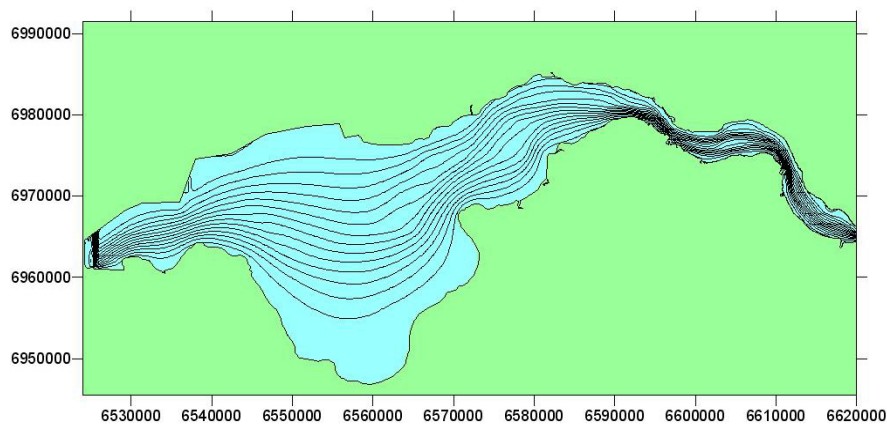




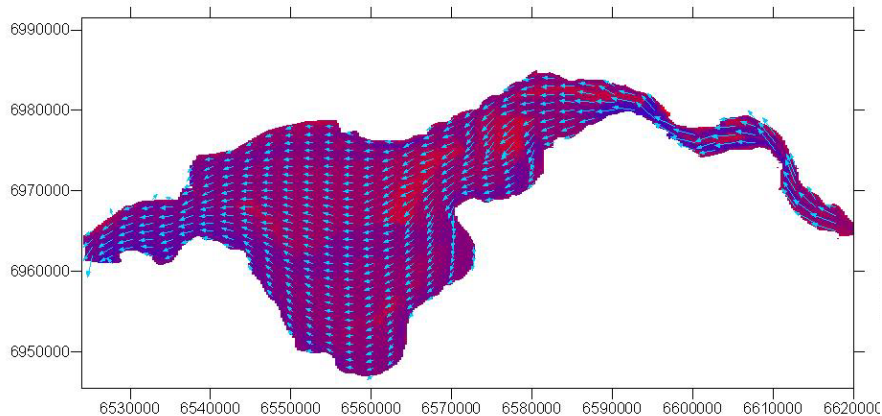
PROYECTO

“VELOCIDADES DE CORRIENTE EN EL EMBALSE DE YACYRETÁ”

EL CAMBIO HIDRODINAMICO POR LA ELEVACIÓN DEL NIVEL



$$\frac{\partial(vh)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} + fuh + gh \frac{\partial}{\partial y} (h + z_0) + \frac{1}{\rho} (\tau_{xy} - \tau_{yx}) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial y} = 0$$



Proyecto LHA 224
Informe LHA 02-224-03
Ezeiza, Noviembre de 2003

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE:

Ing. Oscar V. LICO

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS:

Dr. Raúl A. LOPARDO

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA:

Ing. Julio C. DE LÍO

JEFE DEL PROGRAMA DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL:

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

INFORME PRODUCIDO POR

Christian U. ALVAREZ TAGLIABUE

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

RESUMEN

Se presentan y analizan resultados obtenidos de la explotación del modelo hidrodinámico *EBY-INA I* del embalse de Yacyretá. Se obtienen campos de velocidades, tubos de flujo y perfiles longitudinales del pelo de agua para distintas condiciones hidrológicas y dos condiciones de operación; actual, a cota 76m, y futura, a 83m.

Se observan cambios cuantitativos y cualitativos en la dinámica al variar la cota del embalse, los cuales habrán de tener efectos significativos en el transporte y deposición de los sedimentos y contaminantes.

Descriptor Temático: Modelación matemática, modelación hidrodinámica, simulación numérica, embalse, lago.

Descriptor Institucional: Entidad Binacional Yacyretá

Descriptor Geográfico: Misiones, Posadas, Encarnación, República Argentina, República del Paraguay, Río Paraná.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	5
2 CAMPOS DE VELOCIDADES.....	6
3 TUBOS DE FLUJO.....	12
4 PERFILES LONGITUDINALES.....	18
5 CONCLUSIONES.....	22

1 INTRODUCCIÓN

En el Informe LHA 01-224-03, denominado “Modelación Hidrodinámica del Embalse de Yacyretá”, se presentó el modelo hidrodinámico bidimensional *EBY-INA I*, que abarca el embalse completo, implementado y calibrado en base a la información topográfica e hidrométrica más completa y actualizada disponible.

A posteriori, en el Informe LHA 02-225-03, denominado “Modelo Hidrodinámico Global del Embalse de Yacyretá”, se describe la aplicación de ese modelo para caracterizar la dinámica de las distintas zonas del embalse para diferentes condiciones hidrológicas y de operación (cotas 76 y 83 m), a través de mapas de isovelocidad y de tiempos de residencia.

En el presente Informe, se avanza un paso más en la explotación del modelo, analizándose la distribución de las corrientes y los perfiles longitudinales del pelo de agua para diferentes condiciones hidrológicas, haciendo hincapié en las diferencias observadas entre la situación actual, a cota 76m, y la futura, a cota 83m.

2 CAMPOS DE VELOCIDADES

Siguiendo con la notación introducida en los informes previos, los escenarios de ensayos se codifican de acuerdo a la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Escenarios de ensayo

Escenario	Caudal Ingresante (m³/s)	Caudal BAC (m³/s)	Nivel BP (m)
<i>E06a</i>	10.000	1.500	76,00
<i>E06b</i>	10.000	1.500	83,00
<i>E07a</i>	15.000	1.500	76,00
<i>E07b</i>	15.000	1.500	83,00
<i>E08a</i>	20.000	7.000	76,00
<i>E08b</i>	20.000	7.000	83,00
<i>E09a</i>	30.000	10.000	76,00
<i>E09b</i>	30.000	10.000	83,00
<i>E10a</i>	40.000	10.000	76,00
<i>E10b</i>	40.000	10.000	83,00

Las figuras 2.1 a 2.10 presentan los campos de velocidades correspondientes a los distintos escenarios. Para los escenarios asociados a cota 76m (figuras 2.1 a 2.5) se distinguen claramente, en función de la magnitud decreciente de la velocidad, las tres zonas identificadas en estudios previos: la zona fluvial, entre al arroyo Garupá y la primera expansión, la zona de transición, hasta la segunda expansión, la cual incluye islas de dimensión significativa, y la zona propiamente lacustre. El principal condicionamiento de las direcciones de flujo también muestra una variación longitudinal: de estar fuertemente condicionadas por las márgenes en la zona fluvial, pasan a estar esencialmente determinadas por la batimetría en la zona lacustre, salvo en la zona final de aproximación a las obras de descarga (central y vertederos).

En el caso de los escenarios a cota 83m (figuras 2.6 a 2.10) se siguen distinguiendo las tres zonas, en función de la magnitud de la velocidad, pero las diferencias absolutas son más débiles debido a la amortiguación general de las corrientes producida por el aumento del nivel.

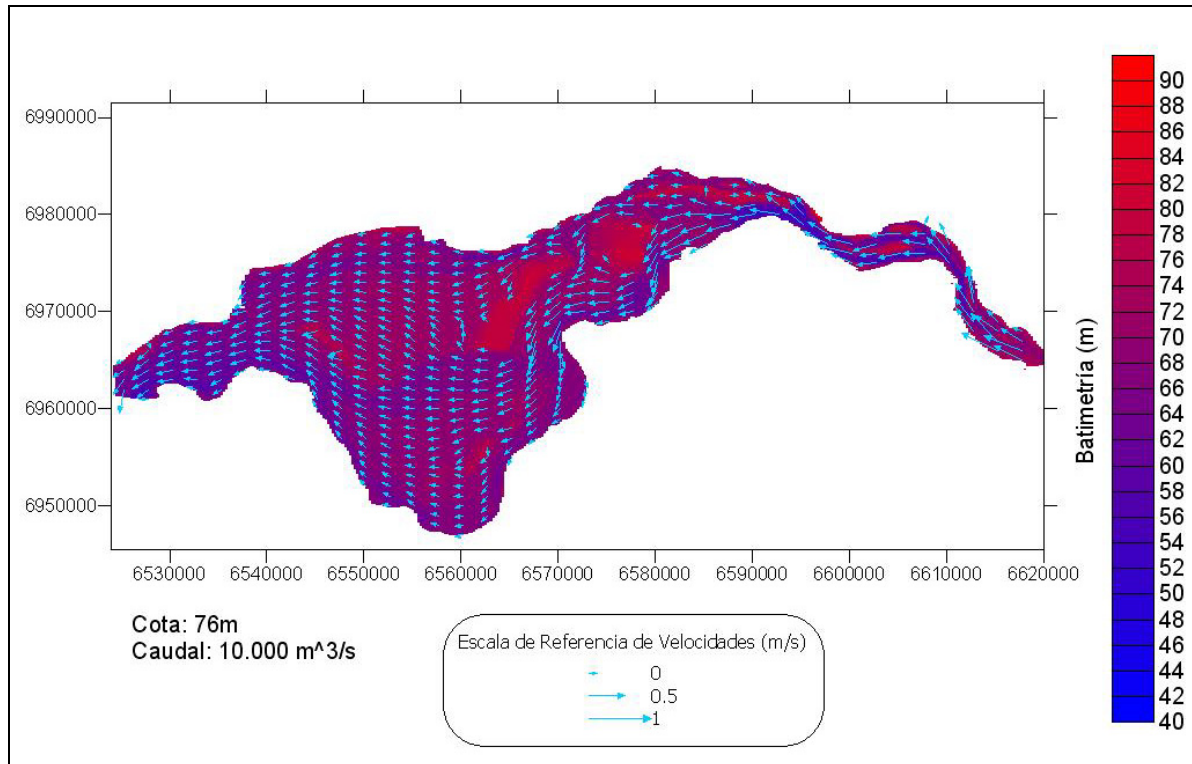


Figura 2.1: Campo de velocidades para el escenario E06a

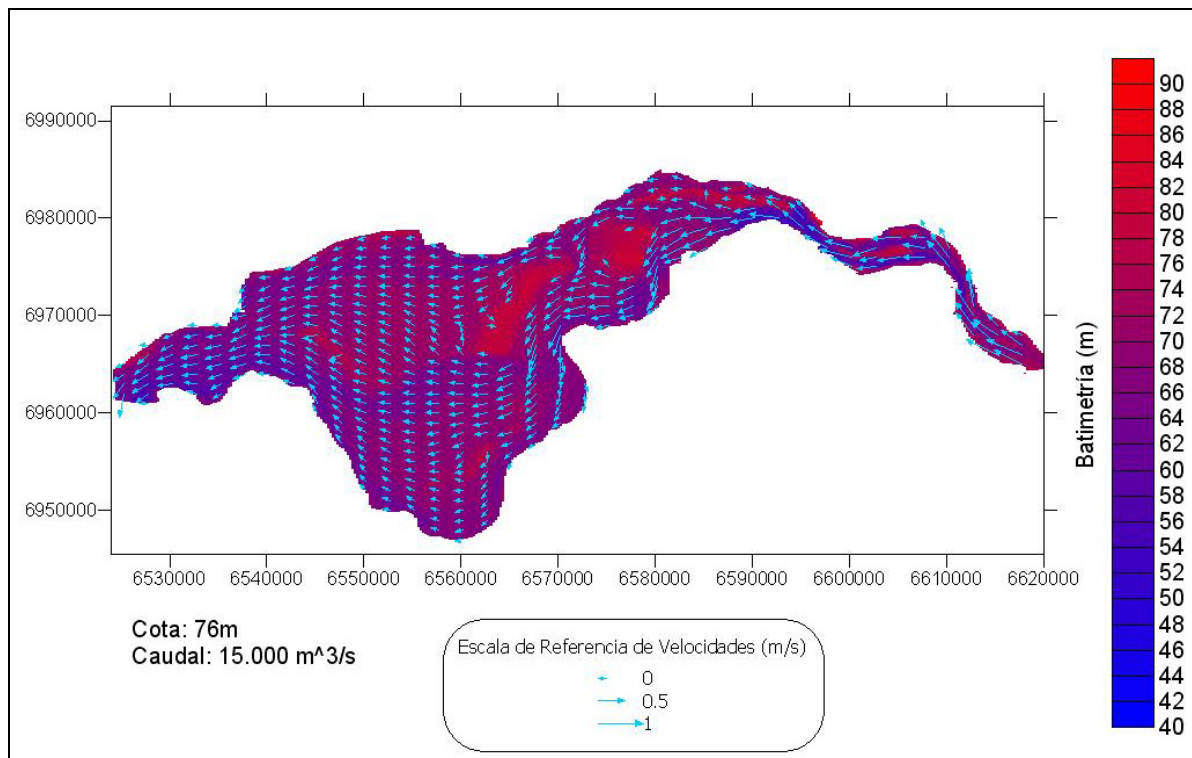


Figura 2.2: Campo de velocidades para el escenario E07a

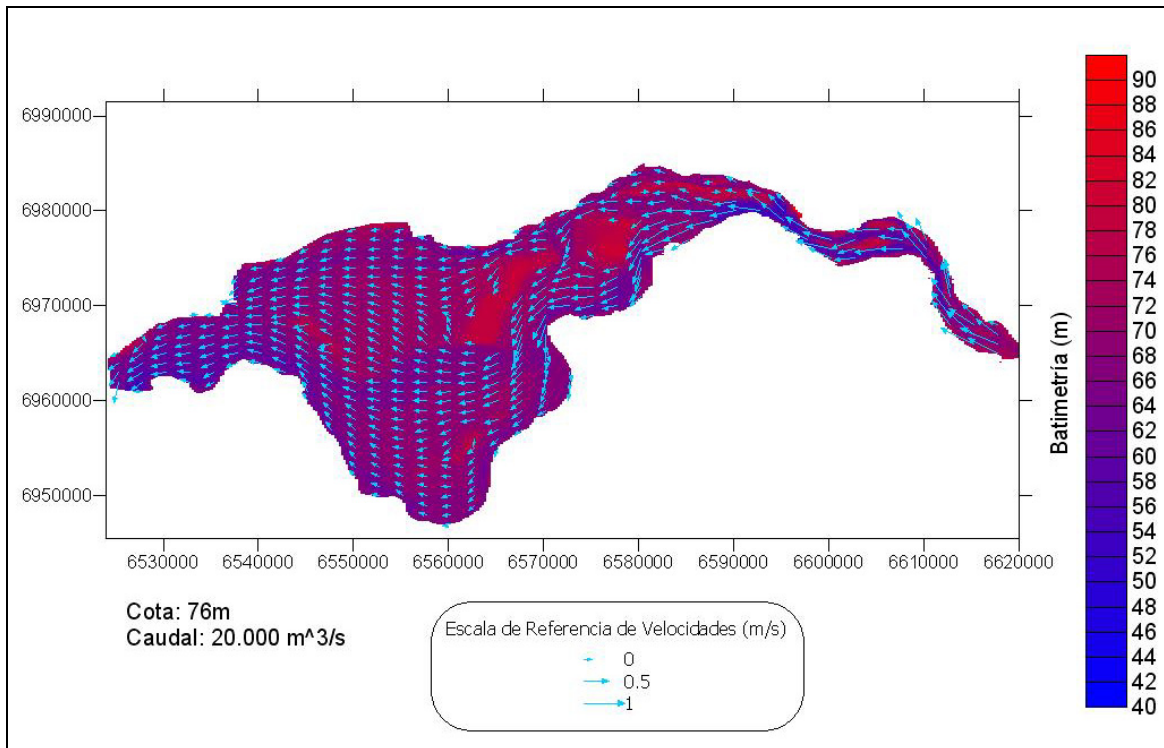


Figura 2.3: Campo de velocidades para el escenario E08a

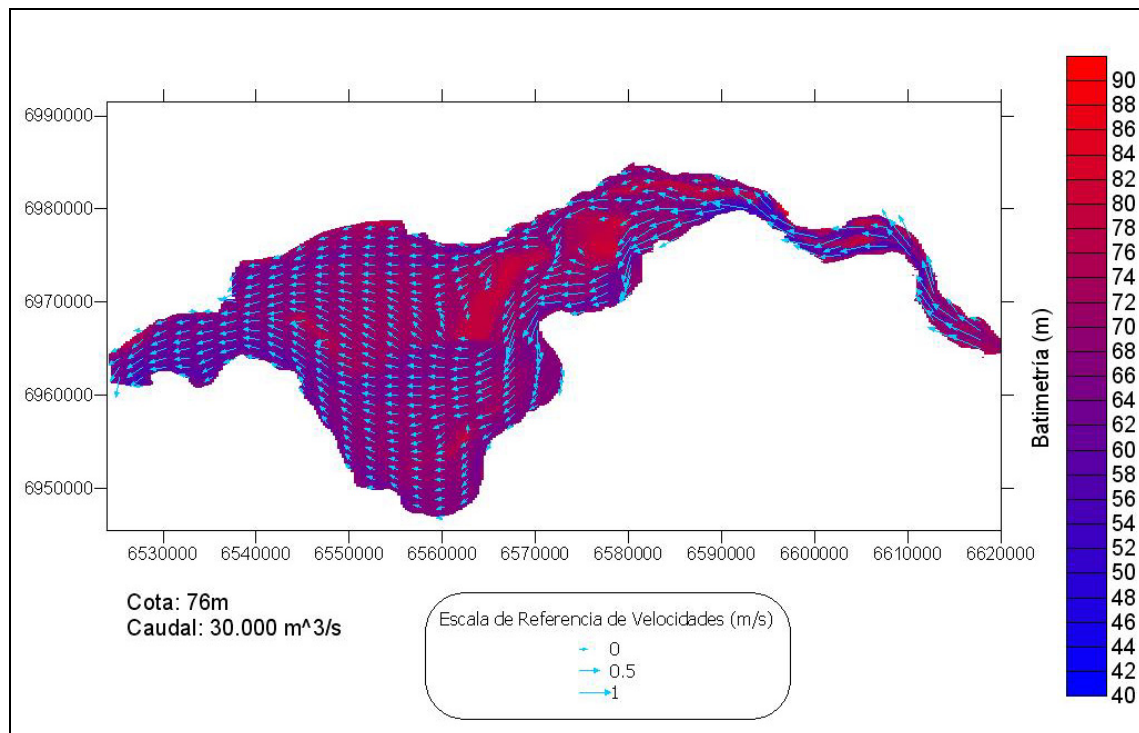


Figura 2.4: Campo de velocidades para el escenario E09a

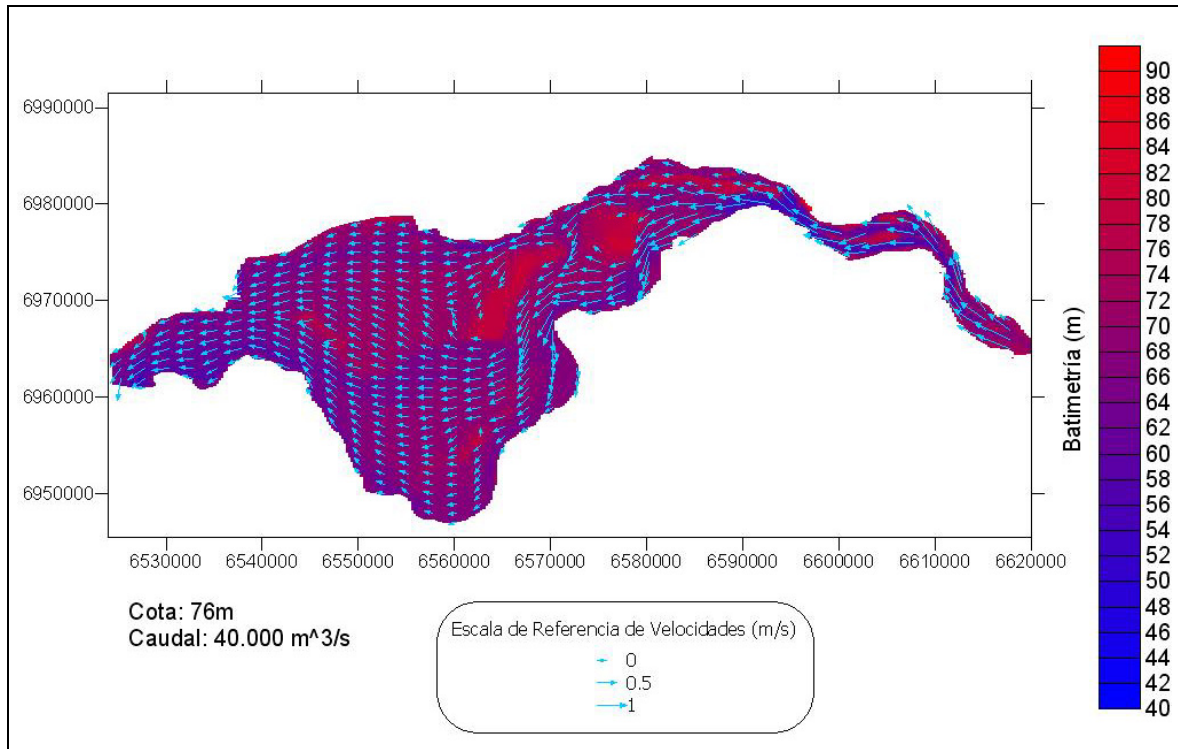


Figura 2.5: Campo de velocidades para el escenario E10a

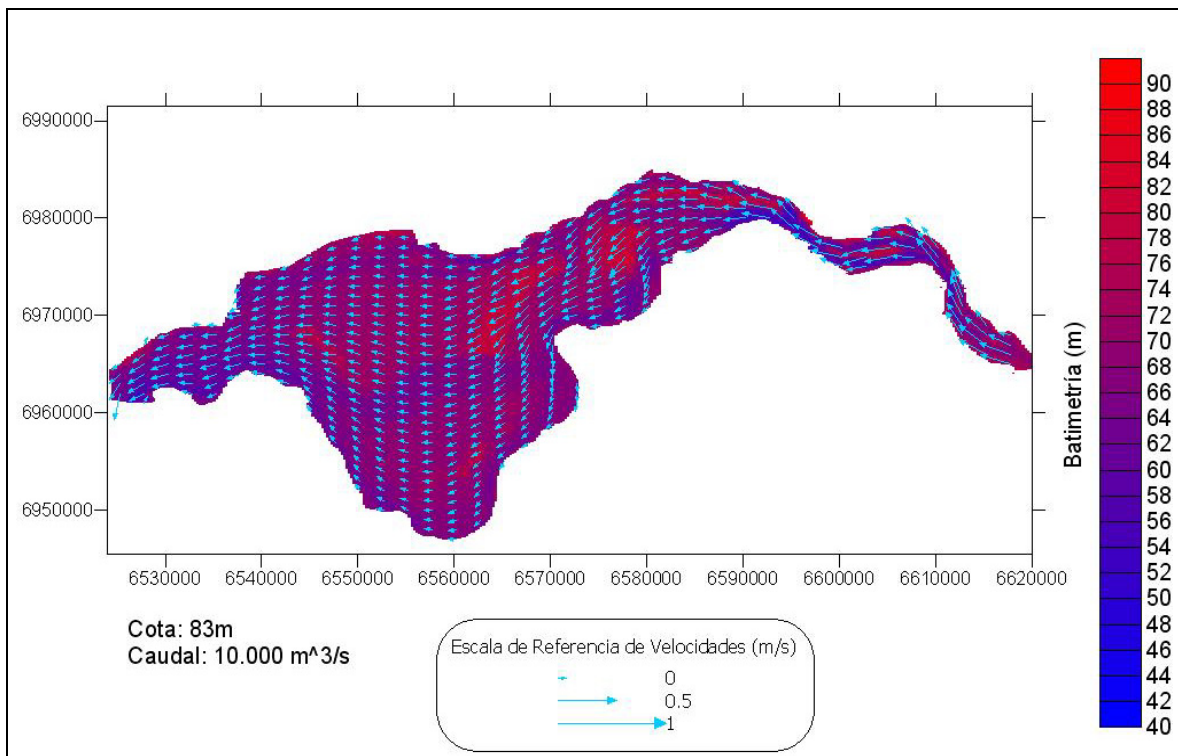


Figura 2.6: Campo de velocidades para el escenario E06b

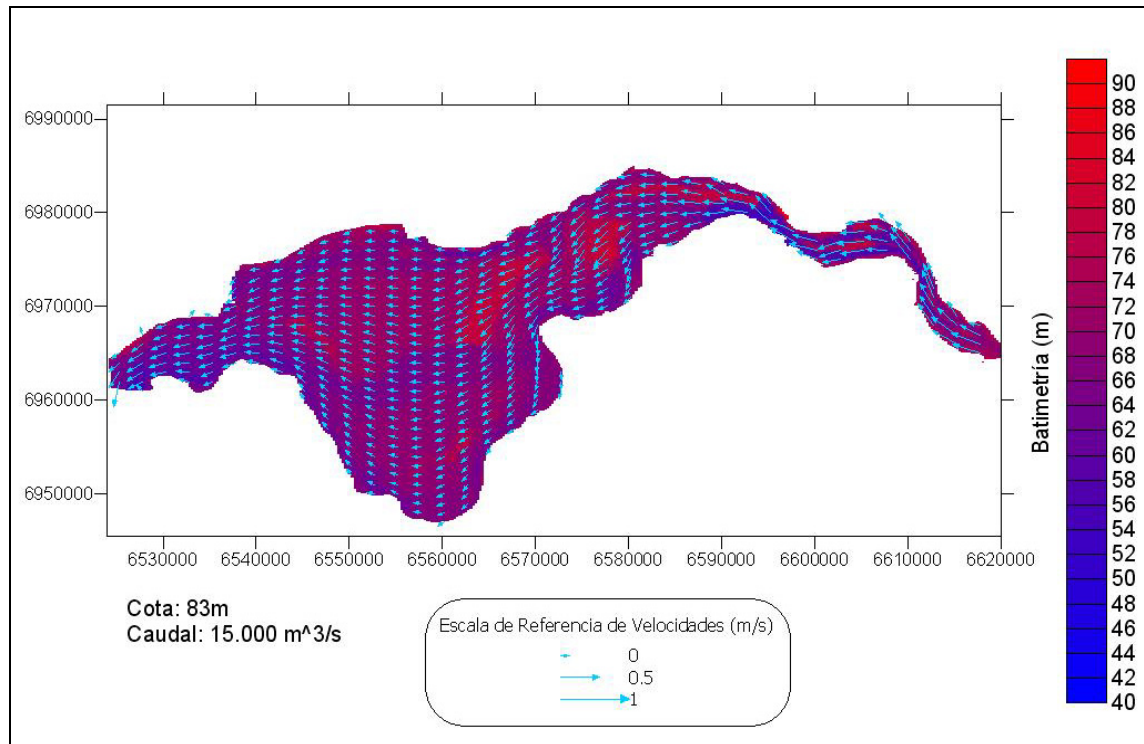


Figura 2.7: Campo de velocidades para el escenario E07b

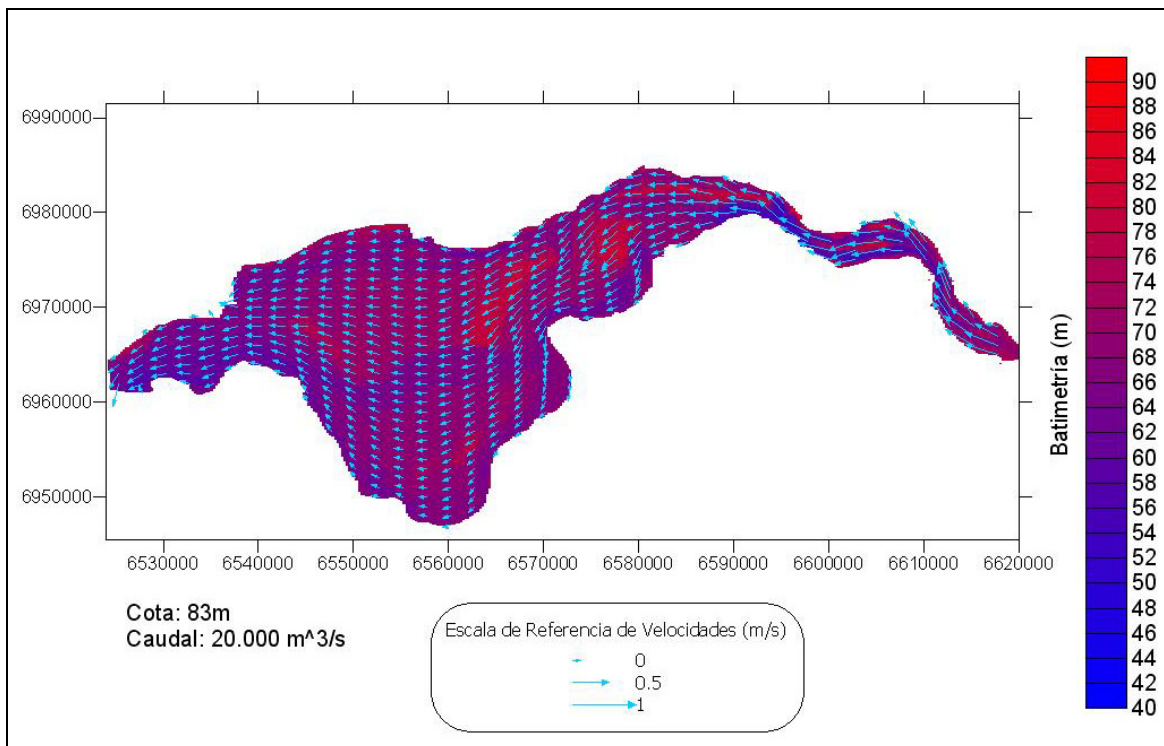


Figura 2.8: Campo de velocidades para el escenario E08b

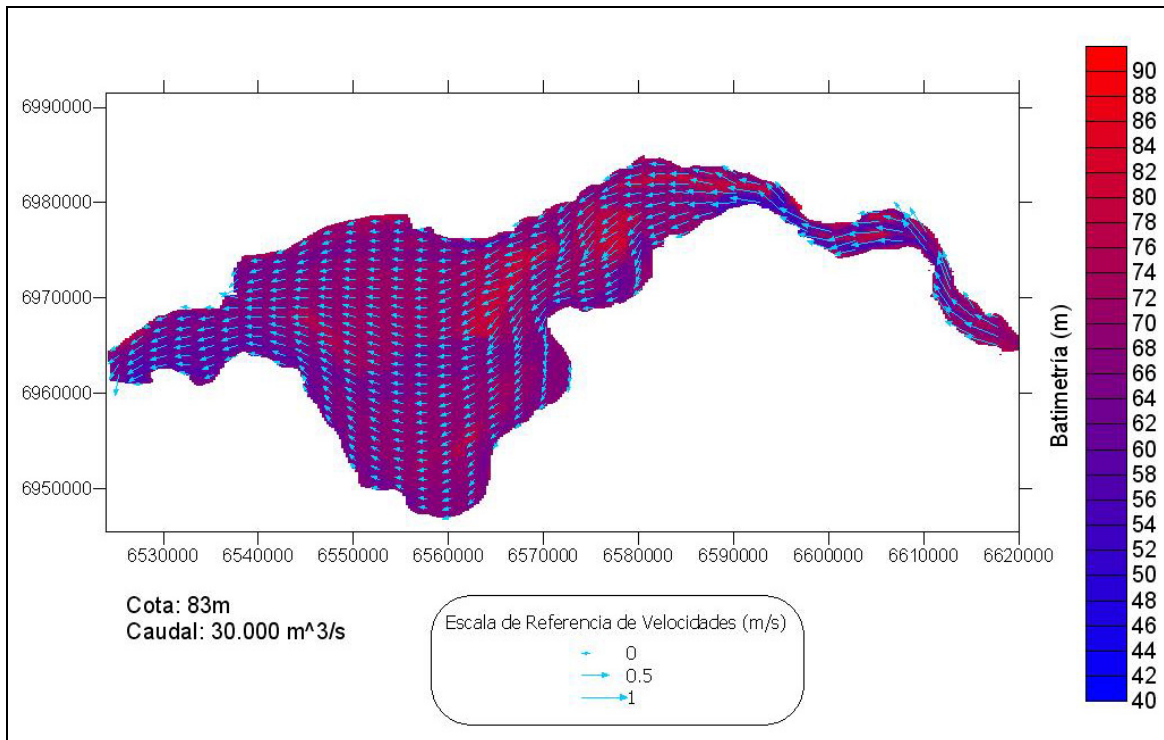


Figura 2.9: Campo de velocidades para el escenario E09b

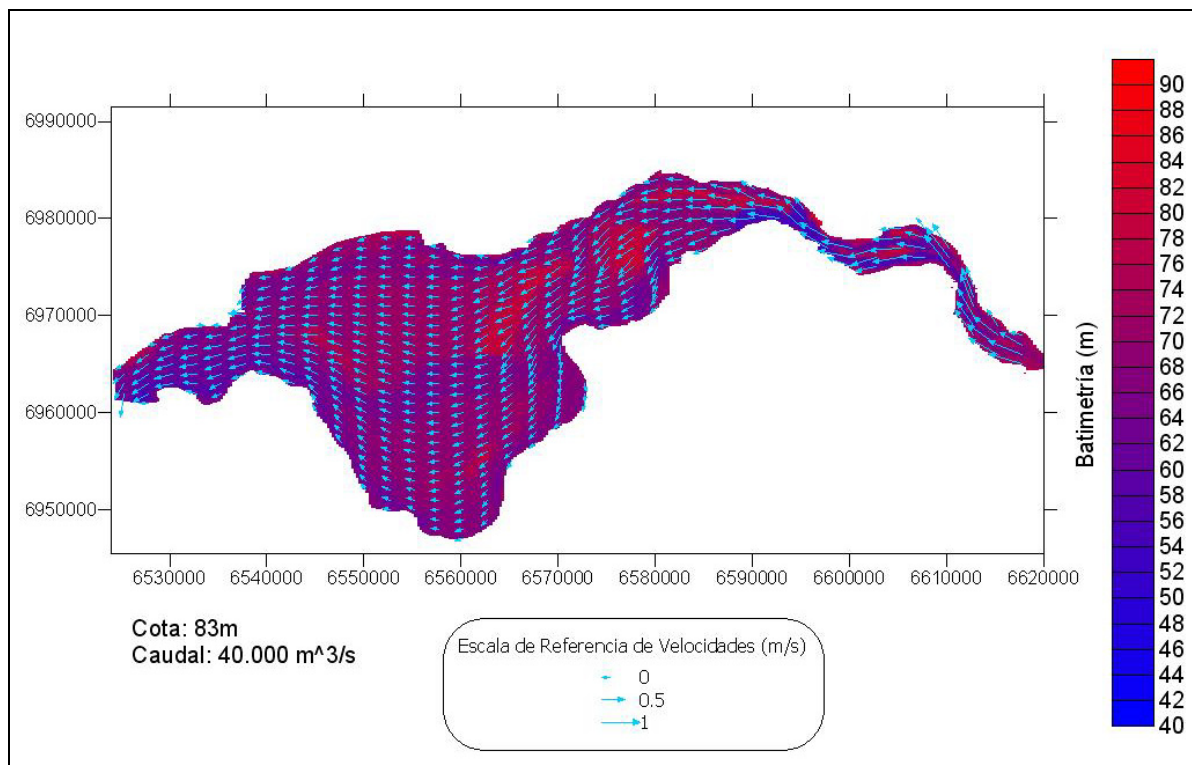


Figura 2.10: Campo de velocidades para el escenario E10b

3 TUBOS DE FLUJO

Los tubos de flujo constituyen corredores limitados por líneas de corriente que transportan una cantidad definida de caudal. Ellos proveen una indicación clara de cuáles son las zonas con mayor transporte. Pueden construirse fácilmente a partir de los campos de velocidades provistos por el modelo hidrodinámico.

Las figuras 3.1 a 3.10 presentan los tubos de flujo de $1000 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondientes a todos los escenarios de ensayo. Para cota 76m (figuras 3.1 a 3.5) se distinguen claramente dos corredores principales de flujo, asociados a los cauces originales del río Paraná: Brazo Principal y Brazo Aña-Cuá, con preponderancia del transporte en el primero de ellos, como era de esperarse.

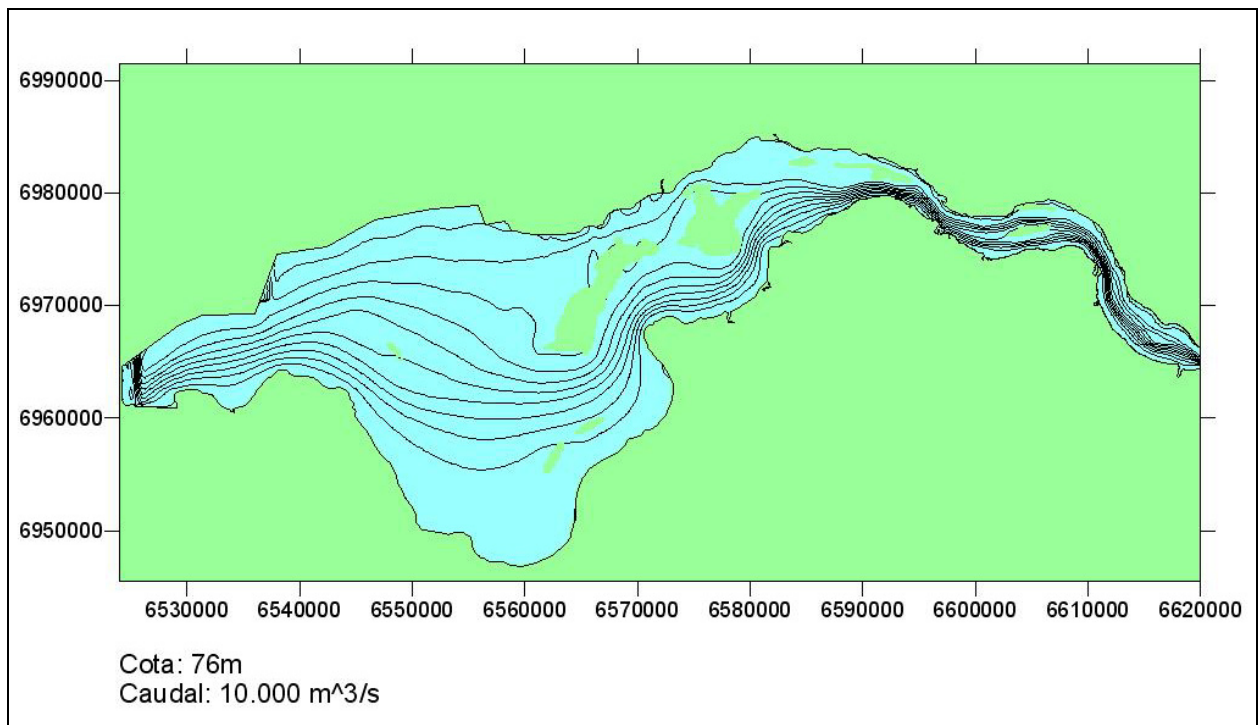


Figura 3.1: Tubos de flujo de $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ para el escenario E06a

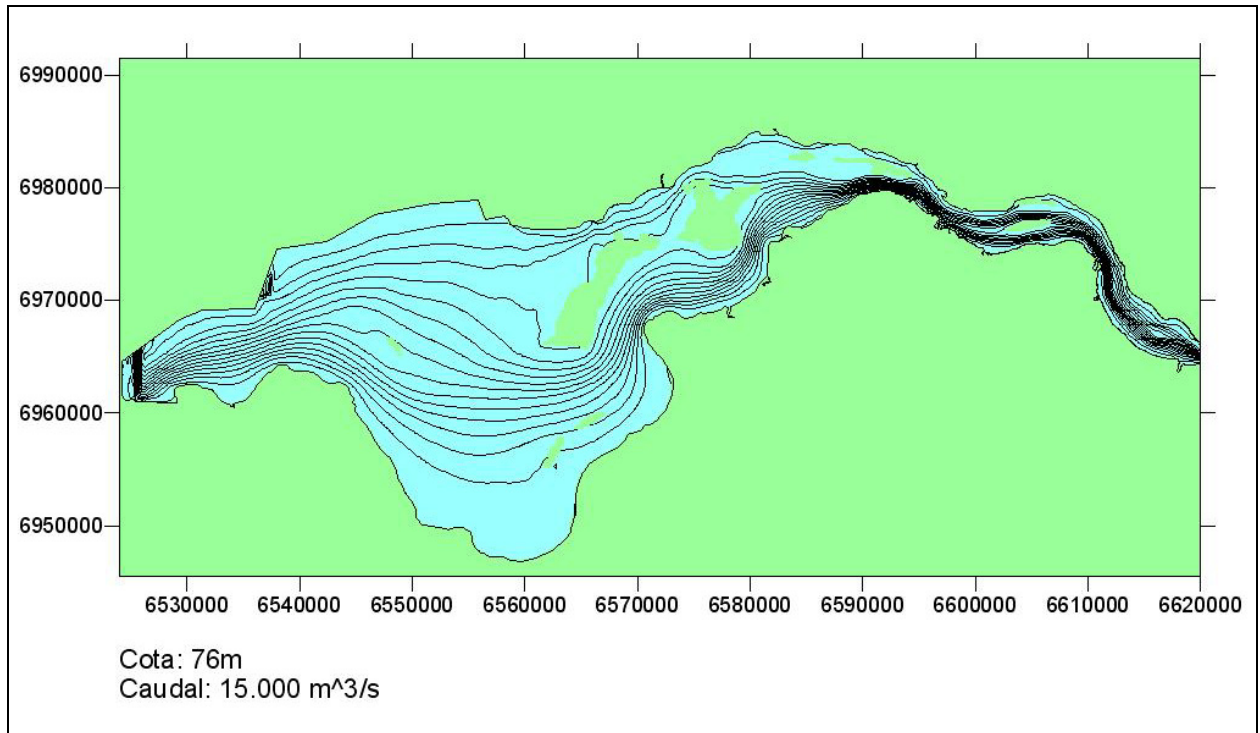


Figura 3.2: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E07a

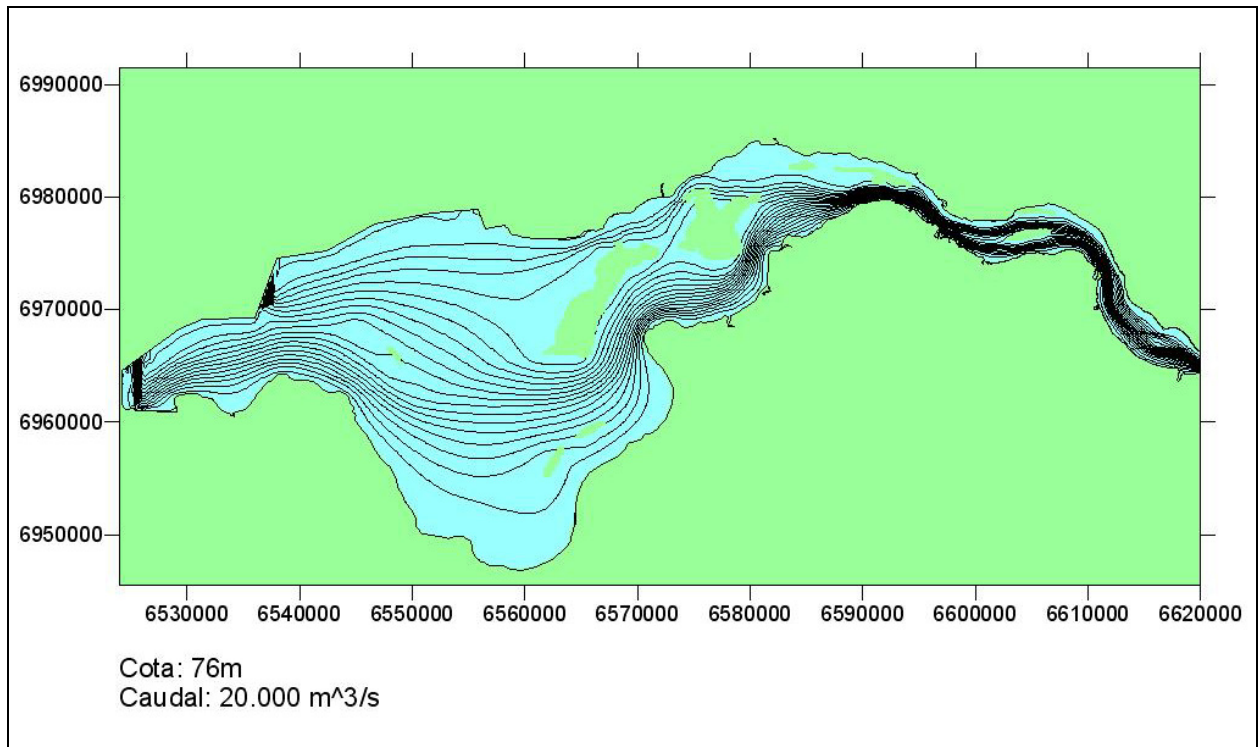


Figura 3.3: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E08a

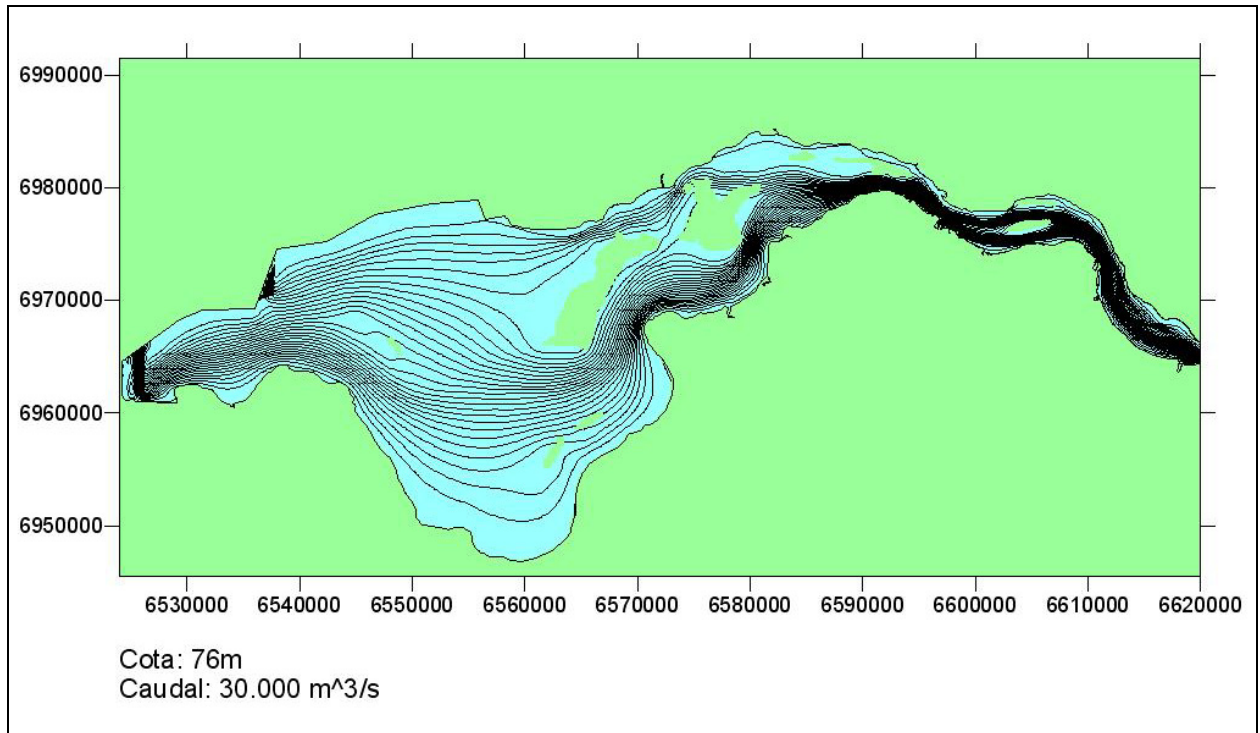


Figura 3.4: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E09a

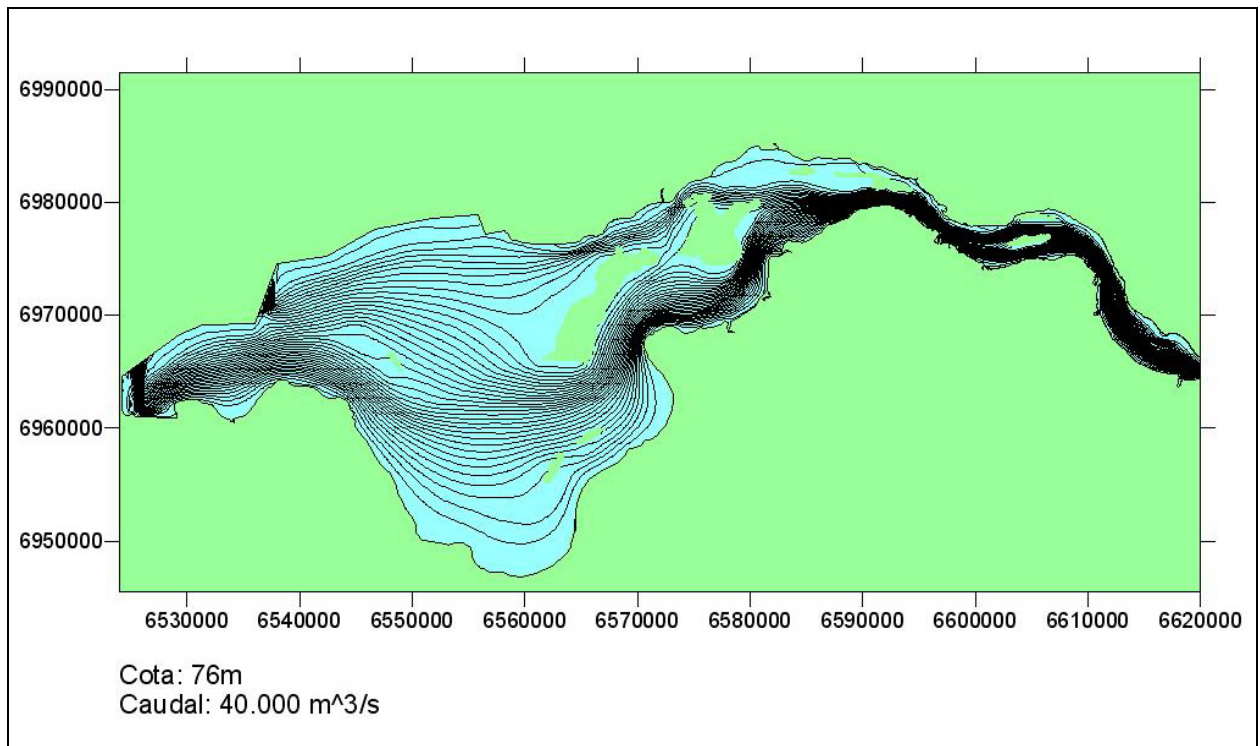


Figura 3.5: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E10a

Las figuras 3.6 a 3.10 presentan los resultados correspondientes a cota 83m. Se observa un cambio cualitativo respecto de la situación a cota 76m, ya que ahora se distingue básicamente un solo corredor de flujo, centrado sobre el eje medio del embalse. Es de esperarse que este cambio produzca efectos significativos sobre el transporte y deposición de sedimentos y contaminantes en el embalse, en comparación con las situación actual a cota 76m.

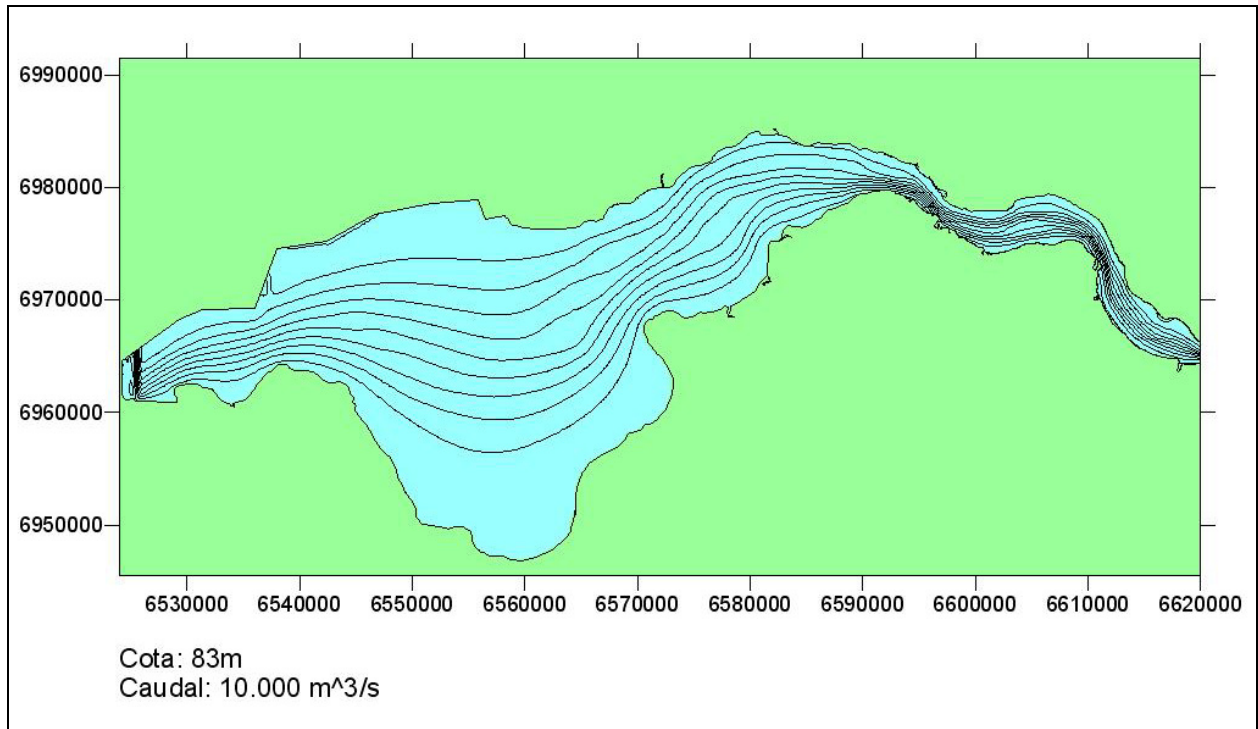


Figura 3.6: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E06b

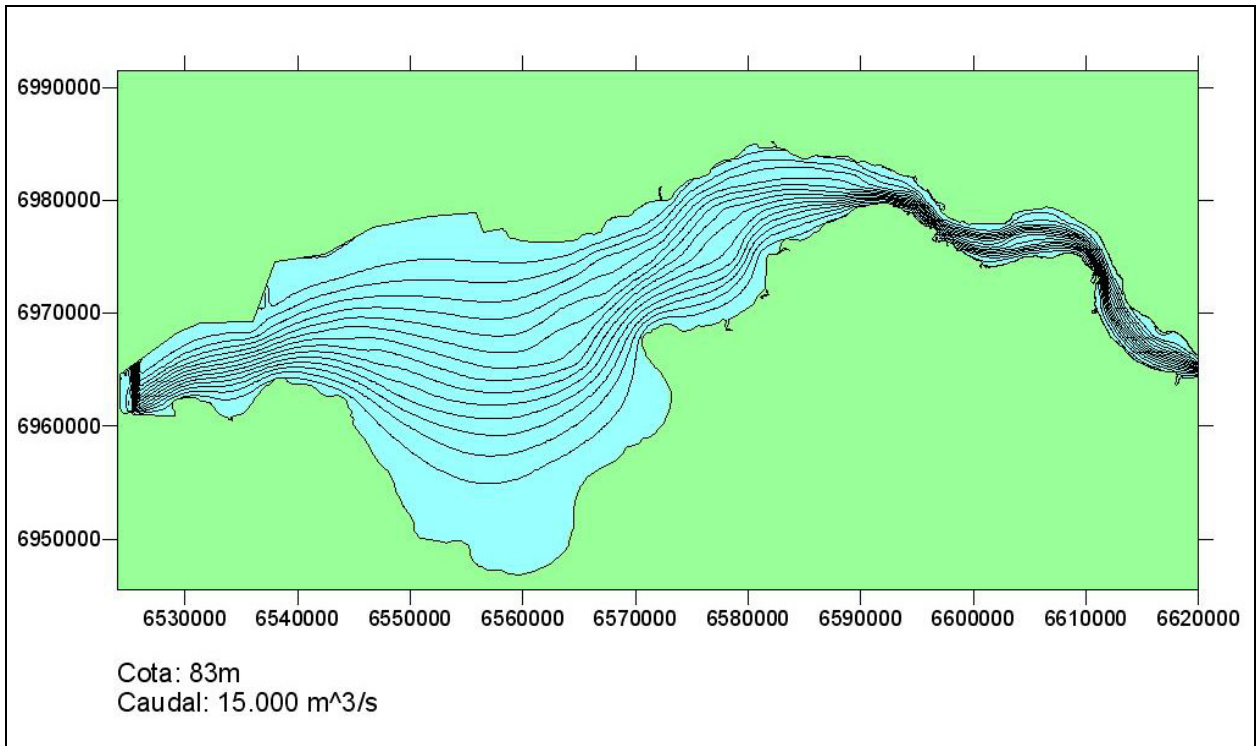


Figura 3.7: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E07b

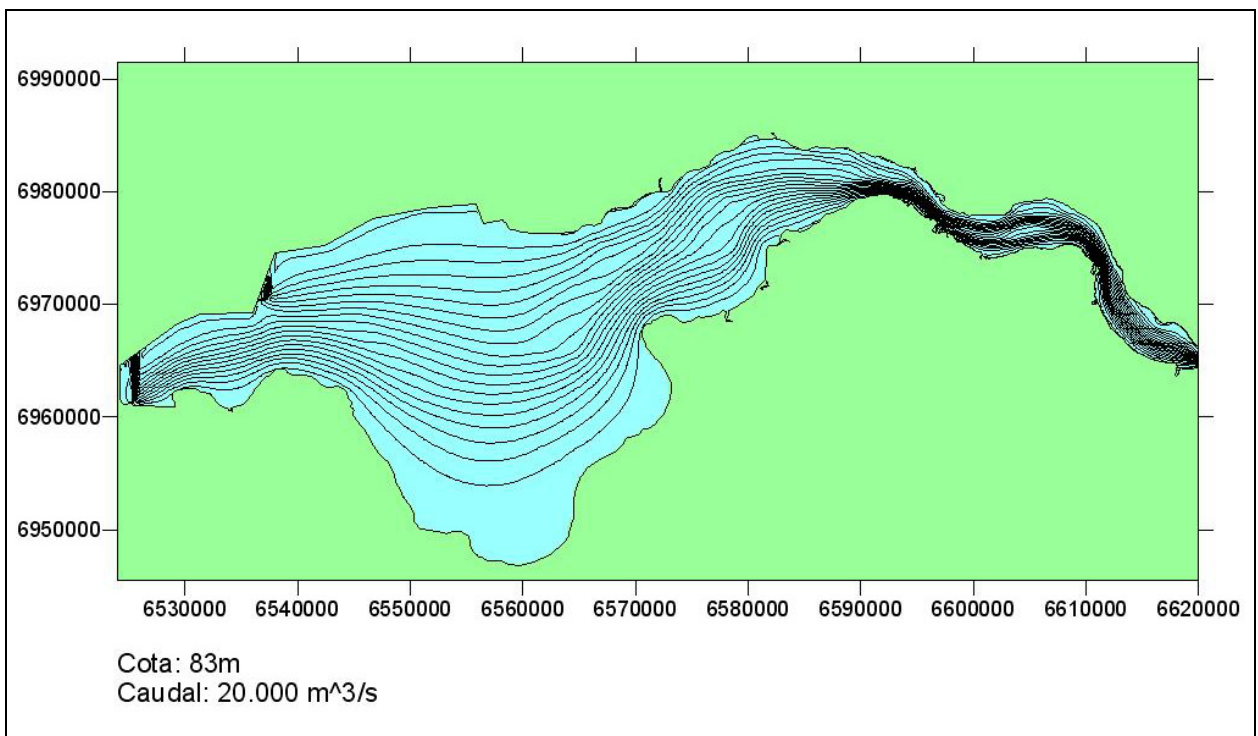


Figura 3.8: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E08b

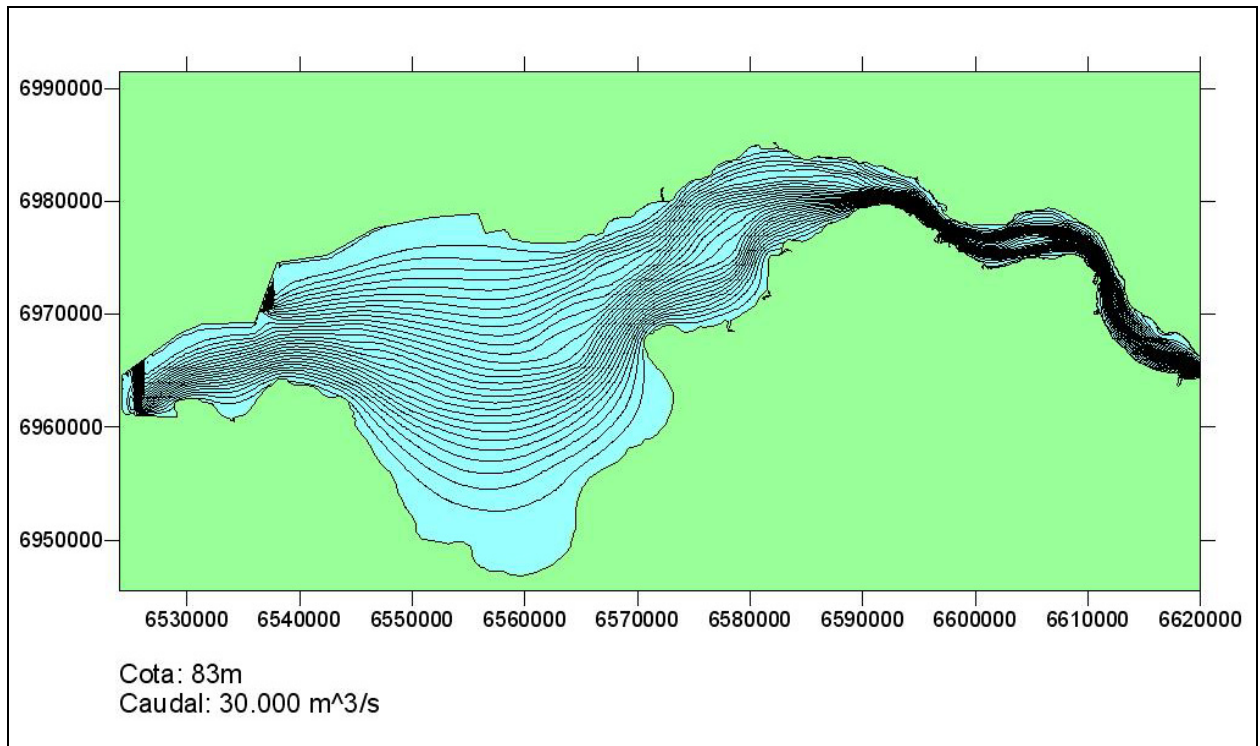


Figura 3.9: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E09b

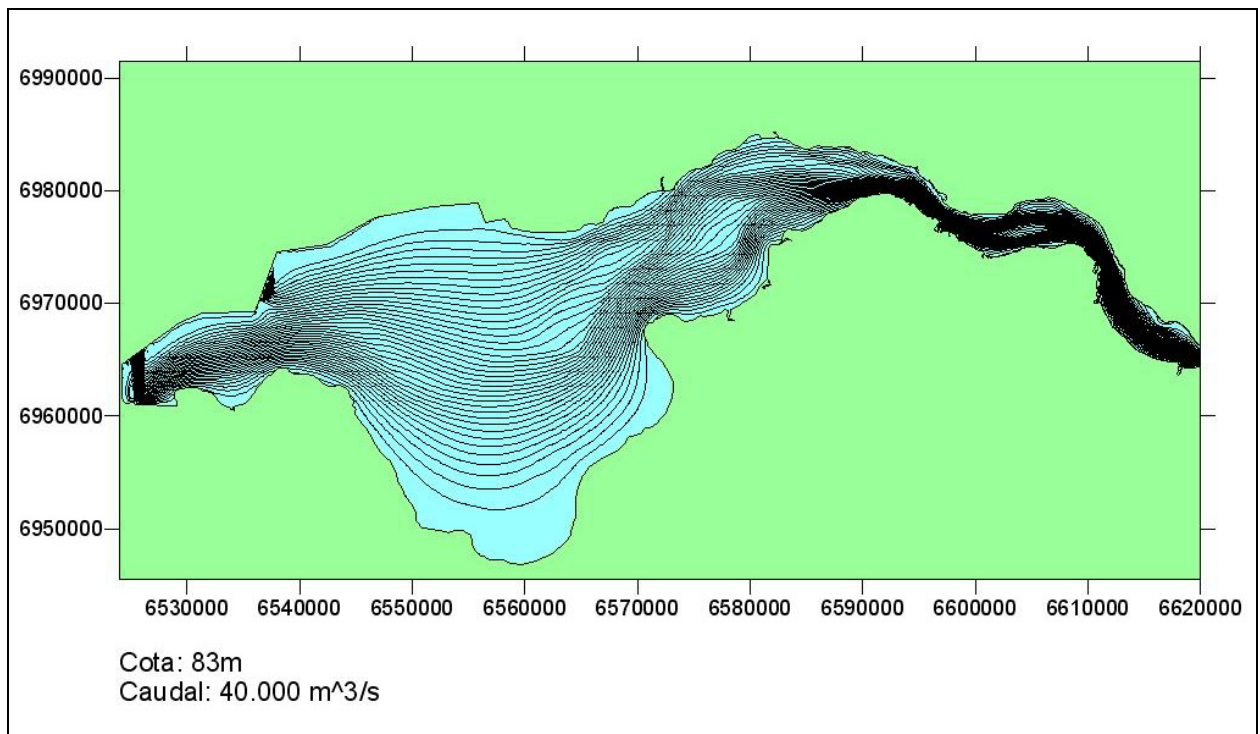


Figura 3.10: Tubos de flujo de 1000 m³/s para el escenario E10b

4 PERFILES LONGITUDINALES

Para completar el análisis, en este capítulo se presentan cortes longitudinales del pelo de agua, para caracterizar el remanso producido por la obra para diferentes condiciones hidrológicas y de operación.

Se efectuaron dos cortes, uno asociado al Brazo Aña Cuá (figura 4.1) y otro al Brazo Principal (figura 4.2), que se bifurcan a partir de un recorrido común al entrar en la zona de transición.

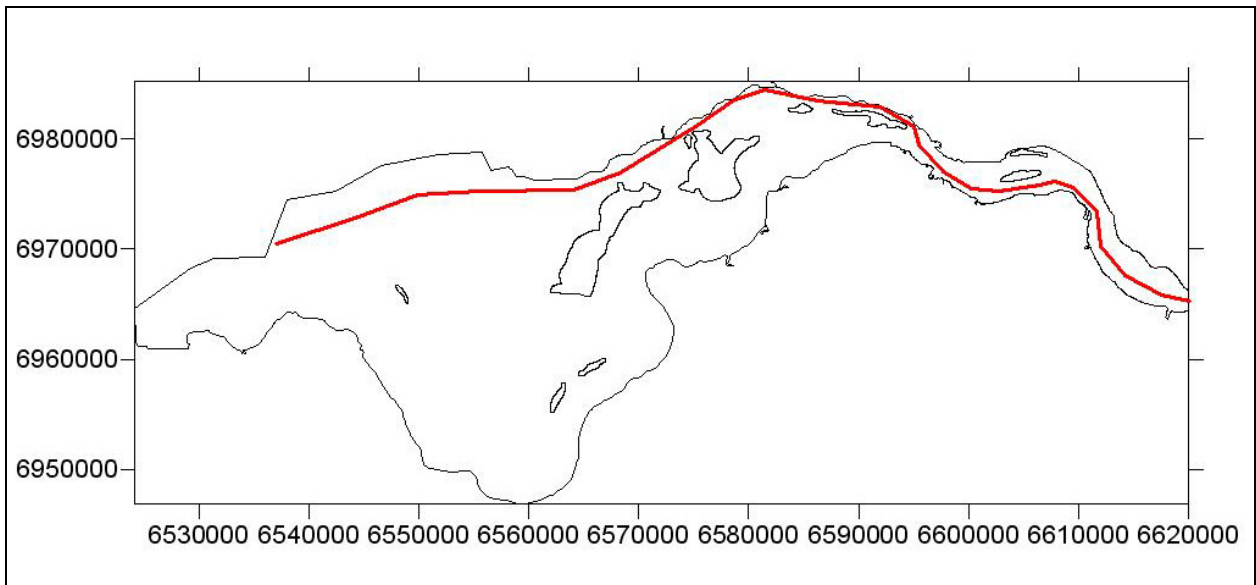


Figura 4.1: Corte longitudinal, brazo Aña Cuá

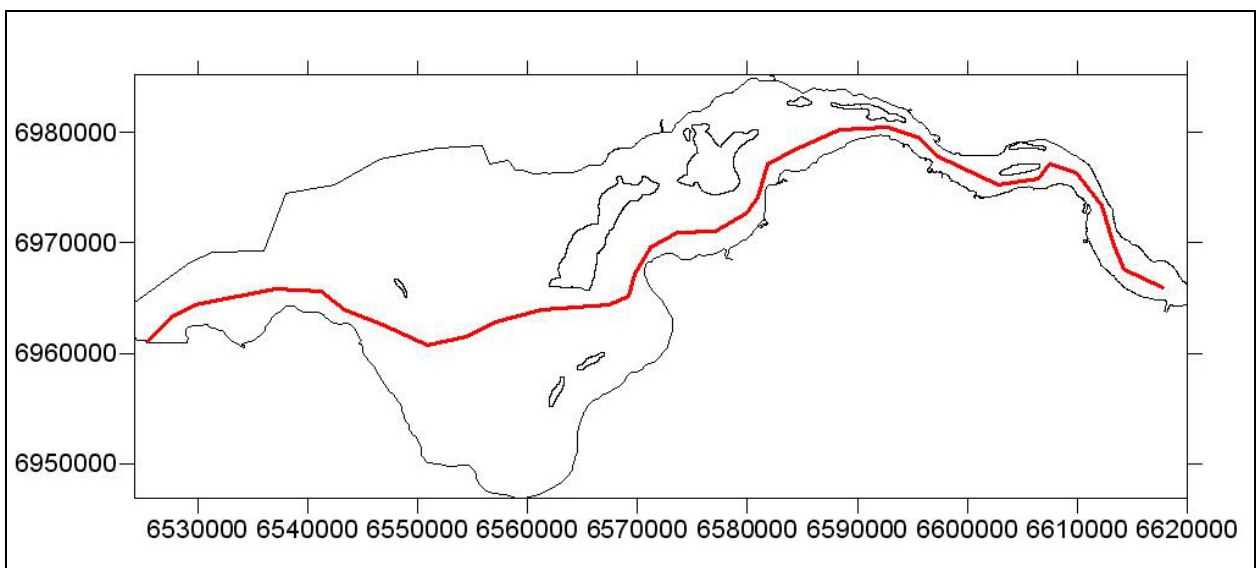


Figura 4.2: Corte longitudinal, brazo principal

Las figuras 4.3 y 4.4 presentan los perfiles correspondientes al corte sobre el brazo Aña Cuá para cotas 76m y 83m, respectivamente, para los distintos escenarios hidrológicos. Se observa la disminución significativa de los efectos de remanso al aumentar el nivel de agua: por ejemplo, para el caudal medio de 15.000 m³/s, el desnivel del pelo de agua entre Garupá y el vertedero del Aña Cuá es de aproximadamente 2,7m a cota 76m, y cae a 0,70 m cuando se eleva la cota del embalse a 83m.

La observación es similar para los cortes realizados siguiendo el Brazo Principal, mostrados en la figura 4.5 a cota 76m y la figura 4.6 a cota 83m.

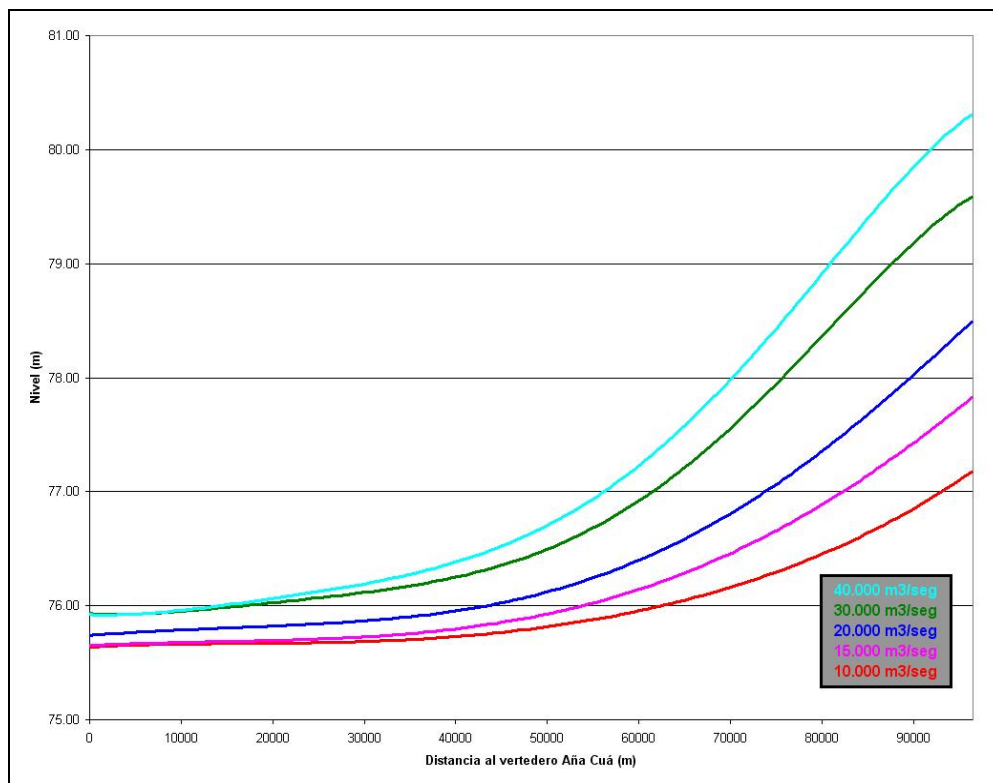


Figura 4.3: Cortes a cota 76m, brazo Aña Cuá

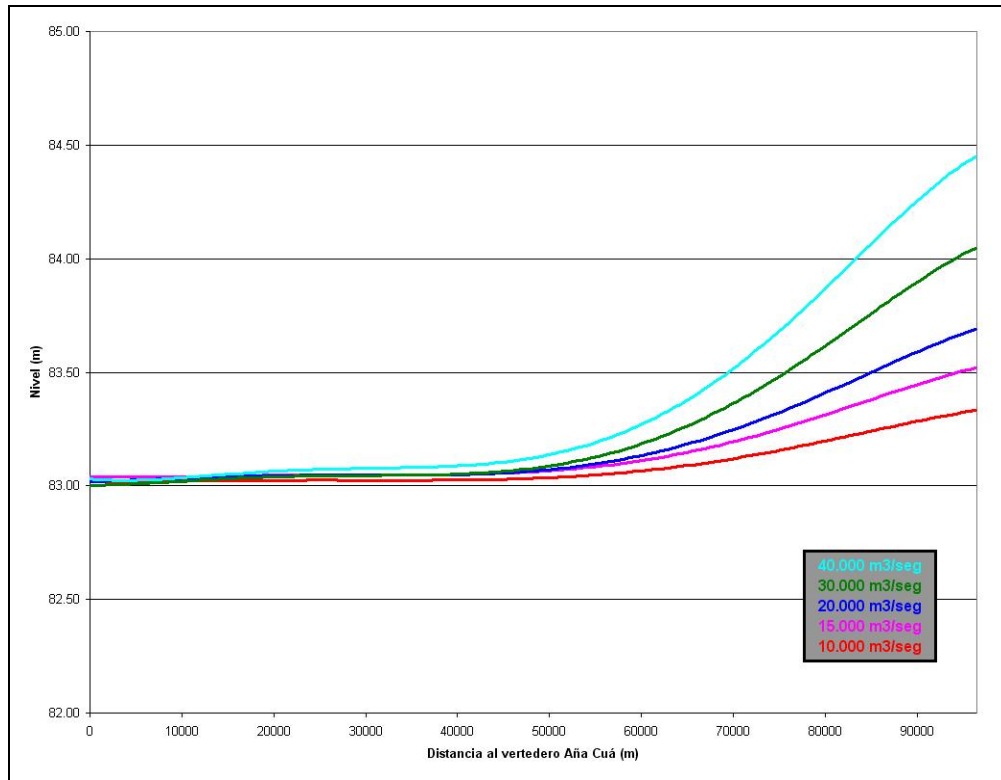


Figura 4.4: Cortes a cota 83m, brazo Aña Cuá

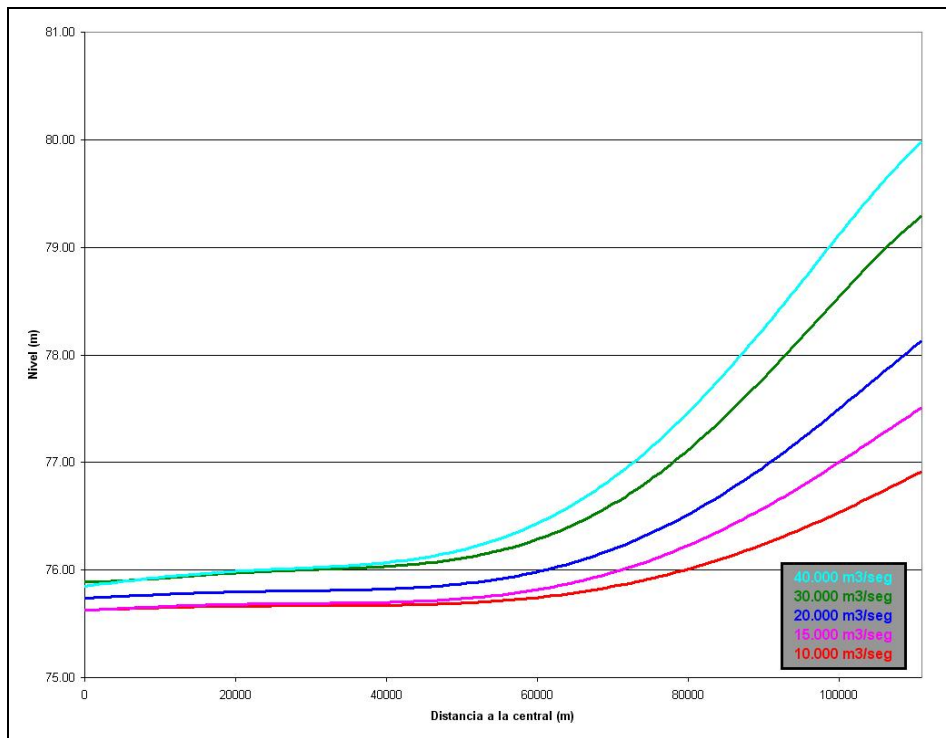


Figura 4.5: Cortes a cota 76m, brazo principal

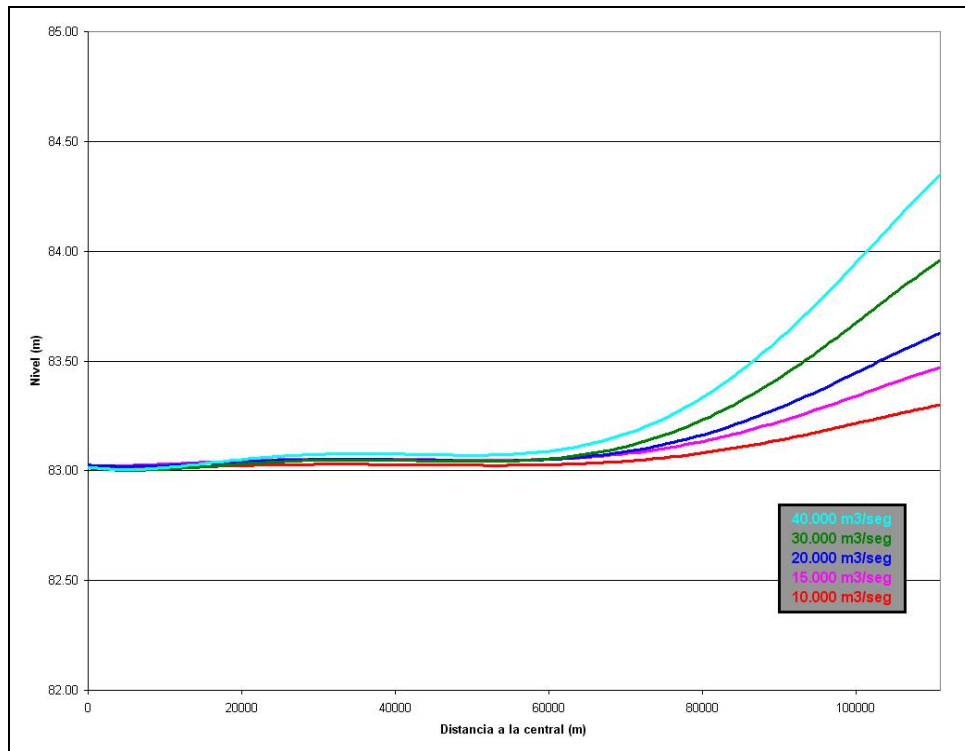


Figura 4.6: Cortes a cota 83m, brazo principal

5 CONCLUSIONES

Los resultados del modelo muestran que la elevación del nivel del embalse desde cota 76m a 83m habrá de causar, de acuerdo a lo esperado, variaciones significativas en la dinámica del sistema. En primer lugar, habrá un cambio cuantitativo: la disminución de las velocidades de corriente y del gradiente hidráulico. El cambio cualitativo más importante será la definición de un corredor de flujo central, en lugar de los dos corredores de flujo, asociados a los originales brazos del río Paraná, que se distinguen actualmente. Esto habrá de tener consecuencias importantes en el transporte de sedimentos y contaminantes.