

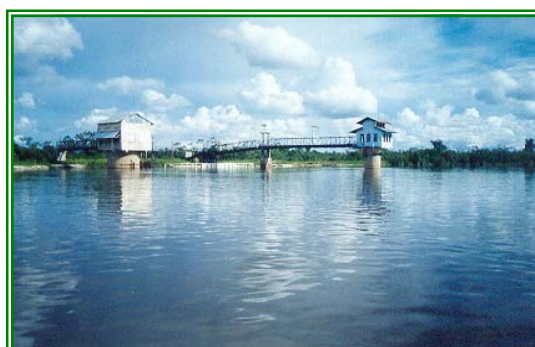


**Hidrogeodinámica de la
Cuenca Amazónica**
**Hydrogéodynamique du Bassin
Amazonien**

**11^{va} Comisión de Aforos, muestreo de agua y
sedimentos de los Ríos Amazonas, Marañón,
Ucayali, Napo y Nanay**

LIMA $\Rightarrow$ IQUITOS $\Rightarrow$ LIMA

CODIGO PE-11 ABRIL DE 2004



Participantes:

- Fraizy Pascal
- Lavado Waldo
- Audin Laurence

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA
SENAMHI**

DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HÍDRICOS

DGH

DIRECTORIO

JEFE DEL SENAMHI

Mayor General FAP MIGUEL ANGEL GOMEZ VIZCARRA

DIRECTOR TÉCNICO DEL SENAMHI

Coronel FAP RAFAEL CAMPOS CRUZADO

**DIRECTOR GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS
HÍDRICOS**

Ing. Agrícola JORGE YERREN SUAREZ

MIEMBROS DE LA COMISION TECNICA

Waldo Lavado Casimiro: Profesional DGH SENAMHI

Pascal Fraizy: Profesional IRD

Laurence Audin: Profesional IRD

Lima – Perú

Abril del 2004

SEDE CENTRAL : Jr. Cahuide 785 Jesus María – Lima 11- Casilla Postal 1308
Telefax : 471-7287 / 472-7966; e-mail dgh@senamhi.gob.pe ; <http://www.senamhi.gob.pe>

CONTENIDO

I. ANTECEDENTES	4
II. OBJETIVOS DE LA COMISION.....	4
III. DURACIÓN DE LA COMISION Y PARTICIPANTES	4
IV. ACTIVIDADES DE CAMPO	5
V. DESARROLLO DE LA COMISION	6
VI. RESULTADOS.....	12
6.1 Río Nanay en la Estación Seda Loreto	12
6-2. Río Amazonas en la estación Tamishiyacu :	14
6-3. Río Marañón en la estación San Regis :	16
6-4. Ucayali à Requena :	18
6-6. Río Napo en la estación Bellavista :	20
VII. CONCLUSIÓN	22

I. ANTECEDENTES

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y el Instituto de Investigación para el Desarrollo IRD (ex ORSTOM) suscribieron un Convenio de Cooperación Técnica Interinstitucional que entró en vigencia en Enero del 2001, para desarrollar inicialmente con el Proyecto GREATICE, actividades sobre el estudio del Ciclo Hidrológico en cuencas con glaciares y el cambio climático.

Posteriormente, como resultado de las gestiones realizadas con la Unidad de Investigación 069 IRD – HYBAM (Hidrogeodinámica de la Cuenca Amazónica), la Dirección General de Hidrología (DGH), se firmó en Agosto del 2002 la Adenda N° 02 a nuestro convenio, y como parte del programa de actividades del 2004, se ha logrado realizar en forma conjunta la Onceava Campaña de Aforos y mediciones hidrológicas de los ríos : Amazonas, Nanay, Napo, Marañón y Ucayali, que han permitido determinar los caudales de estos ríos, asimismo se realizó el muestreo de la calidad de agua y sedimentos de los ríos mencionados, mediante el uso de equipos modernos.

II. OBJETIVOS DE LA COMISION

- Realizar la onceava campaña de mediciones hidrológicas en la red de estaciones hidrométricas del SENAMHI de la cuenca amazónica peruana previamente determinadas, durante el período de máxima creciente (Abril 2003), para poder determinar a futuro la relación de la curva altura – gasto en las mejores estaciones.
- Recolectar y tomar muestras de agua de los ríos amazónicos para determinar la calidad de las aguas y los sólidos en suspensión.
- Realizar una pequeña estadía en la Dirección Regional Loreto del Senamhi para realizar un inventario de la data existente.

III. DURACIÓN DE LA COMISION Y PARTICIPANTES

La Comisión tuvo una duración de 07 días y se realizó del 21 al 27 de Abril de 2003.

En esta campaña de mediciones hidrológicas participaron:

IRD	-	Fraizy PASCAL
SENAMHI	-	Waldo LAVADO CASIMIRO
IRD	-	Laurence AUDIN

IV. ACTIVIDADES DE CAMPO

- Medición de Caudales

Para la medición de caudales se utilizó el siguiente equipo:

- ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)
Fabricado por la Corporación Norteamericana RD Instruments, para los ríos Amazónicos del Perú se escogió el modelo RDI Workhorse Rio Grande ADCP de 600 Khz que puede ser usado en ríos con profundidades de hasta 75m. de profundidad, el ADCP permite obtener las secciones de aforo, las velocidades de agua y en base a esta información calcula el caudal total, para este fin utiliza el Software WINRIVER, donde se puede visualizar lo anteriormente descrito.



Fig. 1 ADCP (RDI – Río Grande) de 600 Khz
Fuente : <http://www.rdinstruments.com/rio.html>

Para colocar el ADCP, se usó una estructura de aluminio especialmente diseñada para este equipo, las estructuras eran colocadas en base a pernos y tubos de aluminio.

- Muestras de agua

Las muestras de agua fueron tomadas con botellas plásticas directamente desde una lancha localizada frente a la corriente, dichas botellas tenían una capacidad de 1000 ml. Previamente se procedió a enjuagar el envase con el agua del propio río para limpiar los envases, antes de tomar la muestra definitiva para el estudio de la materia en suspensión y la materia disuelta. Las muestras fueron tomadas a una profundidad aproximada de 60 cm. en la parte central del curso del río.

- Mediciones “in situ”

La temperatura, la conductividad, el pH y la turbiedad del agua fueron medidos con los siguientes instrumentos:

1. Conductivímetro WRW LF 318
2. pH metro WTW PH 320
3. Turbidímetro AQUALITYC

La ubicación geográfica (latitud, longitud) de los puntos de muestreo fueron medidas con :

4. GPS GARMIN 12 XL

- Filtraciones de las muestras

Todas las muestras fueron filtradas “in situ”, para lo cual se filtraron 500 ml. de la muestra tomada, luego son llenadas en frascos muestreadores e inmediatamente forradas con plásticos para evitar su contaminación.

V. DESARROLLO DE LA COMISION

La comisión se realizó según el cronograma de la tabla 1.

	Ciudades	Lima ----> Iquitos	Iquitos	Iquitos----->Nauta	Nauta----->Requena.	Requena----->Iquitos	Iquitos ---->Bellavista	Iquitos -----> Lima
Personal	Sigla	21-Abr	22-Abr	23-Abr	24-Abr	25-Abr	26-Abr	27-Abr
Pascal Fraizy	PF	+	+	+	+	+	+	+
Waldo Lavado Casimiro	WLC	+	+	+	+	+	+	+
Laurence Audin	LA	+	+	+	+	+	+	+
Número de Personas	3	3	2	2	2	2	2	2
Número de días		1	2	3	4	5	6	7

Leyenda

Tremos	
+	Etapas de viaje
+	Etapas de Gabinete
+	Etapas de barco

❖ 21 de Abril

Por la mañana:

- Viaje Lima hasta Iquitos para Waldo Lavado, Fraizy Pascal y Jean Loup Guyot, arribando a la ciudad de Iquitos aproximadamente a las 8:30 de la mañana, luego se dejo los equipos en el Hotel y se enrumbo al Pto. de Iquitos para ver sobre la contratación del bote para realizar nuestros trabajos.

Por la tarde:

- Visita a la Dirección Regional de Loreto, siendo recibidos por el Director Cmdte. FAP Hildebrando Castillo, luego nos dirigimos a los puertos de Iquitos para buscar una embarcación para la Misión que se desarrollara el mes de octubre.

❖ 22 de Abril

Por la mañana :

- Visita a la Dirección Regional de Loreto para conversar con el Director Regional para dar las facilidades a Waldo Lavado para realizar sus trabajos en la DR Loreto, dirección en la cual se le facilito una computadora y acceso a la data existente desde 1995 asimismo Pascal Fraizy enseño a Waldo Lavado el uso del Software HYDRACCES para realizar el inventario de los datos existentes en la DR Loreto.

Por la tarde :

- Viaje por el río Nanay hasta la bocatoma de SEDA-Loreto donde se localiza la estación SEDA-Loreto donde se realizo el aforo del río Nanay y se tomaron muestras de agua PE11-01



Foto 1. Estación Seda Loreto ubicada en la Bocatoma de SEDA Loreto sobre el río Nanay.

❖ 23 al 25 de Abril

En estos tres días la misión se dividió en dos partes :

- Para Pasacal Fraizy y Laurence Audin:

- 23 de Abril

Partida desde el puerto de Iquitos a la localidad de Tamshiyacu llegando a las 09:00 horas.

Nosotros constatamos un desfase importante (24 cm) entre los elementos de 4 a 5 m. y de 5 a 6 m. así como la ausencia de los elementos 6-7 y 7-8.

Nivelamiento con manguera desde el elemento 9-10, reinstalación de los elementos faltantes, corrección de los desfases de lecturas.

Estos trabajos solo son provisionales y deberían revisarse cuanto antes. Las cotas de Tamshiyacu deberán también corregirse. Dejamos un resumen de nuestros trabajos sobre el cuaderno de la observadora.

Recuperación de nueve muestras de agua correspondiente al mes de febrero, marzo y abril.

Aforo del río Amazonas medida en la escala ($H_e = 460\text{cm}$) y toma de la muestra PE11-02.

Partida hacia Nauta a las 14 :00 horas aproximadamente. Arribo a las 17:30 horas. Filtración de las muestras en el Hotel.

- 24 de Abril

Partida para San Regis sobre el río Marañón. Los elementos de las escalas fueron cambiados en marzo por el observador, ausente durante nuestra visita.

Recuperación de 9 muestras de agua.

Aforo del río Marañón a la derecha de las escalas (He=744 cm) : Un ida y vuelta indica la presencia de fondos móviles (ver resultados)

Toma de la muestra de agua PE11-03.

Partida a las 12 :00 para Requena.

-25 de Abril

Recuperación de muestras de agua en Requena.

Aforo del río Ucayali (He= 975 cm) en la sección habitual aproximadamente tres kilómetros antes de las escalas.

Toma de la muestra PE11-04.

Retorno a Iquitos para nuestro encuentro con Waldo.

○ Para Waldo Lavado

Waldo Lavado se quedo en la DR Loreto donde realizo las siguientes actividades:

- Revisión en el almacén de la DR Loreto de la data antigua existente, donde se localizo información del año 1985 hasta el año 1995 para las estaciones de Requena y San Regis.
- Revisión en el Software hydracces de la base de datos del proyecto Hybam para localizar alguna data inexistente y completar con las planillas de la DR Loreto.
- Revisión de los informes de Comisión desarrollados por la DR Loreto hacía las estaciones hidrométricas para localizar probables cambios en la información de las escalas debido a nivelaciones, reconstitución, implementación, modificación, etc. de las escalas. Se tuvo acceso a los informes de Comisión desde el año 1999.
- Se realizo el inventario de los datos proporcionados por la DR Loreto, la cual se muestra en la **Tabla** del Anexo



Foto 2. Waldo Lavado trabajando en la DR Loreto

❖ 26 de Abril

Por la Mañana :

- Viaje desde el Puerto de Iquitos por el río Amazonas hasta el poblado de Mazan, luego se cruzo por Mazan hasta el río Napo, luego se fue aguas debajo de río Napo hasta el poblado de Bellavista donde se realizo el aforo del río Napo en la estación Hidrométrica Bellavista del Senamhi, se tomaron muestras de agua PE11-05 y también se instruyo al observador de la estación Bellavista para que tome las muestras de agua cada 10 dias. Regreso a la ciudad de Iquitos.

Por la tarde :

- Visita a la DR Loreto donde se procedió analizar la información de la estación Bellavista ya que habían demasiadas diferencias entre la altura de agua de este año y la del año 1999 siendo el mismo aforo, identificándose que el observador realizo malas mediciones.



Foto 3. Aforando el río Napo en la estación Bellavista

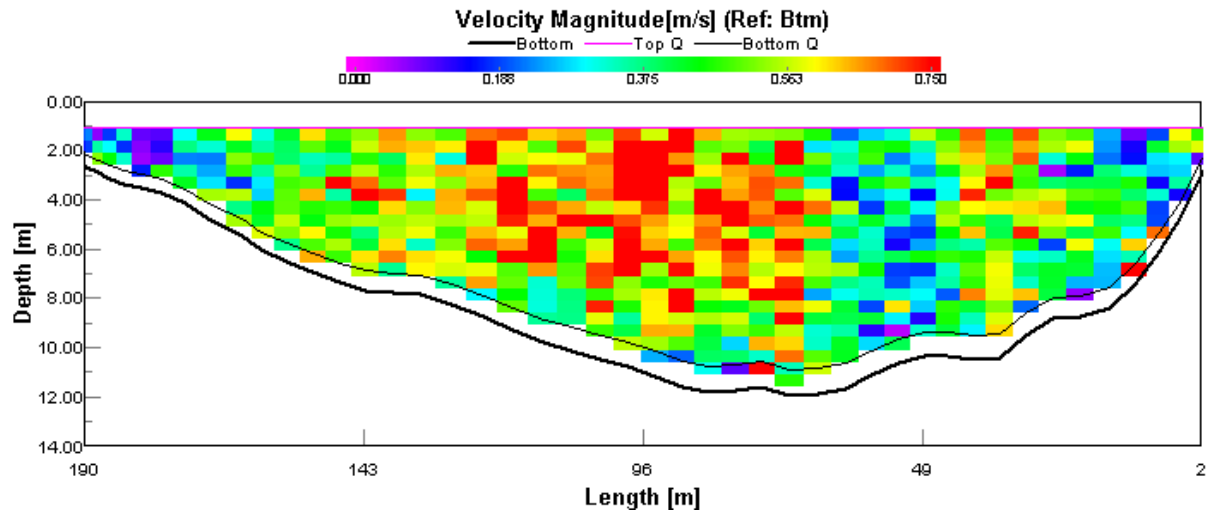
❖ 27 de Abril

Viaje a la ciudad de Lima para Pascal Fraizy, Waldo Lavado y Laurence Audin.

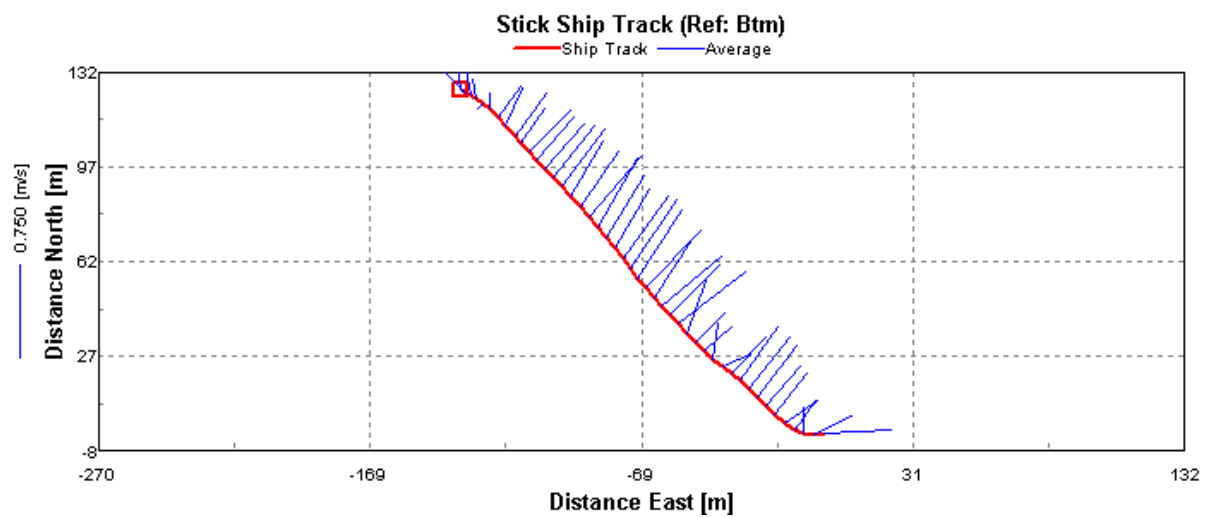
VI. RESULTADOS

6.1 Río Nanay en la Estación Seda Loreto

- Perfil del trayecto de la sección y distribución de velocidades :



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección



- **Resultado de los aforos**

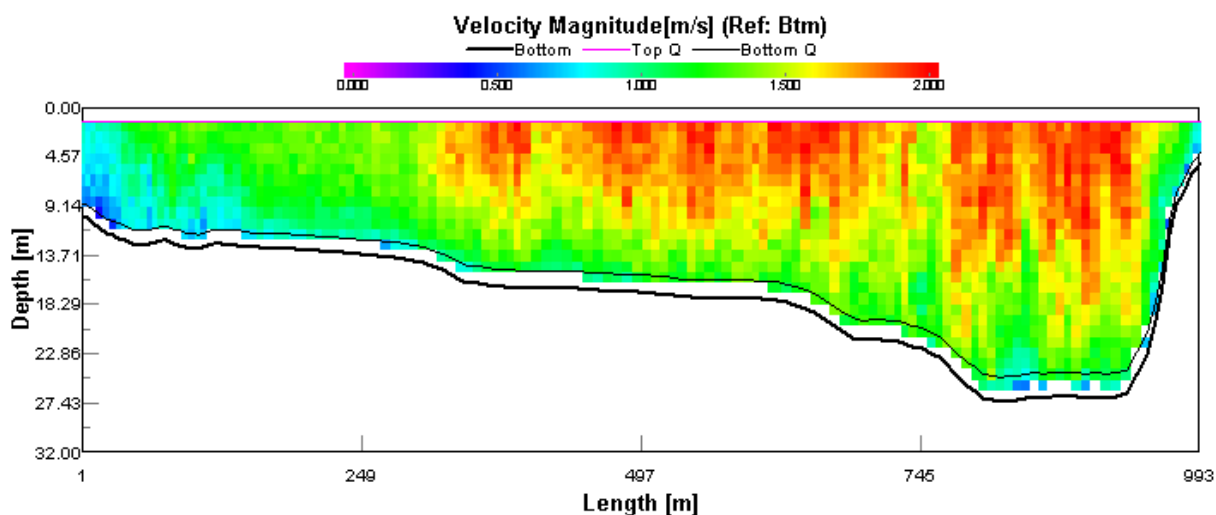
Fecha	Unid.	23/04/2004				Average	Std. Dev.	Std./ Avg.
Nanay n°		000r.000	001r.000	002r.000	003r.000			
H agua	[m]	113,65						
Total Q	[m³/s]	725	732	690	744	723	22,898	0,03
Superf. Tot.	[m²]	1587	1585	1605	1573	1587	13,26	0,01
Ancho	[m]	194	199	199	197	197	2,17	0,01
Q/Superf.	[m/s]	0,457	0,462	0,43	0,473	0,455	0,018	0,04
Corriente vel.	[m/s]	0,476	0,466	0,448	0,479	0,467	0,014	0,03
Q Esq.	[m³/s]	1	-1	0	1	0	0,698	3,45
Q.Sup	[m³/s]	97	105	94	107	101	6,273	0,06
Q.Med.	[m³/s]	558	558	536	566	555	12,849	0,02
Q.Fondo	[m³/s]	68	69	63	70	67	3,186	0,05
Q.Der.	[m³/s]	2	0	-2	0	0	1,597	8,92
Vel.Bote	[m/s]	1,4	1,2	1,3	1,2	1,3	0,081	0,06
Rumbo Prom.	[°]	313	134	316	131			
Corriente Dir.	[°]	38	38	39	38			
Duración	[s]	139	164	157	178			

- **Muestras de agua :**

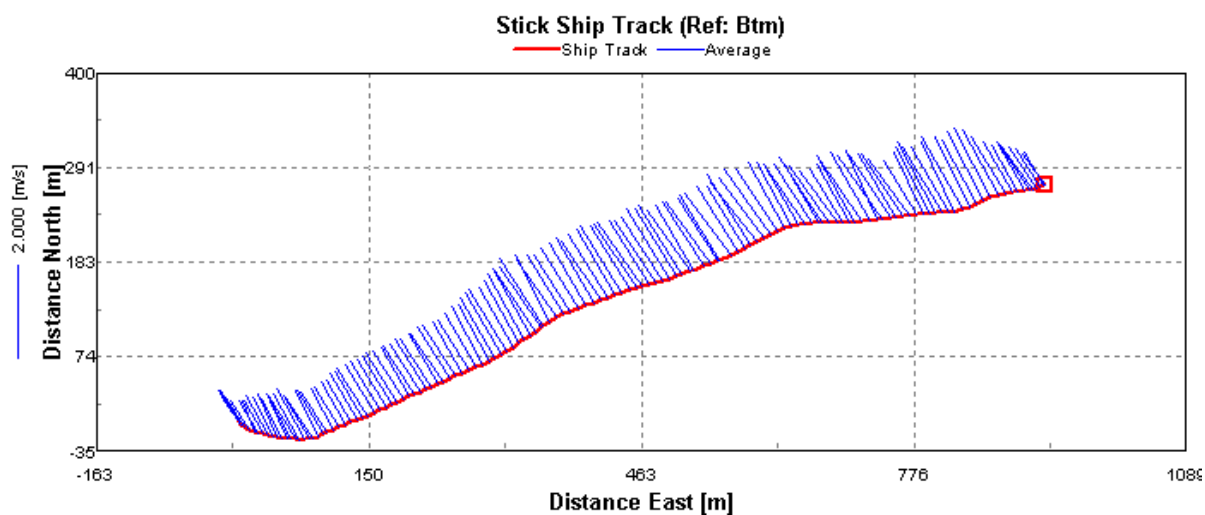
PE11-01
Conductividad : 7 µS/cm
pH 7.17
Temperatura 27.3 °C

6-2. Río Amazonas en la estación Tamishiyacu :

- Perfil en el trayecto de la sección a la derecha de las escalas y distribución de las velocidades.



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección



- Resultados

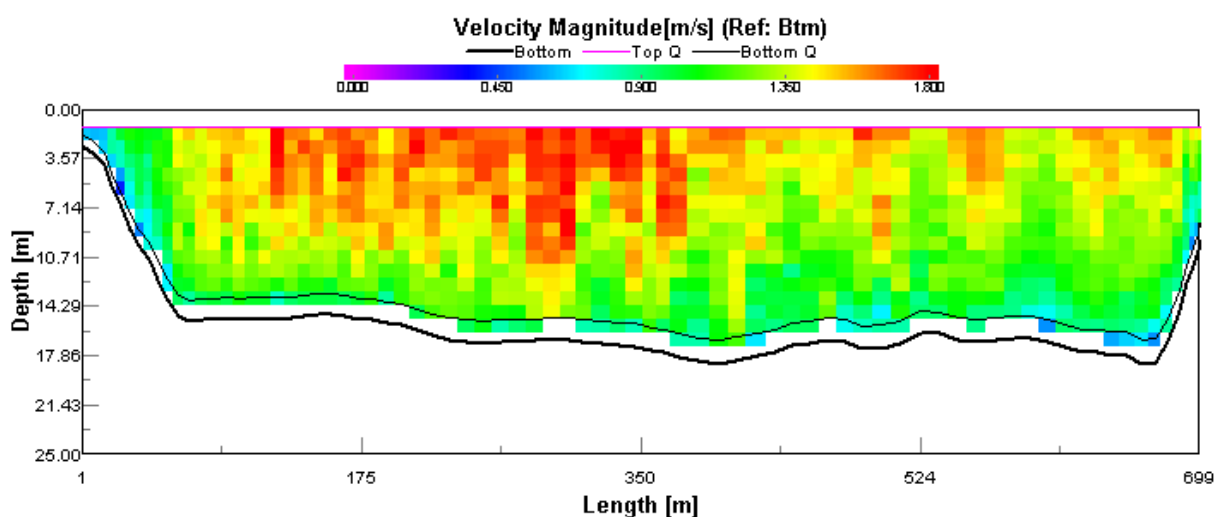
Fecha	Unid.	23/04/04						Average	Std. Dev.	Std./ Avg.
Tamshi n°		000r.000	002r.000	003r.000	004r.000	006r.000	007r.000			
H agua	[m]	460								
Total Q	[m³/s]	25506	24884	24381	25613	25289	23957	24938	659,776	0,03
Superf.Tot.	[m²]	17663	17507	18068	17752	17543	17318	17642	255,75	0,01
Ancho	[m]	990	984	1032	990	999	1000	999	17,05	0,02
Q/Superf.	[m/s]	1,444	1,421	1,349	1,443	1,442	1,383	1,414	0,039	0,03
Corriente vel.	[m/s]	1,389	1,407	1,46	1,437	1,452	1,444	1,431	0,028	0,02
Q Esq.	[m³/s]	17	14	20	36	51	57	32	18,527	0,57
Q.Sup	[m³/s]	1956	1915	1942	1963	1958	1916	1942	21,195	0,01
Q.Med.	[m³/s]	21381	20855	20341	21441	21174	19915	20851	611,368	0,03
Q.Fondo	[m³/s]	2136	2093	2066	2171	2095	2045	2101	45,959	0,02
Q.Der.	[m³/s]	17	6	13	3	12	24	12	7,373	0,59
Vel.Bote	[m/s]	2,1	2,1	1,7	1,7	2,2	2,1	2,0	0,231	0,12
Rumbo Prom.	[°]	230,1	230,9	79,1	230,9	229,6	73,6			
Corriente Dir.	[°]	327	327	329	327	326	329			
Duracion	[s]	491	494	622	626	465	476			

- Muestras de agua :

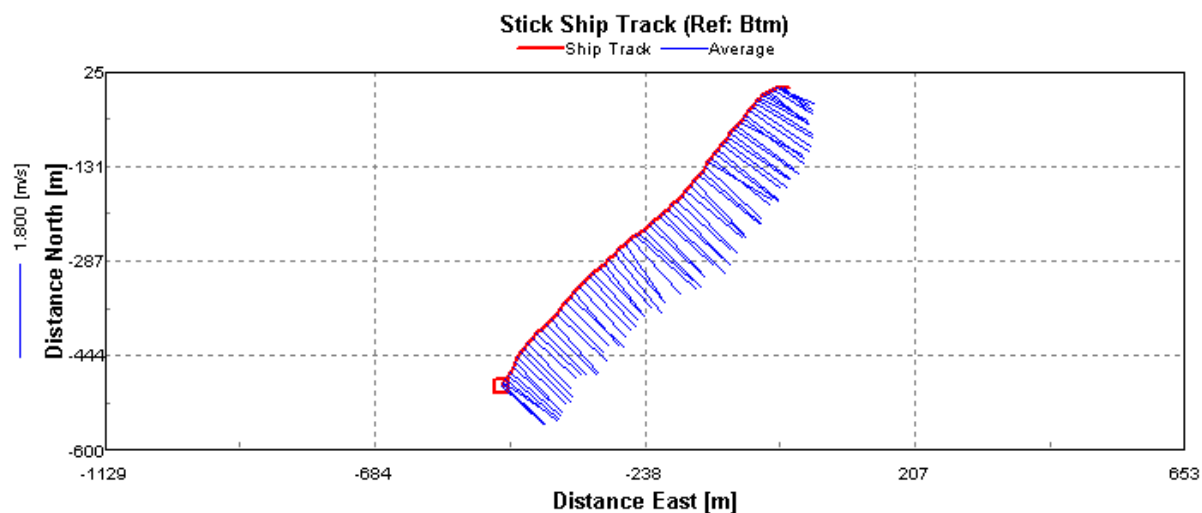
PE11-02
 Conductividad : 205 µS/cm
 pH 7.41
 Temperatura 27.8°C

6-3. Río Marañón en la estación San Regis :

- Perfil en el trayecto de la sección a la derecha de las escalas y distribución de velocidades



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección



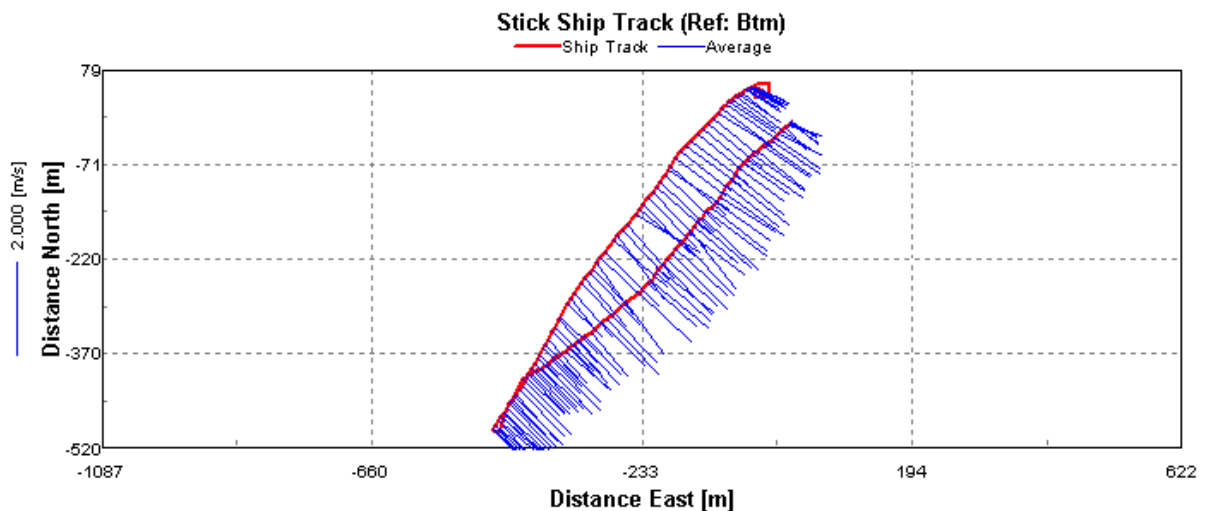
- **Résultados**

Fecha	Unid.	24/04/2004								Average	Std. Dev.	Std./Avg
Regis n°		000r	000r (*)	001r	002r	003r	004r	005r	006r			
H agua	[m]	743										
Total Q	[m³/s]	14375	14027	14087	14367	14157	13871	14318	13905	14138	187,81	0,01
Superf.Tot.	[m²]	10901	10877	10880	10823	10803	10759	11010	10669	10840	95,60	0,01
Ancho	[m]	692	697	694	683	692	696	700	688	693	4,85	0,01
Q/Superf.	[m/s]	1,319	1,29	1,295	1,327	1,31	1,289	1,3	1,303	1,304	0,01	0,01
Corriente vel.	[m/s]	1,319	1,288	1,325	1,362	1,343	1,309	1,337	1,331	1,327	0,02	0,02
Q Esq.	[m³/s]	5	7	16	0	3	5	5	50	11	15,15	1,32
Q.Sup	[m³/s]	1254	1230	1226	1258	1246	1231	1316	1228	1249	28,10	0,02
Q.Med.	[m³/s]	11753	11319	11504	11730	11574	11375	11592	11320	11521	161,35	0,01
Q.Fondo	[m³/s]	1328	1445	1298	1329	1309	1215	1381	1271	1322	64,62	0,05
Q.Der.	[m³/s]	34	26	42	50	24	45	23	36	35	9,52	0,27
Vel.Bote	[m/s]	2,7	2,5	2,5	2,6	2,5	2,4	2,5	2,6	2,54	0,09	0,04
Rumbo Prom.	[°]	224	38	224	37	225	35	224	35			
Corriente Dir.	[°]	132	132	131	133	132	133	132	134			
Duracion	[s]	259	287	274	262	275	295	276	266			

(*) : El aforo Regis000r.000 fue realizado ida y vuelta para poner en evidencia la presencia eventual de fondos móviles.

El ship track en lo sucesivo muestra un diferente punto de llegada que el de salida, mientras que realmente correspondimos al mismo punto: Estaríamos pues en presencia de fondos móviles y los caudales aquí arriba son pues inferiores a los que deberían ser.

Se puede calcular el caudal medio en aproximadamente 14500 m³/s.

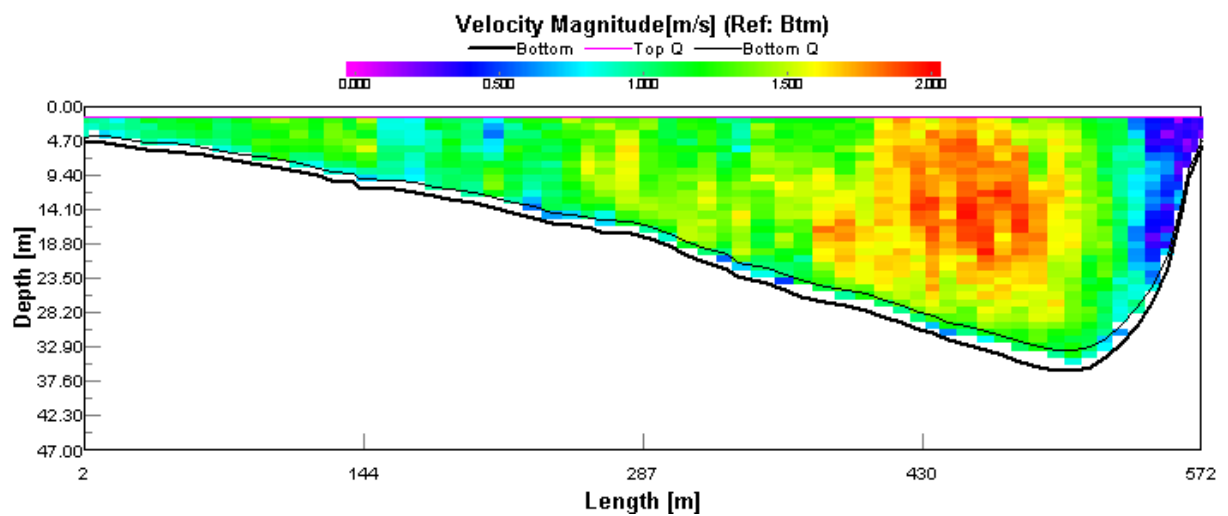


- Muestras de agua :**

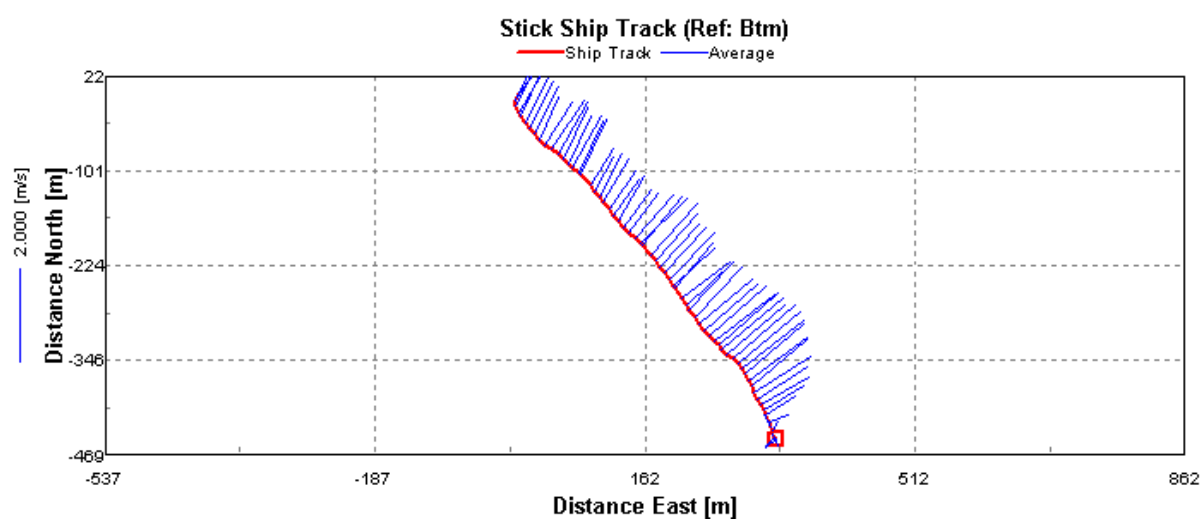
PE11-03
Conductividad : 174 $\mu\text{S/cm}$
pH 7.64
Temperatura 26.9°C

6-4. Ucayali à Requena :

- Perfil del trayecto de la sección a la derecha de las escalas y distribución de velocidades**



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección



- Resultados

Fecha	Unid.	25/04/2004						Average	Std. Dev.	Std./ Avg.
Requena n°		000r.000	001r.000	002r.000	003r.000	004r.000	005r.000			
H agua	[m]	975								
Total Q	[m³/s]	14632	13800	13843	14068	14091	13657	14015	344,461	0,02
Superf.Tot.	[m²]	10995	11509	11136	10812	11111	10796	11060	262,96	0,02
Ancho	[m]	567	569	583	570	594	583	578	10,74	0,02
Q/Superf.	[m/s]	1,331	1,199	1,243	1,301	1,268	1,265	1,268	0,046	0,04
Corriente vel.	[m/s]	1,373	1,249	1,359	1,368	1,345	1,289	1,33	0,05	0,04
Q Esq.	[m³/s]	17	17	28	23	52	49	31	15,524	0,5
Q.Sup	[m³/s]	1014	891	1004	985	1060	1016	995	56,648	0,06
Q.Med.	[m³/s]	12499	11890	11747	12000	11877	11520	11922	326,896	0,03
Q.Fondo	[m³/s]	1105	1007	1068	1062	1106	1072	1070	36,441	0,03
Q.Der.	[m³/s]	-3	-4	-4	-2	-3	0	-3	1,605	0,57
Vel.Bote	[m/s]	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	2,0	0,078	0,04
Rumbo Prom.	[°]	301,9	132,3	305,0	133,8	313,2	143,5			
Corriente Dir.	[°]	46	48	45	49	46	47			
Duracion	[s]	286	278	279	278	280	308			

- Muestras de agua :

PE11-04

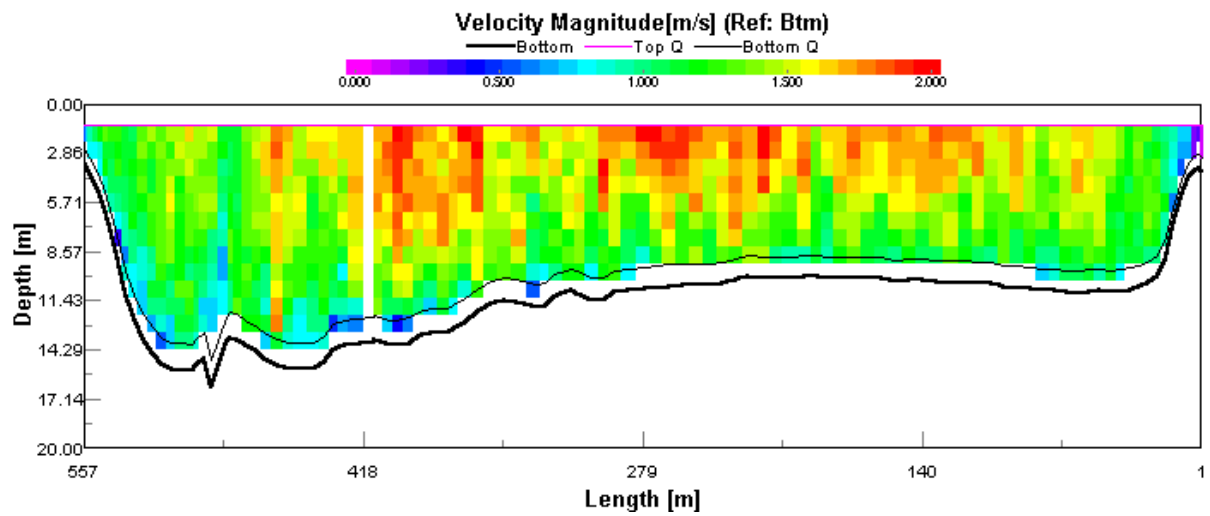
Conductividad : 247 $\mu\text{S/cm}$

pH 7.02

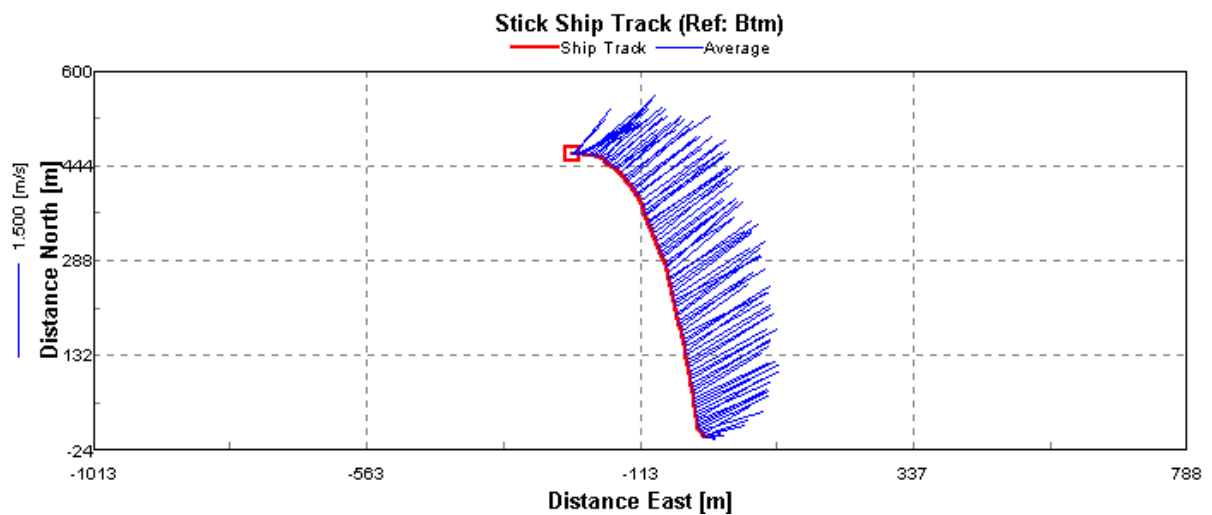
Temperatura 28 °C

6-6. Río Napo en la estación Bellavista :

- Perfil del trayecto de la sección a la derecha de las escalas y distribución de las velocidades.



- Trayecto del bote y vectores de velocidad media sobre la sección



- Resultados

Fecha	Unid.	26/04/04						Average	Std. Dev.	Std./ Avg.
Bella n°		000r.000	001r.000	002r.000	003r.000	004r.000	006r.000			
H agua	[m]	674								
Total Q	[m³/s]	8124	8060	7645	8344	7940	8143	8043	234.95	0.03
Superf.Tot.	[m²]	5892	5906	5861	6092	5873	5999	5937	90.08	0.02
Ancho	[m]	517	527	506	541	513	532	523	12.8	0.02
Q/Superf.	[m/s]	1.379	1.365	1.304	1.37	1.352	1.357	1.354	0.026	0.02
Corriente vel.	[m/s]	1.368	1.396	1.344	1.421	1.332	1.368	1.372	0.033	0.02
Q Esq.	[m³/s]	4	3	6	3	9	4	5	2.3	0.48
Q.Sup	[m³/s]	987	991	911	1014	958	991	975	36.39	0.04
Q.Med.	[m³/s]	6183	6090	5832	6345	6036	6174	6110	171.94	0.03
Q.Fondo	[m³/s]	949	952	882	951	926	951	935	27.91	0.03
Q.Der.	[m³/s]	0	23	15	30	11	23	17	10.69	0.63
Vel.Bote	[m/s]	1.5	1.1	1.5	1.1	1.6	1.2	1.3	0.235	0.17
Rumbo Prom.	[°]	334	168	334	166	334	168			
Corriente Dir.	[°]	55	56	55	56	56	56			
Duracion	[s]	366	530	343	506	330	494			

- Muestras de agua :

PE11-05

Conductividad : 40 µS/cm

pH problema con el pH-metro

Temperatura 26.9°C

VII. CONCLUSIÓN

Se realizó por onceava vez en el Perú la comisión de aforos, muestreo de agua y sedimentos de los ríos Amazonas, Marañón, Ucayali y Napo, obteniéndose en resumen los siguientes resultados tal como se muestra en la siguiente tabla.

RESUMEN DE LOS AFOROS REALIZADOS DURANTE LA COMISION

RIO	ESTACION	FECHA	CAUDAL (M3/S)	NIVEL (CM)	Nº DE MEDICIONES
NANAY	SEDA LORETO	22-4-04	723	113.65	4
AMAZONAS	TAMISHIYACU	23-4-04	24938	460	6
MARAÑÓN	SAN REGIS	24-4-04	14138	743	8
UCAYALI	REQUENA	25-4-04	14015	975	6
NAPO	BELLAVISTA	26-4-04	8043	674	6

Durante la presente comisión se contó con el total apoyo de la Dirección Regional de Loreto para realizar el inventario de la data existente así como de los informes de comisión realizado por su personal en las estaciones hidrométricas de su jurisdicción.

Se determinó que en la sección de aforo de la estación San Regis (Río Marañón) presenta fondos móviles motivo por el cual los caudales hallados tienen que ser recalculados.