

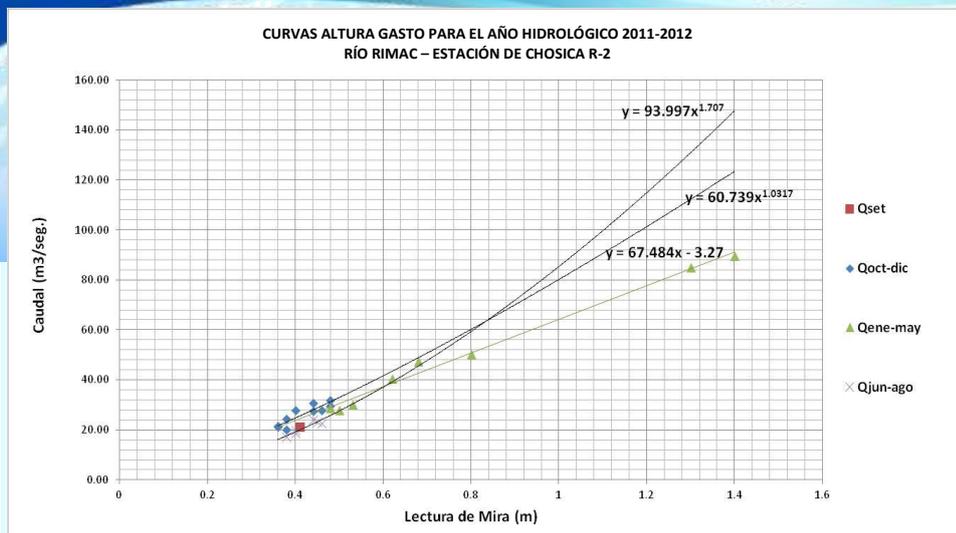
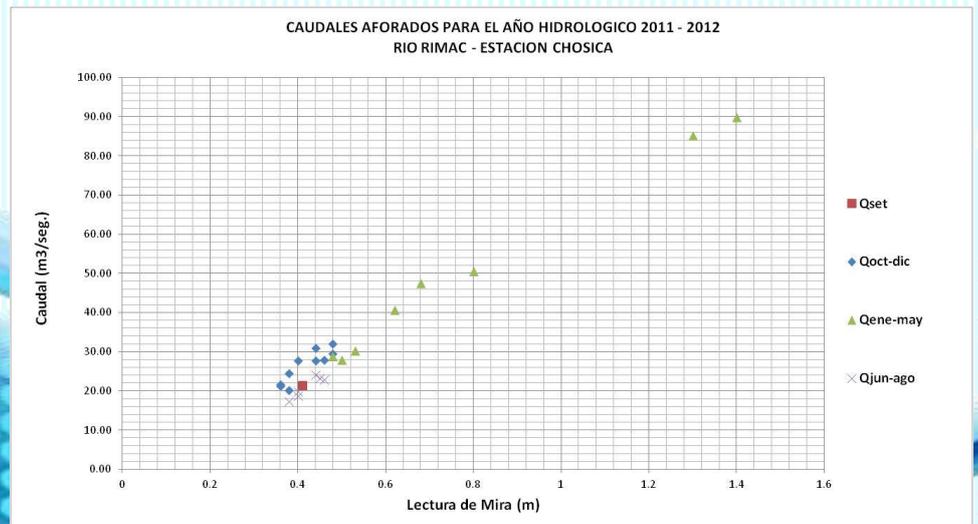


PERÚ

Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

COMPENDIO CURVAS ALTURA GASTO PERÍODO 2011- 2012



Lima - Perú
2012





*Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología*

**Presidente Ejecutiva del SENAMHI
Ing. Amelia Diaz Pabló**

**Director General de Hidrología y Recursos Hídricos
Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**

**Director de Hidrología Aplicada
Ing. Oscar Gustavo Felipe Obando**

**Director de Hidrología Operativa
Ing. Juan Fernando Arboleda Orozco**

**Elaboración por:
Ing. Fernando Arboleda Orozco
Ing. Cesar Moreno Guzmán
Bach. Darwin Santos Villar**

**Revisado por:
Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**

Diciembre – 2012

LIMA - PERÚ

INDICE

I. Antecedentes.....	5
II. Introducción.....	5
III. Objetivos.....	5
IV. Metodología para hallar la curva altura gasto.....	5
4.1 Método y procedimiento de medición de las profundidades y velocidades en las secciones de control.....	10
V. Análisis de los Aforos.....	18
5.1 Estación hidrométrica de El Tigre	19
5.2 Estación hidrométrica de Chosica R-2	21
5.3 Estación hidrométrica de Obrajillo	23
5.4 Estación hidrométrica de Huatiapa	25
5.5 Estación hidrométrica de Puente Unocolla.....	27
5.6 Estación hidrométrica de Puente Carretera Huancané.....	29
VI. Estimación de valores de caudales.....	34
VII. Conclusiones.....	37

T A B L A S

Tabla 1	Ubicación de las estaciones Hidrométricas.....	9
Tabla 2	Relación entre ancho superficial del río y la separación entre los puntos de medición.....	11
Tabla 3	Control de descarga.....	12
Tabla 4	Relación entre el ancho superficial del río y la cantidad de flotadores a emplear	13
Tabla 5	Hoja resumen de los controles de descarga.....	15
Tabla 6	Determinar el tiempo promedio en la sección de control de los flotadores	15
Tabla 7	Determinación del valor K.....	17
Tabla 8	Determinación de los caudales en base a los datos del aforo por método de flotadores.	19
Tabla 9	Expresiones Matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Tumbes en el Año Hidrológico 2011-12.....	20
Tabla 10	Expresiones Matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Rímac en el Año Hidrológico 2011-12.....	22
Tabla 11	Expresiones matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Chillón en el Año Hidrológico 2011-12.	24
Tabla 12	Expresiones matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Camaná Majes en el Año Hidrológico 2011-12	26
Tabla 13:	Expresiones matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Coata en el Año Hidrológico 2011-12.....	28
Tabla 14:	Expresiones matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Huancané en el Año Hidrológico 2011 - 12.....	30
Tabla 15:	Expresiones matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Ramis en el Año Hidrológico 2011-12	32
Tabla 16:	Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Tumbes – Estación El Tigre.	33
Tabla 17:	Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Rímac – Estación Chosica	34
Tabla 18:	Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Chillón – Estación Obrajillo.	34
Tabla 19:	Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Camaná Majes Estación Huatiapa.....	34
Tabla 20:	Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Coata Estación Puente Unocolla.....	35
Tabla 21:	Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Huancané Estación Puente Carretera	35
Tabla 22:	Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 río Ramis Estación Pte. Carretera	36

COMPENDIO CURVAS ALTURA GASTO PERIODO 2011- 2012

I.- ANTECEDENTES

De acuerdo a la guía técnica de aforos elaborada el 2011, la cual se encuentra basada en la experiencia obtenidas por los profesionales de la Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), donde se toma como base los fundamentos teóricos y prácticos contenidos en la guía; sobre la estimación de caudales mediante ecuaciones matemáticas; en ese contexto se elabora el compendio de las curvas Altura-Gasto del año hidrológico 2011 - 2012 de los ríos Tumbes, Chillón, Rímac, Camaná Majes, Ramis, Coata y Huancané, permitiéndonos obtener información consistente de caudales a nivel diario y mensual.

II.- INTRODUCCIÓN

La necesidad de utilizar el recurso hídrico en su mayor disponibilidad, se basa en el incremento de la demanda de agua, para satisfacer las diferentes actividades del ser humano, como el uso poblacional, agricultura, industria, entre otros. Esta necesidad de saber la disponibilidad hídrica no se puede lograr sin conocer los elementos básicos del ciclo hidrológico, precipitación, evaporación y caudal, para ello es necesario implementar un sistema de medición adecuado en los diferentes pisos ecológicos de una cuenca.

Para los casos de la precipitación y evaporación entre otras variables, es necesario instalar una red optima de estaciones climatológicas las que nos permitan saber el comportamiento climático de cada sector de la cuenca, asimismo para poder saber la disponibilidad hídrica es necesario contar con una red hidrométrica apropiada donde no sólo se mida el nivel de agua sino también los caudales, los cuales tienen que estar en la cantidad y la calidad suficiente permitiéndose la generación de caudales para las diferentes escalas de tiempo y a partir de sus representación matemática en sus diferentes periodos estacionales.

III.- OBJETIVOS

- Elaborar el compendio de las curvas Alturas-Gastos de los ríos Tumbes, Chillón, Rímac, Camaná Majes, Ramis, Coata y Huancané, ubicadas en la región hidrográfica del Pacífico y Titicaca.
- Generar los caudales, a diferentes intervalos de tiempo, como base para el monitoreo hidrológicos de los ríos mencionados anteriormente.

IV.- METODOLOGÍA PARA HALLAR LA CURVA ALTURA GASTO

Los ríos por naturaleza son elementos dinámicos, es decir presentan cambios frecuentes en su sección hidráulica; estas variaciones pueden ser continuas o estacionales durante el año hidrológico, y pueden ser motivadas por causas naturales o antrópicas.

Este proceso de inestabilidad hidráulica independientemente del causante, hace que las mediciones para la estimación de los caudales en los puntos de control, sean indispensables, ya que esto nos permitirá saber la mayor precisión la disponibilidad hídrica en cada curso de agua.

La estimación de los caudales en los cursos de agua, se basa en las mediciones de las velocidades del fluido en una área determinada, esta información complementada con las cotas relativas que se ubican en cada punto de control, las cuales nos permite desarrollar las curvas de descarga, que son representadas por una expresión matemática, que luego, nos servirá para la obtención de la disponibilidad hídrica en un momento determinado.

Debemos tener en cuenta que en secciones regulares las curvas de descarga o curva altura gasto está representada por una relación biunívoca del nivel de agua con el caudal, es decir que para un caudal A, le corresponde un nivel de agua B, y para un nivel de agua B, el caudal siempre es A, independientemente, del periodo de crecida o descenso; pero en cauces naturales se pueden presentar que la curva ascendente de la crecida, será mayor, considerando la curva descendente de la crecida, este fenómeno se le denomina histéresis (**Figura 1**).

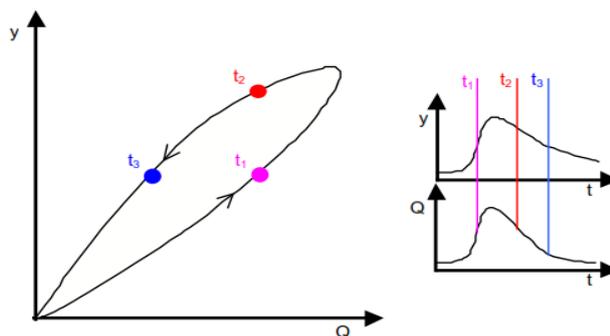


Figura 1. Descripción del fenómeno histéresis.

Fuente: Manual de Hidrometría , 2011.

Las diferentes formas y métodos para el ajuste de la curva de gasto, se basada en el comportamiento hídrico de curso de agua. De la experiencia se puede comentar que para cursos naturales y en caso del Perú, este comportamiento es de tipo potencial, con comportamiento lineal en el período de máximos y mínimos caudales.

Los métodos existentes son los siguientes:

❖ **Métodos Matemáticos:**

- Lineal

$$Q = a + b * H$$

- Logarítmica

$$Q = a + b * \ln H$$

- Exponencial

$$Q = a * b^H$$

- Potencial

$$Q = a * H^b$$

Dónde:

Q : Caudal (m³/s)
 a, b : Coeficientes a determinar
 H : Altura de nivel (m)

❖ **Métodos Analíticos:**

- Curva Analítica de primer tipo

$$Q = C (h - h_0)^n$$

Dónde:

Q : Caudal (m³/s).
 h : Nivel de agua leído en la escala (m).
 h₀ : Nivel cuando el caudal es nulo (m).
 n : Constante a determinar.

- Curva Analítica de segundo tipo.

$$Q = a + b H + c H^2$$

Dónde:

Q : Caudal (m³/s)
 H : Nivel de agua leído (m)

a, b, c : Constantes a determinar

❖ Métodos Hidráulicos

- Stevens

$$Q = A C \sqrt{S R}$$

Dónde:

- Q : Caudal o descarga en (m³/s)
- A : Area de la sección de control para nivel determinado (m²).
- S : Pendiente de la línea de energía; para un flujo uniforme, es también la pendiente de la superficie libre del agua y la del fondo del canal en (m/m).
- R : Radio hidráulico, que para cauces anchos y poco profundos se reemplaza por la profundidad media, donde $D=A/a$.
- a : Ancho del cauce en la superficie del agua (m).
- C : Coeficiente de Chezy que depende de las características del escurrimiento y de la naturaleza del cauce. Hidráulico.

Entonces esto queda expresado de la forma:

$$Q = C \sqrt{S} A \sqrt{D}$$

$C \sqrt{S}$: **Factor hidráulico**

$A \sqrt{D}$: **Factor geométrico**

- Manning

$$Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S}$$

Dónde:

- A : Area de la sección de control o de aforo (m²)
- S : Pendiente del canal en (m/m)
- R : Radio hidráulico, $R = A / P$

P : Perímetro mojado de la sección de control (m)

N : Coeficiente de rugosidad (**Cuadro 6**)

Q : Caudal o descarga en (m³/s).

$$\frac{\sqrt{S}}{n} : \text{Factor Hidráulico}$$

$$A * R^{2/3} : \text{Factor Geométrico}$$

De la misma forma, que por el método de Stevens, se determina el FH, FG, para luego determinar el caudal.

Hablando ya concretamente de la información base para la generación de las curvas de gasto nos podemos referir que esta, está sustentada en los aforos realizados en las diferentes estaciones hidrométricas consideraras en este estudio y que corresponden a las estaciones hidrométricas que se detallan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Ubicación de las Estaciones Hidrométricas

REGION	UNIDADES HIDROGRAFICAS	ESTACION HIDROMETRICAS	CATEGORIA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
				(°)	(°)	(msnm)
PACIFICO	Tumbes	El Tigre	HLG	-3.72	-80.45	114
	Chillón	Obrajillo	HLG	-11.46	-76.63	2560
	Rímac	Chosica	HLG	-11.93	-76.69	870
	Camaná Majes	Huatiapa	HLG	-16.00	-72.47	750
TITICACA	Huancané	Pte. Carretera Huancané	HLG	-15.22	-69.79	3830
	Ilave	Pte. Carretera Ilave	HLG	-16.05	-69.63	3850
	Ramis	Pte. Carretera Ramis	HLG	-15.25	-69.87	3850

Fuente: Elaboración propia

La información de los aforos realizados tienen como elemento principal de medición un equipo correntómetro y en casos extremos donde ya se expone la vida de los hidromensores y el equipo propiamente, se utiliza como elemento de medición los flotadores, que son elementos flotantes propios de la región, que nos permiten obtener las velocidades superficiales en los diferentes tramos del río, para luego con los ajustes respectivos en gabinete podemos obtener los caudales respectivos. Este último lo detallaremos más adelante.

La información básica que se puede extraer de un aforo realizado con correntómetro es diversa, pero para este método, se tomará información como:

- ❖ Fecha del aforo.

- ❖ Hora inicial y final del aforo.
- ❖ Altura inicial y final del aforo.
- ❖ Descarga total del aforo.
- ❖ Área mojada total.
- ❖ Velocidad media en tramo.
- ❖ Amplitud del espejo de agua.
- ❖ Margen de inicio y final del aforo.
- ❖ Profundidad máxima y mínima del aforo.
- ❖ Otros datos generales, como número de correntómetro, número de hélice, revoluciones por contacto y observador u observadores.

4.1 Método y procedimiento de medición de las profundidades y velocidades en las secciones de control

El método más común que se utiliza para la determinación del caudal, es el del Area – Velocidad (**Figura 2**), el cual consiste que para determinar el área es necesario realizar sondeos de las profundidades a tramos constantes y la determinación de las velocidades es utilizando equipos como el molinete y/o sensores de velocidad.

Considerando que los ríos son elementos de la naturaleza muy dinámicos por presentar cambios frecuentes en su sección hidráulica, por causas naturales o antrópicas; es importante, que estas actividades sean lo más frecuentemente posible, considerando la precisión de la información que se quiere recabar.

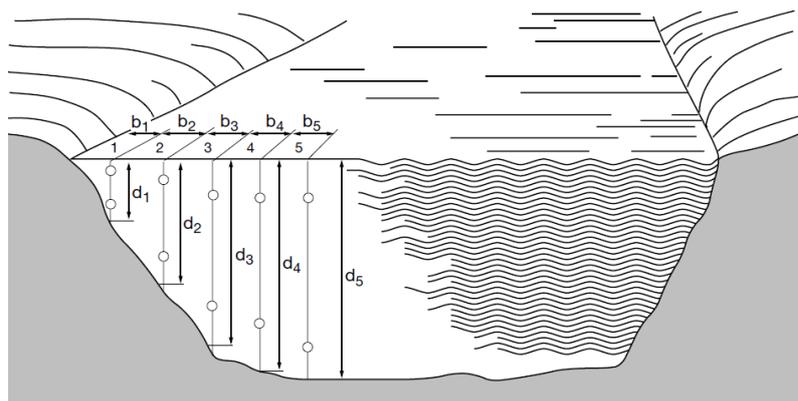


Figura 2. Sección de Control en un curso de agua, graficando las líneas de sondeo.

Fuente. Guía de Prácticas Hidrológicas - WMO.

Para la determinación de las velocidades en las verticales, está depende a la profundidad de cada vertical, generalmente se utiliza el método de un punto y dos puntos cuyos detalles se presentan a continuación (**Tabla 2**).

❖ Método de un punto.

Este método consiste en obtener la velocidad colocando el molinete a 0,6 de profundidad a partir de la superficie o 0,4 a partir del fondo del cauce, por lo que este, vendría hacer la velocidad media (V_m), en la vertical. Se aplica este método, cuando las profundidades en la vertical sean inferiores a 0,70 m (**Figura 3**).

Tabla 2. Relación entre el ancho superficial del río y la separación entre los puntos de medición

ANCHO SUPERFICIAL B (m)	DISTANCIA ENTRE PUNTOS DE MEDICION M (m)	DISTANCIA ENTRE PUNTOS DE MEDIDA DE LA VELOCIDAD
Menos de 10	Porcentaje de 10%-15%	N = M
10 - 20	Ancho superficial 1	2
20 - 40	2	4
40 - 60	3	6
60 - 80	4	8
80 -100	5	10
100 - 150	6	12
150 - 200	10	20
Más de 200	15	30

Fuente: Elaboración propia

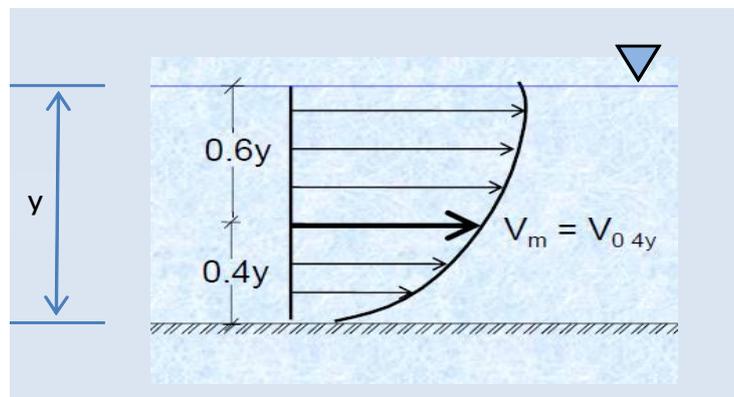


Figura 3. Método de aforo al 60% de profundidad.

Fuente. Laboratorio de Hidráulica UNI.

$$V_m = V_{0.4y}$$

❖ Método de dos puntos

Este método consiste en obtener la velocidad colocando el molinete a 0,2 y 0,8 de profundidad a partir de la superficie o fondo del cauce, por lo que la velocidad media (V_m), en la vertical, se obtiene de la forma siguiente. Se aplica este método, cuando las profundidades en la vertical sean superiores a 0,70 m (**Figura 4**).

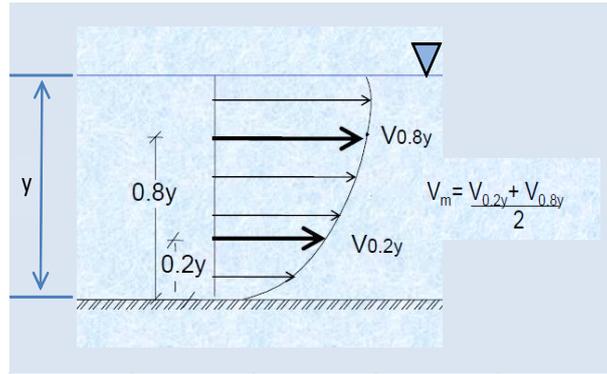


Figura 4. Método de aforo al 20% y 80% de Y
Fuente. Laboratorio de Hidráulica UNI

$$V_m = \frac{(V_{0.2y} + V_{0.8y})}{2}$$

En la **Tabla 3**, se muestra la aplicación del método de la sección media, utilizada en la cuenca del río Rímac, donde se aplicó el método de los tres puntos (0,2, 0.6 y 0,8) y como tiempo mínimo 30 segundos, permitiendo determinar un caudal promedio de 21,573 m³/s, una velocidad media de 1,69 m/s y un área de sección mojada de 12,53 m².

Tabla 3. Control de descarga, aforo por método de sección media.

SENAMHI														
DIRECCION GENERAL DE HIDROLOGIA Y RECURSOS HIDRICOS														
ESTACION	: HLG-AUT CHOSICA		HORA INICIAL	: 10:20 Hrs	LECTURA DE ESCALA	:	CORRENTO.	: C-31 135693 HEL.Nº: 1-135051						
RIO	: RIMAC		HORA FINAL	: 01:50 Hrs	INICIAL	0.38	LASTRE	: Suspensión - 25 kg.						
CUENCA	: Río RIMAC		FECHA	: 03/06/2011	FINAL	0.36	REV. POR SEÑAL	: 1						
C. REGIONAL	: LIMA		PROMEDIO	0.37	AFORADOR	: Nestor - Arturo								
AREA TOTAL:	12.53 m		VELOCIDAD MEDIA:	1.69 m/s			DESCARGA TOTAL:	21.573 m ³ /s						
TRABAJO DE CAMPO						TRABAJO DE GABINETE								
SONDEOS		CORRENTOMETRO				VELOCIDAD			SECCION			DESCARGA	OBSERVACIONES	
PTOS.	DISTAN.	PROFUND.	PROFUND. DE OBSERVACION	REV.	TIEMPO	N	EN EL PTO	EN SUPERF.	MED. EN EL TRAMO	PROFUND. MEDIA	ANCHO			AREA
	m	m	metodo metros	segundos			m/seg.	m/seg.	m/seg.	m	m	m2	m3/seg.	
MARGEN IZQUIERDA														
0	3	0.50	0.6	0.30	102	30.0	3.4	0.889	0.889					
1	4	0.55	0.6	0.33	135	30.0	4.5	1.175	1.175	1.032	0.53	1.0	0.53	0.542
2	5	0.50	0.6	0.30	160	30.0	5.3	1.392	1.392	1.283	0.53	1.0	0.53	0.674
3	6	0.70	0.6	0.42	149	30.0	5.0	1.296	1.296	1.344	0.60	1.0	0.60	0.806
4	7	0.70	0.6	0.42	179	30.0	6.0	1.557	1.557	1.426	0.70	1.0	0.70	0.998
5	8	0.60	0.6	0.36	179	30.0	6.0	1.557	1.557	1.557	0.65	1.0	0.65	1.012
6	9	0.65	0.6	0.39	255	30.0	8.5	2.216	2.216	1.886	0.63	1.0	0.63	1.179
7	10	0.80	0.2	0.16	276	30.0	9.2	2.398	2.034	2.125	0.73	1.0	0.73	1.540
			0.8	0.64	192	30.0	6.4	1.669						
8	11	0.90	0.2	0.18	287	30.0	9.6	2.493	2.038	2.036	0.85	1.0	0.85	1.730
			0.8	0.72	182	30.0	6.1	1.583						
9	12	0.80	0.2	0.16	319	30.0	10.6	2.771	2.029	2.034	0.85	1.0	0.85	1.729
			0.8	0.64	148	30.0	4.9	1.288						
10	13	0.85	0.2	0.17	307	30.0	10.2	2.667	2.467	2.248	0.83	1.0	0.83	1.855
			0.8	0.68	261	30.0	8.7	2.268						
11	14	0.80	0.2	0.16	246	30.0	8.2	2.138	2.021	2.244	0.83	1.0	0.83	1.851
			0.8	0.64	219	30.0	7.3	1.903						
12	15	0.80	0.2	0.16	190	30.0	6.3	1.652	1.843	1.932	0.80	1.0	0.80	1.545
			0.8	0.64	234	30.0	7.8	2.034						
13	16	0.80	0.2	0.16	188	30.0	6.3	1.635	1.279	1.561	0.80	1.0	0.80	1.249
			0.8	0.64	106	30.0	3.5	0.923						
14	17	0.85	0.2	0.17	221	30.0	7.4	1.921	1.843	1.561	0.83	1.0	0.83	1.288
			0.8	0.68	203	30.0	6.8	1.765						
15	18	0.80	0.2	0.16	223	30.0	7.4	1.938	1.700	1.771	0.83	1.0	0.83	1.461
			0.8	0.64	168	30.0	5.6	1.461						
16	19	0.80	0.2	0.16	177	30.0	5.9	1.539	1.452	1.576	0.80	1.0	0.80	1.261
			0.8	0.64	157	30.0	5.2	1.366						
17	20	0.75	0.6	0.45	86	30.0	2.9	0.750	0.750	1.101	0.78	1.0	0.78	0.853
MARGEN DERECHA														
MAX.TIR	0.90													
PROM:	0.73													
							1.723	1.689		SUM A	12.53	21.573		

Fuente: Elaboración propia

❖ Método del Flotador

Definiremos al flotador es un elemento natural o artificial que tiene las condiciones de flotar, es decir puede ser arrastrado por las aguas ya sea parcial o totalmente sumergido en ella. Los elementos más utilizados como flotadores son trozos de madera, palos, botellas plásticas parcialmente con agua o cualquier otro cuerpo que al entorno del lugar nos permita realizar esta función.

Para aplicar este método de aforo este se debe realiza en un tramo del río donde este sea lo más recto posible, se recomienda distancias mayores o iguales a 30 metros o según las condiciones del lugar y deben usarse la mayor cantidad de flotadores posibles, que cubran todo el ancho del río en franjas proporcionales y además que tengan forma y peso similares.

En la **Tabla 4**, se presenta la relación de proporcionalidad entre el ancho del río y la cantidad de flotadores a emplear.

Tabla 4. Relación entre el ancho superficial del río y la cantidad de flotadores a emplear, durante época de avenida

Ancho de la sección	< 50	50 -100	100 – 200	200 – 400	400 – 800	> 800
Número de flotadores	3	4	5	6	7	8

Fuente: Elaboración propia

Asumiendo que la trayectoria de los flotadores sea de la forma rectilínea, paralela a la corriente se obtendrán tiempos para un mismo espacio los cuales al ser remplazados en la ecuación que a continuación presentamos se determinara velocidades parciales para cada uno de los flotadores (**Figura 11**).

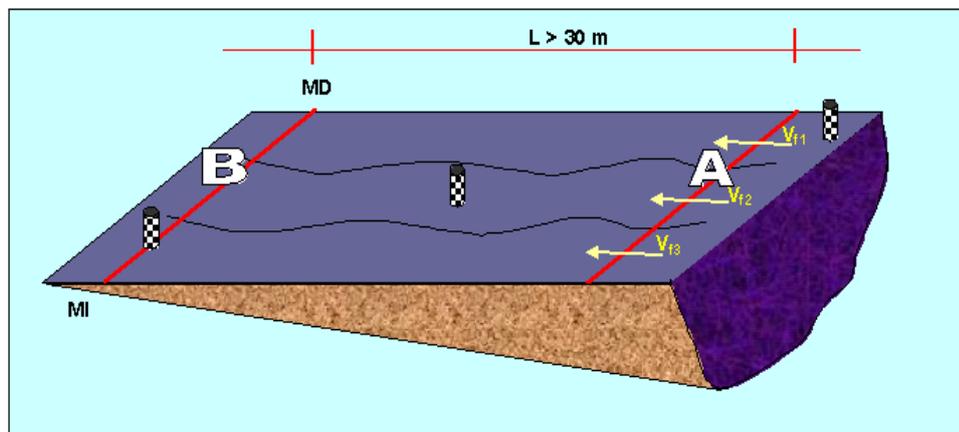


Figura 11. Tramo en la sección de control en un curso de agua, aforando con flotadores.

Fuente. Elaboración propia.

$$V_i = \frac{L}{t_i}$$

Dónde:

- L : Distancia del tramo recto en metros (mayor o igual a 30 metros).
- t_i : Tiempo que demora en recorrer la distancia "L" el flotador número "i".
- V_i : Velocidad del flotador número "i".
- i : Número del flotador. $i = 1, 2, \dots, N$.

Promediando estas velocidades parciales se obtendrá la velocidad superficial promedio (V_{sp}) a todo lo ancho del cauce. Este punto se desarrollara con más detalle en la parte práctica.

Una vez determinado la V_{sp} se determinará la velocidad promedio de la sección (V_m), para lo cual hay que tener en cuenta la relación V_m / V_{sp} donde:

$$K = \frac{V_m}{V_{sp}}$$

Dónde:

- V_m : Velocidad promedio en la sección
- V_{sp} : Velocidad superficial promedio.
- K : Constante

En general V_m / V_{sp} , suele oscilar entre 0.45 y 0.95 dependiendo de la morfología del cauce, la rugosidad, entre otras condiciones hidráulicas.

En la práctica este puede ser estimado realizando campañas de aforo con correntómetro y flotadores en forma paralela. Ver caso práctico.

Ejemplo práctico: para estimar las constantes de corrección de las velocidades y determinación de los caudales.(Tomado de la guía hidrométrica elaborado por la DGH-RH 2011).

Este método práctico consta de dos etapas una que corresponde a fase de campo y otra de gabinete. La primera etapa de campo se basa en realizar los aforos con correntómetro y flotadores paralelamente antes de empezar

el periodo lluvioso y luego de esta, la cual nos permitirá mejorar los análisis de los caudales en este periodo.

Para el ejemplo utilizaremos la información registrada en la Estación Hidrométrica de Obrajillo del Río Chillón perteneciente a la cuenca del Río Chillón, Dirección Regional de Lima.

La **Tabla 5**, es un cuadro resumido de los controles de descarga o aforos realizados con correntómetro y con flotadores.

Tabla 5. Hoja resumen de los Controles de Descarga.

FECHA	MIRA (m)	DESCARGA (m ³ /s)	AREA (m ²)	VELOCIDAD med(m/s)	Met.	Last. (Kg)	Flotadores		
							Mi.	C.	Md.
16/04/2011	1.18	13.393	7.07	1.71	Corremt.	25 kg.			
18/04/2011	1.16				Flot.		8	7	10
							9	7	8
08/05/2011	1.02	6.185	5.85	0.92	Corremt.	25 kg.			
	1.02				Flot.		12	10	9
							10	10	11
12/05/2011	1.00	5.613	5.63	0.89	Corremt.	25 kg.			
	1.00				Flot.		11	11	14
							14	11	11
19/05/2011	0.95	4.342	5.59	0.683	Corremt.	25 kg.			
	0.95				Flot.		11	12	12
							12	11	13
23/05/2011	0.94	3.161	5.55	0.5104	Corremt.	25 kg.			
	0.94				Flot.		13	13	12
							15	13	14
06/06/2011	0.91	2.357	5.22	0.3991	Corremt.	25 kg.			
	0.91				Flot.		13	14	13
							13	15	15
							13	12	15

Fuente: Elaboración propia

- Para obtener la velocidad superficial en base en los tiempos que se demoraron en recorrer los flotadores, una distancia constante de 20 m., en una sección recta del curso de agua.

Para el ejemplo: Día 18-04-2011.

Determinaremos primero los tiempos promedios, en la vertical, tramo para luego obtenerlo en la sección (**Tabla 6**).

Tabla 6. Determinar el tiempo promedio en la sección de control de los flotadores.

Mi.	C.	Md.	Promedio
8	7	10	
9	7	8	
9	7	9	Vertical
8		8	Tramo
	8		Sección

Fuente: Elaboración propia

Nos podemos dar cuenta que el tiempo promedio que tardaron los flotadores para recorrer el tramo de 20 m., fue 8 s., entonces la velocidad promedio superficial (V_{sup}), será:

$$V_{sup} = d/t$$

$$V_{sup} = 20/8$$

$$V = 2.45 \text{ m/s}$$

Entonces para el día analizado la altura del nivel agua es $H_{18-04-11} = 1.16$ m., y para un día anterior (16-04-11), el nivel fue $H_{16-04-11} = 1.18$ m., las condiciones hidrológicas cuasi similares, además asumimos que existe una relación biunívoca, es decir para un mismo nivel, le corresponde un mismo valor de velocidad media y viceversa, entonces, los valores de las velocidades deben ser próximos.

$$V_{med} = K * V_{sup}$$

$$K \approx \frac{V_{med}}{V_{sup}}$$

$$K \approx \frac{1.71}{2.45}$$

$$K \approx 0.68$$

Entonces la velocidad media para el día $H_{18-04-11} = 1.16$ m.

$$V_{med} \approx K * V_{sup}$$

$$V_{med} \approx 0.68 * 2.45$$

$$V_{med} \approx 1.67 \text{ m/s}$$

De igual forma se realiza, para los siguientes días así como se muestra para en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Determinación del valor K.

FECHA	MIRA (m)	DESCARGA (m3/s)		AREA (m2)	VELOCIDAD			Met.	Last. (Kg)	Flotadores			K
		Corrent	Flot (Estimado)		med(m/s)	med (correg)	sup(m/s)			Mi.	C.	Md.	
16/04/2011	1.18	13.393		7.07	1.71			Corrent.	25 kg.				
18/04/2011	1.16					1.67	2.45	Flot.		8	7	10	0.68
										9	7	8	
08/05/2011	1.02	6.185		5.85	0.92			Corrent.	25 kg.				
	1.02					0.91	1.94	Flot.		12	10	9	0.47
										10	10	11	
12/05/2011	1.00	5.613		5.63	0.89			Corrent.	25 kg.				
	1.00					0.87	1.67	Flot.		11	11	14	0.52
										14	11	11	
19/05/2011	0.95	4.342		5.59	0.68			Corrent.	25 kg.				
	0.95					0.68	1.69	Flot.		11	12	12	0.40
										12	11	13	
23/05/2011	0.94	3.161		5.55	0.51			Corrent.	25 kg.				
	0.94					0.51	1.50	Flot.		13	13	12	0.34
										15	13	14	
06/06/2011	0.91	2.357		5.22	0.40			Corrent.	25 kg.				
	0.91					0.40	1.45	Flot.		13	14	13	0.28
										13	15	15	
										13	12	15	

Fuente: Elaboración propia

Así obtenemos la relación matemática que se observa en la **Figura 12**, y es de la forma siguiente:

$$K = 1.5958 \ln(H) + 0.4588$$

Dónde:

- K : Constante de corrección de las velocidades.
- H : Altura de mira en metros.

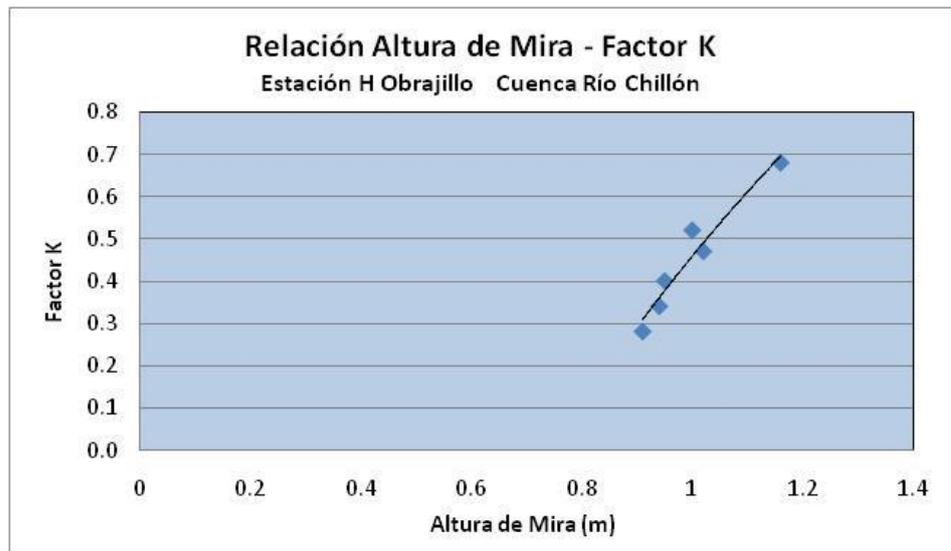


Figura 12. Relación matemática entre altura de mira y el factor K, estimado para los datos de aforo de flotadores de contraste.

Fuente. Elaboración Propia.

Para el caso de estimar el área mojada existe varias alternativas una de ellas es encontrando una relación matemática entre el nivel de agua y el área mojada en base a la información previamente obtenida con los aforos con correntómetro, la otra forma podría ser incrementándose el área mojada en base a un aforo máximo realizado con correntómetro y es en base a la diferencia de nivel y la amplitud del espejo de agua (**Figura 13**).

$$A_{mojada} = A + (d * b)$$

Donde:

- A : Área mojada del aforo para un nivel agua conocido en metros cuadrados.
- d : Diferencia de nivel agua, entre el valor del aforo conocido y el valor de nivel de agua del aforo por flotador.
- b : Amplitud del espejo de agua.

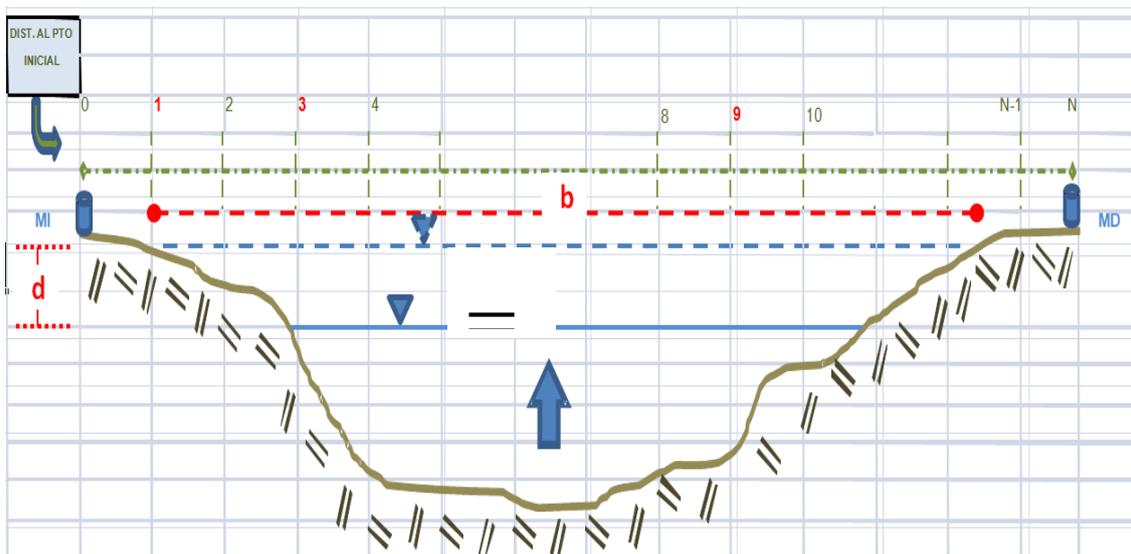


Figura 13. Sección de control, para la estimación del área mojada para el aforo por método de flotadores.

Fuente. Elaboración Propia.

En la **Tabla 8**, se muestra la aplicación del método de los flotadores para la determinación de los caudales superficiales.

Tabla 8. Determinación de los caudales en base a los datos del aforo por método de flotadores.

FECHA	MIRA (m)	DESCARGA (m ³ /s)		AREA (m ²)	VELOCIDAD			Met.	Last. (Kg)	Flotadores			K
		Corrent	Flot (Estimado)		med(m/s)	med (correg)	sup(m/s)			Mi.	C.	Md.	
16/04/2011	1.18	13.393		7.07	1.71			Corremt.	25 kg.				
18/04/2011	1.16	11.352		6.82		1.67	2.45	Flot.		8	7	10	0.68
										9	7	8	
08/05/2011	1.02	6.185		5.85	0.92			Corremt.	25 kg.				
	1.02	5.396		5.93		0.91	1.94	Flot.		12	10	9	0.47
										10	10	11	
12/05/2011	1.00	5.613		5.63	0.89			Corremt.	25 kg.				
	1.00	5.031		5.81		0.87	1.67	Flot.		11	11	14	0.52
										14	11	11	
19/05/2011	0.95	4.342		5.59	0.68			Corremt.	25 kg.				
	0.95	3.711		5.49		0.68	1.69	Flot.		11	12	12	0.40
										12	11	13	
23/05/2011	0.94	3.161		5.55	0.51			Corremt.	25 kg.				
	0.94	2.767		5.43		0.51	1.50	Flot.		13	13	12	0.34
										15	13	14	
06/06/2011	0.91	2.357		5.22	0.40			Corremt.	25 kg.				
07/06/2011	0.91	2.145		5.24		0.41	1.46	Flot.		13	14	13	0.28
										13	15	15	
										13	12	15	

Fuente. Elaboración Propia.

V.- ANÁLISIS DE LOS AFOROS.

Durante el año hidrológico, buscamos que las principales variables involucradas en la generación de los caudales o escurrimientos superficial, estén lo más actualizado posible; debido a que la cuantificación del recurso agua, implica no solo conocer su disponibilidad para los temas de gestión sino evaluar su potencial para la ocurrencia de eventos extremos. En base a ello, se hace seguimientos de las variables dinámicas del ciclo hidrológicos para estimar los parámetros hidráulicos que caracterizan al río a través de las secciones transversales identificadas en cada uno de los puntos de control hidrométricos.

El método más común que se utiliza para la determinación del caudal, es el del Area – Velocidad, el cual consiste que para determinar el área es necesario realizar sondeos de las profundidades a tramos constantes y la determinación de las velocidades es utilizando equipos como el molinete, sensores de velocidad o flotadores.

5.1 Estación hidrométrica de El Tigre

La estación hidrométrica, se encuentra ubicada en la cuenca del río Tumbes, margen izquierda, y cuenta con el instrumental siguiente:

- Estación automática, con sensor radárico y transmisión satelital
- Estación hidrométrica convencional
- Estación de aforo
- Correntómetro para aforo por vadeo y suspensión

Durante el periodo hidrológico 2011-12, se realizaron un total de 230 aforos, donde sus registros de niveles de agua fluctuaron entre 0.85 m hasta 3.96 m, que equivalen a caudales de 12.285 m³/s, y 760.248 m³/s, respectivamente.

El comportamiento hidrológico del río Tumbes, durante el año hidrológico 2011-12, estuvo segmentado en cuatro períodos:

- Setiembre 2011 a Diciembre 2011,
- Enero 2012 a Marzo 2012,
- Abril 2012 a Mayo 2012,
- Junio 2012 a Agosto 2012,

Las expresiones matemáticas se presentan en la **Tabla 9**, cuyos coeficientes de regresión superaron 98% para todos los casos.

Tabla 9. Expresiones Matemáticas de la curva Altura Gasto Estación hidrométrica El Tigre – 2011/12

PERIODO		ECUACION
SET11 - DIC11		$Q = 23.806 * H^{3.097}$
ENE12- MAR12	H < 2.95	$Q = 28.738 * H^{2.517}$
	H ≥ 2.95	$Q = 53.957 * H^{1.938}$
ABR12 - MAY12		$Q = 29.858 * H^{2.689}$
JUN12 - AGO12		$Q = 33.442 * H^{2.474}$

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 14**, se muestra la distribución de los valores de pares conformados entre los niveles de agua y el caudal aforado ese día, observándose la serie de puntos para los diferentes intervalos o períodos de tiempo seleccionados.

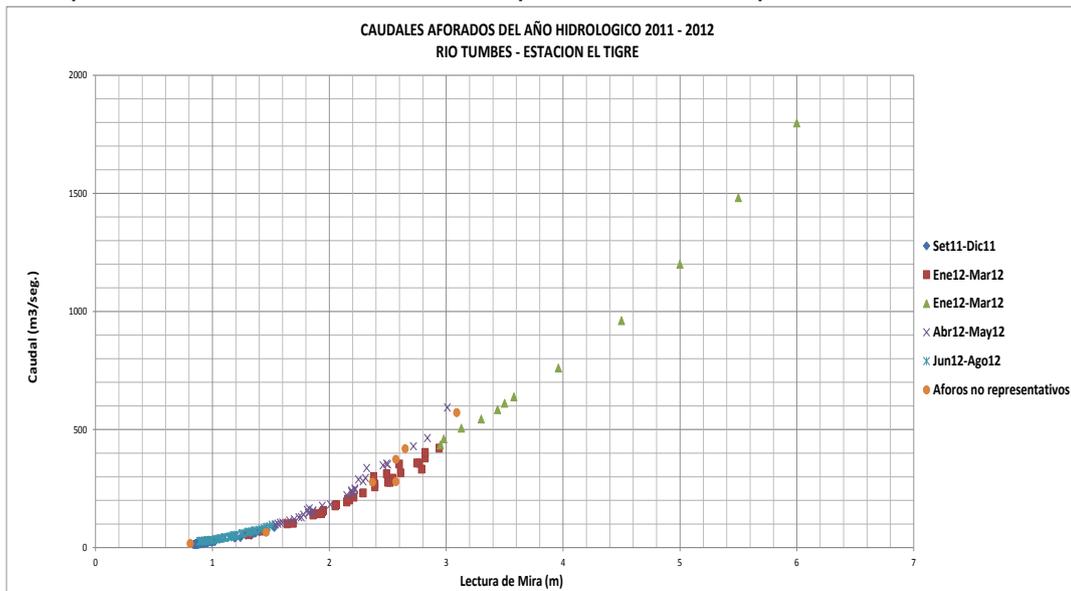


Figura 14. Aforos realizados en el río Tumbes – estación El Tigre período setiembre 2011 a agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

Los valores ploteados se distribuyen en base al período temporal seleccionados y las condiciones naturales del flujo de la corriente que genera la cuenca, apreciamos que en la parte baja de la curva, se ubican los datos registrados para la época de estiaje (color azul) (Setiembre 2011 – Diciembre 2011), mientras que para Enero – Marzo (color rojo), los puntos se ubican en la parte media; conjuntamente con los valores, de Abril – Mayo y Junio – Agosto, con una ligera desviación del color rojo. Cabe resaltar que los puntos de color naranja son aforos cuyos valores no son representativos para los periodos en que se evalúan, por lo que dentro del análisis y elaboración de la curva altura gasto no son tomadas en cuenta, por el contrario son descartadas.

En la **Figura 15**, podemos apreciar, el ajuste realizados a las series de puntos ploteados, para el año hidrológico 2011-2012, observándose que se han generados 5 curvas potenciales que tratan de describir el comportamiento de la relación entre los niveles de agua y el caudal aforado.

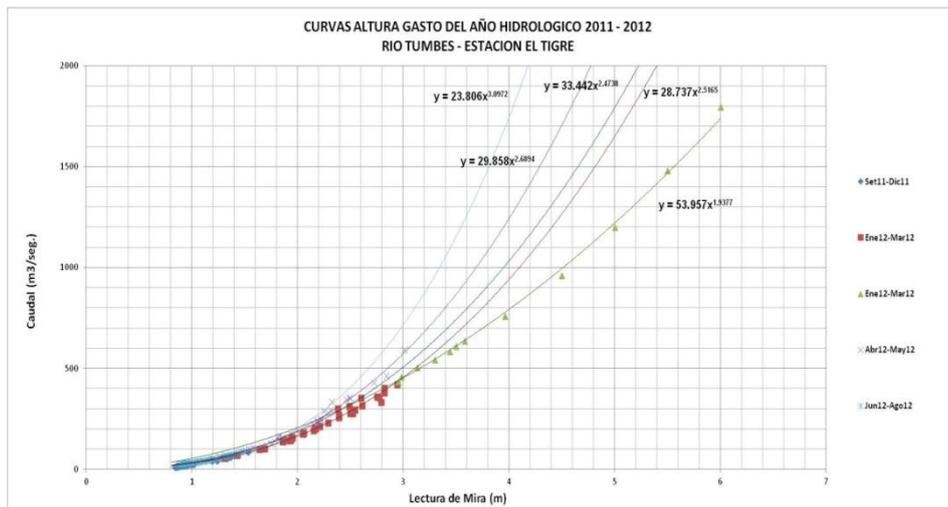


Figura 15. Curvas altura gasto y fórmulas matemáticas que representan el comportamiento de los caudales para el río Tumbes período setiembre 2011 a agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

5.2 Estación hidrométrica de Chosica R-2

Esta estación, se ubica en la localidad de Chosica, y se encuentra instalada en la margen derecha del río, reuniendo el instrumental siguiente:

- Estación automática con sensor de nivel radárico y transmisión satelital
- Estación limnigráfica convencional
- Estación limnimétrica
- Estación de Aforo
- Correntómetro para aforo por suspensión

Durante el periodo hidrológico 2011-12, se realizaron un total de 30 aforos, donde

sus registros de niveles de agua fluctuaron entre 0.36 m hasta 1.40 m, los cuales son equivalente a caudales en 21.230 m³/s, y 89.711 m³/s, respectivamente.

En relación al comportamiento hidrológico, los aforos del río Rímac durante el año hidrológico 2011-12, estuvo dividido en cuatro períodos que correspondieron a:

- Setiembre 2011 a Diciembre 2011,
- Enero 2012 a Mayo 2012,
- Junio 2012 a Agosto 2012,

Las expresiones matemáticas, se presentan en la **Tabla 10**, cuyos coeficientes de regresión superaron el 98% para todos los casos.

Tabla 10. Expresiones Matemáticas de la curva Altura Gasto Estación hidrométrica Chosica R-2 – 2011/12

PERIODO	ECUACION
SET11 - DIC11	$Q = 60.739 * H^{1.032}$
ENE12 - MAY12	$Q = 67.484 * H^{-3.270}$
JUN12 - AGO12	$Q = 93.997 * H^{1.707}$

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 16**, se muestra la distribución de los valores de pares conformados entre los niveles de agua y el caudal aforado ese día, observándose la serie de puntos para los diferentes intervalos o períodos de tiempo seleccionados.

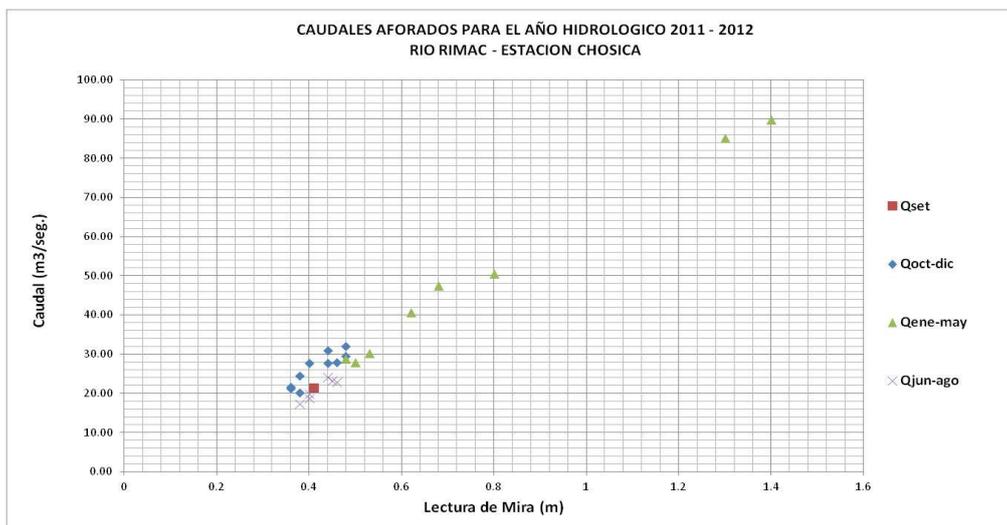


Figura 16. Aforos realizados en el río Rímac – estación Chosica R-2 período setiembre 2011 a agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

Los valores ploteados se distribuyen en base al período temporal seleccionados y las condiciona naturales del flujo de la corriente que genera la cuenca, los puntos de color rojo representa valores de Setiembre a Octubre, los de color azul de

Noviembre a Diciembre, los de color verde de Enero a Mayo de 2012 y por último los de color rosado el periodo de Junio a Agosto de 2012.

En la **Figura 17**, podemos apreciar, el ajuste realizado a las series de puntos ploteados, para el año hidrológico 2011-2012, observándose que se han generados 2 curvas potenciales y una lineal, las cuales tratan de describir el comportamiento de la relación entre los niveles de agua y el caudal aforado.

5.3 Estación hidrométrica de Obrajillo

Esta estación, se ubica en la localidad de Canta-Obrajillo, y se encuentra instalada en la margen derecha del río, reuniendo el instrumental siguiente:

- Estación limnimétrica
- Estación de Aforo
- Correntómetro para aforo por suspensión

Durante el periodo hidrológico 2011-12, se realizaron un total de 101 aforos, donde sus registros de niveles de agua fluctuaron entre 0.72 m hasta 1.60 m, los cuales son equivalente a caudales en $1.092\text{m}^3/\text{s}$, y $29.016\text{m}^3/\text{s}$, respectivamente. En relación al comportamiento hidrológico, los aforos del río Chillón durante el año hidrológico 2011-12, estuvo dividido en dos periodos, que corresponden a:

- Setiembre 2011 a Octubre 2011,
- Octubre 2011 a Agosto 2012,

Las expresiones matemáticas, se presentan en la **Tabla 11**, cuyos coeficientes de regresión superaron el 90% para todos los casos.

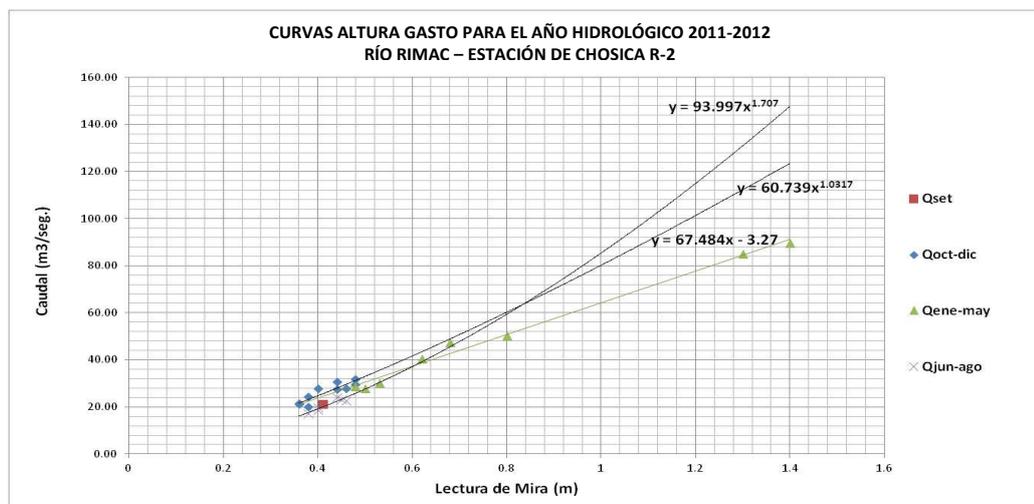


Figura 17. Curvas altura gasto y fórmulas matemáticas que representan el comportamiento de los caudales para el río Rímac periodo setiembre 2011 a agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Expresiones Matemáticas de la curva Altura Gasto Estación hidrométrica Obrajillo – 2011/12

PERIODO		ECUACION	
SET11 - OCT11		$Q = 5.377 * H^{4.695}$	
OCT11- AGO12	$H < 0.9$	$Q = 5.749 * H^{5.004}$	
	$H > 0.9$	$Q = 31.252 * H^{-24.644}$	

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 18**, se muestra la distribución de los valores de pares conformados entre los niveles de agua y el caudal de aforado ese día, observándose la serie de puntos para los diferentes intervalos o períodos de tiempo seleccionados.

Los valores ploteados se distribuyen en base al período temporal seleccionados y las condiciona naturales del flujo de la corriente que genera la cuenca, los puntos de color rojo representa valores de Setiembre a Octubre, los de color azul y verde de Octubre 2011 a Agosto 2012.

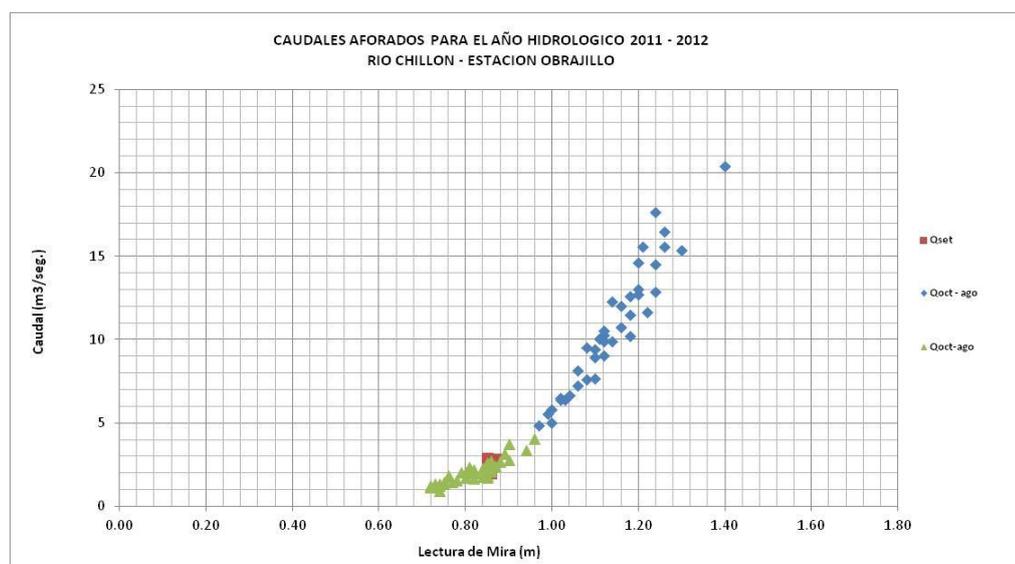


Figura 18. Aforos realizados en el río Chillón-Estación Obrajillo. Setiembre 2011 a Agosto 2012

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 19**, podemos apreciar, el ajuste realizado a las series de puntos ploteados, para el año hidrológico 2011-2012, observándose que se han generados dos curvas potenciales y una lineal, las cuales tratan de describir el comportamiento de la relación entre los niveles de agua y el caudal aforado.

5.4 Estación hidrométrica de Huatiapa

Esta estación, se ubica en la localidad de Camaná-Majes, y se encuentra instalada en la margen derecha del río, reuniendo el instrumental siguiente:

- Estación limnimétrica
- Estación de Aforo
- Correntómetro para aforo por suspensión

Durante el periodo hidrológico 2011-12, se realizaron un total de 213 aforos, donde sus registros de niveles de agua fluctuaron entre 0.78m hasta 5.36 m, los cuales son equivalente a caudales en $17.864\text{m}^3/\text{s}$, y $1049.694\text{m}^3/\text{s}$, respectivamente.

En relación al comportamiento hidrológico, los aforos del río Camaná - Majes durante el año hidrológico 2011-12, estuvo dividido en tres periodos, que corresponden a:

- Setiembre 2011 a Diciembre 2011,
- Enero 2012 a Mayo 2012,
- Junio 2012 a Agosto 2012.

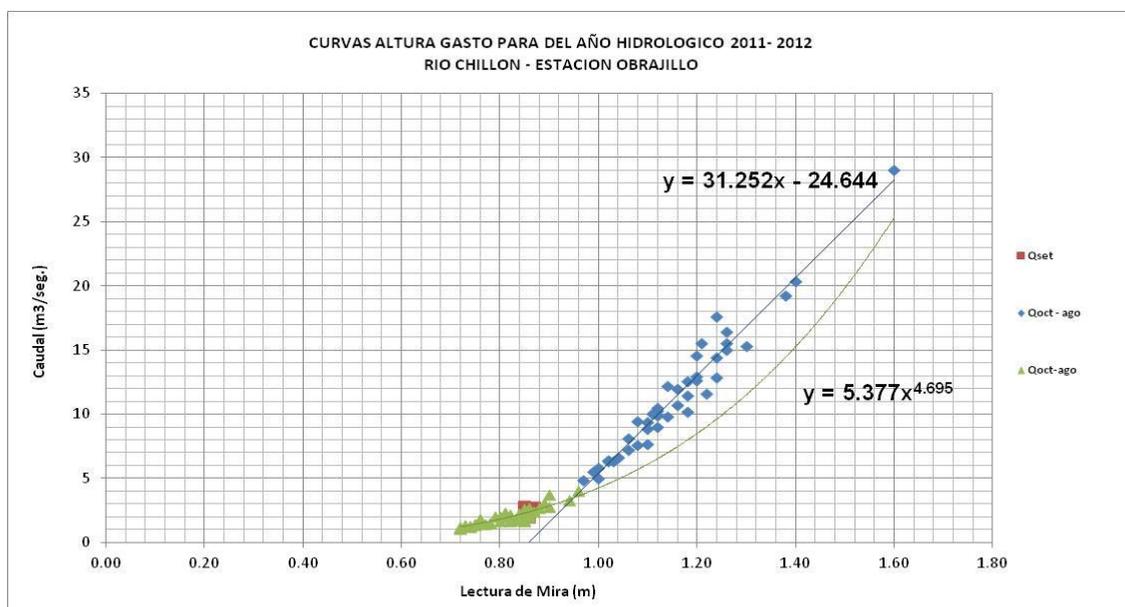


Figura 19. Curvas altura gasto y fórmulas matemáticas que representan el comportamiento de los caudales para el río Chillón periodo Setiembre 2011 a Agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

Las expresiones matemáticas, se presentan en la **Tabla 12**, cuyos coeficientes de regresión superaron el 95% para todos los casos.

En la **Figura 20**, se muestra la distribución de los valores de pares conformados entre los niveles de agua y el caudal de aforado ese día, observándose la serie de puntos para los diferentes intervalos o períodos de tiempo seleccionados.

Tabla 12. Expresiones Matemáticas de la curva Altura Gasto
Estación hidrométrica Huatiapa – 2011/12

PERIODO		ECUACION	
SET11 - DIC11		Q=	$32.087 * H^{2.230}$
ENE12- MAY12	H<2.70	Q=	$180.229 * H^{-165.353}$
	H=>2.70	Q=	$293.670 * H^{-484.990}$
JUN12- AGO12	H<1.30	Q=	$37.213 * H^{3.680}$
	H=>1.30	Q=	$109.280 * H^{-43.870}$

Fuente: Elaboración propia

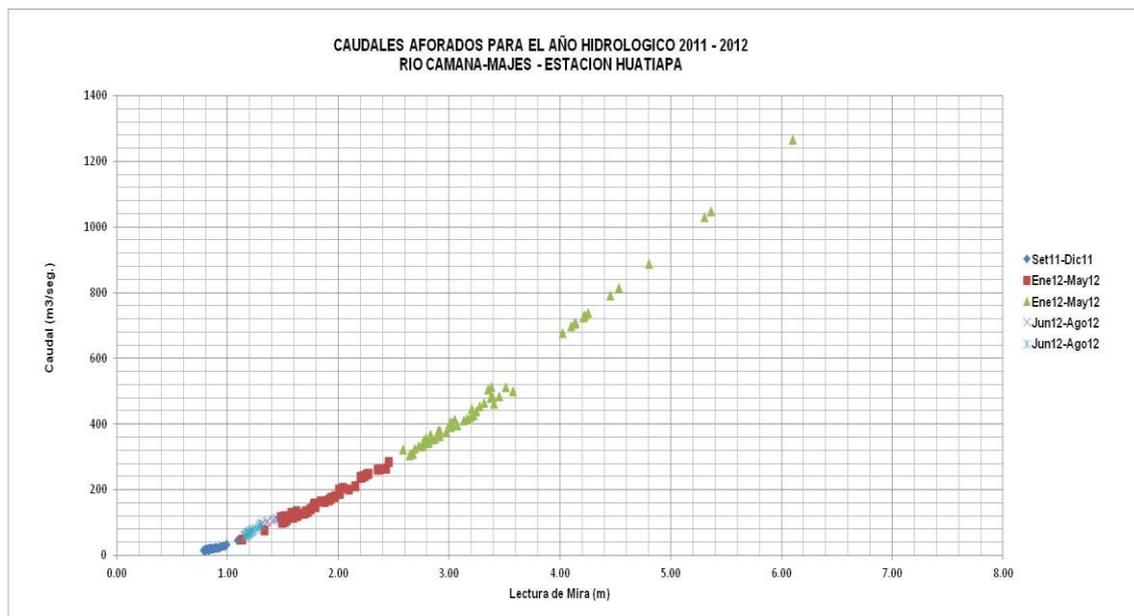


Figura 20. Aforos realizados en el río Camaná -Majes periodo Setiembre 2011 a Agosto 2012

Fuente: Elaboración propia

Los valores ploteados se distribuyen en base al período temporal seleccionados y las condiciona naturales del flujo de la corriente que genera la cuenca, los puntos de color azul representa valores de Setiembre a Diciembre 2011, los de color rojo y verde de Enero a Mayo 2012, y por último de color celeste de Junio a Agosto 2012.

En la **Figura 21**, podemos apreciar, el ajuste realizado a las series de puntos ploteados, para el año hidrológico 2011-2012, observándose que se han generados 2 curvas lineales y una potencial, las cuales tratan de describir el comportamiento de la relación entre los niveles de agua y el caudal aforado.

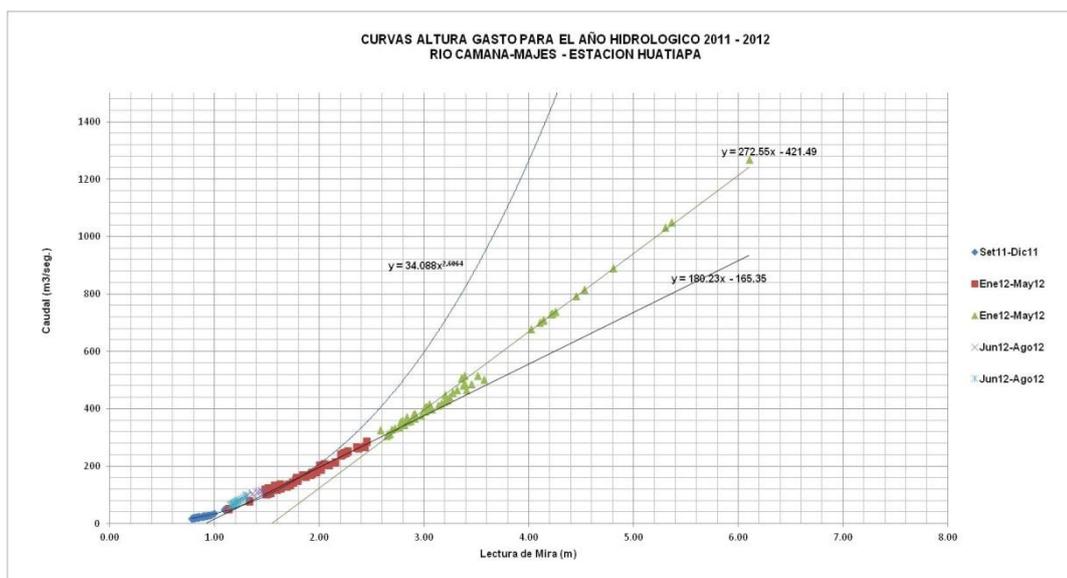


Figura 21. Curvas altura gasto y fórmulas matemáticas que representan el comportamiento de los caudales para el río Camaná - Majes periodo Setiembre 2011 a Agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

5.5 Estación hidrométrica de Puente Unocolla

Esta estación, se ubica en la cuenca del río Coata, y se encuentra instalada en la margen izquierda del puente auxiliar reuniendo el instrumental siguiente:

- Estación limnigráfica convencional
- Estación limnimétrica
- Correntómetro para aforo por suspensión

Durante el periodo hidrológico 2011-12, se realizaron un total de 98 aforos, donde sus registros de niveles de agua fluctuaron entre 0.80 m hasta 2.67 m, que corresponden a caudales de 2.448 m³/s, y 393.926 m³/s, respectivamente.

En relación al comportamiento hidrológico, los aforos del río Coata durante el año hidrológico 2011-12, estuvo dividido en cinco periodos que correspondieron a:

- Set y Oct 2011 a Noviembre 2011,
- Diciembre 2011 a Abril 2012,
- May y Jun 2012 a Agosto 2012.

Las expresiones matemáticas, se presentan en la **Tabla 13**, cuyos coeficientes de regresión superaron el 90% para todos los casos.

Tabla 13. Expresiones matemáticas que representan la relación del comportamiento hidrológico del río Coata (2011-12)

PERIODO	ECUACION
SET11	$Q = 4.753 * H - 3.494$
OCT11 - NOV11	$Q = 7.398 * H - 10.092$
DIC11 - ABR12	$Q = 278.410 * H - 294.070$
may-12	$Q = 211.110 * H - 193.920$
JUN12 - AGO12	$Q = 48.368 * H - 38.099$

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 22**, se muestra la distribución de los valores de pares conformados entre los niveles de agua y el caudal aforado ese día, observándose la serie de puntos para los diferentes intervalos o períodos de tiempo seleccionados.

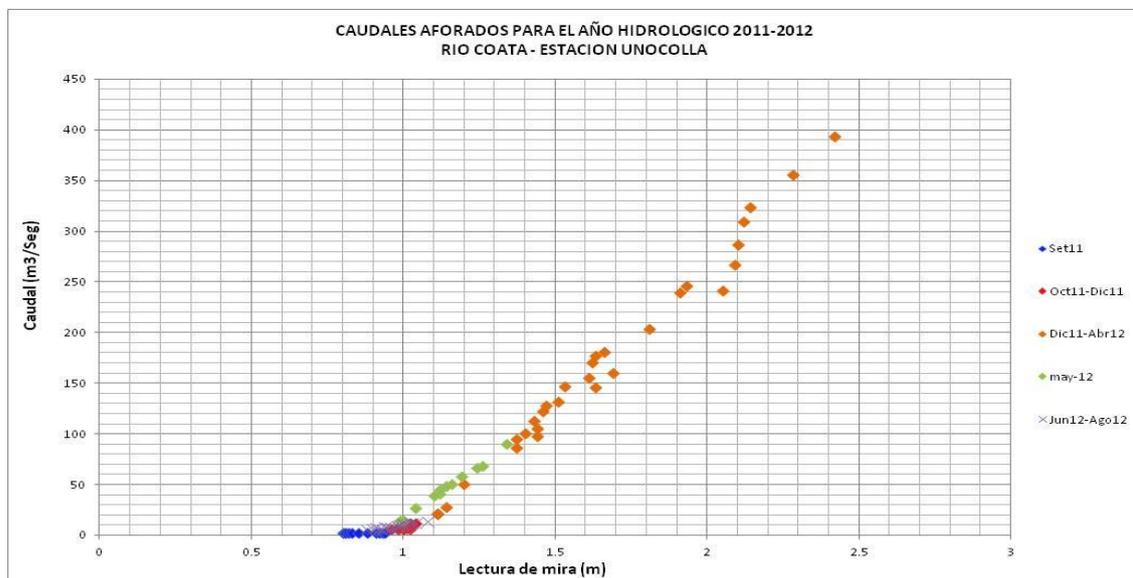


Figura 22. Aforos realizados en el río Coata periodo Setiembre 2011 a Agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

Los valores ploteados se distribuyen en base al período temporal seleccionados y las condiciones naturales del flujo de la corriente que genera la cuenca, apreciamos que en la parte baja de la curva, se ubican los datos registrados para la época de estiaje (color azul), mientras que para Octubre – Diciembre (color rojo), los puntos se ubican en la parte baja; conjuntamente con los valores, de Mayo 2012. Por último los puntos de color naranja y morado corresponden al período Mayo hasta Agosto de 2012.

En la **Figura 23**, podemos apreciar, el ajuste realizados a las series de puntos ploteados, para el año hidrológico 2011-2012, observándose que se han generados 3 curvas lineales, las cuales tratan de describir el comportamiento de la relación entre los niveles de agua y el caudal aforado.

5.6 Estación hidrométrica de Puente Carretera Huancané

Esta estación, se ubica en la cuenca del río Huancané, y se encuentra instalada en la margen derecha, reuniendo el instrumental siguiente:

- Estación limnigráfica convencional
- Estación limnimétrica

Durante el periodo hidrológico 2011-12, se realizaron un total de 115 aforos, donde sus registros de niveles de agua fluctuaron entre 0.73 m hasta 2.94 m, que corresponden a caudales de 1.375 m³/s, y 151.857 m³/s, respectivamente.

En relación al comportamiento hidrológico, los aforos del río Huancané durante el año hidrológico 2011-12, estuvo dividido en tres periodos que correspondieron a:

- Setiembre 2011 a Febrero 2012,
- Marzo 2012 a Junio 2012,
- Julio 2012 a Agosto 2012.

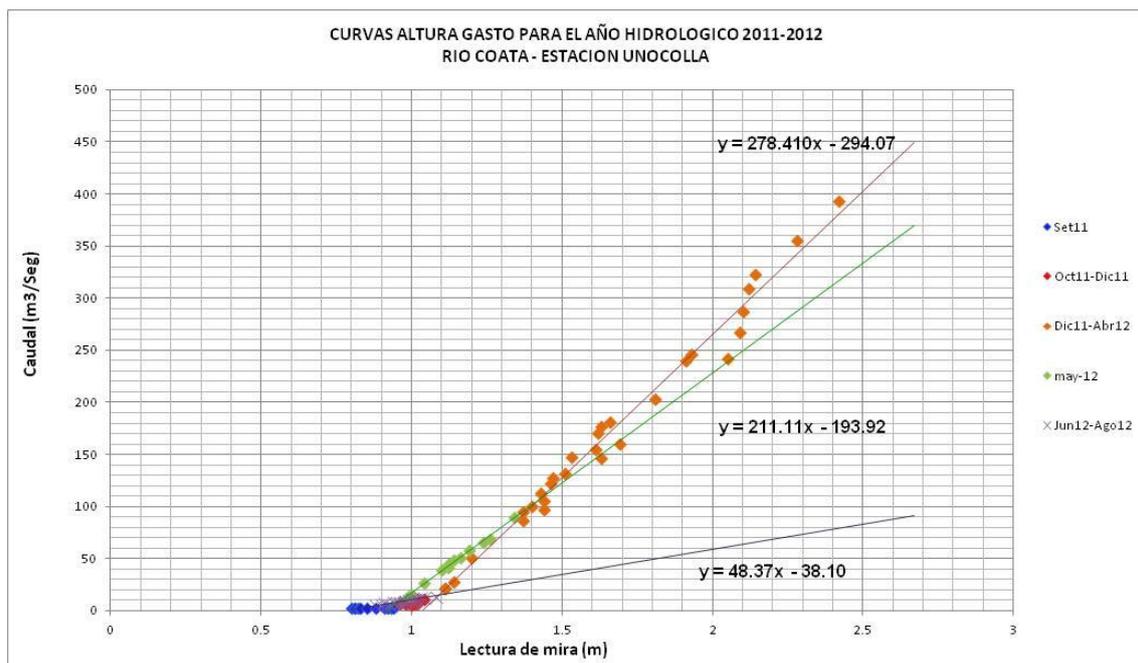


Figura 23. Curvas altura gasto y fórmulas matemáticas que representan el comportamiento de los caudales para el río Coata periodo Setiembre 2011 a Agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

Las expresiones matemáticas, se presentan en la **Tabla 14**, cuyos coeficientes de regresión superaron el 95% para todos los casos.

Tabla 14. Expresiones matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Huancané en el Año Hidrológico 2011-12.

PERIODO		ECUACION		
SET11- FEB12	H<1.17	Q=	34.761 * H	-24.353
	H=>1.17	Q=	74.188 * H	-71.562
MAR12- JUN12	H<1.35	Q=	37.687 * H	-28.042
	H=>1.35	Q=	75.063 * H	-77.202
JUL12 - AGO12		Q=	8.126 * H	-3.913

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 24**, se muestra la distribución de los valores de pares conformados entre los niveles de agua y el caudal aforado ese día, observándose la serie de puntos para los diferentes intervalos o períodos de tiempo seleccionados.

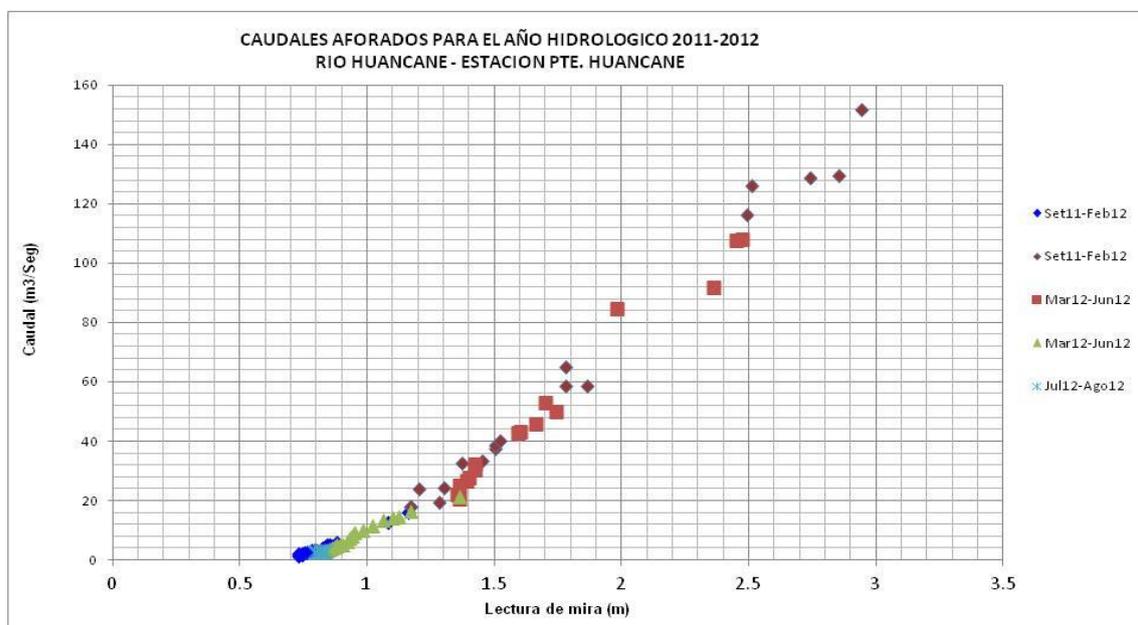


Figura 24. Aforos realizados en el río Huancané periodo Setiembre 2011 a Agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

Los valores ploteados se distribuyen en base al período temporal seleccionados y las condiciones naturales del flujo de la corriente que genera la cuenca, apreciamos que en la parte baja y alta de la curva, se ubican los datos registrados para la época de estiaje y avenidas (color azul y rojo oscuro) (Setiembre 2011 – Febrero 2012), mientras que para Marzo – Junio (color rojo y verde), los puntos se ubican en la parte media y baja; y por último los aforos de Julio a Agosto de color celeste ubicadas en la parte baja de la cuenca.

En la **Figura 25**, podemos apreciar, el ajuste realizados a las series de puntos ploteados, para el año hidrológico 2011-2012, observándose que se han

generados 3 curvas lineales que tratan de describir el comportamiento de la relación entre los niveles de agua y el caudal aforado.

5.7 Estación hidrométrica de Puente Carretera Ramis

Esta estación, se ubica en la cuenca del río Ramis, y se encuentra instalada en la margen derecha, reuniendo el instrumental siguiente:

- Estación limnigráfica convencional
- Estación limnimétrica

Durante el periodo hidrológico 2011-12, se realizaron un total de 98 aforos, donde sus registros de niveles de agua fluctuaron entre 1.68 m hasta 6.15 m, que corresponden a caudales de 7.110 m³/s, y 476.418 m³/s, respectivamente.

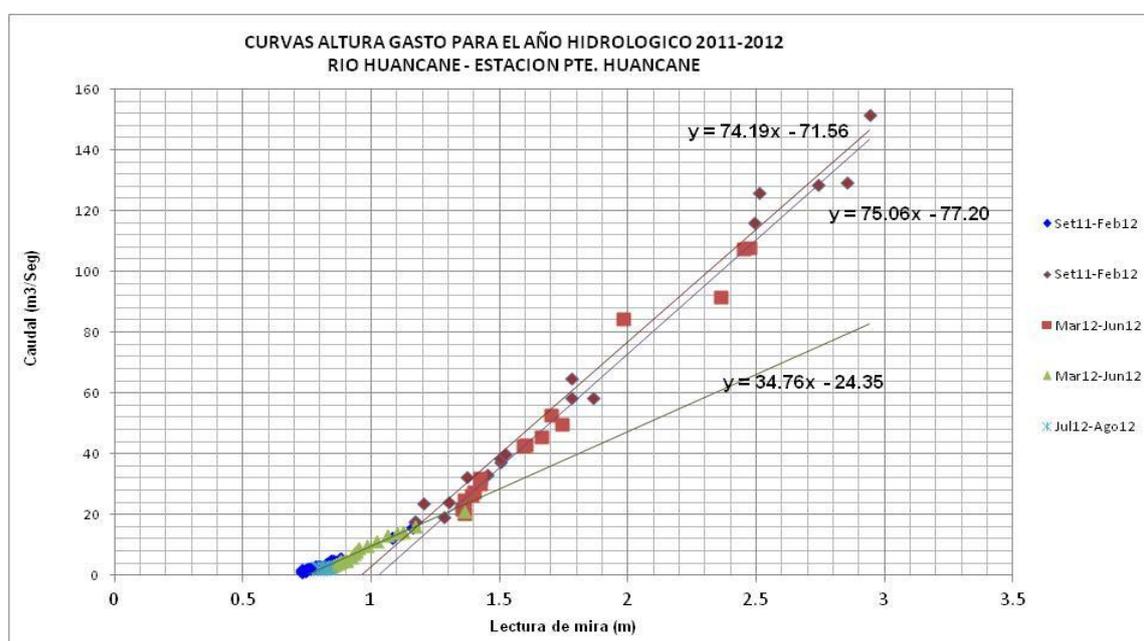


Figura 25. Curvas altura gasto y fórmulas matemáticas que representan el comportamiento de los caudales para del río Huancané.

Fuente: Elaboración propia

En relación al comportamiento hidrológico, los aforos del río Ramis durante el año hidrológico 2011-12, estuvo dividido en cinco periodos que correspondieron a:

- Set y Oct 2011 a Noviembre 2011,
- Diciembre 2011 a Abril 2012,
- May y Jun 2012 a Agosto 2012.

Las expresiones matemáticas, se presentan en la **Tabla 15**, cuyos coeficientes de regresión superaron el 90% para todos los casos.

Tabla 15. Expresiones matemáticas que representaron el comportamiento hidrológico del río Ramis en el Año Hidrológico 2011-12.

PERIODO		ECUACION		
SET11 - DIC11		Q=	91.831 * H	-163.470
OCT11-	H<2.30	Q=	61.069 * H	-94.861
DIC11	H=>2.30	Q=	12.579 * H +	16.781
ENE12 - ABR12		Q=	122.850 * H	-318.760
jun-12		Q=	189.070 * H	-515.750
JUL12 - AGO12		Q=	24.694 * H	-50.459

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 26**, se muestra la distribución de los valores de pares conformados entre los niveles de agua y el caudal aforado ese día, observándose la serie de puntos para los diferentes intervalos o períodos de tiempo seleccionados.

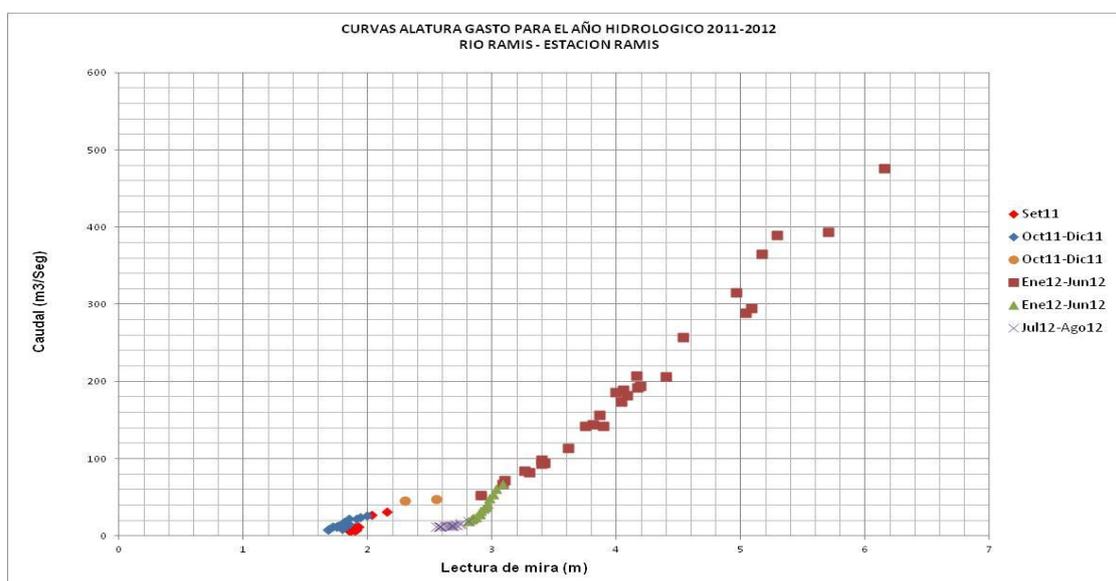


Figura 26. Aforos realizados en el río Ramis periodo Setiembre 2011 a Agosto 2012.

Fuente: Elaboración propia

Los valores ploteados se distribuyen en base al período temporal seleccionados y las condiciones naturales del flujo de la corriente que genera la cuenca, apreciamos que en la parte baja de la curva, se ubican los datos registrados para la época de estiaje (color rojo, azul y naranja) (Setiembre 2011 – Diciembre 2011), mientras que para Enero – Agosto (color rojo, verde y morado), se encuentran a lo largo de la curva y representan el periodo de avenidas y estiaje.

En la **Figura 27**, podemos apreciar, el ajuste realizados a las series de puntos ploteados, para el año hidrológico 2011-2012, observándose que se han generados 3 curvas lineales que tratan de describir el comportamiento de la relación entre los niveles de agua y el caudal aforado.

VI. ESTIMACIÓN DE VALORES DE CAUDALES.

Como resultado de determinación de las curvas de calibración o curvas altura gasto en cada una de las estaciones hidrométricas y la información de niveles de agua diarios que obtienen de las de los limnímetros y/o de los limnógrafos o estaciones automáticas se podrá determinar los caudales diarios, máximos y mínimos, información que será replicada a la Oficina de Estadística e Informática - OGEI, para puesta a disposición de los usuarios en general.

En las **Tablas 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22**, se presentan los resúmenes de la información de caudales generadas en cada una de las estaciones hidrométricas, para el periodo 2011-2012.

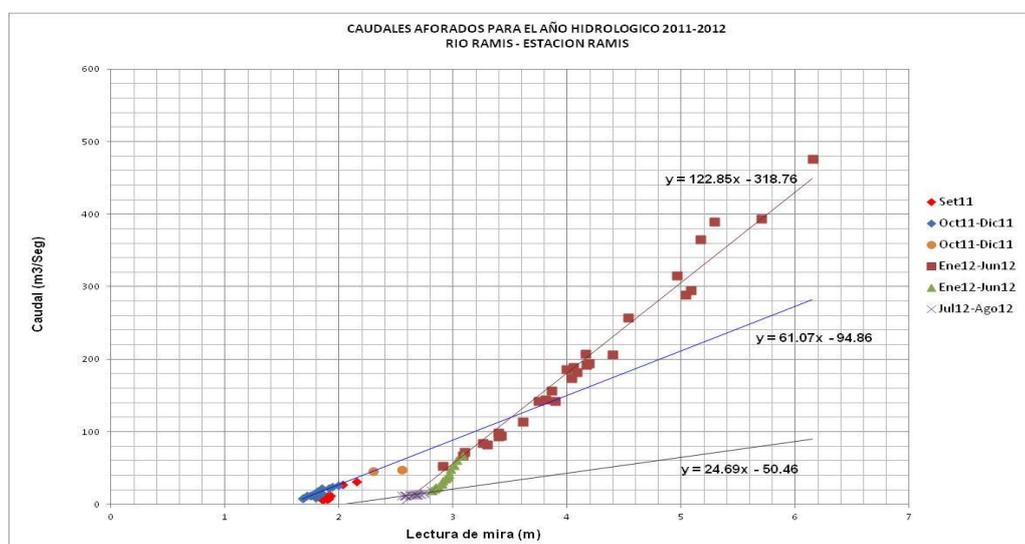


Figura 27. Curvas altura gasto y fórmulas matemáticas que representan el comportamiento de los caudales para del río Ramis.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Resumen de caudales del río Tumbes
Estación El Tigre - Año Hidrológico 2011-2012

	Lectura de Mira de Agua (m)			Caudales Estimados (m ³ /s)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max
SET	0,85	0,90	0,97	22,332	25,496	29,980
OCT	0,83	0,84	0,85	21,177	21,488	22,332
NOV	0,81	0,83	0,85	20,055	21,298	22,332
DIC	0,78	0,94	1,92	18,437	31,841	137,451
ENE	1,46	2,14	4,25	97,781	231,964	763,108
FEB	2,75	4,06	6,1	322,603	707,146	1,306,397
MAR	1,99	2,79	3,93	193,303	365,632	669,133
ABR	2,24	2,90	3,51	238,360	372,412	545,792
MAY	1,47	1,77	2,23	116,772	156,373	236,558
JUN	1,24	1,34	1,47	82,132	100,278	116,772
JUL	1,18	1,21	1,24	68,429	74,196	82,132
AGO	1,13	1,16	1,18	58,350	64,473	68,429

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Rímac – Estación Chosica

	Lectura de Mira de Agua (m)			Caudales Estimados (m ³ /s)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max
SET	0,24	0,448	0,57	10,346	24,104	33,289
OCT	0,22	0,406	0,64	12,736	23,982	38,327
NOV	0,28	0,440	0,64	16,334	26,040	38,327
DIC	0,28	0,514	0,98	16,334	32,025	59,486
ENE	0,36	0,561	0,98	19,559	35,874	68,084
FEB	0,56	1,016	1,72	35,212	70,377	126,001
MAR	0,76	0,987	1,25	50,865	68,697	89,216
ABR	0,74	0,984	1,25	49,300	67,533	89,216
MAY	0,39	0,577	0,84	21,907	35,459	57,127
JUN	0,34	0,450	0,58	14,899	24,024	37,084
JUL	0,34	0,451	0,62	17,994	26,668	39,908
AGO	0,34	0,461	0,64	14,899	24,935	43,872

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Chillón – Estación Obrajillo.

	Lectura de Mira de Agua (m)			Caudales Estimados (m ³ /s)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max
SET	0,84	0,86	0,91	2,721	2,925	3,521
OCT	0,81	0,84	0,91	1,999	2,346	3,795
NOV	0,85	0,92	1,04	2,507	4,212	7,858
DIC	0,89	1,10	1,4	3,111	9,815	19,109
ENE	0,98	1,07	1,28	5,983	8,779	15,359
FEB	1,08	1,27	1,7	9,108	15,180	28,484
MAR	1,08	1,24	1,5	9,108	14,161	22,234
ABR	1,13	1,25	1,4	10,671	14,561	19,109
MAY	0,87	1,00	1,24	2,796	6,556	14,108
JUN	0,82	0,85	0,88	2,118	2,403	2,950
JUL	0,74	0,80	0,87	1,308	1,878	2,796
AGO	0,72	0,76	0,84	1,150	1,538	2,371

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012 Río Camaná Majes – Estación Huatiapa.

	Lectura de Mira de Agua (m)			Caudales Estimados (m ³ /s)		
	Min	Med	Max	Min	Med	Max
SET	0,85	0,89	0,90	15,181	17,622	17,856
OCT	0,84	0,90	0,91	14,653	18,256	18,818
NOV	0,84	0,88	0,89	14,653	16,987	17,718
DIC	0,88	1,24	1,32	16,842	50,779	62,073
ENE	2,31	2,72	2,98	236,603	359,787	458,012
FEB	2,36	3,64	4,06	249,817	720,454	892,284
MAR	2,15	3,21	3,60	197,197	553,693	711,490
ABR	2,18	2,75	3,05	262,210	435,743	556,983
MAY	1,48	1,89	1,95	76,436	152,999	165,607
JUN	1,22	1,35	1,36	55,490	71,749	72,266
JUL	1,03	1,12	1,12	36,853	45,160	45,590
AGO	0,89	0,95	0,95	25,887	30,347	30,597

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Resumen de caudales Año Hidrológico 2011-2012
Río Coata – Estación Puente Unocolla.

	Lectura de Mira de Agua	Caudales Estimados (m ³ /s)
	Med	Med
SET	0,85	22,332
OCT	0,83	21,177
NOV	0,81	20,055
DIC	0,78	18,437
ENE	1,46	97,781
FEB	2,75	322,603
MAR	1,99	193,303
ABR	2,24	238,36
MAY	1,47	116,772
JUN	1,24	82,132
JUL	1,18	68,429
AGO	1,13	58,350

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Resumen de caudales
Año Hidrológico 2011-2012
Río Huancané – Estación
Puente Carretera.

	Lectura de Mira de Agua	Caudales Estimados (m ³ /s)
	Med	Med
SET	0,77	2,416
OCT	0,88	6,428
NOV	0,86	5,576
DIC	0,99	10,855
ENE	1,34	28,081
FEB	2,26	96,410
MAR	1,91	66,075
ABR	1,53	37,405
MAY	1,03	10,666
JUN	0,87	4,636
JUL	0,81	2,672
AGO	0,82	2,711

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Resumen de caudales
Año Hidrológico 2011-2012
Río Ramis – Estación Puente
Carretera.

	Lectura de Mira de Agua	Caudales Estimados (m ³ /s)
	Med	Med
SET	1,89	10,379
OCT	1,94	19,562
NOV	1,80	14,865
DIC	2,19	32,546
ENE	3,80	148,397
FEB	5,19	318,408
MAR	4,50	234,124
ABR	4,08	182,519
MAY	3,15	69,400
JUN	2,89	30,216
JUL	2,74	17,203
AGO	2,61	14,060

Fuente: Elaboración propia

VII.- CONCLUSIONES

- Las curvas de calibración de caudales o curvas altura gasto, no son relaciones matemáticas permanentes o estables en tiempo, estas son expresiones variables, considerando que son elaborados para cauces naturales y pueden ser más de una.
- El incremento de las precipitaciones durante el periodo de Enero a Marzo, generaron que los volúmenes de agua se incrementen, por ende las secciones transversales de los ríos cambian y las velocidades de flujo sea variables, como consecuencia de ello existe variaciones en la relación altura de mira – caudal.
- Se debe implementar esta actividad a todas las estaciones hidrométricas que a la fecha no se tienen implementado la elaboración de curvas de calibración o curvas altura gasto.