

EVOLUCIÓN DE CAUCES EN RÍOS DE MONTAÑA. CASO DEL RÍO MENDOZA AGUAS ABAJO DE POTRERILLOS

Spalletti, Pablo D.; Ormazabal, Patricio; Brea, José Daniel

Instituto Nacional del Agua – Laboratorio de Hidráulica

CC 21, 1802 Aeropuerto Ezeiza. Tel. 011-44804500. E-mail: pspallet@ina.gov.ar

RESUMEN

En los ríos de montaña, caracterizados por presentar lechos con sedimentos heterogéneos, las técnicas para analizar los procesos de erosión generalizada deben tener en cuenta los aspectos particulares de sus cauces, mediante la aplicación de las ecuaciones de transporte a distintos tamaños de clase en que se divide la curva granulométrica representativa del material del lecho, debiéndose considerar, también, el efecto de protección-exposición debido a la presencia de partículas de distintos tamaños en el fondo del cauce.

En este trabajo se indican los aspectos que deben tener en cuenta las herramientas de cálculo para estimar los procesos morfológicos en ríos de montaña, presentándose asimismo un modelo desarrollado en el Laboratorio de Hidráulica del INA, apto para el estudio de la evolución de este tipo de cauces, poniéndose de manifiesto las dificultades para su implementación, ya que al igual que cualquier modelo matemático, previo a la realización de las corridas de producción, es necesaria una etapa de calibración, que en general se torna dificultosa, pues, para esta tarea, se requiere de datos históricos muy específicos de escasa disponibilidad, debiendo ajustarse y validarse la modelación en base a los datos disponibles, de forma tal de verificar el correcto funcionamiento hidráulico y morfológico del sistema simulado.

Como aplicación de la herramienta de cálculo desarrollada, se presenta su empleo para el estudio de un tramo del río Mendoza, donde se analiza la influencia de la presa Potrerillos en los procesos de evolución de cauce que se desarrollan aguas abajo de dicha obra para distintas condiciones de crecida, pudiéndose apreciar la información básica necesaria para la implementación del modelo, las técnicas de validación y los resultados obtenidos.

Palabras Claves: ríos, erosión, sedimentación, Potrerillos.

INTRODUCCIÓN

Los ríos de zonas montañosas o pedemontanas, se caracterizan por presentar lechos con pendientes fuertes y sedimentos heterogéneos. La gran variabilidad en las dimensiones de las partículas que componen el lecho, se debe por un lado, a que los aportes de material sólido pueden tener orígenes diversos y por ello características particulares, y por otro, a los procesos de erosión y depósito que ocurren en el cauce, asociados al transporte de sedimentos por la acción del flujo.

Para la estimación de la erosión generalizada, los cálculos clásicos consideran que el material puede ser esquematizado a partir de diámetros característicos, que es una hipótesis razonable en cauces con sedimentos relativamente homogéneos. En ríos con pendientes altas, las simplificaciones que llevan implícitas las formulaciones tradicionales, son una limitación importante para su aplicación.

Por ello, para estudiar la dinámica morfológica de este tipo de ríos deben tenerse en cuenta una serie de fenómenos que condicionan el transporte de la mezcla de sedimentos del lecho, tales como la mayor movilidad intrínseca de las partículas finas, que hace que los sedimentos del lecho sean más gruesos en relación a la composición del material transportado; el efecto de protección-exposición (Basile, P.; 2000), que incrementa la movilidad de las partículas más gruesas y disminuye la de las más finas en comparación con las de los correspondientes a material uniforme; y el efecto de acorazamiento dinámico del fondo que produce una protección vertical contra la erosión.

Con el fin de estudiar este tipo de problemas, se desarrolló un programa para estudiar la evolución de los procesos morfológicos, acoplado a un modelo hidrodinámico. El presente trabajo contiene la metodología utilizada en su elaboración, presentándose su aplicación a un caso particular.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El modelo matemático desarrollado bautizado como ANDES, permite estudiar la evolución morfológica de ríos de montaña. Los parámetros hidráulicos se resuelven mediante un módulo hidrodinámico, que se basa en las ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento, considerando válidas las hipótesis de St Venant, las que pueden escribirse en su forma diferencial, con $y(x,t)$ y $Q(x,t)$ como variables dependientes, como:

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{b} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad [1]$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \cdot A \cdot \frac{\partial y}{\partial x} + g \cdot A \cdot \frac{Q \cdot |Q|}{K^2} = 0 \quad [2]$$

con $b=b(y)$, $A=A(y)$

donde:

y : altura de la superficie libre

b : ancho superficial

Q : caudal

t : tiempo

x: distancia longitudinal horizontal
A: área de la sección
g: aceleración de la gravedad

$$K^2 = \frac{A^{5/3}}{n \cdot \chi^{2/3}} \quad [3]$$

n: número de Manning
 χ : perímetro mojado

Estas ecuaciones permiten resolver los escurrimientos impermanentes gradualmente variados, si las variables dependientes son funciones continuas y diferenciables. El sistema se resuelve por el método de diferencias finitas, utilizando el esquema de Preissmann.

En el caso de cauces de fuerte pendiente la resolución de las ecuaciones diferenciales se dificulta, pudiendo calcularse los parámetros hidráulicos mediante un modelo numérico simplificado que describe el fenómeno físico, considerando como hipótesis que:

- La celeridad de las ondas de crecida en ríos de montaña es mucho mayor que la de los cambios del lecho, lo que conduce a considerar un escurrimiento cuasi - permanente.
- En escurrimientos con números de Froude cercanos a la unidad, las pérdidas de energía local en un resalto hidráulico débil, son despreciables en relación a la pérdida por fricción del flujo en sí mismo, pudiéndose asumir que el régimen promedio está aceptablemente bien representado por un escurrimiento cuasi-uniforme.
- Se asume que la ecuación de movimiento para cada fracción de las curvas granulométricas de los sedimentos, está completamente gobernada por los parámetros medios locales.

Bajo estas hipótesis puede considerarse la ecuación de Strickler-Manning para vincular los parámetros hidráulicos del escurrimiento, cuya forma es:

$$I = \left(\frac{U}{\frac{24}{d_{90}^{1/6}} R^{2/3}} \right)^2 \quad [4]$$

donde:

I: pendiente del tramo del río

U: velocidad media del escurrimiento

d_{90} : diámetro que corresponde al 90 % de la curva granulométrica acumulada

R: radio hidráulico.

Para la continuidad de la fase sólida se ha implementado un modelo en dos estratos (Di Silvio, G. Et al.; 1991), presentándose en la Figura 1, el esquema de transporte considerado en el desarrollo del programa de cálculo.

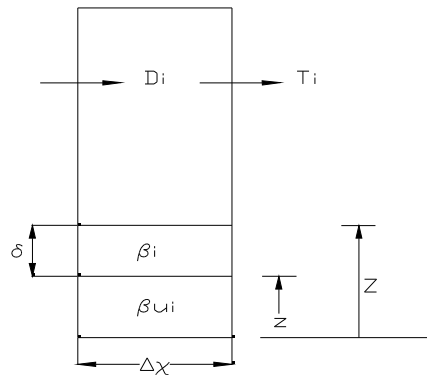


Figura 1.- Estratos de transporte

Si bien los sedimentos se mueven continuamente de una capa a la otra, su comportamiento en cada estrato es marcadamente diferente. La capa superior es la de transporte total, desarrollándose el transporte en suspensión y el de fondo, prevaleciendo el movimiento longitudinal, asociado a la velocidad del escurrimiento en la dirección de la corriente, sobre el vertical dado por las fluctuaciones turbulentas y la velocidad de caída de las partículas.

La capa inferior es el estrato activo o de mezcla, caracterizado por su espesor δ y la distribución granulométrica β_i , que es el porcentaje de cada fracción en que se divide la muestra total. Allí se considera que las partículas sólo presentan movimientos verticales, desde y hacia el estrato superior de transporte total. Como una hipótesis adicional, se considera que todas las partículas de un determinado tamaño, pueden moverse independientemente de su localización (Rivera, F., et al.; 2000).

De acuerdo a los autores a partir de cuyas investigaciones en el tema ha sido desarrollado el método de cálculo, el espesor de esta capa es calculada en función de la profundidad del flujo líquido mediante expresiones tales como $\delta=0,15.h$, o en función de las características granulométricas del material del lecho con relaciones tales como $\delta=2.d_{90}$ ó $\delta=d_{m\acute{a}x}$, sin discriminar el tipo de proceso que se presenta en el lecho, lo que en sí mismo implica una hipótesis simplificativa ya que este estrato presenta un comportamiento diferente ante procesos de erosión o sedimentación en el cauce.

Para cada fracción granulométrica se tiene una ecuación de continuidad del sedimento en el estrato superior, que cuantifica el balance entre el transporte total y la deposición neta, y una ecuación de balance vertical de sedimento en el estrato de mezcla.

La ecuación de continuidad del sedimento en el estrato superior, para la fracción granulométrica i -ésima de transporte se puede escribir como:

$$B \cdot D_i + \frac{\partial T_i}{\partial x} = 0 \quad [5]$$

en la que:

T_i : transporte volumétrico de la clase i -ésima [volumen / tiempo]

D_i : flujo neto vertical de la clase i -ésima

B : ancho del cauce

La ecuación de conservación de masa para sedimentos uniformes se puede escribir como:

$$(1 - p) \cdot B \cdot \frac{\partial Z}{\partial t} = - \frac{\partial T}{\partial x} \quad [6]$$

donde:

p: porosidad del sedimento

Z: cota del fondo

T: transporte volumétrico total

Planteando sumatoria a la ecuación [5], y combinándola con la ecuación [6] se obtiene:

$$(1 - p) \cdot \frac{\partial Z}{\partial t} = \sum Di \quad [7]$$

ó

$$(1 - p) \cdot \frac{\partial(z + \delta)}{\partial t} = \sum Di \quad [8]$$

Con esta ecuación es posible evaluar la evolución temporal de la cota de fondo.

Si se aplica la ecuación de conservación de masa para una clase granulométrica al espesor de mezcla, y considerando que todas las partículas tienen la misma densidad, se tiene la ecuación que permite estimar la evolución temporal de la composición granulométrica del estrato de mezcla, la que puede expresarse como:

$$(1 - p) \cdot B \cdot \left[\frac{\partial(\beta_i \cdot \delta)}{\partial t} + \beta_i^* \cdot \frac{\partial(Z - \delta)}{\partial t} \right] = - \frac{\partial T_i}{\partial x} \quad [9]$$

donde:

$$\begin{array}{ll} \beta_i^* = \beta_i & \text{si } \Sigma D_i > 0 \text{ (depósito)} \\ \beta_i^* = \beta_{ui} & \text{si } \Sigma D_i < 0 \text{ (erosión)} \end{array}$$

Para el cálculo del transporte de sedimentos de los diferentes tamaños característicos en que se divide la curva granulométrica, o sea para cada clase, se utilizó la ecuación de Di Silvio (1991). La misma, si bien fue desarrollada en primera instancia para sedimentos uniformes, fue adaptada para su utilización con materiales heterogéneos, que son los que se encuentran en los cauces de ríos de montaña, introduciendo el término β_i que caracteriza el porcentaje relativo de la i-ésima clase granulométrica y un coeficiente de protección-exposición. La expresión desarrollada por Di Silvio para sedimentos heterogéneos, es:

$$T_i = \alpha \cdot \frac{I^n \cdot Q^m}{B^p \cdot d_i^q} \cdot \beta_i \cdot r_i \quad [10]$$

donde:

I: pendiente longitudinal

d_i: diámetro representativo de cada fracción granulométrica

Los valores recomendados por el autor para los coeficientes de la ecuación anterior son:

$$m=1.8, n=2.1, p=0.8, q=1.2 \text{ y } \alpha=0.08$$

El término que tiene en cuenta los efectos de exposición y de ocultamiento o protección, es el coeficiente de corrección r_i , que se expresa como:

$$r_i = \left(\frac{d_i}{\sum \beta_i \cdot d_i} \right)^s \quad [11]$$

En la expresión anterior, para el exponente “s” se pueden adoptar valores entre 0 y 1, asociándose los mismos al grado de interdependencia de los distintos tamaños de partículas en los efectos de protección y exposición. Si el exponente es cero no existen efectos de protección-exposición y el transporte es completamente selectivo, mientras que para un valor igual a uno, se anulan los efectos de movilidad intrínseca de las partículas, conduciendo a una condición de igual movilidad. En general para expresar de la mejor manera el comportamiento real del material del lecho, debe adoptarse un valor intermedio.

Si bien existen numerosas metodologías y expresiones para cuantificar el transporte de sedimentos, la decisión de adoptar la ecuación de Di Silvio, se basa en su aplicación exitosa en ríos con fuerte pendiente de la zona andina de la República Argentina.

El conjunto de ecuaciones de continuidad de sedimentos se resuelve numéricamente usando el método aproximado en diferencias finitas con esquema de predicción y corrección. En la fase de predicción se ha utilizado el esquema de avance en el tiempo y en el espacio (FTFS) y para la corrección, el esquema de cuatro puntos.

En las expresiones presentadas, dos de los parámetros que mayor influencia tienen en la simulación de los procesos morfológicos, son el espesor de la capa de mezcla y el exponente en la ecuación que evalúa los efectos de exposición y de ocultamiento. Con el objeto de determinar los valores más adecuados Spalletti et al. (2002) presentan un análisis de sensibilidad, mediante la comparación de los resultados observados en un modelo físico y los obtenidos de la implementación de un modelo matemático. Los mejores ajustes se obtuvieron para un valor de $s=0.2$ y $\delta=2.d_{90}$. El programa es flexible respecto de la definición de estos parámetros.

Los datos hidráulicos, morfológicos y sedimentológicos necesarios para la implementación del modelo son las secciones transversales del curso de agua, la composición granulométrica del fondo y las condiciones de contorno con su variabilidad temporal (caudales líquidos y sólidos ingresantes y niveles en la restitución). El modelo evalúa en el tiempo, parámetros tales como los volúmenes y la composición granulométrica del material transportado y de fondo, caudales líquidos, niveles, anchos superficiales y alturas líquidas, en cada una de las secciones de cálculo.

APLICACIÓN AL RÍO MENDOZA

Como aplicación de la herramienta de cálculo desarrollada, se presenta su empleo para el estudio de un tramo del río Mendoza, donde se analiza la influencia de la presa Potrerillos en los procesos de evolución de cauce que se desarrollan aguas abajo de dicha obra para distintas condiciones de crecida. El tramo bajo estudio, tuvo una longitud de 28500 metros abarcando desde

la presa Potrerillos hasta el puente de la ex Ruta Nacional N° 40, utilizándose para su representación 34 secciones transversales e incorporándose en la modelación las obras correspondientes a la toma antigua de la Central Cacheuta, al dique Compuertas y al dique Cipolletti.

Se definieron también, las descargas de las Centrales Cacheuta y Alvarez Condarco, en donde ingresan al río los caudales turbinados provenientes de la presa, y la toma del canal de riego ubicado en el dique Cipolletti, en donde se extraen del río los caudales que abastecen al sistema de riego.

Para el análisis de las pérdidas de energía friccionales, el modelo calcula en cada sección y en cada paso de tiempo, el número de Manning de acuerdo a la distribución granulométrica del material que compone el lecho, mediante la expresión de Strickler. Al valor así obtenido, es posible sumarle una componente que evalúa las rugosidades adicionales debidas a discontinuidades en el cauce.

Corridas del Modelo

Para el análisis del comportamiento morfológico del tramo de río las situaciones a simular se materializan mediante las condiciones de borde y el estado inicial del sistema.

Respecto de las condiciones de contorno, en el extremo de aguas abajo de la modelación se adoptó un nivel líquido de restitución, suficientemente alejado del dique Cipoletti como para no influenciar su comportamiento hidráulico. En el extremo de aguas arriba y en los tributarios, se ingresaron los caudales líquidos, y asociados a ellos y a la configuración inicial del sistema modelado, los aportes sólidos.

Previamente a las corridas de producción a partir de las cuales se obtuvieron los resultados para los diferentes escenarios analizados debe realizarse el ajuste y la validación en base a los datos disponibles del modelo implementado.

En ausencia de otros datos básicos, para verificar el correcto funcionamiento del modelo se compararon las características morfológicas del lecho en la situación previa a la construcción de la presa, con las obtenidas a través de la modelación sin tener en cuenta la discontinuidad que el embalse genera en el comportamiento hidromorfológico del río, considerando aportes de material sólido en el extremo de aguas arriba que se calcularon para cada fracción granulométrica mediante la aplicación de las fórmulas de Di Silvio, a partir de valores característicos de los parámetros geométricos del río y del material del lecho en el tramo de aguas arriba de la zona simulada.

El acarreo de material sólido en los ríos puede dividirse en transporte en suspensión y de fondo, siendo este último el principal responsable de los cambios morfológicos.

Los únicos registros de caudales sólidos disponibles en el río Mendoza, en cercanías de la zona de estudio, son los de la estación de aforo de Guido, localizada aguas arriba del aprovechamiento Potrerillos, correspondientes con sólidos suspendidos (Anuario Sedimentológico, 1990).

Los tamaños de partícula del material en suspensión son muy inferiores a los presentes en el lecho, lo que pone de manifiesto que el arrastre de fondo es el principal responsable de los cambios morfológicos, y del cual no se dispone de información.

Ante la ausencia de eventos reales suficientemente registrados como para hacer la calibración del modelo, para su validación se estudió el funcionamiento del sistema para una situación característica en la que pueden analizarse las condiciones representativas del cauce, por lo que se corrió el modelo con un caudal cercano al formativo del río en el tramo.

El caudal formativo o dominante puede definirse como aquel que da lugar a la geometría hidráulica del cauce, lo que significa reconocer que si una geometría es permanente se debe a que ciertos caudales, por su magnitud, su frecuencia o una combinación de ambas, son los dominantes.

Esta noción, en relación con la geomorfología fluvial, se asocia a que muchos ríos tienen un lecho bien diferenciado y limitado por orillas que lo separan de las zonas de desborde. El caudal que llena el cauce es el responsable principal de la forma y dimensiones del mismo, ya que mientras el agua está contenida en él, circula con cierta velocidad, mientras que cuando desborda levemente, el incremento de caudal inunda los sectores adyacentes sin que cambie en forma sustancial el flujo en el cauce principal.

El caudal que llena el cauce desarrolla la más importante acción modeladora, pues un caudal mayor es menos frecuente y sobre todo apenas incrementa la acción del flujo sobre el lecho. Es por ello que a este caudal de cauce lleno se lo conoce también como caudal formativo o dominante.

Algunos autores consideran este caudal como el de 1,4 años de recurrencia, pudiéndose considerar períodos de retorno algo mayores, cuanto mayor sea la irregularidad hidrológica de la zona. Por ello se consideró la crecida de 2 años de recurrencia como la que define el caudal formativo del cauce, que es del orden de la indicada en la bibliografía especializada (J.P. Martín Vide, 2000).

Una vez definida la condición de ensayo respecto de los caudales, y antes de evaluar el comportamiento hidromorfológico del tramo de río bajo estudio para la condición de caudal formativo, se realizó un ajuste preliminar respecto de las distribuciones granulométricas obtenidas a partir de los muestreos realizados durante las tareas de campo, con el objeto de obtener las condiciones iniciales de la granulometría del material del lecho, a ser utilizada en las sucesivas corridas.

La tarea realizada consistió en una primera corrida del modelo, utilizando como condición inicial de la granulometría del lecho, la correspondiente a las muestras relevadas y obteniendo al final del período simulado una distribución granulométrica corregida, compatible con situaciones locales puntuales y dando continuidad al comportamiento del río en los sectores no influenciados por discontinuidades locales artificiales, tales como por ejemplo la presencia de diques.

Estas tareas debieron llevarse a cabo fundamentalmente para ajustar las distribuciones granulométricas en las secciones de aguas arriba, pues en estos sectores se tienen elementos de gran tamaño, imposibles de cuantificar en la distribución porcentual de los distintos tamaños de clase a partir de la metodología utilizada para el muestreo del material del lecho.

En resumen las tareas realizadas en esta etapa del estudio, consistieron en correr el modelo a partir de las granulometrías de los relevamientos, pero considerando la presencia de bloques de tamaños mayores; ajuste de las distribuciones del material del lecho ante el pasaje de una crecida del orden del caudal formativo; y comparación de los resultados con observaciones de fotografías en secciones características.

Como condición de borde aguas arriba se utilizó el hidrograma sin regulación para un período de retorno igual a 2 años.

En la Figura 2 se presenta la evolución temporal de la curva granulométrica correspondiente a la progresiva 5293.6. Esta evolución se representa mediante la posición de la curva para diferentes intervalos de tiempo transcurrido desde el comienzo de la simulación, pudiéndose observar que la variación de las curvas granulométricas no es uniforme en el tiempo, con cambios más significativos al comienzo de la simulación, tendiendo los porcentajes de los diámetros característicos de los sedimentos a una condición de mayor estabilidad.

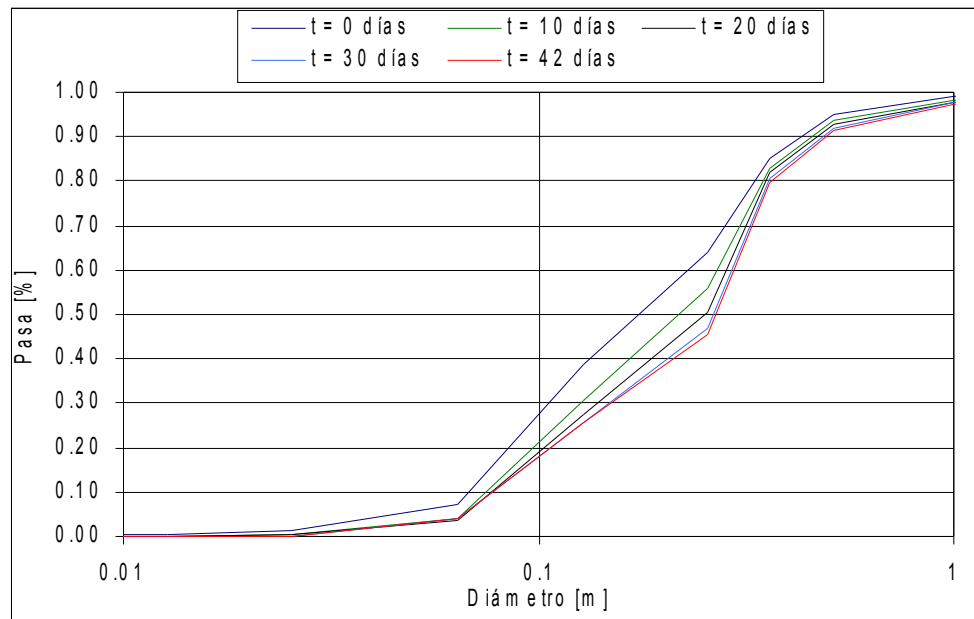


Figura 2.- Evolución de la curva granulométrica en la progresiva 5293.6 m

De los resultados obtenidos para esta corrida de ajuste, se puede concluir que los procesos de transporte y depósito son excesivos debido a las condiciones de borde empleadas, por lo que las distribuciones granulométricas iniciales del material del lecho pueden ser adaptadas. Esto se nota principalmente en las secciones de aguas arriba, en la que los cambios son más notorios y en los que por motivos prácticos se presentaron mayores dificultades en la determinación de las granulometrías a partir del análisis fotográfico.

Dada la tendencia del modelo de corregir las curvas granulométricas hacia mayores diámetros principalmente en las secciones de aguas arriba, se utilizaron como condición inicial del lecho las distribuciones granulométricas obtenidas al final de la corrida de ajuste.

Para las nuevas condiciones iniciales se realizó la corrida de verificación para un caudal cercano al formativo del tramo, es decir para el hidrograma sin regulación correspondiente a una recurrencia de 2 años.

Con el fin de evaluar la evolución del lecho en la situación analizada, se presenta en las Figuras 3, 4, 5 y 6 el perfil longitudinal del tramo bajo estudio dividido en cuatro sectores, para observar las zonas con procesos de erosión y de depósito de material. En estas Figuras se indica mediante una línea de color verde, el perfil inicial del fondo del río, y en color rojo, la posición del lecho al final de la simulación.

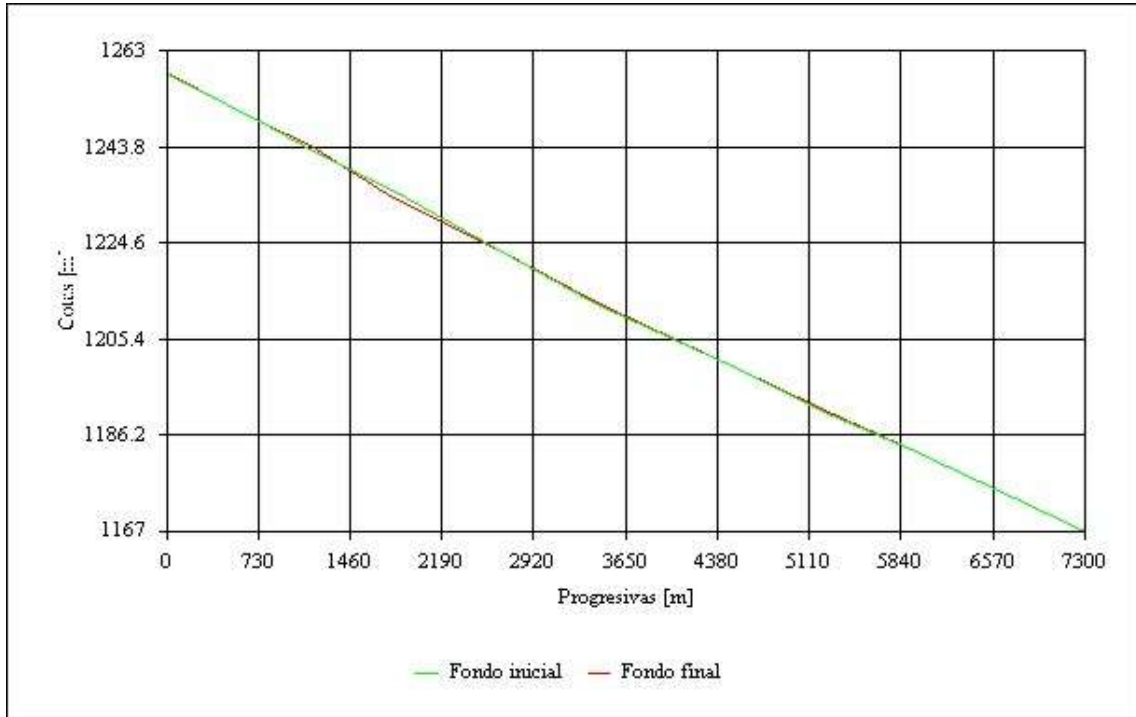


Figura 3.- Perfil longitudinal entre progresivas 0 y 7300

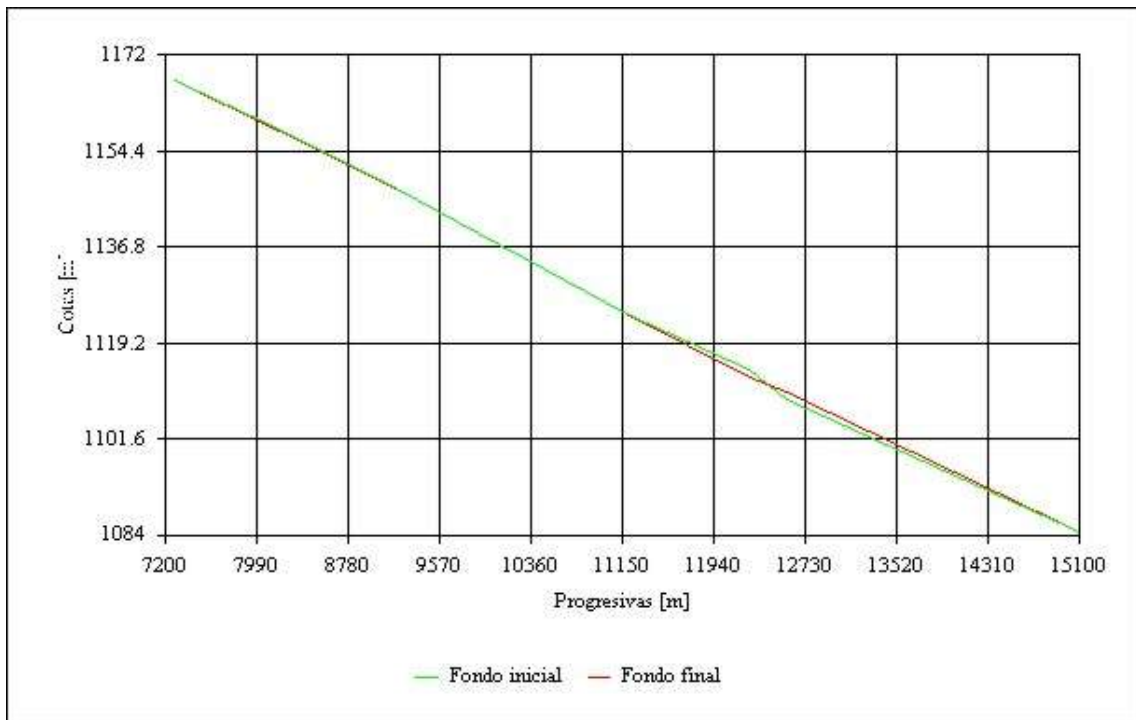


Figura 4.- Perfil longitudinal entre progresivas 7200 y 15100

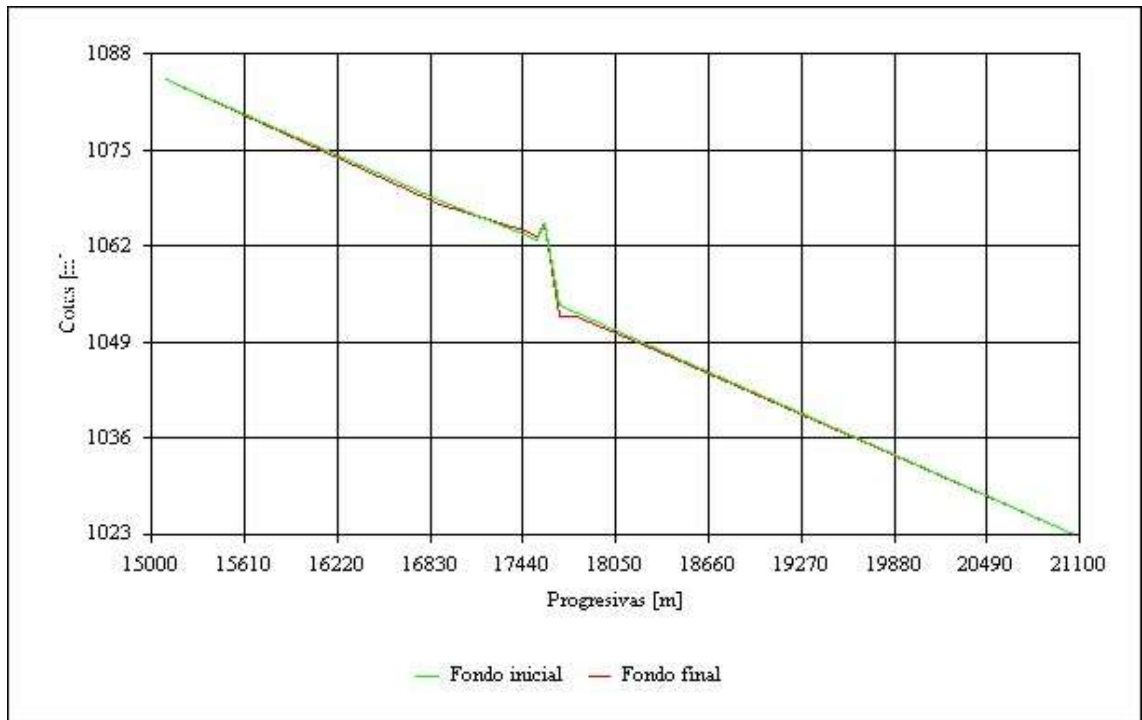


Figura 5.- Perfil longitudinal entre progresivas 15000 y 21100

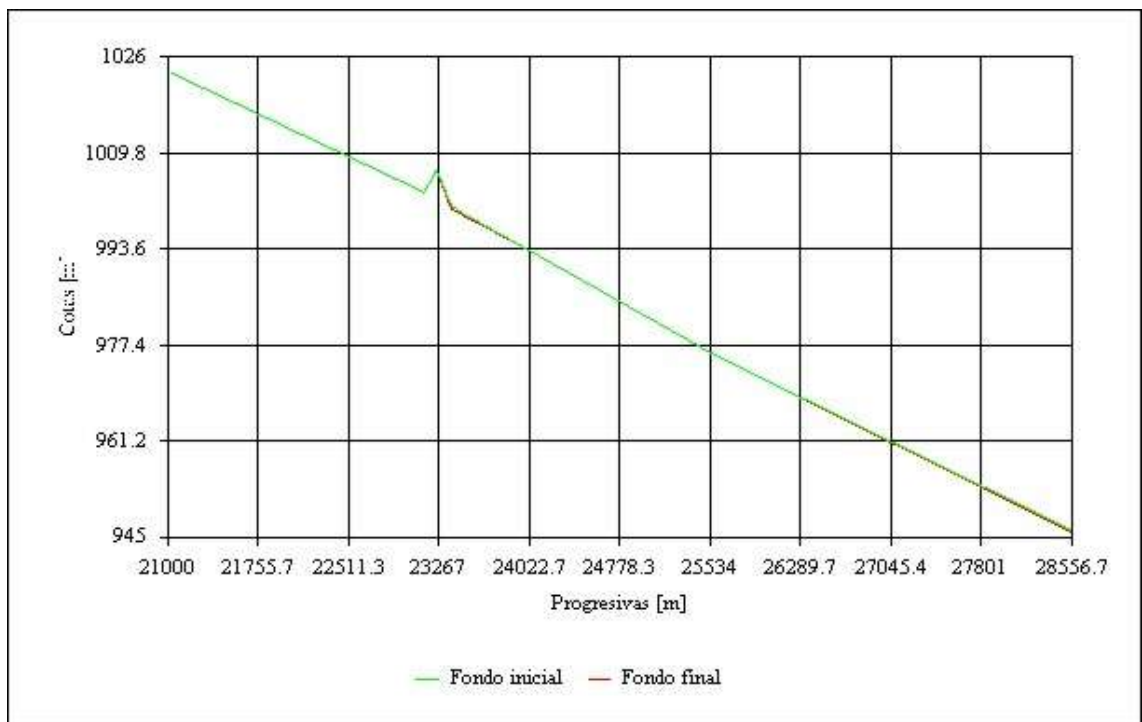


Figura 6.- Perfil longitudinal entre progresivas 21000 y 28557

En los resultados no se observan cambios significativos en el perfil del lecho, con tendencia a mantenerse en las distintas progresivas la pendiente longitudinal media. También se aprecia que en correspondencia con las estructuras fijas, como ser umbrales de fijación del fondo y diques, se tienen cambios en la configuración del lecho como consecuencia de las discontinuidades en el transporte de fondo que imponen estas obras.

Respecto de la evolución temporal de las distribuciones granulométricas del lecho, se presentan las Figuras 7 y 8, en las que para dos secciones características del primer tramo de la zona

de estudio, que es donde en la corrida de ajuste se tuvieron los mayores cambios en los sedimentos del cauce del río, se esquematizan las granulometrías al comienzo y al final del intervalo analizado.

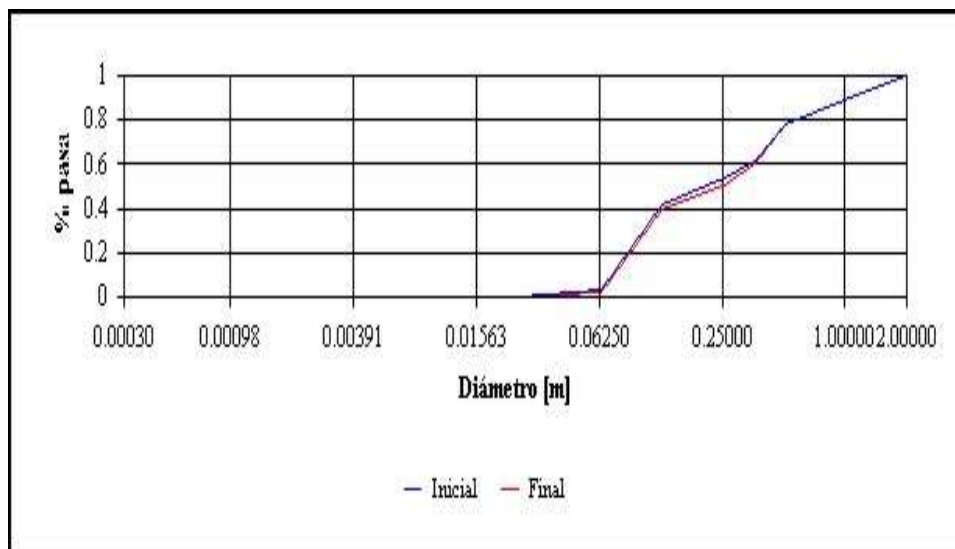


Figura 7.- Curvas granulométricas de la progresiva 484.5 m

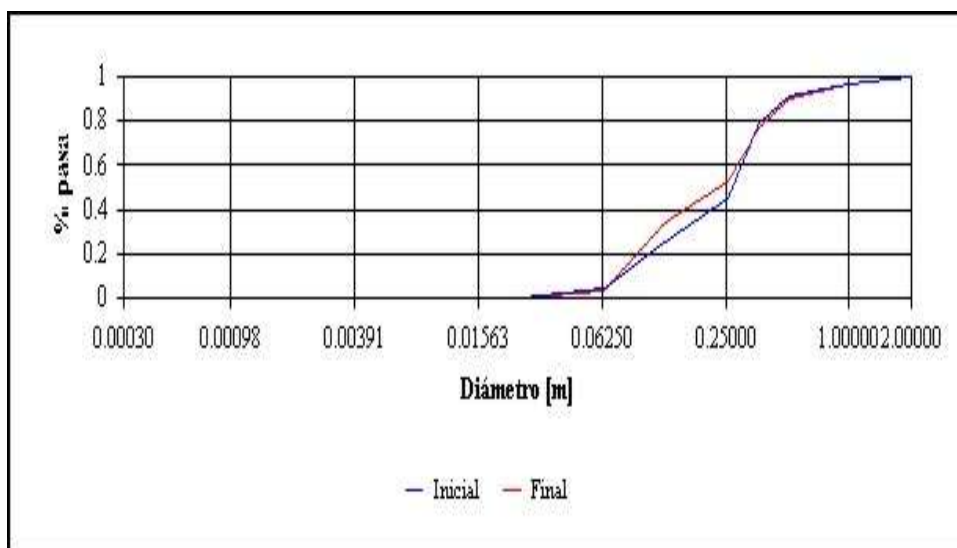


Figura 8.- Curvas granulométricas de la progresiva 5293.6 m

A modo de validar los parámetros hidráulicos relativos al caudal formativo o dominante adoptado para las corridas de ajuste, se verificó que con el caudal utilizado en la simulación se tiene una situación de cauce lleno en el curso principal.

El comportamiento observado en la presente corrida del modelo, es coincidente con el funcionamiento del río previo a la construcción de la presa, con pendientes longitudinales estables, y una configuración de equilibrio media impuesta por las condiciones geométricas, hidrológicas y sedimentológicas del sistema.

CONCLUSIONES

A partir de los análisis llevados a cabo en el presente trabajo, se pueden indicar las siguientes conclusiones:

- Se presenta el modelo desarrollado en el Laboratorio de Hidráulica, para resolver la hidrodinámica y la evolución morfológica de ríos de montaña, cuyos lechos se caracterizan por poseer materiales heterogéneos.
- El comportamiento de los sedimentos es fuertemente dependiente de algunos de los parámetros que intervienen en las fórmulas de cálculo, siendo la calibración del modelo un paso ineludible si quieren obtenerse resultados confiables.
- Se presenta la validación del modelo morfológico implementado para el río Mendoza entre la presa Potrerillos y el puente de la ex Ruta Nacional N° 40.
- A partir de las corridas realizadas y del análisis del funcionamiento del tramo de río en estudio hasta la fecha de la construcción del dique Potrerillos, es posible afirmar que la modelación representa correctamente el funcionamiento morfológico del río, pudiéndose considerar que el modelo implementado es una herramienta apta para evaluar el comportamiento del río Mendoza aguas abajo del aprovechamiento Potrerillos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agua y Energía Eléctrica (1990) *Anuario Sedimentológico*. Argentina

Basile, P. (2000). “*Revisión de ecuaciones de transporte modificadas para sedimentos heterogéneos*”. XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica – Córdoba 2000. Argentina.

Di Silvio, G., Peviani, M. (1991). “*Transport of a mixture of sand and gravel in suspension and as bedload: experiments and mathematical modelling*”. Symposium on “The transport of suspended sediments and its mathematical modelling”, Florence. Italy.

Martín Vide, J.P. (2000). *Ingeniería Fluvial*. EDICIONS UPC.

Rivera, F., Berezowsky, M., Soto, G. (2000). “*Determinación del cambio granulométrico asociado al movimiento del fondo en ríos*”. XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica – Córdoba 2000. Argentina.

Spalletti, P., Brea J.D., Busquets M. (2002) “*Análisis de sensibilidad de algunos de los parámetros de cálculo de la evolución morfológica de ríos de montaña*”. XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica – La Habana 2002. Cuba.