándose valores del mismo orden.

A partir de la metodología de cálculo descrita se determinaron los espesores de la protección, en coincidencia con cada uno de los “retardadores de flujo”. Al ingresar parámetros con diferentes valores, es lógico que se obtengan resultados diferentes, los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 3.- Espesores de la protección de gaviones

PERFIL	ESPEJOR CALCULADO	ESPEJOR ADOPTADO
910	0.37	0.50
900	0.31	0.50
780	0.48	0.50
530	0.53	0.50
350	0.44	0.50
340	0.57	0.50
160	0.38	0.50
140	1.00	1.00
120	0.55	0.50
110	0.48	0.50
100	0.51	0.50

A fin de controlar el posible avance de erosiones localizadas que podrían afectar a la colchoneta, se ha previsto la colocación de gaviones de 1,00 x 1,00 metro de sección, en los extremos de aguas arriba y abajo de las colchonetas que protegen el lecho, en los casos en que el espesor es de 0,50 metros, no así en el caso que el espesor de la protección es de 1,00 metro. Las Figuras 5, 6 y 7 muestran detalles de la obra.

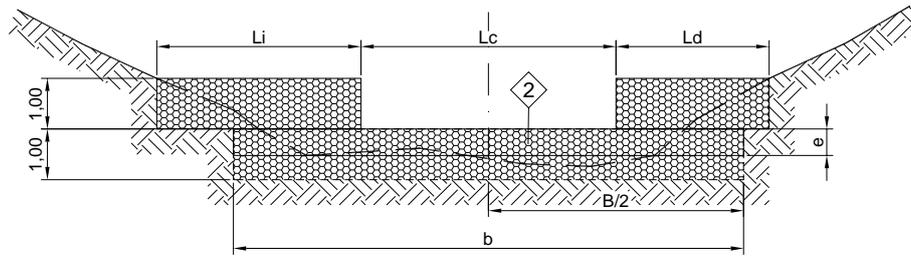


Figura 5.- Sección transversal de la obra.

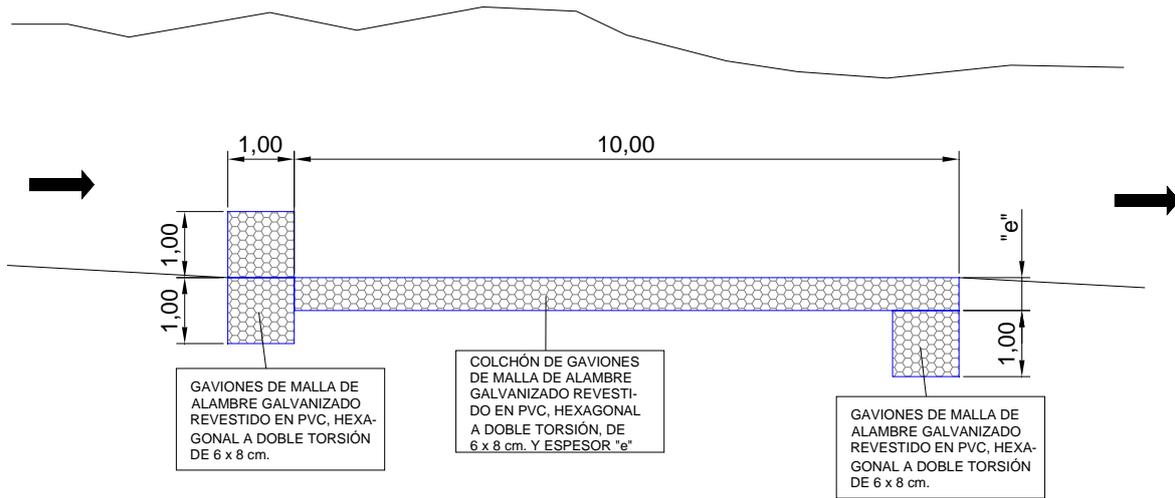


Figura 6.- Corte longitudinal de la obra propuesta.

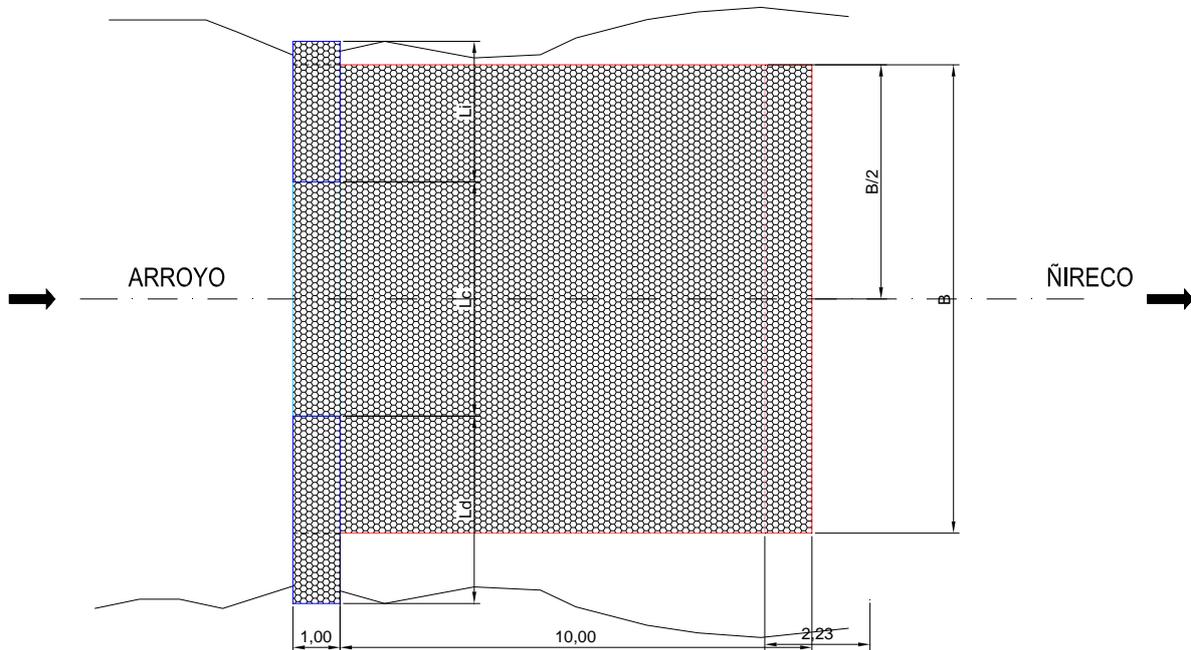


Figura 7.- Esquema en planta de la obra propuesta.

En cuanto a la longitud de la protección a lo largo del eje del arroyo, se analizó la distancia a la cual se verifica una reducción de velocidad máxima de escurrimiento en relación a la sección contraída, encontrándose como valor promedio, una distancia de 10,00 metros, que es la adoptada para esta protección.

La Tabla 4 muestra las dimensiones de la obra para cada uno de los “retardadores de flujo” en los que se verificó la necesidad de protección.

Tabla 4.- Dimensiones de la obra propuesta

SECCION	Li [m]	Lc [m]	Ld [m]	B [m]	e [m]
910	4,00	6,04	3,00	12,00	0,50
900	4,00	11,04	3,00	16,00	0,50
780	4,00	10,31	3,00	16,00	0,50
530	4,00	4,00	4,00	10,00	0,50
350	4,00	6,53	3,00	12,00	0,50
340	4,00	4,79	3,00	10,00	0,50
160	4,00	4,57	4,00	12,00	0,50
140	3,00	3,00	4,00	10,00	1,00
120	4,00	7,83	4,00	12,00	0,50
110	4,00	5,89	4,00	12,00	0,50
100	4,00	3,95	4,00	12,00	0,50

CONCLUSIONES

La obra se ha proyectado en base a datos obtenidos de campo y aplicando metodologías de amplia difusión. La posible aparición de fenómenos de erosión local aguas abajo de los “retardadores de flujo” no está asegurada, dado que en la “situación real” de su funcionamiento, podrían presentarse condiciones dejadas de lado por las hipótesis analizadas y las metodologías empleadas.

La magnitud de la reducción de los valores de velocidad de escurrimiento, satisficieron los requerimientos planteados.

Existen trabajos publicados en los que se muestra que para cauces de características similares a las que presenta el arroyo Ñireco, los valores de erosión calculados con la metodología empleada son conservadores y, por lo tanto, podría haberse previsto obra de protección en algunos lugares en que serían innecesarias. Igualmente se tomó esos valores como válidos, al carecer tanto de análisis granulométrico de las muestras de lecho como de mediciones en el cauce de la magnitud de la erosión general.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

C.S. Loschacoff, J.D. Brea, P. Ormazábal (2004): Estudio Comparativo sobre el Cálculo Hidráulico de Protecciones Fluviales, XXI Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Sao Pedro, Brasil.

C.S. Loschacoff, J.D. Brea, P. Ormazábal (2003): Algunas Consideraciones sobre el Cálculo de Protecciones en Márgenes de Ríos, Primer Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos, Argentina.

HEC RAS User's Manual (2002).

J. Heck, M. Reverter (2005): Estabilización de Márgenes y Recuperación de Riberas - Arroyo Ñireco - San Carlos de Bariloche, Segundo Simposio de Hidráulica de Ríos, Argentina.

Universidad Nacional Autónoma de México (1990): Manual Ingeniería de Ríos.

Ven Te Chow (1994): Hidráulica de Canales Abiertos, Mc Graw Hill.