

Aforos y Capacitación

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Fomento a la Investigación Científica Fondos Concursables de Proyectos de I+D

PROYECTO 14-INV-280: DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE PRONOSTICO DE NIVELES Y CAUDALES DEL RIO PARAGUAY

Servicio de Mediciones de Caudales río Paraguay, en Asunción y Taller de Capacitación -2018



Informe Final

Responsable Ing. José Luis Avila Rodas

Equipo: UC-ANNP-MADES

Asunción, octubre de 2018

Tabla de contenido

1	Introducción.....	3
2	Antecedentes	3
3	Objetivos de la Consultoría	4
4	Características del Río Paraguay.....	4
5	Niveles Característicos del Río Paraguay en Asunción.....	4
6	Niveles Hidrométricos de Asunción Año 2018	5
7	Mediciones realizadas.....	7
7.1	Equipos utilizados	8
7.2	Sección transversal.....	9
7.3	Planilla resumen de mediciones de Caudal	10
7.3.1	Medición realizada el día 17 de mayo de 2018.....	10
7.3.2	Medición realizada el día 05 de junio de 2018.....	11
7.3.3	Medición realizada el día 26 de junio	12
7.3.4	Medición realizada el día 11 de julio	13
8	Curva Altura-Caudal de Asunción	13
8.1	Curva con datos del periodo 1970-1992	16
8.2	Curva con datos del periodo 1970-1980	16
8.3	Curva con datos del periodo 1980-2018	17
8.4	Curva con datos del periodo 1970-2018	17
9.	Conclusiones de las mediciones realizadas.....	18
9.	INFORME DEL TALLER DE CAPACITACION.....	19
9.1	Programa del curso.....	19
9.2	Lista de participantes	22
9.3	Imágenes fotográficas del taller de capacitación UCA- Asunción	24

1 Introducción

El Centro de Tecnología Apropiada (CTA) de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UCA, con la CONACYT implementan un Sistema de Pronósticos de Niveles y Caudales del río Paraguay y una de las actividades prevista en el proyecto es la realización de mediciones de caudales en Asunción en la estación de Remanso Castillo que incluye también un curso de Capacitación de mediciones hidrológica con énfasis en mediciones de Caudales.

Como el propósito de la Universidad es más investigativo y a fin de que estas mediciones puedan se puedan seguir realizando una vez que termine la consultoría, las mediciones se realizaron en forma conjunta con la SEAM y la ANNP, que son los organismos del estado encargados de realizar las mediciones en los ríos y arroyos del país. Con las mediciones realizadas sirvió para actualizar la Curva Altura – Caudal del río Paraguay en Asunción, que es una herramienta fundamental para el Proyecto.

Además, se realizó un curso de capacitación con la participación de técnicos de las instituciones involucradas, profesionales del sector hídrico y estudiantes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de UCA.

2 Antecedentes

El río Paraguay es uno de los principales ríos de América del Sur, tiene su nacimiento al sur de Diamantino en Mato Grosso, Brasil. Sigue un curso en general hacia el suroeste, es el principal afluente del río Paraná y uno de los más importantes de la Cuenca del Plata. Su cuenca, que tiene una superficie de 1.170.000 km², está entre las 20 mayores de la Tierra. Tiene una longitud total de 2.626 km. Además, tiene una gran variabilidad de caudal que puede ser de 850 a 12.000 m³/seg.

En el territorio paraguayo el río tiene una extensión total de 1.250 km. y en su ribera se asientan centros urbanos importantes como Concepción, Asunción, Alberdi y Pilar, además de otras poblaciones

Se realizan mediciones diarias de niveles hidrométricos en varias estaciones a lo largo del río, en algunas de ellas, como Asunción existen más de 100 años de registro diario, Pero en mediciones de caudales existe un déficit que debe ser superado para poder tener mejores resultados en la calibración de la curva altura caudal. En ese sentido, en Asunción se tiene registro de mediciones de caudales desde el año 1970, se contabilizaron 46 mediciones antes de las realizadas en esta consultoría. Con las 4(cuatro) mediciones realizadas, se cuentan con 50 mediciones actualmente.

3 Objetivos de la Consultoría

El Objetivo es fortalecer la capacidad técnica de las instituciones nacionales para realizar mediciones de caudal en forma sistemática en el río Paraguay y en los cursos hídricos del país, así como contar con una curva Altura-Caudal actualizada, en Asunción.

4 Características del Río Paraguay

La cuenca del río Paraguay (42 % de la cuenca del Plata) está constituida principalmente por una gran planicie, estando su nacimiento a unos 300 metros sobre el nivel del mar, excluyendo las cabeceras de los ríos Pilcomayo y Bermejo que descienden del altiplano boliviano con sus valles profundos y de laderas abruptas y la parte meridional de la margen izquierda del río Paraguay, comprendida entre los ríos Apa y su confluencia con el río Paraná, el resto de la cuenca se extiende por una inmensa llanura de naturaleza aluvial de muy escasa pendiente y con extensas planicies de inundación; la zona inundable se restringe a un ancho variable de 5 a 10 Km y ocupa mayoritariamente la margen derecha, siendo el terreno de la margen izquierda más alto y firme.

El río Paraguay cuenta con una longitud de 2.600 km, y una cuenca de 1.170.000 km² y un módulo de 2.800 m³/seg.

5 Niveles Característicos del Río Paraguay en Asunción

En Asunción se tiene registro desde el año 1904, con el cual se puede realizar análisis y caracterización de los niveles del río.

Los niveles, en la escala (regla) hidrométrica de Asunción varían desde un mínimo de -0,39 m en el año 1.967 y un máximo de 9,01 m en año 1.983, donde ocurrieron ciclos de aguas bajas y aguas altas, que puede verse en las figuras 1 al 5

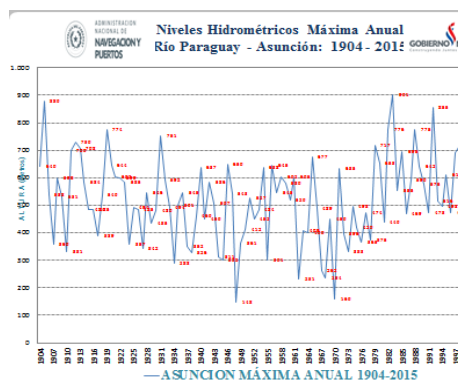


Fig. 1: Niveles máximos anuales

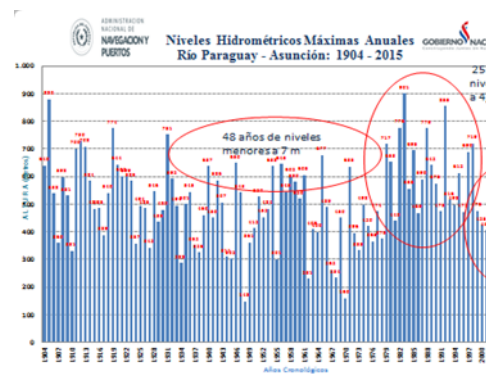


Fig. 2: Ciclos visibles

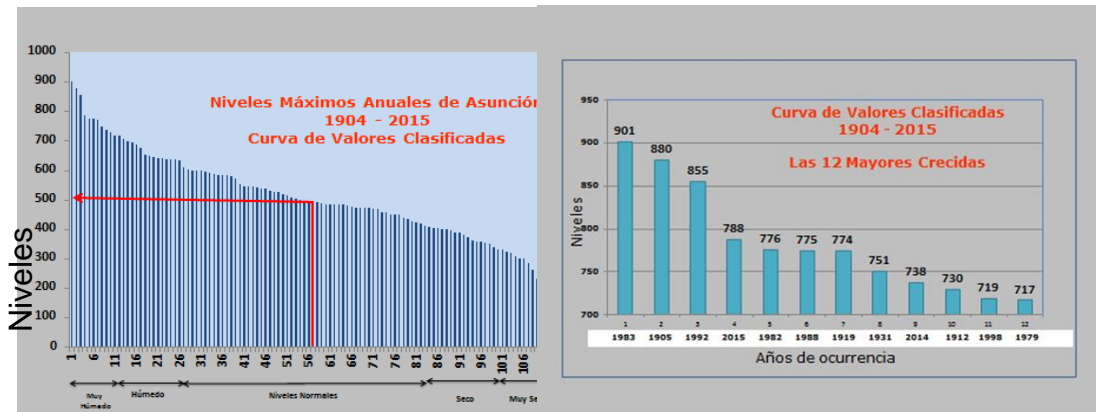


Fig. 3: Curva de valores Clasificadas

Fig. 4: Las 12 Mayores Crecidas Registradas

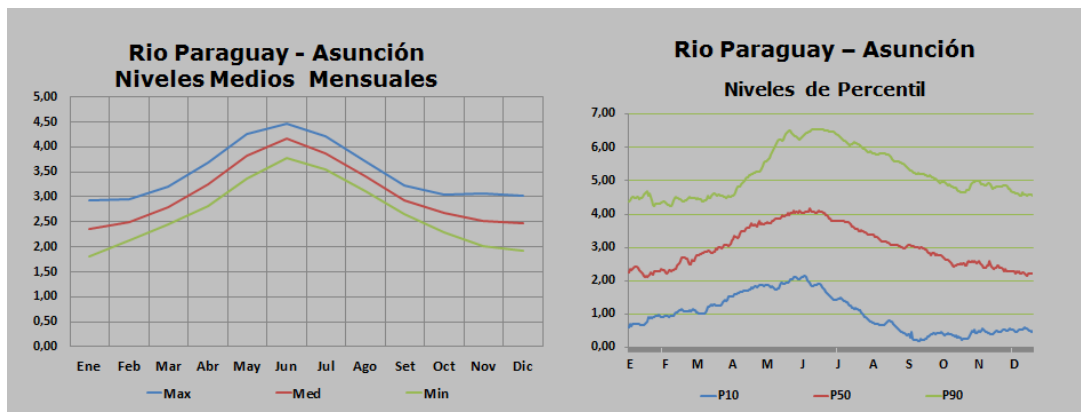


Fig. 5: Niveles Medios de Asunción




Del análisis de los datos se puede concluir que el río Paraguay tiene un periodo de crecida en los meses de marzo a setiembre y un periodo de estiaje desde octubre hasta febrero. Además, es importante destacar que en los últimos años se registraron situaciones atípicas donde el río tuvo su máxima del año, en el mes de diciembre o en enero.

También se puede pensar que en época de la guerra del Paraguay contra la triple alianza (1870), hubo una crecida extraordinaria, por ese motivo los buques de guerra que se encuentran en Vapor Cué llegaron a ese sitio.

6 Niveles Hidrométricos de Asunción Año 2018

Se presenta los niveles hidrométricos de Asunción que comprende las fechas de las mediciones de caudal proveídas por la ANNP

Desarrollo de un sistema de pronósticos de niveles y caudales del río Paraguay
 Mediciones de Caudal en Asunción

 ADMINISTRACION NACIONAL DE NAVEGACION Y PUERTOS		RIO PARAGUAY ASUNCION		 TETÁ REKUÁI GOBIERNO NACIONAL Jajapo nande raperá ko'aga guive Construyendo el futuro hoy								
Año: 2018												
Días	Ener	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
1	372	584	501	548	470	442	435	392	376			
2	387	584	503	544	470	444	432	392	377			
3	397	582	506	542	464	445	431	391	379			
4	410	580	515	541	459	446	433	389	379			
5	416	576	520	540	459	446	430	387	378			
6	430	574	526	539	452	447	430	387	378			
7	440	570	530	538	449	447	427	386				
8	452	566	530	537	446	447	426	384				
9	464	563	534	536	438	450	426	384				
10	470	557	538	538	436	450	422	384				
11	484	552	540	536	436	450	422	384				
12	494	549	545	534	434	450	420	384				
13	502	540	548	530	432	452	419	384				
14	528	536	550	534	430	452	416	384				
15	538	528	552	537	428	452	415	384				
16	548	518	554	530	426	454	413	384				
17	552	518	554	530	424	452	410	384				
18	556	510	555	529	422	452	410	382				
19	559	508	555	527	421	450	408	380				
20	563	510	555	526	430	450	404	379				
21	568	508	557	520	432	449	404	379				
22	570	506	556	518	434	448	403	382				
23	572	504	555	516	436	444	401	381				
24	572	500	554	510	434	440	400	380				
25	574	499	554	507	434	440	400	380				
26	575	500	553	504	437	439	398	381				
27	577	500	552	494	436	438	397	380				
28	578	500	550	492	437	436	396	380				
29	584		550	485	437	432	396	380				
30	584		549	480	437	436	394	379				
31	585		546		438		393	377				
Max.	585	584	557	548	470	454	435	392	379	0	0	0
Prom.	513	537	542	525	439	446	413	383	378	#####	#####	#####
Min.	372	499	501	480	421	432	393	377	376	0	0	0
PROMEDIO ANUAL ##### MAXIMA ANUAL : 585												
 Fechas y niveles de las mediciones de caudales												

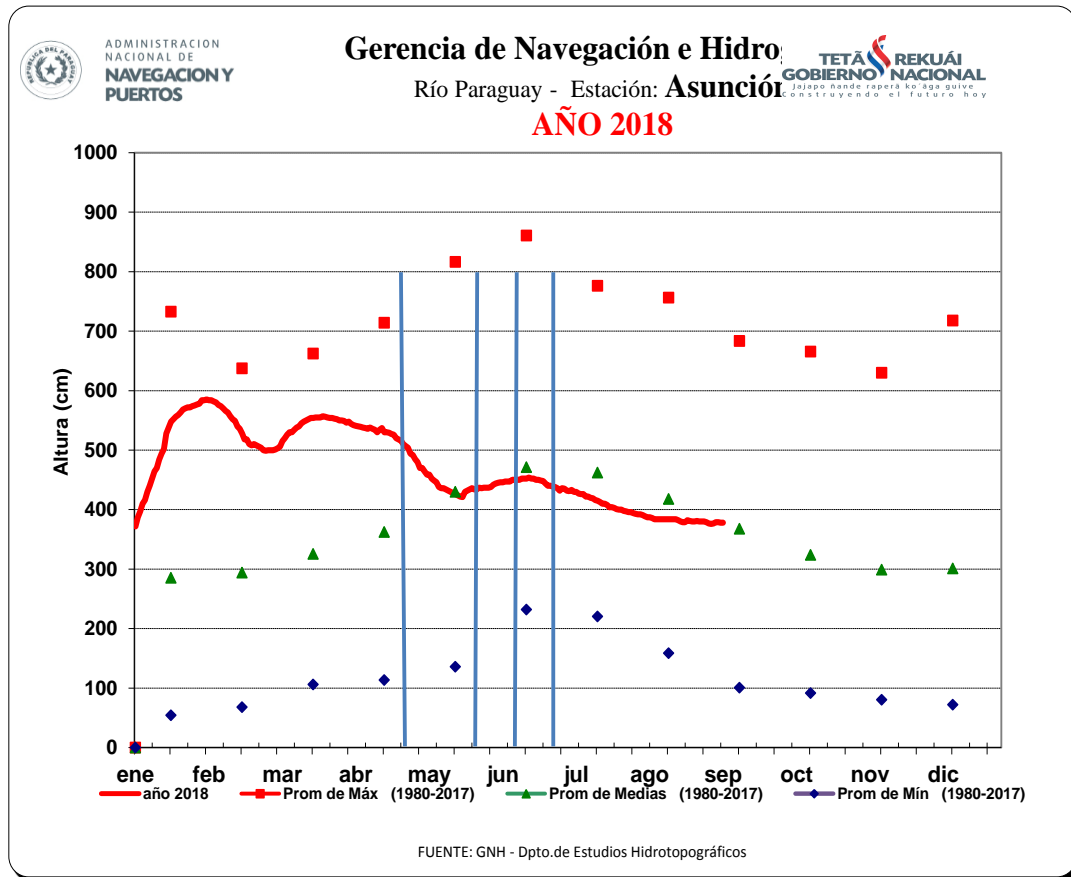


Gráfico de niveles – Año 2018

7 Mediciones realizadas

La metodología empleada para realizar las mediciones de caudal fue mediante instrumentos de efecto Doppler. Este equipo de ADCP se instaló en una embarcación en movimiento, específicamente en una lancha adecuada para el equipamiento con el instrumento mide simultáneamente la velocidad y profundidad del agua y la trayectoria de la embarcación para calcular el caudal. Este método permite calcular el caudal a medida que la embarcación atraviesa el río.

Como el resultado de una medición no es suficiente para proporcionar un valor exacto del flujo/caudal; únicamente proporciona una imagen instantánea del flujo. Para conseguir un valor más exacto del caudal del río, se realizaron varias mediciones con el cual se promedió de varias travesías. Todos los instrumentos se comunicaban con una computadora para el procesamiento de cálculo del caudal. En todas las mediciones previamente se calibró los equipos de medición de caudal, asegurando que el cabeceo y balanceo y la velocidad de la barca/instrumento se sitúen dentro de unos límites aceptables durante las mediciones.

En el marco de la consultoría se realizaron cuatro mediciones, estaban previstas tres mediciones, se realizó una más a fin de tener la mayor cantidad de puntos para mejorar la curva Altura – Caudal, las mediciones se realizaron los días 17 de mayo, 05 de junio, 26 de junio y 11 de julio del corriente año.

7.1 Equipos utilizados

Para las mediciones de caudal se usó un equipo River Surveyor de SonTek M9, el cual se basa en el principio físico del Efecto Doppler Acústico, diseñado para medir caudal, velocidades, profundidad y otros parámetros. Cuenta con un sistema de multi frecuencia, permitiendo medir ríos de pocas y altas profundidades.

Además, con el propósito de tener una mejor resolución del lecho en el perfil de mediciones se utilizó un equipo de batimetría de la marca Odom modelo Ecotrak, mono haz que cuenta con una precisión de 0,10 m. Para la ubicación en planta se utilizó un GPS de doble frecuencia conectada a una computadora que contiene un software de hypack, que permite ver en tiempo real, la trayectoria previamente definida, y la profundidad de la sección en la pantalla de la notebook, a bordo de la embarcación.

Para realizar las mediciones el M9 se monta en una estructura liviana diseñada para contener todo los equipos de medición ADCP, GPS y todos los dispositivos auxiliares necesarios para realizar las mediciones. Este equipo se avalúa a un casco de aluminio para 8 personas, con un motor fuera de borda con el cual se realiza la travesía de costa a costa para medir el caudal que pasa por la sección. La dirección de la sección y la profundidad se obtiene con el equipo de batimetría que se encuentra instalada en la embarcación



Fig. 6: M9 en su estructura liviana, avaluada a la embarcación



Fig. 7: Embarcación y equipos

7.2 Sección transversal

Las mediciones se realizaron en la zona de Remanso Castillo, a 200 metros aguas abajo del puente, que se muestra en la figura, para poder mantener la misma sección se utilizó GPS de doble frecuencia, con corrección satelital, y para medir las profundidades se utilizó un ecobatímetro con precisión de 10 cm.

Se muestra, también un perfil de la sección transversal, que está reducido al cero del hidrómetro de Asunción.

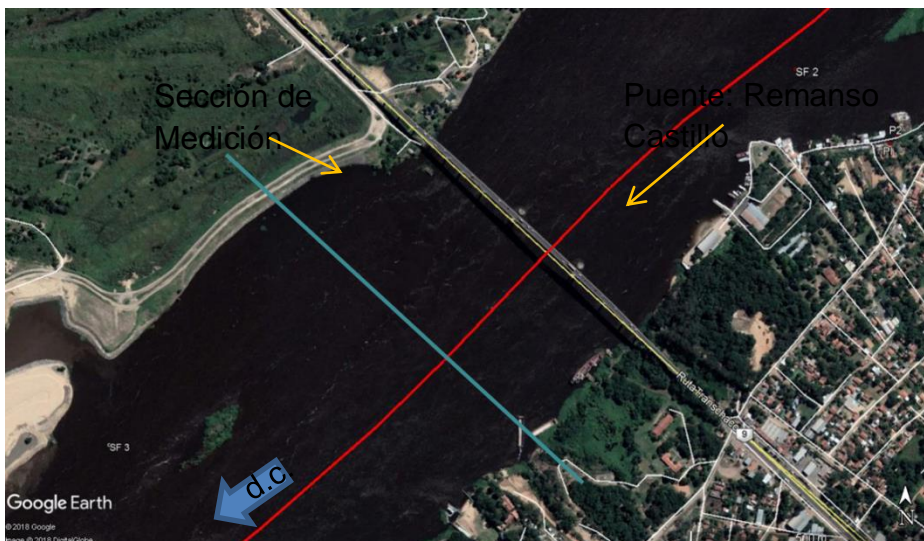


Fig. 8: Sección de medición

Desarrollo de un sistema de pronósticos de niveles y caudales del rio Paraguay Mediciones de Caudal en Asunción



Fig. 9: Perfil de la sección Transversal

7.3 Planilla resumen de mediciones de Caudal

7.3.1 Medición realizada el día 17 de mayo de 2018

Resumen de Medida de Caudal										Fecha de medida: martes, 20 de febrero de 2018									
Información de la Estacion					Información de la Medida														
Estacion Remanso Castillo					Equipo M9														
Estacion Nº *					Plataforma Lancha M90														
Localización MRA					Medida Nº *														
Información de Sistema			Configuración del Sistema			Unidades													
Tipo de sistema RS-M9			Profund Transductor (m) 0,04			Distancia m													
Numero de serie 5191			Salinidad (ppt) 0,0			Velocidad m/s													
Versión de Firmware 3.85			Declin. magnetica (grados) -14,1			Area m2													
Versión de Software 3.8						Caudal m3/s													
						Temperatura grados C.													
Ajustes del Cálculo de caudal										Resultados del Cálculo de Caudal									
Ref. del Track Bottom-Track		Metodo de cálculo del margen izquierdo			Margen pendiente			Ancho (m) 672,413											
Ref. de profundidad Haz Vertical		Metodo de cálculo del margen derecho			Margen pendiente			Area (m2) 6.436,593											
Sistema coordinadas ENU		Ajuste al modelo superior			Ajuste potencia			Velocidad promedio (m/s) 0,645											
		Ajuste al modelo de fondo			Ajuste potencia			Q Total (m3/s) 4.072,901											
								Profundidad máxima medida 23,004											
								Velocidad máxima medida 2,903											
Resultados de la Medida																			
Numero de Transecto	Tiempo		Distancia				Velocidad promedio		Caudal				%						
	#	Tiempo Duración	Temp.	Track	DWG	Anchura	Area	Barca	Agua	Izquierda	Derecha	Parte arriba		Medio	Fondo	Total	LCtotal	Medida	
1	M	23:53:10	0:14:48	25,6	732,52	882,84	696,844	5.463,339	0,825	0,730	2,67	-0,57	226,20	3.119,67	654,06	4.002,125	--	77,9	
2	M	0:09:57	0:12:35	25,6	635,90	622,96	647,982	7.389,848	0,842	0,561	28,37	0,00	215,44	3.109,43	750,44	4.143,678	--	75,0	
				Promedio	25,6	684,25	652,91	672,413	6.436,593	0,834	0,645	15,52	-0,29	220,86	3.114,55	722,25	4.072,901	0,000	76,5
				Desviación Estándar	0,0	48,36	29,93	24,431	953,254	0,009	0,085	12,85	0,29	5,42	5,12	68,19	70,777	0,000	1,4
				COV	0,0	0,071	0,096	0,036	0,146	0,010	0,131	0,528	-1,000	0,025	0,002	0,094	0,017	0,000	0,019
Tiempo total: 0:27:23																			
Numero de Transecto 1=20180517111049.riv; Numero de Transecto 2=20180517112735.riv;																			
Comentarios																			
Numero de Transecto 1=20180517111049.riv - ; Numero de Transecto 2=20180517112735.riv - ;																			
Calibración de brújula																			
Error de rumbo: 0.24 deg																			
Magnitud media: 4428.34																			
Cabeceo: -2/27																			
Balanceo: -20/10																			
Análisis del sistema																			
Análisis de sistema: Aprobado																			

Fig. 10: Medición 1-Fecha 7/05/2018

7.3.2 Medición realizada el día 05 de junio de 2018

Resumen de Medida de Caudal															Fecha de medida: martes, 5 de junio de 2018			
Información de la Estación										Información de la Medida								
Estacion: Puente Remanso *										Equipo: M9								
Estacion N°: MRA										Plataforma: RS								
Localización: MRA										Medida N°: TES								
Información de Sistema					Configuración del Sistema					Unidades								
Tipo de sistema: RS-M9					Profund Transductor (m): 0,06					Distancia: m								
Numero de serie: 5191					Salinidad (ppt): 0,0					Velocidad: m/s								
Versión de Firmware: 3.85					Declin. magnetica (grados): -14,1					Area: m2								
Versión de Software: 3.8										Caudal: m3/s								
										Temperatura: grados C								
Ajustes del Cálculo de caudal										Resultados del Cálculo de Caudal								
Ref. del Track: Bottom-Track Metodo de cálculo del margen izquierdo Margen pendiente										Ancho (m): 718,215								
Ref. de profundidad: Bottom-Track Metodo de cálculo del margen derecho Margen pendiente										Area (m2): 5.444,452								
Sistema coordinadas: ENU Ajuste al modelo superior Ajuste potencia										Velocidad promedio (m/s): 0,772								
Ajuste al modelo de fondo Ajuste potencia										Q Total (m3/s): 4.203,845								
										Profundidad máxima medida: 13,935								
										Velocidad máxima medida: 2,068								
Resultados de la Medida																		
Numero de Transecto	Tiempo		Distancia				Velocidad promedio		Caudal						%			
	#	Tiempo	Duración	Temp.	Track	DMG	Anchura	Area	Barca	Agua	Izquierda	Derecha	Parte arriba	Medio		Fondo	Total	LCTotal
1	M	10:21:43	0:08:20	19,1	712,31	677,02	703,031	5.443,406	1,402	0,794	7,05	1,63	241,50	3.198,94	696,91	4.106,043	—	77,9
2	M	10:31:22	0:12:26	19,4	709,20	693,32	723,322	5.461,504	0,951	0,770	7,12	-2,02	251,19	3.278,56	668,32	4.203,166	—	77,9
3	M	10:44:04	0:15:44	19,5	751,49	696,10	725,096	5.516,048	0,796	0,761	7,61	-1,44	247,45	3.326,62	616,93	4.197,159	—	76,2
4	M	11:00:06	0:18:16	19,7	714,60	694,41	721,408	5.356,852	0,652	0,804	4,73	-2,24	261,70	3.374,40	670,26	4.309,012	—	76,2
			Promedio	19,4	721,97	690,71	718,215	5.444,452	0,950	0,772	6,63	-1,02	250,40	3.294,65	653,10	4.203,945	0,000	76,3
			Desviación Estandar	0,2	17,16	8,10	8,863	57,209	0,281	0,019	1,12	1,56	7,38	64,83	21,50	71,886	0,000	0,5
			COV	0,0	0,024	0,012	0,012	0,011	0,296	0,025	0,169	-1,530	0,029	0,020	0,033	0,017	0,000	0,007
Tiempo total: 0:54:54																		
Numero de Transecto 1=20180605102144r.rivr; Numero de Transecto 2=20180605103122r.rivr; Numero de Transecto 3=20180605104404r.rivr; Numero de Transecto 4=20180605110006r.rivr;																		
Comentarios																		
Numero de Transecto 1=20180605102144r.rivr - *; Numero de Transecto 2=20180605103122r.rivr - *; Numero de Transecto 3=20180605104404r.rivr - *; Numero de Transecto 4=20180605110006r.rivr - *;																		
Calibración de brújula																		

Fig. 11: Medición 2- Fecha: 5/06/2018

7.3.3 Medición realizada el día 26 de junio

Resumen de Medida de Caudal										Fecha de medida: martes, 26 de junio de 2018							
Información de la Estación					Información de la Medida												
Estación CR					Equipo m9												
Estación N° 1					Plataforma rs												
Localización puente remanso					Medida N° tes												
Información de Sistema			Configuración del Sistema						Unidades								
Tipo de sistema RS-M9			Profund Transductor (m) 0,04						Distancia m								
Número de serie 5191			Salinidad (ppt) 0,0						Velocidad m/s								
Versión de Firmware 3.85			Declin. magnetica (grados) -14,1						Area m2								
Versión de Software 3.8									Caudal m3/s								
						Temperatura grados C											
Ajustes del Cálculo de caudal						Resultados del Cálculo de Caudal											
Ref. del Track Bottom-Track		Metodo de cálculo del margen izquierdo		Margen pendiente		Ancho (m) 713,952											
Ref. de profundidad Haz Vertical		Metodo de cálculo del margen derecho		Margen pendiente		Area (m2) 5.235,032											
Sistema coordinadas ENU		Ajuste al modelo superior		Ajuste potencia		Velocidad promedio (m/s) 0,805											
		Ajsute al modelo de fondo		Ajuste potencia		Q Total (m3/s) 4.195,381											
						Profundidad máxima medida 13,444											
						Velocidad máxima medida 1,991											
Resultados de la Medida																	
Numero de Transecto	Tiempo		Distancia				Velocidad promedio		Caudal						%		
	#	Tiempo	Duración	Temp.	Track	DMG	Anchura	Area	Barca	Agua	Izquierda	Derecha	Parte arriba	Medio		Fondo	Total
1 M	10:37:35	0:19:06	19,1	846,76	637,21	666,210	4.629,010	0,730	0,807	5,80	2,98	241,66	3.256,53	646,35	4.153,320	-	78,4
2 M	11:00:53	0:17:04	19,1	768,75	697,74	727,744	5.417,854	0,692	0,776	6,00	-1,48	241,52	3.312,06	654,52	4.212,624	-	78,6
3 M	11:18:45	0:14:50	19,2	718,04	704,95	734,946	5.456,895	0,807	0,769	4,42	-0,85	235,86	3.306,69	649,60	4.195,880	-	78,0
4 M	11:34:36	0:16:49	19,2	721,21	702,91	732,905	5.436,372	0,715	0,776	5,94	-1,15	241,87	3.305,64	667,40	4.219,700	-	78,3
		Promedio	19,2	748,69	685,70	713,952	5.235,032	0,738	0,805	5,59	-0,12	240,23	3.295,23	654,47	4.195,381	0,000	78,5
		Desviación Estandar	0,1	56,81	28,12	31,139	350,160	0,043	0,053	0,56	1,61	2,52	22,48	8,01	26,776	0,000	0,2
		COV	0,0	0,076	0,041	0,044	0,067	0,058	0,066	0,101	-13,466	0,011	0,007	0,012	0,006	0,000	0,002
Tiempo total: 1:07:49																	
Numero de Transecto 1=20180626103735r.rivr; Numero de Transecto 2=20180626110053r.rivr; Numero de Transecto 3=20180626111845r.rivr; Numero de Transecto 4=20180626113436r.rivr;																	
Comentarios																	
Numero de Transecto 1=20180626103735r.rivr - 4,39; Numero de Transecto 2=20180626110053r.rivr - 4,39; Numero de Transecto 3=20180626111845r.rivr - 4,39; Numero de Transecto 4=20180626113436r.rivr - 4,39;																	
Calibración de brújula																	

Fig. 12: Medición 3- Fecha: 26/06/2018

7.3.4 Medición realizada el día 11 de julio

Resumen de Medida de Caudal												Fecha de medida: miércoles, 11 de julio de 2018						
Información de la Estación						Información de la Medida												
Estación			RC			Equipo			M9									
Estación N°			*			Plataforma			RS									
Localización			MRA			Medida N°			1									
Información de Sistema				Configuración del Sistema				Unidades										
Tipo de sistema		RS-M9		Profund Transductor (m)		0,04		Distancia		m								
Número de serie		5191		Salinidad (ppt)		0,0		Velocidad		m/s								
Versión de Firmware		3.85		Declin. magnetica (grados)		-14,1		Area		m2								
Versión de Software		3.8						Caudal		m3/s								
								Temperatura		grados C								
Ajustes del Cálculo de caudal								Resultados del Cálculo de Caudal										
Ref. del Track		Bottom-Track		Metodo de cálculo del margen izquierdo		Margen pendiente		Ancho (m)		720,442								
Ref. de profundidad		Bottom-Track		Metodo de cálculo del margen derecho		Margen pendiente		Area (m2)		5.248,419								
Sistema coordinadas		ENU		Ajuste al modelo superior		Ajuste potencia		Velocidad promedio (m/s)		0,788								
				Ajuste al modelo de fondo		Ajuste potencia		Q Total (m3/s)		4.133,101								
								Profundidad máxima medida		13,201								
								Velocidad máxima medida		1,967								
Resultados de la Medida																		
Numero de Transecto	Tiempo		Distancia				Velocidad promedio		Caudal				%					
	#	Tiempo	Duración	Temp.	Track	DMG	Ánchura	Area	Barca	Agua	Izquierda	Derecha		Parte arriba	Medio	Fondo	Total	LCTotal
1	M	10:13:21	0:14:24	19,2	704,46	692,65	717,655	5.302,626	0,815	0,782	6,64	-1,27	237,56	3.230,13	673,66	4.146,700	—	77,8
2	M	10:28:12	0:13:31	19,4	717,94	701,16	726,164	5.182,940	0,885	0,795	5,35	-1,54	238,63	3.200,20	679,17	4.121,815	—	77,6
3	M	10:43:11	0:14:21	19,5	712,04	705,34	730,341	5.319,256	0,827	0,774	5,71	-0,75	233,30	3.203,50	677,62	4.119,760	—	77,7
4	M	10:57:52	0:18:29	19,4	761,44	662,61	707,608	5.188,046	0,667	0,769	8,44	-1,65	241,40	3.219,79	676,13	4.144,096	—	77,6
			Promedio	19,4	723,97	695,44	720,442	5.248,419	0,804	0,788	6,34	-1,30	237,74	3.213,43	676,70	4.133,101	0,000	77,7
			Desviación Estandar	0,1	22,16	8,71	8,707	62,832	0,073	0,010	1,20	0,35	2,88	12,16	2,06	12,370	0,000	0,1
			COV	0,0	0,031	0,013	0,012	0,012	0,090	0,012	0,183	-0,268	0,012	0,004	0,003	0,003	0,000	0,001
Tiempo total: 1:00:45																		
Numero de Transecto 1=20180711101320r.rivr; Numero de Transecto 2=20180711102812r.rivr; Numero de Transecto 3=20180711104311r.rivr; Numero de Transecto 4=20180711105751r.rivr;																		
Comentarios																		
Numero de Transecto 1=20180711101320r.rivr - Nivel: 4,22; Numero de Transecto 2=20180711102812r.rivr - Nivel: 4,22; Numero de Transecto 3=20180711104311r.rivr - Nivel: 4,22; Numero de Transecto 4=20180711105751r.rivr - Nivel: 4,22;																		
Calibración de brújula																		

Fig. 12: Medición 4- Fecha: 11/07/2018

8 Curva Altura-Caudal de Asunción

Desde el año 1970 la ANNP ha realizado mediciones de caudales en el río Paraguay, en Asunción se tiene registros de mediciones relativamente sistemáticos hasta el año 1992. A partir de ese año no se realizaron más mediciones. Solo en forma ocasional con algunos proyectos como es el caso del Proyecto Marco del CIC, en esta ocasión y considerando la necesidad de verificar la curva Altura-Caudal, fundamental para el imput del modelo HEC RAS,

que se usa para el modelo hidráulico del Proyecto se realizaron las mediciones, con el objetivo de actualizar la curva H-Q

Las mediciones realizadas fueron incorporadas a la base de datos en archivo Excel existente a fin de contar con la mayor cantidad de mediciones de caudal a fin de actualizar la curva H-Q y contar con todos los aforos realizados disponibles en una planilla única, a la cual se pueda seguir agregando mediciones posteriores.

Desarrollo de un sistema de pronósticos de niveles y caudales del río Paraguay
Mediciones de Caudal en Asunción

Tabla 1 Mediciones de caudales realizadas en el periodo 1970-2018

PLANILLA DE CAUDALES : ASUNCION									
Periodo 1970 - 2018									
Nº	Fecha	Aforador	Ancho (m)	Area (m2)	Nº de Vert.	Altura Hidro(m)	Caudal (m3/s)	Vel.Med (m/s)	Observaciones
1	08/05/1970	J.L. Enciso				0,90	1.585,00		(B) Bajante-ecos.
2	23/09/1970	J.L. Enciso	521,51	2.378,00	14	0,23	1.168,00	0,491	(B) Sondaleza.
3	18/11/1970	J.L. Enciso	506,5	2.240,00	15	-0,18	955,50	0,427	(B) Velov. Bray N 4
4	21/01/1971	J.L. Enciso	1293	7.508,35	25	5,90	5.065,85	0,675	En epoca/inundac.
5	15/02/1971	J.L. Enciso	589,41	5.015,76	13	4,30	3.460,42	0,69	(B) Velov. Bray N 7
6	26/02/1971	J.L. Enciso	544,54	3.775,00	11	2,47	2.427,27	0,643	(B) Velov. Bray N 7
7	22/03/1971	J.L. Enciso	557,93	4.579,00	12	3,70	3.159,00	0,691	(C) Creci Vel. Br. 7
8	12/05/1971	J.L. Enciso	563,4	4.637,00	12	3,83	3.481,03	0,751	(C) Vel Bray N 7
9	08/07/1971	J.L. Enciso	541,07	3.430,00	11	1,64	2.039,00	0,594	(B)
10	20/04/1972	J.G. Irrazabal	541,1	2.941,34	15	1,30	1.837,03	0,624	(C) Vel. Bray N 7
11	27/06/1972	J.G. Irrazabal	543,18	3.651,76	15	2,28	2.333,63	0,639	(B) Vel. Bray N 7
12	05/10/1972	J.G. Irrazabal	532,47	2.430,39	15	0,40	1.224,11	0,504	(B) Vel. Bray N 7
13	23/11/1972	J.G. Irrazabal	545,4	3.276,80	18	2,01	2.351,51	0,718	(C) Vel. Bray N 10
14	27/12/1972	J.G. Irrazabal	549,4	3.898,89	17	3,02	2.883,41	0,739	Braystoke No. 3
15	06/03/1973	J.G. Irrazabal	545,81	3.237,93	16	1,76	1.864,50	0,575	Braystoke No. 7
16	12/07/1973	J.G. Irrazabal	54033	3.415,25	16	2,00	2.164,64	0,634	Braystoke No. 7 (B)
17	27/08/1973	J.G. Irrazabal	542,1	3.200,63	11	1,22	1.788,22	0,558	Braystoke No. 7 (B)
18	15/01/1974	J.G. Irrazabal	585,98	4.547,75	17	4,12	4.154,00	0,913	Braystoke No. 7 (C)
19	20/07/1974	J.G. Irrazabal	599,13	5.157,67	17	4,13	4.183,37	0,811	Braystoke No. 7
20	18/10/1974	J.G. Irrazabal	567,47	4.681,25	16	3,88	3.488,63	0,745	Braystoke No. 7
21	11/12/1974	J.G. Irrazabal	547,25	3.605,71	15	2,68	2.637,22	0,731	Braystoke No. 7
22	13/05/1975	J.G. Irrazabal	559,94	4.347,10	17	3,52	3.166,09	0,73	Braystoke No. 7
23	18/05/1979	J.L. Avila	622,36	5.050,00	12	5,96	5.411,00	1,071	A.OTT
24	25/05/1979	J.L. Avila	624	5.803,00	15	6,55	6.065,00	1,045	A.OTT
25	13/06/1979	J.L. Avila	601,42	6.189,00	14	7,16	7.094,00	1,146	A.OTT
26	04/06/1980	J.L. Avila	620	5.823,00	15	5,55	5.594,00	0,96	Km. 389
27	11/06/1980	J.L. Avila	630	6.081,30	16	5,96	6.062,00	0,99	Km. 389
28	18/06/1980	J.L. Avila	630	6.156,60	12	6,21	6.306,80	1,02	Km. 389
29	02/07/1980	J.L. Avila	640	6.773,80	12	6,52	6.576,67	0,971	Km. 389
30	20/08/1980	J.L. Avila	630	6.194,40	12	6,27	5.510,00	0,889	Km. 389
31	16/07/1980	J.L. Avila	590	5.258,60	12	4,69	3.679,00	0,699	Km. 389
32	19/12/1982	J.L. Avila	1370	8.650,00	27	7,71	5.931,50	0,685	Remanso Castillo
33	18/08/1982	J.L. Avila	1360	7.828,00	18	7,57	7.519,00	0,461	Remanso Castillo
34	22/10/1982	J.L. Avila	359	5.621,00	7	6,38	6.187,00	1,1	Remanso Castillo
35	22/03/1983	J.L. Avila	617	6.111,00	8	6,80	7.034,20	1,15	Remanso Castillo
36	21/05/1983	J.L. Avila	1377	9.074,00	20	8,75	11.251,00	1,24	Remanso Castillo
37	26/06/1983	J.L. Avila	1360	9.277,00	19	8,22	10.364,00	1,117	Remanso Castillo
38	01/07/1983	J.L. Avila	1350	8.015,00	19	7,96	9.227,00	1,115	Remanso Castillo
39	28/06/1985	J.L. Avila	504	6.611,50	14	6,62	6.978,52	1,052	Remanso Castillo
40	08/11/1985	J.L. Avila	580	5.358,00	9	3,96	3.857,70	1,389	Remanso Castillo
41	01/07/1988	J.L. Avila	514	7.079,60	7	7,63	8.116,12	1,15	Remanso Castillo
42	30/07/1990	J.L. Avila	505	5.719,15	14	4,68	4.108,75	0,718	Remanso Castillo
43	25/05/1992	G. Alvarenga		8.276,00	10	8,40	12.030,00	1,454	Remanso Castillo
44	01/06/1992	G. Alvarenga		8.294,00	12	8,55	12.064,00	1,455	Remanso Castillo
45	15/06/1992	G. Alvarenga		8.254,00	12	8,30	10.825,00	1,311	Remanso Castillo
46	21/05/2015	CIC	598	5.414,00		4,42	4.157,00	0,768	R.C.ADCP/M9SONTEK
47	17/05/2018	SEAM/ANNP/UCA	672,41	6.436,59		4,24	4.072,00	0,645	R.C.ADCP/M9SONTEK
48	05/06/2018	SEAM/ANNP/UCA	718,22	5.444,45		4,46	4.203,85	0,772	R.C.ADCP/M9SONTEK
49	26/06/2018	SEAM/ANNP/UCA	713,95	5.235,03		4,39	4.195,38	0,805	R.C.ADCP/M9SONTEK
50	11/07/2018	SEAM/ANNP/UCA	720,44	5.248,42		4,22	4.133,10	0,788	R.C.ADCP/M9SONTEK

8.1 Curva con datos del periodo 1970-1992

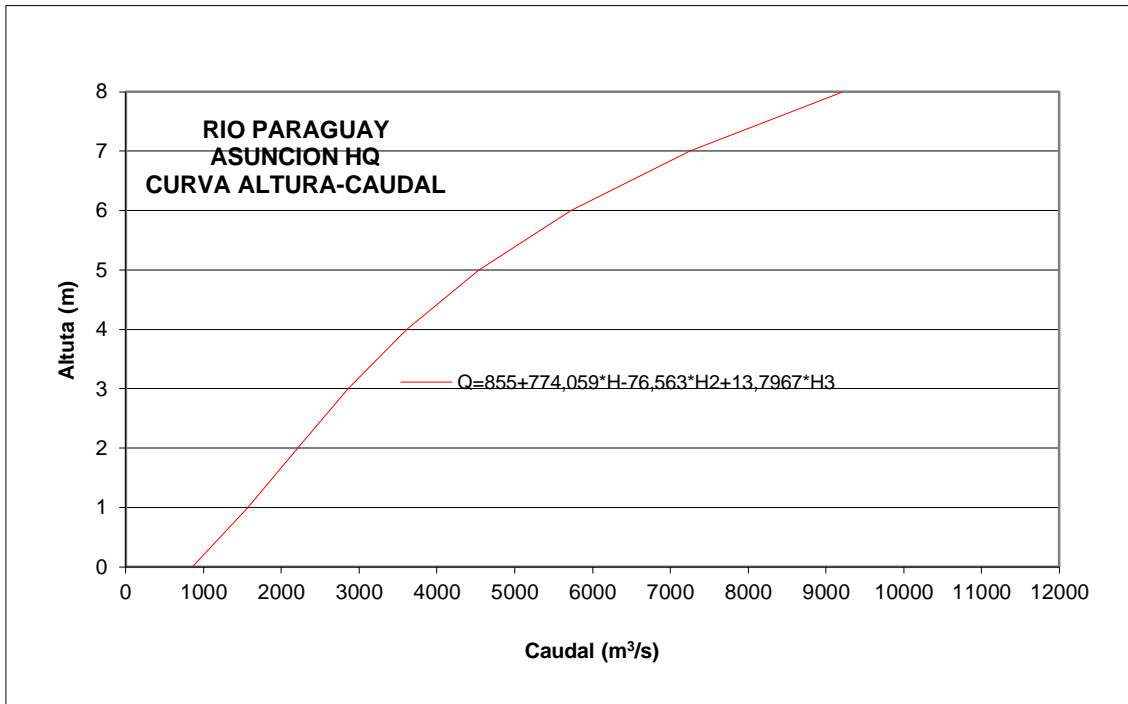


Fig. 13: Curva Altura Caudal Asunción – 1970-1992

8.2 Curva con datos del periodo 1970-1980

Esta curva se realizó con los datos que corresponde a la sección de caudal del Km 389 (Aguas debajo de la boca de la Bahía de Asunción)

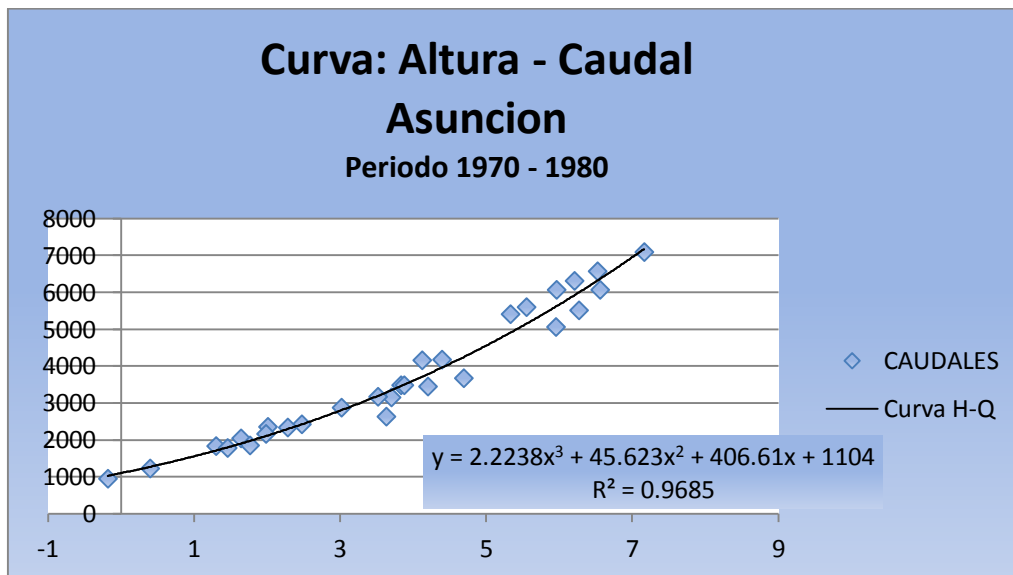


Fig. 14: Curva Altura Caudal Asunción – 1970-1980

8.3 Curva con datos del periodo 1980-2018

Para la construcción de esta Curva se usaron datos de las mediciones realizadas en la zona de Remanso Castillo.

En esta curva las mediciones se realizaron generalmente en época de crecida del río, la razón por usar esa sección de aforo es aprovechar el puente ubicado en esa zona para medir todo el caudal del río, ya que la anterior sección estaba ubicada en una zona de llanura y relativamente baja que con el río en un nivel elevado superior a 7,00 m. la zona de la región occidental se inunda y se pierde caudal difícilmente medible.

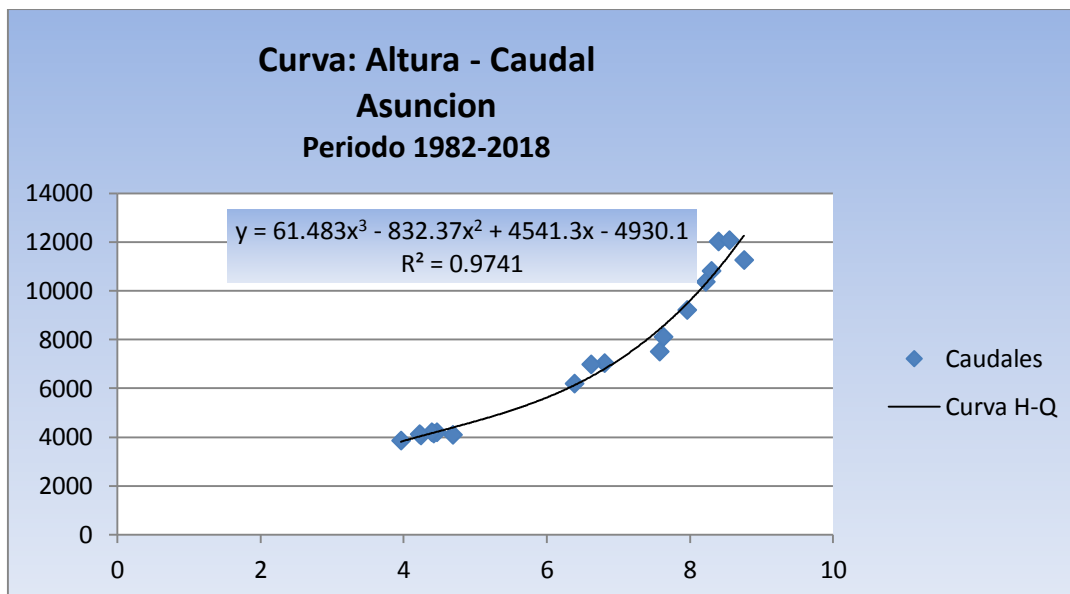


Fig. 15: Curva Altura Caudal Asunción – 1982-2018

8.4. Curva con datos del periodo 1970-2018

Es posible realizar esta curva considerando que no existen tributarios importantes entre ambas secciones. Es más, con el relleno que se está realizando actualmente en la margen derecha, todo el caudal del río pasa o pasaría por la sección en épocas de crecidas.

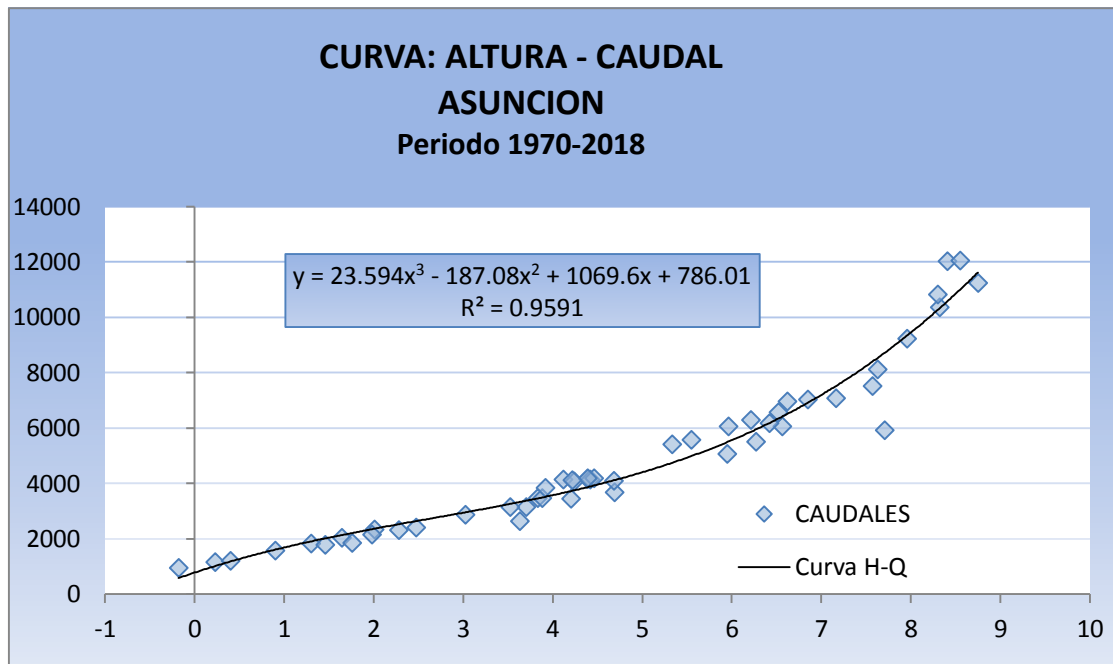


Fig. 16: Curva Altura Caudal Asunción – 1970-2018

9. Conclusiones de las mediciones realizadas

Se ha actualizado la curva Altura Caudal de Asunción, a fin de su utilización en la modelación hidráulica del río Paraguay con fines de pronóstico y es un aporte para otros estudios a nivel nacional.

Es muy importante la realización de mediciones de caudales de todos los ríos, más aun en el río Paraguay.

Actualmente no se realiza mediciones en forma periódica. No existe una institución que realiza mediciones de caudales en el río Paraguay.

La MADES Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (ex Seam) cuenta con personal capacitado para realizar las mediciones y los equipos necesarios, para realizar en forma periódica las mediciones.

La ANNP cuenta con equipos de medición de caudal y en coordinación con el MADES e Itaipu que también cuenta con equipamiento para mediciones de caudal es posible efectuar mediciones sistemáticas.

Para las mediciones efectuadas en el presente estudio se pudo integrar un equipo entre la Universidad Católica, la ANNP y el Mades.

9. INFORME DEL TALLER DE CAPACITACION

En fecha 13 de setiembre de 2018 se efectuó un taller de capacitación de Mediciones Hidrológicas en el Marco de la Consultoría " Servicio de Mediciones de Caudales río Paraguay, en Asunción y Taller de Capacitación". La actividad se desarrolló en el Aula 308 de la facultad de CyT con 54 participantes, de la ANNP, MOPC, FIUNA, DMH-DINAC, ITAIPU, APRH, Profesionales independientes del sector Hídrico y la SEAM a través de la Dirección de Recursos Hídricos, la lista de participantes se anexa.

En el taller se presentaron las metodologías existentes, los equipos utilizados en las campañas de mediciones 2018 y la metodología de cálculo de la curva Altura Caudal con la actualización de la curva de Asunción.

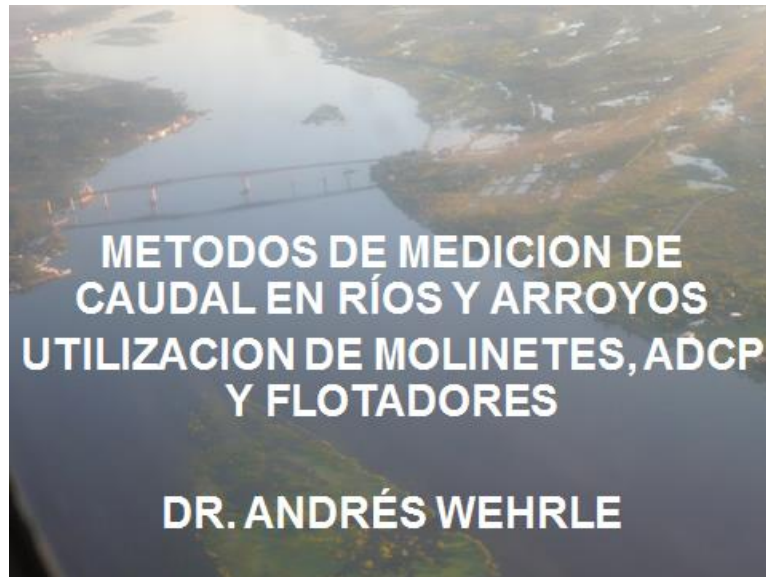
9.1 Programa del curso



	PROGRAMA	
15.00 hs	Introducción a las mediciones hidrológicas Objetivos y su aplicación en proyectos de infra estructura	Ing. José Luis Avila
15:15 hs	Sesión 1 : Métodos de Medición de Caudal en ríos y Arroyos Utilización de molinetes y ADCP Estudio de caso.	Dr. Ing. Andres Weherle
16:00 hs	Receso	
16:15 hs	Sesión 2: Mediciones de Caudales en el río Paraguay con ADCP	Tec. Juan Cespedes
17,15 hs	Sesión 3: Determinación de Curva Altura - Caudal	Ing. José Luis Avila

Las caratulas de las presentaciones de cada expositores se presenta en anexo. Las presentaciones serán disponibilizadas en el portal web del proyecto:

<https://rioparaguay.uc.edu.py/>



Medición de Caudal

Río Paraguay

Juan Manuel Céspedes Allende

fppt.com



Universidad Católica
"Nuestra Señora de la Asunción"
RESPONSABILIDAD Y CALIDAD

centro de tecnología apropiada
Facultad de Ciencias y Tecnología
Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción"

CONACYT

PROCIENCIA

Proyecto de Investigación UC - CONACYT
14-INV-280

"Sistema de Pronóstico de Niveles y Caudales Río Paraguay"

Taller de capacitación en mediciones
hidrológicas

CURVA : ALTURA CAUDAL

Ing. José Luis Avila
13 agosto 2018

9.2 Lista de participantes



Proyecto de Investigación UC - CONACYT

"Sistema de Pronóstico de Niveles y Caudales Río Paraguay"14-INV-280

PLANILLA DE ASISTENCIA

ORDEN	NOMBRES Y APELLIDOS	C.I N°.	FIRMA
1	LUCAS ONETO	4.636.373	<i>[Signature]</i>
2	GABIEL DUARTE	4.254.021	<i>Gabriel Duarte</i>
3	RICARDO LUIS GÓMEZ G.	1926527	<i>[Signature]</i>
4	CARMEN OVIEDO	4.050.181	<i>Carmen Oviedo</i>
5	CONRADO SACCO	4.022.710	<i>[Signature]</i>
6	HUGO CUBILLA	3.981.130	<i>[Signature]</i>
7	ANDREA BÁEZ	4458098	<i>[Signature]</i>
8	MARTIN PISTILLI BARBOZA	4.438.767	<i>[Signature]</i>
9	AGUSTIN RODRIGUEZ		
10	MELANY AGUILERA	3.414.014	<i>Melany Aguilera</i>
11	CÉSAR YALUK	4.574.175	<i>[Signature]</i>
12	LIZ GONZÁLEZ	4848640	<i>[Signature]</i>
13	MARÍA CIELO FLECHA	4261147	<i>[Signature]</i>
14	DIEGO ALEXIS PAVÓN GIACOBBI	2.338.631	<i>[Signature]</i>
15	HUGO MATTESICH AGUIRRE	983.872	<i>[Signature]</i>
16	AXEL MATTESICH BOBADILLA	3.374.640	
17	DIEGO CENTURIÓN	3818900	<i>[Signature]</i>
18	LUCÍA ACUÑA	3644363	<i>[Signature]</i>
19	MARÍA LOURDES FORMIGLI	4.333.646	<i>[Signature]</i>
20	CELIA MAGALLI BENÍTEZ VEGA	5431282	<i>Celia Magalli Benítez</i>
21	TERESITA DE JESÚS ESCAURIZA TROCHE	4.190.470	<i>[Signature]</i>
22	<i>Dora María García J.</i>	<i>545642</i>	<i>[Signature]</i>
23	<i>Mynan Planís</i>	<i>4007405</i>	<i>[Signature]</i>
24	<i>FRANCISCO DOCK</i>	<i>3.625633-</i>	<i>[Signature]</i>
25	<i>María Karimé Martínez</i>	<i>4.286.670</i>	<i>[Signature]</i>
26	<i>Abel Samabria</i>	<i>4.012.773</i>	<i>[Signature]</i>

Desarrollo de un sistema de pronósticos de niveles y caudales del río Paraguay
Mediciones de Caudal en Asunción



27	Clarisa Benitez	3.555.770	Clarisa Benitez
28	LUIS O. CASTIGLIONI	4.021.709	Luis O. Castiglioni
29	Uribe Barúa, Gabriel Eduardo	5.117.539	Gabriel E. Uribe Barúa
30	Ignacio M. Mendoza	4.123.488	Ignacio M. Mendoza
31	José González Cantero	4.767.203	José González Cantero
32	Pablo Matías Delgado C.	4.279.652	Pablo Matías Delgado C.
33	Jorge Manuel Mejía	4.535.902	Jorge Manuel Mejía
34	Juan Manuel López	1.977.217	Juan Manuel López
35	Alvaro Nasser	3.804.902	Alvaro Nasser
36	Antonio Pangrazio	4001854	Antonio Pangrazio
37	ELIAS MALUF	4.203.495	Elias Maluf
38	Enrique Javier Robín Basili	3.809.431	Enrique Javier Robín Basili
39	Paolo Fernández-Andrés	4.352.430	Paolo Fernández-Andrés
40	Matías García	7.371.028	Matías García
41	Belén Chiolo Benitez	3.670.011	Belén Chiolo Benitez
42	Belén Alfonso Arrocha	5.131.100	Belén Alfonso Arrocha
43	Angela Ruiz Díaz	4.202.480	Angela Ruiz Díaz
44	Dipak Kumar	7.620.201	Dipak Kumar
45	Sergio Santana	3.203.814	Sergio Santana
46	HAZEL VARGAS CALO	3.991.044	Hazel Vargas Caló
47	Valeria González Saggia	4.577.148	Valeria González Saggia
48	Jazmín Cabrera	3.989.698	Jazmín Cabrera
49	Cecilia Cálcena Morínigo	5.389.448	Cecilia Cálcena Morínigo
50	BENITO PEREIRA	3.539.149	Benito Pereira
51	Ricardo Paredes	3.854.574	Ricardo Paredes
52	Javier Domínguez	3.609.512	Javier Domínguez
53	Axel Ramírez	3.884.122	Axel Ramírez
54	ROSA Aseretto	3.646.144	Rosa Aseretto

9.3 Imágenes fotográficas del taller de capacitación UCA- Asunción

