



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

CENTRO DE ESTUDIOS Y TECNOLOGÍA DEL AGUA

INFORME TÉCNICO

CAMPAÑA DE AFORO EN RÍO QUINTO Y CANAL DEVOTO

FECHA: 7 DE MAYO DE 2015



RESPONSABLES: HORACIO HERRERO, GUILLERMO GIRARDI Y CARLOS MARCELO GARCÍA.

JUNIO DE 2015

Índice General

1. Introducción.....	3
2. Instrumental y Metodologías experimentales utilizadas.....	3
3. Secciones de medición.....	5
4. Resultados.....	8
4.1. Puente de ingreso a Villa Sarmiento.....	8
4.2. Puente Onagoity.....	10
4.3. Puente Canal Devoto.....	12
5. Conclusiones.....	15

Índice de Figuras

<i>Figura 1.- Esquema de funcionamiento del ADCP.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2.- ADCP y demás dispositivos montados en la plataforma móvil de medición.</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3.- Secciones de aforo sobre el Río Quinto y Canal Devoto.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4.- Sección de aforo sobre el Río Quinto en el puente de Villa Sarmiento.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5.- Sección de aforo sobre el Río Quinto en el puente Onagoity sobre ruta provincial 26. 7</i>	<i>7</i>
<i>Figura 6.- Sección de aforo sobre el Canal Devoto.</i>	<i>7</i>
<i>Figura 7.- Sección de aforo sobre el río Quinto en el puente de ingreso a Villa Sarmiento.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 8.- Sección de aforo sobre el río Quinto en el puente de ingreso a Villa Sarmiento.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 9.-Campo de velocidades del flujo medio (en m/s) y perfil de fondo de la sección aforada sobre el río Quinto en el puente de ingreso a Villa Sarmiento.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 10.-Lectura del nivel del pelo libre en la escala.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 11.- Sección de aforo sobre el río Quinto en el puente Onagoity.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 12.- Sección de aforo sobre el río Quinto en el puente Onagoity.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 13.-Campo de velocidades del flujo medio (en m/s) y perfil de fondo de la sección aforada sobre el río Quinto en el puente Onagoity.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 14.- Nivel del pelo libre en el puente Onagoity.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 15.- Sección de aforo sobre el Canal Devoto.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 16.- Sección de aforo sobre el Canal Devoto.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 17.-Campo de velocidades del flujo medio (en m/s) y perfil de fondo de la sección aforada en el Canal Devoto.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 18.- Nivel del pelo libre en el puente del canal Devoto.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 19.-Esquema donde se indican los resultados de los aforos realizados en secciones de medición sobre el Río Quinto y Canal Devoto.....</i>	<i>15</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1.- Características técnicas del Perfilador de Corriente Acústico Doppler utilizado.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2: Coordenadas geográficas de cada una de las secciones aforadas.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 3: Planilla resumen del aforo realizado en el río Quinto en el puente de Villa Sarmiento. .</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 4: Planilla resumen del aforo realizado en el río Quinto en el puente Onagoity.</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 5: Planilla resumen del aforo realizado en el Canal Devoto en el puente sobre ruta provincial 4.</i>	<i>14</i>

1. Introducción

El objetivo de la campaña de aforo que se detalla en este informe es la cuantificación del caudal superficial escurrido en diferentes secciones del Río Quinto y en el Canal Devoto durante el día 7 de Mayo de 2015. La campaña de aforo se realizó utilizando una técnica experimental avanzada que permite su implementación en cursos fluviales con aguas poco profundas (profundidades medias de flujo menores a 1m). En la sección 2 se describe el instrumental y metodologías experimentales utilizadas en el trabajo de campo. En la sección 3 y 4 se describen las secciones de medición y los resultados obtenidos durante la campaña de aforo, respectivamente. Finalmente en la sección 5 se resumen las principales conclusiones obtenidas sobre la base de los datos registrados en esta campaña de aforo.

2. Instrumental y Metodologías experimentales utilizadas

El instrumental utilizado para las mediciones de caudales superficiales escurridos en las distintas secciones seleccionadas en el sistema fluvial analizado es el Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP) “River Surveyour S5” (número de serie S501387) fabricado por la compañía YSI/Sontek®. El ADCP provee información batimétrica (profundidades) de la sección y de las velocidades del flujo en tres direcciones ortogonales, lo que permite definir el caudal con un error general menor al 5%.

Los Perfiladores de Corriente Acústico Doppler utilizan el efecto Doppler para determinar las velocidades relativas entre partículas en suspensión en el flujo y el instrumento. En la Figura 1 se muestra el esquema de funcionamiento del ADCP. El instrumento emite una onda acústica a una determinada frecuencia (f_1), la cual es luego reflejada por partículas en suspensión en el flujo (sedimentos, plancton, algas, etc.). La onda acústica reflejada es detectada por el instrumento y la misma posee una frecuencia (f_2) diferente con la que fue emitida. Mediante la determinación de la diferencia de frecuencias entre la onda emitida y reflejada el dispositivo calcula, utilizando el efecto Doppler, la velocidad relativa al instrumento de las partículas en suspensión la cual bajo ciertas hipótesis puede ser asumida igual a la velocidad del flujo (baja inercia de las partículas). En todos los casos se utilizó como sistema de referencia para determinar la posición del bote el método GPS-VTG para evitar efectos de la presencia de fondo móvil. El tiempo mínimo recomendado por el USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) para una cuantificación precisa del caudal es de 12 minutos durante los cuales hay que realizar un número par de transectas o cruces (al menos dos).

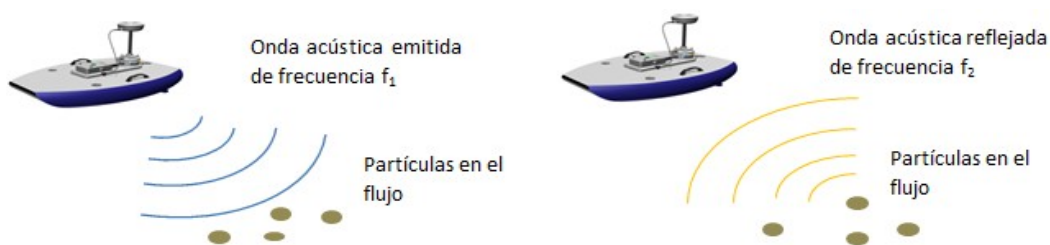


Figura 1.- Esquema de funcionamiento del ADCP

El instrumento se puede configurar y operar desde una computadora personal portátil o bien con un teléfono celular, ambos dispositivos capaces de registrar los datos medidos. La configuración de registro del ADCP RiverSurveyor S5 y la visualización de los resultados obtenidos se realiza con el programa computacional RiverSurveyor Live. Específicamente se utilizó el software River Surveyour Live v.2.00 y firmware RiverSurveyor v1.0.0, de acuerdo a las recomendaciones sugeridas por YSI/Sontek. Una de las principales características de firmware RiverSurveyor v1.0.0 esta versión es la incorporación del algoritmo “SmartPulse” el cual, en base a la profundidad, velocidad y niveles de turbulencia del flujo, adapta el esquema de pulso acústico para esas condiciones con el fin de proveer la máxima resolución de datos de velocidad, con tamaños de celda tan pequeños como 2 cm. La selección del esquema óptimo se realiza automáticamente.

El dispositivo de medición no posee movilidad propia, motivo por el cual es necesario colocar el ADCP en un bote o plataforma móvil capaz de transportarlo a través de la sección sobre la que se realizará la medición. El bote utilizado en estas campañas de aforo se muestra en la Figura 2. En esa figura se muestran además dispositivos complementarios instalados en el bote durante los aforos como por ejemplo el módulo de procesamiento y comunicación (utilizando el sistema bluetooth) y un GPS con su respectiva antena. En todas las secciones de medición se utilizó como sistema de referencia para determinar la posición del bote el método GPS-VTG para evitar efectos de la presencia de fondo móvil. El tiempo mínimo recomendado por el USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) para una cuantificación precisa del caudal es de 12 minutos durante los cuales hay que realizar un número par de transectas o cruces (al menos dos).

Las características técnicas del Perfilador de Corriente Acústico Doppler utilizado se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.- Características técnicas del Perfilador de Corriente Acústico Doppler utilizado

Medición de velocidad	Rango de mediciones	0.06 a 5 m
	Velocidades	+/- 20 m/s
	Precisión	Hasta +/- 0.25% de la velocidad medida
	Resolución	0.001 m/s
	N° de celdas	Hasta 128
	Tamaño de celda	0.02 a 0.5 m
Configuración del transductor	Cinco (5) transductores	4 rayos de 3.0 MHz inclinados a 25° Rayo vertical de 1.0 MHz
Profundidad	Rango de mediciones	0.20 a 15 m
	Precisión	1%
	Resolución	0.001 m
Medición de flujos	Rango con <i>Bottom-track</i> (seguimiento de fondo)	0.30 a 5 m
	Rango con GPS	0.30 a 15 m
	Cálculos	Internos



Figura 2.- ADCP y demás dispositivos montados en la plataforma móvil de medición.

3. Resultados

3.1. Puente de ingreso a Villa Sarmiento

En la Figura 7 y Figura 8 se observan imágenes del aforo realizado por el equipo de trabajo el día 7/05/2015 en el puente de ingreso a la localidad de Villa Sarmiento. Luego, en la Tabla 3 se muestra el resumen del aforo realizado en dicha sección.



Figura 7.- Sección de aforo sobre el río Quinto en el puente de ingreso a Villa Sarmiento.



Figura 8.- Sección de aforo sobre el río Quinto en el puente de ingreso a Villa Sarmiento.

Tabla 3: Planilla resumen del aforo realizado en el río Quinto en el puente de Villa Sarmiento.

Transecta	Margen de Inicio	Ancho [m]	Área [m ²]	Velocidad Media [m/s]	Q Total [m ³ /s]
1	Izquierda	23.74	14.88	0.78	11.57
2	Derecha	23.61	14.19	0.82	11.56
3	Izquierda	23.60	15.54	0.74	11.48
4	Derecha	23.69	14.78	0.75	11.02
Promedio		23.66	14.85	0.77	11.41
Desvío		0.058	0.480	0.030	0.226
Desv/Prom		0.002	0.032	0.039	0.020

En la Figura 9 se observa el campo medio de velocidades del flujo y el perfil del fondo de la sección. La progresiva 0 de la figura corresponde a la margen izquierda de la sección.

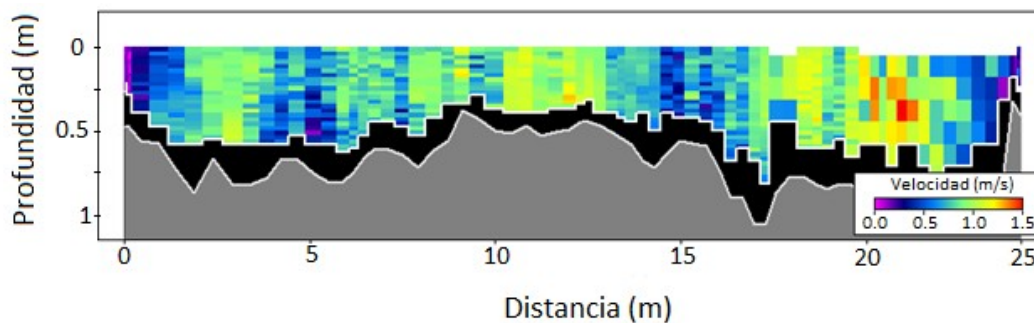


Figura 9.-Campo de velocidades del flujo medio (en m/s) y perfil de fondo de la sección aforada sobre el río Quinto en el puente de ingreso a Villa Sarmiento

El campo de velocidades del flujo medio muestra una distribución cuasi uniforme de velocidades a lo largo de la sección transversal con un valor medio de 0.77 m/s, y el valor máximo se registró en cercanías de la margen izquierda con un valor de 1.5 m/s. La profundidad media (calculada como la relación Área/Ancho) para esta condición hidrológica fue de 0.63 m, y la máxima profundidad fue de 1.0 m. La relación ancho-profundidad B/H es de 38. La lectura de la escala ubicada en el puente fue de 0.70 m (ver Figura 10).

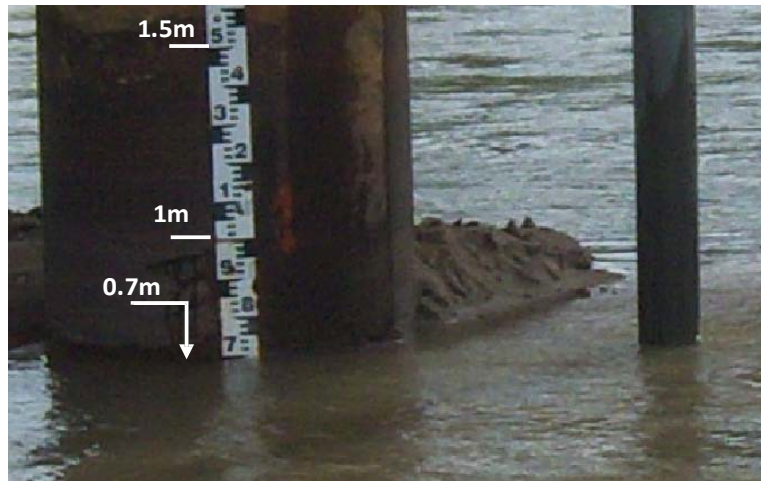


Figura 10.-Lectura del nivel del pelo libre en la escala

3.2. Puente Onagoity

En la Figura 11 y Figura 12 se observan imágenes del aforo realizado por el equipo de trabajo el día 07/05/2014 en el puente sobre ruta provincial 26, en cercanías de la localidad de Onagoity. Luego, en la Tabla 4 se muestra el resumen del aforo en dicha sección.



Figura 11.- Sección de aforo sobre el río Quinto en el puente Onagoity.



Figura 12.- Sección de aforo sobre el río Quinto en el puente Onagoity.

Tabla 4: Planilla resumen del aforo realizado en el río Quinto en el puente Onagoity.

Transecta	Margen de Inicio	Ancho [m]	Área [m ²]	Velocidad Media [m/s]	Q Total [m ³ /s]
1	Izquierda	21.69	21.62	0.76	16.35
2	Derecha	22.15	22.74	0.74	16.83
3	Izquierda	21.26	21.85	0.78	17.09
4	Derecha	21.59	22.19	0.74	16.31
Promedio		21.67	22.10	0.75	16.65
Desvío		0.318	0.485	0.021	0.330
Desv/Prom		0.015	0.022	0.028	0.020

En la Figura 13 se observa el campo medio de velocidades del flujo y el perfil del fondo de la sección. La progresiva 0 de la figura corresponde a la margen izquierda de la sección.

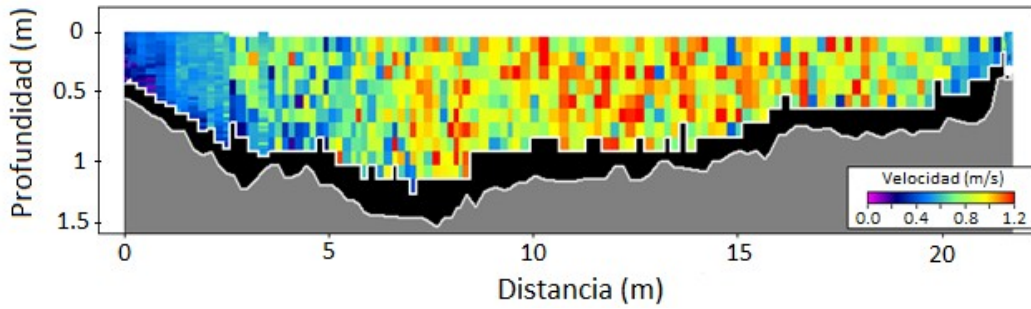


Figura 13.-Campo de velocidades del flujo medio (en m/s) y perfil de fondo de la sección aforada sobre el río Quinto en el puente Onagoity.

El campo de velocidades del flujo medio muestra una distribución cuasi uniforme de las velocidades en la sección, con un valor medio de 0.75 m/s, y el valor máximo registrado fue de 1.2 m/s. La profundidad media (calculada como la relación Área/Ancho) para esta condición hidrológica fue de 1.02 m, y la máxima profundidad fue de 1.51 m en cercanías de la margen izquierda. La relación ancho-profundidad es B/H es de 21. La distancia vertical desde la superficie libre al nivel de base del tablero fue de 2.30m (ver Figura 14). El nivel del pelo de agua desde el fondo fue de 1.32m.

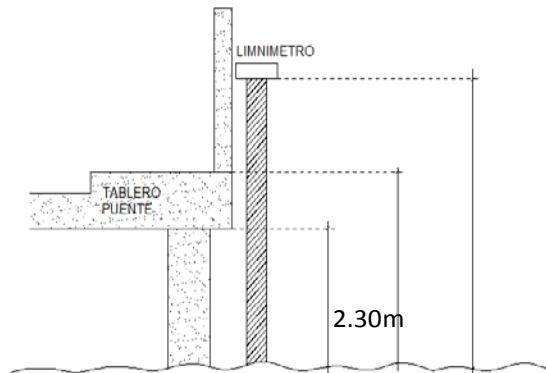


Figura 14.- Nivel del pelo libre en el puente Onagoity.

4. Conclusiones

En la Figura 19 se presenta un esquema donde se muestran los valores de caudales aforados en dos secciones del río Quinto, y una sección en el Canal Devoto perteneciente a la cuenca del río Carcarañá, mediante el empleo de un ADCP River Surveyor S5, que constituye una moderna técnica de medición del flujo con alta resolución espacial y temporal.

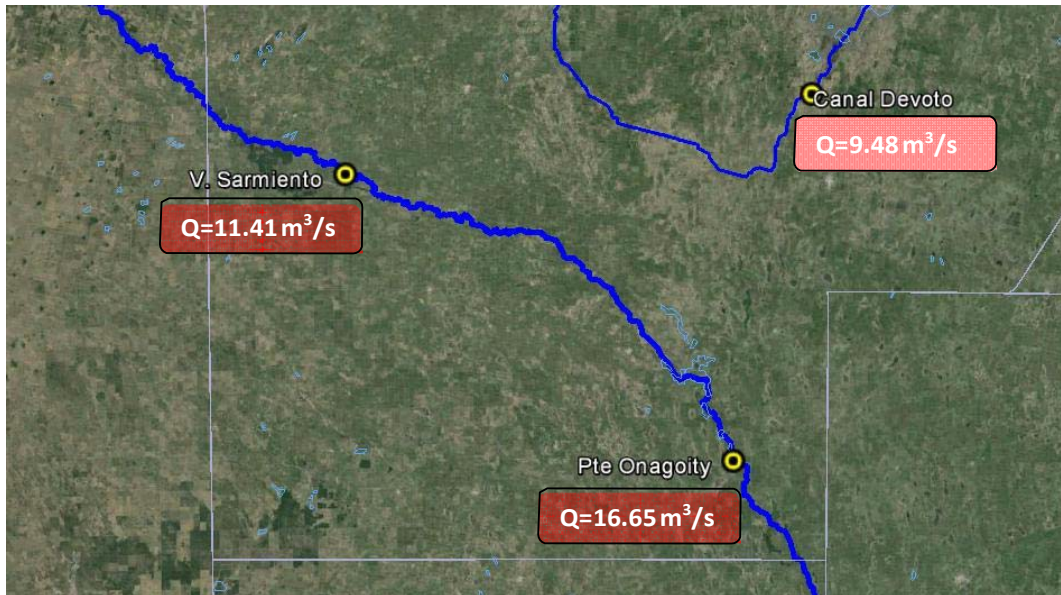


Figura 19.-Esquema donde se indican los resultados de los aforos realizados en secciones de medición sobre el Río Quinto y Canal Devoto.

El caudal máximo acumulado se registró en la sección del puente Onagoity, con un valor de $16.65 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con los aforos realizados en forma conjunta a los registros de niveles de superficie libre, se cuenta con nuevos datos para la confección de la relación altura-caudal en distintas secciones del río Quinto y el Canal Devoto.