

**APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA LA VALORACIÓN DE LA  
INCERTIDUMBRE EN LA PARTE ALTA DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN  
DE CAUDALES LÍQUIDOS**

**NATHALIA PATRICIA HERNÁNDEZ RAMOS**

**Ingeniera civil**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON ÉNFASIS EN INGENIERÍA CIVIL Y  
AMBIENTAL**

**CARTAGENA DE INDIAS**

**2016**

**APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA LA VALORACIÓN DE LA  
INCERTIDUMBRE EN LA PARTE ALTA DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN  
DE CAUDALES LÍQUIDOS**

**NATHALIA PATRICIA HERNÁNDEZ RAMOS**

**Ingeniera Civil**

**Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ingeniería**

**Director:**

**MSc. OSCAR CORONADO HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON ÉNFASIS EN INGENIERÍA CIVIL Y**  
**AMBIENTAL**  
**CARTAGENA DE INDIAS**

**2016**

**Nota de aceptación**

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
**Firma del presidente del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

-----  
**Firma del jurado**

**Cartagena de Indias, 12 de Febrero de 2016.**

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1.    DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>15</b>
<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>15</b>
2.1.    MARCO TEÓRICO.....	15
2.1.1.    ESTIMACIÓN DE CURVAS DE CALIBRACIÓN DE CAUDALES LÍQUIDOS.....	15
2.1.1.1.    FÓRMULA POTENCIAL (HERSCHY, 1999) .....	16
2.1.1.2.    MODELO HEC – RAS – FGV.....	17
2.1.1.1.    ECUACIÓN DE MANNING.....	18
2.1.2.    ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE.....	18
2.1.2.1.    ANÁLISIS DE PRIMER ORDEN .....	20
2.1.2.2.    SIMULACIÓN DE MONTE CARLO.....	21
2.2.    ESTADO DEL ARTE.....	23
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>28</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>28</b>
3.1.    OBJETIVO GENERAL.....	28
3.2.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>30</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
4.1.    ESTIMACIÓN DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN DE CAUDALES.....	30
4.1.1.    CURVAS DE CALIBRACIÓN MODELOS HERSHY 1999 Y 2008.....	30
4.1.2.    CURVA DE CALIBRACIÓN MODELO MANNING .....	33
4.1.3.    CURVA DE CALIBRACIÓN MODELO HEC- RAS- FGV .....	34
4.2.    ESTIMACIÓN DE LA CONFIBILIDAD DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN .....	35
4.3.    ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PARTE ALTA DE LA CURVA, CON BASE EN LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	36

<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>37</b>
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
5.1. CASO DE ESTUDIO. ESTACIONES DEL RÍO CAUCA. ....	37
5.1.1. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS.....	38
5.1.2. ANÁLISIS DE DATOS DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS .....	39
5.2. ESTIMACIÓN DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN DE CAUDALES.....	42
5.2.1. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN FÓRMULA POTENCIAL HERSHY 1999.....	43
5.2.2. ESTACIÓN RÍO CAUCA – CAÑAFISTO.....	44
5.2.3. ESTACIÓN RÍO CAUCA - BOLOMBOLO .....	49
5.2.4. ESTACIÓN RÍO CAUCA LA PINTADA .....	53
5.3. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN A TRAVÉS DE LA FORMULA POLINOMIAL HERSHY 2008	58
5.3.1. ESTACIÓN RÍO CAUCA CAÑAFISTO .....	59
5.3.2. ESTACIÓN RÍO CAUCA BOLOMBOLO .....	60
5.3.3. ESTACIÓN RÍO CAUCA LA PINTADA .....	61
5.4. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN A TRAVÉS DE LA FORMULACIÓN DE MANNING. ....	62
5.5. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN A TRAVÉS DEL MODELO HEC – RAS – FGV.....	65
5.5.1. CALIBRACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EMPLEANDO LA FORMULACIÓN DE MANNING. 70	
5.6. EVALUACIÓN DE LOS MODELOS .....	79
5.7. ESTIMACIÓN DE LA CONFIBILIDAD DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN EN LA PARTE ALTA. ....	82
5.7.1. ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS DE CADA ESTACIÓN .....	82
5.7.2. ANÁLISIS DE LA PARTE ALTA DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN .....	89
ESTACIÓN CAÑAFISTO.....	90
ESTACIÓN BOLOMBOLO .....	92
ESTACIÓN LA PINTADA .....	93
5.8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PARTE ALTA DE LA CURVA, CON BASE EN LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.....	96
<b>CAPITULO 6.....</b>	<b>99</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>99</b>
<b>CAPITULO 7.....</b>	<b>101</b>

<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>104</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de datos estación La Pintada. ....	40
Tabla 2. Resumen de datos estación Bolombolo .....	40
Tabla 3. Resumen de datos estación Cañafisto .....	40
Tabla 4. Análisis de varianza para la estación Cañafisto. ....	44
Tabla 5. Intervalos de confianza para el modelo.....	44
Tabla 6. Análisis de varianza .....	46
Tabla 7. Prueba de Shapiro-Wilk .....	47
Tabla 8. Coeficientes de los modelos.....	50
Tabla 9. Intervalos de confianza para el modelo.....	50
Tabla 10. Prueba de Shapiro-Wilk .....	51
Tabla 11. Análisis de varianza .....	52
Tabla 12. Análisis de varianza para la estación La Pintada. ....	54
Tabla 13. Intervalos de confianza para el modelo.....	55
Tabla 14. Prueba de Shapiro-Wilk .....	55
Tabla 15. Análisis de Varianza .....	56
Tabla 16. Coeficientes del modelo.....	59
Tabla 17. Análisis de varianza .....	59
Tabla 18. Coeficientes del modelo.....	60
Tabla 19. Análisis de varianza .....	60
Tabla 20. Coeficientes del modelo.....	61
Tabla 21. Análisis de varianza .....	62
Tabla 22. Parámetros Calibrados para el modelo Manning. ....	63
Tabla 23. Variación de Caudales empleados en el modelo Hec - Ras .....	70
Tabla 24. Calibración de Parámetros a través del modelo HEC - RAS .....	75
Tabla 25. Parámetros Calibrados para el modelo HEC – RAS.....	75
Tabla 26. EMC y R2 para las curvas nivel – caudal .....	81
Tabla 27. Resumen estadístico de caudales máximos estación Cañafisto .....	82

Tabla 28. Resumen estadístico de caudales máximos estación Bolombolo.....	85
Tabla 29. Resumen estadístico de caudales máximos estación La Pintada .....	87
Tabla 30. Resumen de niveles proyectados por cada modelo.....	89



## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diagrama de caja y bigote de Caudal y nivel.....	41
Gráfica 2 histograma de frecuencias y densidad de los datos de caudal.....	41
Gráfica 3 histograma de frecuencias y densidad de los datos de Nivel .....	42
Gráfica 4. Dispersión de las variables caudal vs nivel registrado de las estaciones analizadas. ....	43
Gráfica 5. Predicción para observaciones modelo lineal estación Cañafisto.....	45
Gráfica 6. Varianza de los errores estación Cañafisto .....	46
Gráfica 7. Análisis de independencia.....	47
Gráfica 8. Análisis de Normalidad.....	47
Gráfica 9. Predicción de observación modelo Herschy 1999 estación Cañafisto.....	48
Gráfica 10. Predicción de observación modelo Herschy 1999 por intervalos estación Cañafisto .....	49
Gráfica 11. Predicción para observaciones modelo lineal estación Bolombolo .....	50
Gráfica 12. Análisis de Normalidad. Gráfica cuantil-cuantil.....	51
Gráfica 13. Análisis de independencia.....	52
Gráfica 14. Varianza de los errores del modelo lineal estación Bolombolo.....	52
Gráfica 15. Predicción para observaciones modelo Herschy 1999 estación Bolombolo.....	53
Gráfica 16. Nube de Puntos y doble tendencia de la estación La Pintada. ....	54
Gráfica 17. Predicción para observaciones modelo lineal estación La Pintada.....	55
Gráfica 18. Análisis de Normalidad.....	56
Gráfica 19. Varianza de los errores.....	57
Gráfica 20. Análisis de independencia.....	57
Gráfica 21. Predicción para observaciones modelo Herschy 1999 estación La Pintada .....	58
Gráfica 22. Predicción para observaciones modelo Herschy 2008 estación Cañafisto .....	59
Gráfica 23. Predicción para observaciones modelo Herschy 2008 estación Bolombolo.....	61
Gráfica 24. Predicción para observaciones modelo Polinomial – Herschy 2008 estación La Pintada.....	62

Gráfica 25. Ajuste del Factor geométrico (a) Cañafisto (b) Estación Bolombolo (c) Estación La Pintada.....	63
Gráfica 26. Predicción para observaciones modelo Manning estación Cañafisto .....	64
Gráfica 27. Predicción para observaciones modelo Manning estación Bolombolo.....	64
Gráfica 28. Predicción para observaciones modelo Manning estación La Pintada .....	65
Gráfica 29. Sección transversal estación Cañafisto .....	66
Gráfica 30. Sección transversal estación Bolombolo.....	67
Gráfica 31. Sección transversal estación la Pintada.....	68
Gráfica 32. Error relativo de la pendiente hidráulica Estación Bolombolo .....	70
Gráfica 33. Error relativo de la pendiente hidráulica Estación Cañafisto .....	71
Gráfica 34. Error relativo de la pendiente hidráulica Estación La Pintada.....	71
Gráfica 35. Error relativo del N de Manning Estación Bolombolo .....	72
Gráfica 36. Error relativo del N de Manning Estación Cañafisto .....	72
Gráfica 37. Error relativo del N de Manning Estación La Pintada .....	73
Gráfica 38. Predicción para observaciones modelo Hec –Ras Estación Cañafisto.....	78
Gráfica 39. Predicción para observaciones modelo Hec –Ras Estación Bolombolo.....	78
Gráfica 40. Predicción para observaciones modelo Hec –Ras Estación La Pintada.....	79
Gráfica 41. Errores relativos con la totalidad de los aforos. ....	80
Gráfica 42. Ajustes de distribución de probabilidad estación Limnigráfica Cañafisto.....	83
Gráfica 43. Ajustes de distribución de probabilidad Pearson III estación Limnigráfica Cañafisto .....	84
Gráfica 44. Ajustes de distribución de probabilidad estación Limnigráfica Bolombolo.....	85
Gráfica 45. Ajustes de distribución de probabilidad Pearson III estación Limnigráfica Bolombolo.....	86
Gráfica 46. Ajustes de distribución de probabilidad estación Limnigráfica La Pintada.....	88
Gráfica 47. Ajustes de distribución de probabilidad Pearson III estación Limnigráfica La Pintada.....	88
Gráfica 48. Comparación de Modelos Estación Cañafisto .....	90
Gráfica 49. Errores relativos de los caudales máximos registrados.....	91

Gráfica 50. Comparación de Modelos Estación Bolombolo.....	92
Gráfica 51. Errores relativos de los caudales máximos registrados.....	93
Gráfica 52. Comparación de Modelos Estación La Pintada. ....	94
Gráfica 53. Errores relativos de los caudales máximos registrados.....	95
Gráfica 54. Análisis de sensibilidad N de Manning y S estación La Pintada .....	96
Gráfica 55. Análisis de sensibilidad N de Manning y S estación Bolombolo. ....	97
Gráfica 56. Análisis de sensibilidad N de Manning y S estación Cañafisto .....	98

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN

La medición del caudal de una corriente de agua natural durante cierto período de tiempo representa una variable indispensable para el diseño hidráulico de obras civiles, debido a que principalmente de este depende el dimensionamiento de la estructura hidráulica.

Las prácticas hidrométricas tradicionalmente aplicadas en el territorio nacional contemplan la medición frecuente de los niveles del agua en las estaciones, y la posterior determinación del caudal por medio de una relación nivel – caudal previamente establecida (Martinez, 2011), ; así que el tener una estación de aforo de caudales que permita construir curvas de nivel - caudal en distintos puntos de la corriente de agua, constituye una mayor certidumbre para los análisis de ingeniería. La medición de caudal (aforo) se debe realizar periódicamente, buscando cubrir toda la gama potencial de niveles, con el fin de obtener parejas nivel – caudal que faciliten la calibración de la sección de aforos plasmada en la curva de gastos o de calibración. (IDEAM, 1999). Sin embargo, la escases de estaciones de medición de caudales en las zonas urbanas y semirurales de la mayoría de ciudades colombianas, generan un completo desconocimiento del comportamiento hidráulico de pequeñas corrientes. Adicionalmente Las curvas de calibración son elaboradas con un número limitado de medidas concentradas en el promedio de un número limitado de caudales y un rango de variaciones de niveles de agua.

Debido a que la parte alta de las curvas de calibración de caudales líquidos corresponde a una de las técnicas para estimación de crecientes, en gran medida para el diseño de estructuras y obras de ingeniería, es necesario establecer el rango o niveles de confiabilidad de los valores obtenidos, puesto que de dicha variación dependen entre otros aspectos, los costos del proyecto, la vida útil de la obra, dimensionamiento de estructuras tales como boxculverts, puentes, pontones, presas, ataguías, etc. y principalmente el riesgo de pérdidas de vidas humanas.

Ante esto, se han realizado diversas investigaciones con el fin de calcular la incertidumbre de las curvas de calibración, considerando diferentes variables que inciden en dicha incertidumbre, entre ellos los altos costos en la realización de los aforos

En el presente documento se realiza una revisión de dichas investigaciones con el fin de conocer qué aspectos aún no han sido tratados y qué queda por hacer o que otras variables se pueden considerar para un análisis más detallado. La revisión se realizó a través de bases de datos científicas entre las cuales se destaca Science Direct. En estas se recopilieron artículos en los cuales se realizara el análisis de los efectos de diferentes variables que inciden tanto en la elaboración de las curvas de calibración como en el análisis de la incertidumbre de las mismas. Martínez (2011) analiza la incidencia de la cantidad de aforos en la elaboración de las curvas de calibración, y la propagación de errores en cálculos hidrológicos con caudales obtenidos mediante curvas nivel – caudal construidas con una baja densidad de aforos líquidos, por su parte Fenton y Keller (2001) mencionan que factores como: las variaciones temporales de la sección transversal, el transporte de sedimentos, efectos de remanso, la inestabilidad del nivel, el almacenamiento de la sección o el desarrollo de vegetación de la ribera no son considerados a los hora de construir las curvas de calibración.

Mediante este trabajo de grado se pretende establecer una aproximación metodológica de acuerdo con los datos de las estaciones hidrométricas correspondientes, con el fin de obtener el grado de incertidumbre que resulta al extrapolar la curva de calibración Nivel – Caudal. Para esto, se construyen las curvas de calibración de tres estaciones hidrométricas de un caso de estudio, mediante diferentes modelos matemáticos e hidráulicos en los que se evalúa la confiabilidad de los valores extremos obtenidos y la variación de los mismos ante la sensibilización de los parámetros sujetos a calibración.

## **1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La precisión de la curva de calibración de caudales líquidos para niveles altos en un río, algunas veces no resulta ser muy confiable, debido a que por lo general durante eventos de crecientes no es posible realizar las respectivas mediciones de nivel y velocidad para calcular el caudal líquido, por lo cual normalmente se acostumbra a extrapolar matemáticamente la curva, generando cierto grado de incertidumbre, puesto que para estos escenarios, las condiciones y regímenes de flujo sufren ciertas variaciones. Lo anterior, sumado a que no existen muchas metodologías para extrapolar las curvas, y que en las que actualmente se emplean no se especifica cómo se valora la incertidumbre de los resultados que de las curvas de calibración se pueden obtener, son las principales causas de que algunas crecientes no sean bien interpretadas dando como resultado el sub o sobre dimensionamiento de estructuras hidráulicas y de obras de ingeniería.

Debido a que la parte alta de las curvas de calibración de caudales líquidos corresponde a una de las técnicas para estimación de crecientes, en gran medida para el diseño de estructuras y obras de ingeniería, es necesario establecer el rango o niveles de confiabilidad de los valores obtenidos, puesto que de dicha variación dependen entre otros aspectos, los costos del proyecto, la vida útil de la obra, dimensionamiento de estructuras tales como boxculverts, puentes, pontones, presas, ataguías, etc. y principalmente el riesgo de pérdidas de vidas humanas.

## CAPÍTULO 2

### MARCO REFERENCIAL

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

Las *curvas de calibración o curvas de gastos* son la expresión gráfica de la relación existente entre niveles del agua y los caudales de la corriente, generalmente en régimen permanente (IDEAM, 1999). Las curvas se construyen a partir de los aforos hechos durante un período largo de tiempo, de tal manera que se tengan niveles bajos y altos del río; una vez definida la sección, se puede instalar en este sitio una estación hidrométrica la cual sirve para el establecimiento de reglas limnimétricas o de un limnígrafo. El limnígrafo es un aparato que mide la variación continua en el tiempo del nivel de agua en una sección de una corriente, y de esta manera se miden, utilizando el molinete, los caudales en el río para varios niveles de agua. (Monsalve Saenz, 1999).

La sección para establecer la estación limnigráfica se debe localizar en un trecho de la corriente relativamente estable, rectilíneo y de fácil acceso (Monsalve Saenz, 1999); las velocidades de la sección deben estar regularmente distribuidas y no muy reducidas, no debe haber ningún tipo de obra existente cerca de la ubicación de las estaciones hidrométricas, y se deben realizar las lecturas con mucho cuidado; además el cero de la regla limnimétrica no resulta siempre en el punto donde el caudal o la descarga es cero; ante esta situación existen algunas ecuaciones de ajuste con los datos de campo.

#### 2.1.1. ESTIMACIÓN DE CURVAS DE CALIBRACIÓN DE CAUDALES LÍQUIDOS

A continuación se presentan las fórmulas que comúnmente se han empleado para la construcción de las curvas de calibración nivel-caudal:

### 2.1.1.1. FÓRMULA POTENCIAL (HERSCHY, 1999)

La fórmula potencial es la más utilizada para obtener la curva de calibración Nivel – Caudal.

$$Q = c(H + H_0)^b \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

**Q**: Caudal estimado

**H**: Nivel tomado por el limnógrafo

**H<sub>0</sub>**: es el nivel para un caudal 0

**b** y **c**: parámetros de la ecuación obtenidos mediante calibración

También se puede emplear la fórmula polinomial (Herschly, 2008)

$$Q = c_0 + c_1H + c_2H^2 + \dots + c_mH^m \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde

$c_0, c_1, c_n$  Son parámetros obtenidos mediante calibración

La ventaja de la fórmula polinomial radica en que se puede ajustar el modelo a cualquier forma de la curva, sin embargo esto no justifica o da una explicación física del proceso (Shiklomanov, y otros, 2006)

En algunos casos será necesario dividir la curva nivel-caudal dependiendo de la forma de la sección transversal, la homogeneidad geométrica y de texturas superficial, los cuales harán que la curva tenga un comportamiento distinto entre los niveles inferiores y superiores. (Martinez, 2011)

La relación nivel-caudal de la sección transversal en una fuente de agua puede ser aproximada por una relación logarítmica, los pares de nivel y caudal observados se trazan en papel log-log y generalmente se agrupan alrededor de una línea recta, satisfaciendo los supuestos implicados.



### **2.1.1.2. MODELO HEC – RAS – FGV**

Existen numerosos programas para modelar las condiciones hidráulicas y morfológicas en ríos; dichos programas varían en el grado de sofisticación y fiabilidad (UNIVERSIDAD DEL CAUCA, CRC, & INGEOMINAS, 2005). La ciencia de la modelación numérica está progresando rápidamente haciendo que nuevos programas replacen a los ya obsoletos. Los programas para modelación pueden clasificarse dependiendo de qué calculan, cuántas dimensiones son usadas y particularidades de los métodos numéricos empleados, lo que hace que muchos de ellos sean para aplicaciones muy específicas.

Para la simulación hidráulica de crecientes del tramo de estudio del río Cauca, se utiliza el modelo matemático HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), el cual es un paquete integrado de programas de análisis hidráulico desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, que efectúa los cálculos de perfiles de la superficie de agua para flujos gradualmente variados y permanentes.

Para el manejo del modelo matemático es necesario ingresar al programa los datos de geometría y los datos de flujo del sistema. Para los datos geométricos del sistema se introducen al programa los datos de las secciones transversales (secciones hidráulicas), tomadas en campo y debidamente procesadas, para cada uno de los sitios de cruce en las zonas de estudio.

El primer paso para la conformación del modelo hidráulico, se constituye en establecer la geometría de la corriente superficial. Los datos geométricos fundamentales son diversas secciones transversales a lo largo del cauce o cauces considerados; dichas secciones se introducen mediante cotas de varios puntos a lo largo de la sección y mediante la cota de dos secciones contiguas, separadas por una distancia conocida; el modelo calcula la pendiente de ese tramo.

Para todas las secciones se definen los coeficientes de rugosidad de Manning, las orillas del cauce y las distancias entre las secciones tanto por el eje del cauce principal como por las orillas.

### 2.1.1.1. ECUACIÓN DE MANNING

La formulación de Manning inicialmente fue desarrollada en 1889 empíricamente por el irlandés Robert Manning la cual modificó hasta llegar a su bien conocida forma actual. (Chow, 1994)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Y por la ecuación de continuidad

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación 4}$$

En donde:

$A$  : Área de la Sección ( $m^2$ )

$n$  : Factor de rugosidad de Manning

$R$  : Radio Hidráulico (m)

$S$  : Pendiente del cauce (m/m)

### 2.1.2. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE

Cuando se da a conocer el resultado de la medición de una cierta cantidad, es indispensable dar una indicación cuantitativa de la calidad del resultado, para que pueda tenerse una idea de su confiabilidad. Sin esto, es imposible hacer comparaciones de dichos resultados, ya sea entre ellos mismos, o con valores de referencia.

Por ello debe existir un procedimiento comprensible y aceptado generalmente que lleve a una evaluación y expresión apropiada de la incertidumbre.

Antes de presentar el procedimiento para la evaluación de las incertidumbres, es conveniente recordar algunas definiciones.

La *incertidumbre* de una medición es un parámetro asociado con el resultado de esa medición, que caracteriza la dispersión de los valores que se podrían atribuir razonablemente al medido (Joint Committee for Guides in Metrology JGCM, 2008).

La *incertidumbre estándar* es la incertidumbre del resultado de una medición expresado como una desviación estándar.

La *evaluación tipo A* es el método de evaluación de la incertidumbre por medio del análisis estadístico de una serie de observaciones.

La *evaluación tipo B* es el método de evaluación de la incertidumbre por medios distintos al análisis estadístico de una serie de observaciones.

La *incertidumbre estándar combinada* es la incertidumbre estándar del resultado de una medición cuando el resultado se obtiene de los valores de otras cantidades, y es igual a la raíz cuadrada positiva de una suma de términos, los cuales son las varianzas o covarianzas de estas otras cantidades ponderadas de acuerdo a cómo el resultado de la medición varía con cambios en estas cantidades.

La *incertidumbre expandida* es una cantidad que define un intervalo alrededor del resultado de una medición, y que se espera abarque una fracción grande de la distribución de valores que se podrían atribuir razonablemente al mensurando.

El *factor de cobertura* es un factor numérico utilizado como un multiplicador de la incertidumbre estándar combinada para obtener la incertidumbre expandida.

El *error (de medición)* es el resultado de una medición menos el valor real del mensurando. No debe confundirse error con incertidumbre.

Una manera práctica de cuantificar el nivel de incertidumbre o grado de desconocimiento de una variable aleatoria es a través de sus momentos estadísticos, específicamente a través de su varianza o la desviación estándar (error estándar). Las diversas técnicas existentes para estimar el nivel de incertidumbre pueden clasificarse a groso modo en analíticas y aproximadas (Tung & Yen, 2005)

Entre las técnicas analíticas se tiene el método de la distribución derivada de probabilidad, la cual consiste en definir la curva de densidad de probabilidad de la variable de interés, en

este caso el caudal, teniendo en cuenta la relación funcional con las otras variables como el nivel, y los parámetros del modelo y conociendo la distribución de probabilidad de dichas variables (Tung & Yen, 2005)

Entre las técnicas aproximadas se tienen el método de análisis de primer orden y el método de simulación de Monte Carlo, las cuales se describen a continuación.

### 2.1.2.1. ANÁLISIS DE PRIMER ORDEN

El método estimación de primer orden varianza (FOVE), también llamado el método de propagación de la varianza (Berthouex, 1975) estima las características de incertidumbre de un resultado del modelo en base a las propiedades estadísticas de las variables básicas estocásticas del modelo. La idea básica del método es la aproximación de un modelo que implica variables básicas estocásticas por una expansión en serie de Taylor.

Considere la posibilidad de una salida de modelo  $Y$  que está relacionado con un única variable estocástica  $X$  en una forma funcional como  $Y = f(X)$ , con  $f(X)$  es una expresión general para la relación funcional que representa un sistema o un modelo. El problema es estimar la media y la varianza del  $Y$  a partir del conocimiento de la variable estocástica  $X$ . Una aproximación práctica es ampliar la función  $f(X)$  en la serie de Taylor alrededor de un punto  $x_0$  seleccionado en el espacio muestral de la variable aleatoria  $X$  como

$$Y = y_0 + \sum_{r=1}^{\infty} \left[ \frac{\partial^r y}{\partial x^r} \right]_{x_0} \frac{(X-x_0)^r}{r!} \quad \text{Ecuación 5}$$

Con  $y_0 = f(x_0)$ ;  $\left[ \frac{\partial^r y}{\partial x^r} \right]_{x_0}$  es el coeficiente de sensibilidad de orden  $r$ , que indica la tasa de cambio de valor de la función  $f(x)$  con respecto a su parámetro en  $X = x_0$ . Si la función  $Y = f(X)$  es lineal, todos los términos de orden dos o superior en la ecuación se desvanecen y la aproximación, entonces, es exacta.

En la práctica general del método FOVE es tomar la media de la variable aleatoria como punto de expansión, es decir,  $x_0 = \mu_x$  por lo que la media y la varianza de Y pueden ser aproximadas, respectivamente, como

$$E(Y) = \bar{y} + \left[ \frac{\partial^r y}{\partial x^r} \right]_{u_z} \frac{\sigma^2}{2} \quad \text{Ecuación 6}$$

para una aproximación segundo orden, o

$$E(Y) = \bar{y}$$

para una aproximación de primer orden =  $f(u_z)$  y

$$\text{Var}(Y) \approx \left[ \frac{\partial Y}{\partial X} \right]_{u_z}^2 \sigma_x^2 \quad \text{Ecuación 7}$$

para una aproximación de primer orden. En general,  $E[f(x)] \neq f(u_z)$  y la igualdad se cumple sólo cuando  $f(x)$  es una función lineal de X. El FOVE proporcionaría una estimación precisa de la media y la varianza cuando la función  $Y = f(X)$  es lineal y/o la incertidumbre de las variables estocásticas es pequeña.

### 2.1.2.2. SIMULACIÓN DE MONTE CARLO

La simulación numérica es una técnica que permite producir muestras de variables aleatorias que preserven ciertas propiedades de acuerdo a una distribución de probabilidad previamente establecida (Tung & Yen, 2005). Con base en las muestras generadas para las variables de entrada de acuerdo a unas distribuciones de probabilidad supuestas o establecidas previamente, se simula repetidamente el comportamiento del sistema o proceso para obtener una muestra de la variable de respuesta, y con base en esta es posible estimar sus momentos estadísticos y la incertidumbre propagada

La Aplicación de la metodología para el análisis de la incertidumbre MCS implica los siguientes pasos:

1. Selección de los parámetros de entrada del modelo imprecisamente conocidos para muestrear. Se deben conservar únicamente los que tienen mayor influencia en los resultados de interés. La eliminación de las entradas redundantes inciertas del muestreo establecidos con carácter general ayuda a enfocar la recolección de datos y mejora la estabilidad y la fiabilidad de los resultados de los modelos probabilísticos (EPA, 1997). También facilita la robusta construcción de modelos estadísticos de las relaciones insumo-producto durante la fase de análisis de la sensibilidad necesaria para determinar los principales factores de incertidumbre de salida (Mishra & Knowlton, 2003)
2. La asignación de rangos y distribuciones de probabilidad para cada uno de estos parámetros. Este paso es clave en la construcción de un estudio de análisis de incertidumbre, la metodología a seguir detallada por (Mishra, 2002) tiene los siguientes componentes:
  - Distribuciones de ajuste a los datos medidos utilizando ploteo de probabilidad, técnicas de regresión no lineales o estimación de máxima verosimilitud (Hahn & Shapiro, 1967).
  - Derivar distribuciones por medio de restricciones conocidas y el principio de máxima entropía (Harr, 1987), lo que obliga al analista a tener la mayor incertidumbre con respecto a la información desconocida.
  - La evaluación de las distribuciones subjetivas utilizando protocolos de obtención (Keeny & Von Winterfeld, 1991). Una característica clave de este tipo de protocolos es la evaluación de los valores seleccionados (mínimo, máximo, mediana, percentiles 10-90, percentiles 25-75) y sus bases en lugar de los parámetros de las distribuciones con nombre (normal).
  - La combinación de información previa, como el dictamen de expertos, con nuevos datos, como las mediciones de campo utilizando la actualización bayesiana (Benjamin & Conell, 1970).
3. El muestreo de los parámetros. requiere la selección de un plan de muestreo apropiado. Las dos opciones más comunes son el muestreo puramente aleatorio (a

menudo llamado erróneamente como el muestreo de Monte Carlo) y Latin Hypercube muestreo (LHS).

4. Ejecutar el modelo para estimar la incertidumbre en los resultados. Esto implica asegurar que un número suficiente de simulaciones se han realizado para obtener una solución estable. Una regla ampliamente empleada para la selección de un tamaño de muestra óptimo en LHS con el fin de obtener una media estable es la regla  $(4/3) N$  (Iman & Helton, 1985) Donde N es el número de parámetros inciertos.
5. Una vez que un tamaño de muestra apropiado ha sido seleccionado, las estimaciones paramétricas y no paramétricas de la fiabilidad de los resultados del modelo se pueden determinar. Por ejemplo, las barras de error en el valor esperado de la salida puede ser aproximado usando el teorema del límite central (Benjamin & Conell, 1970) o simuladas a través de técnicas de rutina de carga (Tung & Yen, 2005). Replicar grupos de muestras generadas utilizando diferentes semillas aleatorias se utilizan a veces para proporcionar límites inciertos sobre estadísticas de salida del modelo (Helton, 1993).

## 2.2. ESTADO DEL ARTE

A continuación se resumen algunos de los estudios realizados en torno a las curvas de calibración de caudales y al análisis de incertidumbre y el aporte que representa cada uno de estos en el presente trabajo de grado.

**C. venetis (1970):** En sus notas menciona que los puntos resultantes de los aforos para la elaboración de una curva de calibración definen una línea recta en el papel log-log sólo en un sentido estadístico, debido a que puede esperarse que muestren cierta difusión no solo por errores en la medición del flujo, sino también porque la ecuación potencial comúnmente utilizada es una aproximación, el flujo puede no ser estrictamente uniforme y el coeficiente de rugosidad puede no ser totalmente independiente de la profundidad del agua .

Describe los principios y métodos para la estimación de los parámetros con las estimaciones de su error estándar, a través del análisis de regresión. Para esto, tiene en cuenta que el nivel de agua cuando el caudal es cero suele ser uno de los parámetros desconocidos, la regresión es no lineal y con la estimación óptima de mínimos cuadrados puede obtenerse una aproximación. Las varianzas de las estimaciones de los parámetros pueden obtenerse de la matriz de dispersión de la distribución conjunta de los estimadores de mínimos cuadrados a través de la función de verosimilitud. Puede obtenerse una estimación del error en las predicciones de la descarga, dependiendo de la etapa correspondiente. (Venetis, 1970).

Esta investigación muestra la importancia de saber que detrás de la elaboración de una curva nivel caudal a través de un ajuste potencial existen una serie de errores que parten desde la medición de los datos, hasta la estimación de parámetros y predicción con los modelos. Así que este tipo de regresión es una aproximación al comportamiento del nivel o caudal en una sección del río la cual lleva consigo una serie de errores relacionados con la naturaleza de la funete hídrica, siendo entonces recomendable realizar la sensibilización de variables como el N de Manning a fin de mostrar la incertidumbre que se presenta ante la variación de este parámetro.

**Fenton y Keller 2001** Ante la estimación de caudales con curvas de calibración, actualmente se presentan muchos errores o inconvenientes tales como el asumir que existe una única relación entre nivel y caudal, lo cual no tiene justificación; la precisión de la curva para determinar caudales altos es baja, puesto que generalmente no se realizan mediciones durante inundaciones; no describe intervalos de variación de los caudales; pretende describir caudales en un intervalo que supera al intervalo de las mediciones; además, no considera las variaciones temporales de la sección transversal, el transporte de sedimentos, efectos de remanso, la inestabilidad del nivel, el almacenamiento de la sección o el desarrollo de vegetación de la ribera

Adicionalmente la pendiente y su tasa de cambio juegan un papel importante en el caudal del río en un segmento específico. Lo ideal entonces sería siempre usar dos medidores y



para obtener la pendiente, lo que haría corregir automáticamente los efectos de remanso de aguas abajo y los efectos inestables en el momento de la propagación de la inundación. Esto conduciría al desarrollo de una relación nivel- caudal que podría ser usado en conjunto con la pendiente medida, en lugar del uso convencional de la relación altura-caudal.

En su investigación, se hizo un intento de proporcionar medios para derivar las curvas de gasto cuando hay poca información disponible del caudal. Se desarrolla un modelo teórico para un tramo de río con una estación de medición y un control local, utilizado para predecir la curva de calibración para caudales bajos, cuando el control desaparece por caudales altos . En la práctica, la naturaleza del control local es demasiado complicado para ser capaz de calcular el extremo del caudal bajo de la curva de calibración. El uso de la teoría, tanto para caudales bajos medios y altos muestra que en muchos casos, el nivel varia como la raíz cuadrada del caudal. (Fenton & Keller, 2001).

Esto puede ser usado para calcular una curva de calibración ante la ausencia de información, o para calibrar los modelos.

La investigación realizada por los autores es de gran importancia, debido a que reafirma la incertidumbre presente al momento de calcular caudales altos mayores a los medidos comúnmente en los aforos de las estaciones hidrométricas, generando la necesidad de buscar metodologías que permitan no solo una aproximación a los valores de caudales o niveles altos, sino también a su incertidumbre.

**El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)** Considera que la incertidumbre en las curvas nivel - caudal es ocasionada principalmente por: errores en las mediciones de aforos, factores hidráulicos, y factores morfológicos no acordes con el régimen de flujo uniforme. Se determina entonces que la curva es estable si la dispersión entre caudales (también conocida como error estándar de calibración) es menor que el error en la metodología de aforo, el cual se estima aproximadamente en un 10% (IDEAM, 1999). Este valor del error aproximado durante los aforos, nos permite realizar una comparación

con los valores obtenidos al elaborar la curva de calibración y estimar esa incertidumbre para la parte alta de la curva.

**Martínez Plata (2012)** Realizó un estudio para cinco estaciones que hacen parte de la red hidrométrica del IDEAM, para a estimar la incertidumbre que se encuentra para obtener los valores de caudal cuando no se cuenta con suficiente número de aforos., es decir, menos de 6 puntos de soporte y en donde la distribución de valores de caudal-nivel no cubre completamente el rango de niveles registrado para una estación hidrométrica particular. En dicho estudio se analizó para diferentes escenarios de disponibilidad de aforos con muestras artificiales a partir de datos reales, la incertidumbre y errores generados en las curvas nivel – caudal.

De acuerdo con los resultados obtenidos se indica que el número de aforos realizados en campo influyen radicalmente en la incertidumbre de los caudales de las curvas de calibración, y también del grado de extrapolación con respecto a los niveles aforados. Para los casos estudiados se encontró que cuando la curva es calibrada con una baja cantidad de aforos, la incertidumbre en la zona de niveles medios puede llegar hasta un 14%, en la zona de niveles máximo esta incertidumbre puede ser hasta del 20% y en los niveles mínimos del 60% dichos valores se pueden incrementar de acuerdo con el grado de extrapolación, se estableció además que para la zona de los niveles mínimos se debe disponer de al menos 35 aforos de acuerdo a lo recomendado por la Organización meteorológica mundial. (Martinez, Dominguez, & Rivera, 2012).

Como la parte alta de las curvas de calibración que serán analizadas en esta investigación, corresponden a una extrapolación de dicha curva, es útil comparar los resultados de la incertidumbre obtenida con la que se definen en la investigación realizada por el autor.

**Óscar Enrique Coronado Hernández Mario Díaz-Granados Ortiz (2012)** Analiza la incertidumbre en la estimación de hidrogramas de crecientes mediante el empleo de diferentes técnicas de análisis de incertidumbre. El análisis incluye la incertidumbre en distintas fuentes para la generación del hidrograma, es decir, los datos de entrada medidos,

estimados y calibrados, los algoritmos de calibración, los criterios de la función objetivo, entre otros (Coronado & Diaz, 2012).

Los autores presentan un análisis que permite considerar la incertidumbre para la generación de un hidrograma a través de la utilización de varios modelos, es por esto que en la presente investigación se propone establecer una aproximación metodológica para estimar la incertidumbre de la parte alta de las curvas (o parte no medida) mediante la comparación de diferentes modelos matemáticos e hidráulicos.

## CAPÍTULO 3

### OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer una aproximación metodológica para estimar la parte alta de las curvas de calibración de caudales líquidos con base en la disponibilidad de la información hidrométrica, métodos y herramientas de cálculo y de cuantificación de la incertidumbre.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar métodos establecidos para la estimación de curvas de calibración de caudales, cuantificando la incertidumbre, especialmente en la parte alta de éstas curvas.
- Estimar la confiabilidad de la parte alta de las curvas de calibración, teniendo en cuenta las técnicas de análisis de incertidumbre.
- Determinar la sensibilidad en la estimación de la parte alta de las curvas de calibración, con base en la disponibilidad de información hidrométrica, y en los parámetros los modelos empleados..

El presente documento se encuentra distribuido de la siguiente forma:

En el capítulo 1 se realiza la descripción del problema, el contexto y la necesidad de realizar esta investigación que finalmente es la justificación para llevarla a cabo.

El capítulo 2 contiene el marco referencial en el cual se incluye un marco teórico y estado del arte.

En el capítulo 3 se definen el objetivo general y los objetivos específicos que permitirán enfocar el análisis del tema de estudio.

El capítulo 4 presenta una metodología de la propuesta que plantea la investigación, se especifican los métodos empleados para la construcción de las curvas de calibración, y

evaluación de la incertidumbre, así como los utilizados para la estimación de los parámetros involucrados en el análisis.

En el capítulo 5 se presentan los resultados del análisis de caso de estudio con las metodologías expuestas y definidas en los capítulos anteriores con las respectivas pruebas y validación necesarios para el análisis de incertidumbre.

Finalmente en el capítulo 6 se resumen las conclusiones derivadas del análisis realizado y se proponen algunos temas de trabajos futuros generados a partir del presente proyecto.

## CAPÍTULO 4

### METODOLOGÍA

La presente investigación tiene como caso de estudio tres estaciones hidrométricas: Cañafisto (código 2621705), Bolombolo (código 2620708) y La Pintada (código 2618711) localizadas en la cuenca media del río Cauca. Para ello se cuenta con datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de aforos líquidos. En ellos se presentan los datos básicos de cada estación, es decir, código nombre, tipo, corriente, latitud, longitud y departamento necesarios para la localización general dentro del análisis. Cada registro de aforo líquido contiene: fecha, nivel, caudal, velocidad, radio, perímetro y área hidráulica, factor hidráulico y geométrico entre otros, con los cuales es posible obtener las curvas de calibración por cada una de las metodologías propuestas. Los aforos líquidos de cada estación se presentan en el anexo 1 del presente documento

También se cuenta con los datos de caudales máximos mensuales multianuales de cada estación, los cuales permiten conocer a través de diferentes modelos de distribución de probabilidad, a que periodos de retorno corresponden los datos de los aforos.

#### 4.1. ESTIMACIÓN DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN DE CAUDALES

##### 4.1.1. CURVAS DE CALIBRACIÓN MODELOS HERSHY 1999 Y 2008

Inicialmente se realiza una linealización de los datos de tal manera que sea posible verificar los supuestos de normalidad y homocedasticidad para poder definir los modelos Hershy 1999 y 2008 los cuales son de tipo potencial y polinomial respectivamente.

El modelo lineal es de la forma:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ Ecuación 8}$$

Dónde:

$y_i$  Es igual al Log de N

$x_i$  es igual al Log de Q

$\beta_0$  y  $\beta_1$  son los parámetros sujetos a calibración

$\varepsilon_i$  es el error

Las hipótesis de los parámetros del modelo son:

$H_0: \beta_0 = 0 ; \beta_1 = 0$  No existe una relación lineal entre las variables LogQ y LogN

$H_1: \beta_0 \neq 0; \beta_1 \neq 0$  Hay una relación lineal entre las variables LogQ y LogN

Se establece que para rechazar la hipótesis nula, se debe cumplir con una confianza del 95%, el estadístico de prueba t de Student  $\geq t_{\alpha/2, n-2}$ . Adicionalmente en el análisis de varianza Anova se deben obtener p-valores inferiores a la significancia de  $\alpha=0.05$ , es decir, del 5%. El P- valor se define como el doble de la probabilidad de que  $t_{(n-2)}$  exceda el valor absoluto del t estimado.

#### ***Validación de los supuestos del modelo.***

El análisis de residuales es un paso crucial cuando se busca verificar si un modelo es adecuado. Para este caso se analizan los supuestos de normalidad de los residuales, homogeneidad de varianzas e independencia.

- **Normalidad de los residuales**

Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : Los datos proceden de una distribución normal

$H_1$ : Los datos no proceden de una distribución normal

Para evaluar si los residuales siguen una distribución normal se emplea la prueba de Shapiro Wilk,(SW) basada en la comparación de los valores de la muestra ordenada con su localización esperada bajo la hipótesis nula de normalidad. Sea  $z_{(1)} \leq z_{(2)} \leq \dots \leq z_{(n)}$  una muestra ordenada de la distribución normal estándar, y sea

$$m_i = E(z_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Bajo la hipótesis de normalidad

$$E(X_i) = \mu + \sigma E(z_i) = \mu + \sigma m_i$$

Es decir, que se espera que las observaciones ordenadas estén linealmente relacionadas a las  $m_i$ 's. Shapiro y Wilks propusieron el siguiente estadístico:

$$SW = \frac{(m' \Omega^{-1} m)^{-1} (m' \Omega^{-1} \mu)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde  $m$  y  $\Omega$  son la media y la covarianza de  $F = z_{(1)} \leq z_{(2)} \leq \dots \leq z_{(n)}$

- **Homogeneidad de varianzas (Homocedasticidad)**

Las hipótesis son las siguientes:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2 \quad (\text{Varianzas iguales})$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \quad \text{para algún } i \neq j \quad (\text{varianzas diferentes})$$

Si  $X_1, X_2, \dots, X_m$  y  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  son muestras independientes de  $N(\mu_1, \sigma_1^2)$  y  $N(\mu_2, \sigma_2^2)$ , respectivamente, un test para comparar la igualdad de varianzas se basa en el cociente corregido de varianzas muestrales,

Se distribuye como una  $F_{m-1, n-1}$

$$F = \frac{S_1^2 / \sigma_1^2}{S_2^2 / \sigma_2^2} \quad \text{Ecuación 10}$$

- **Independencia**

Las hipótesis son las siguientes

$H_0$ : Los resultados observados en el modelo son independientes

$H_1$ : Los resultados observados en el modelo no son independientes



El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan los datos.

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^N (\hat{e}_i - \hat{e}_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^N \hat{e}_i^2} \quad \text{Ecuación 11}$$

Una vez verificados los supuestos del modelo lineal, se obtiene la formulación de los modelos potencial y polinomial, la cual permite la elaboración de la curva Nivel vs Caudal.

#### 4.1.2. CURVA DE CALIBRACIÓN MODELO MANNING

En la construcción del modelo de acuerdo con la ecuación de Manning, se considera la información presentada en los aforos líquidos adicionales de los datos de nivel y caudal, es decir, los valores de velocidad, área, radio y perímetro mojado, factor geométrico y factor hidráulico. El factor geométrico corresponde a  $AR^{2/3}$  y el factor hidráulico a la relación entre la pendiente hidráulica ( $S^{1/2}$ ) y el “n” de Manning.

Inicialmente se calcula  $AR^{2/3}$  con los valores registrados y se escoge el modelo que mejor ajusta este valor con el nivel de agua o tirante medido. Con este modelo se calcula para cada nivel medido su respectivo  $AR^{2/3}_{(calculado)}$ . El caudal correspondiente a cada nivel se calcula empleando la formulación de Manning en la cual los valores de “n” y “S” son supuestos inicialmente.

$$AR_{calculado}^{2/3} = \frac{Q_{registrado} * n}{\sqrt{S}}. \quad \text{Ec. 1}$$

Como medida de Bondad de Ajuste se tiene el error medio cuadrático calculado con los errores relativos. Los valores de “n” y “S” se obtienen a través de la herramienta Solver de Excel con la función de optimización que minimiza el EMC de los niveles.

#### 4.1.3. CURVA DE CALIBRACIÓN MODELO HEC- RAS- FGV

La elaboración de la curva de calibración a través del modelo HEC – Ras, consiste en ingresar al programa los valores de caudales a modelar, las secciones transversales y geometría del tramo de estudio del río, los valores de “n” de Manning y pendiente hidráulica. Los valores de caudales y las secciones transversales se obtienen de la base de datos del IDEAM, por su parte los valores de “n” de Manning y pendiente hidráulica son parámetros sujetos a calibración.

Para la estimación de estos parámetros, se emplea el protocolo de Montecarlo explicado en el numeral 2.1.2.2 a través de la ecuación de Manning y los datos hidráulicos tomados de los registros de los aforos. El procedimiento realizado se describe a continuación:

- Se considera un intervalo “S” y de “n” de acuerdo con los valores obtenidos por calibración en el modelo Manning y se definen N conjuntos de valores de estos parámetros para ser procesados.
- Para todos estos conjuntos se generan números aleatorios de los parámetros contenidos en cada intervalo definido y se calcula el respectivo valor del caudal a través de la formulación de Manning ( $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$  Ecuación 3) tomando los valores de área hidráulica (A) y radio hidráulico (R) de los respectivos registros de aforos.
- Para cada uno de los conjuntos se calculan las medidas de bondad de ajuste con base en los caudales registrados y los caudales modelados.
- Se elaboran gráficos de dispersión teniendo en cuenta que en las abscisas se encuentran los valores considerados de los parámetros y en las ordenadas los valores de la medida de bondad de ajuste y de acuerdo a la identificabilidad en el gráfico se escogen cada uno de los parámetros.

Una vez realizada la calibración de los parámetros con la metodología de Montecarlo, se procede a optimizar estos valores a través de una calibración con el modelo HEC – RAS- FGV en el cual se obtienen valores de niveles para los distintos caudales evaluados, que en

este caso corresponden a cada uno de los registrados en las tres estaciones hidrométricas. Los valores obtenidos en la modelación se compararon con los registrados y con la medida de bondad de ajuste se determinan los parámetros a emplear en el modelo.

Con los parámetros hidráulicos y características geométricas definidas, se realiza la modelación del tramo del río Cauca para diferentes caudales en el cual se obtienen a través de una tabla resumen todas las características hidráulicas de cada sección para cada caudal modelado, incluyendo la cota de aguas. A estas cotas se les resta el valor de  $H_0$  o nivel cero de la mira de cada estación, y se obtienen los niveles de agua correspondientes para finalmente graficar las curvas nivel vs caudal de cada estación.

#### **4.2. ESTIMACIÓN DE LA CONFIBILIDAD DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN**

En este aparte se analizan los datos de caudales máximos anuales registrados en cada estación. El análisis consiste en evaluar diferentes modelos de ajustes de distribución de probabilidad para poder definir el caudal máximo de cada estación que corresponde a un periodo de retorno de 100 años. El ajuste se selecciona teniendo en cuenta los resultados de la prueba de bondad de ajuste Chi cuadrado y Kolmogorov-Smirnov. Esta última consiste en obtener el valor “d” crítico tabulado a partir del número de datos y la significancia, el cual debe ser mayor al máximo valor absoluto de la diferencia entre la función de distribución de probabilidad observada y la estimada.

Cada una de las curvas de calibración elaboradas se extrapola hasta el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años; los diferentes niveles obtenidos por cada modelo me permiten estimar la incertidumbre de esta parte alta de la curva

Adicionalmente y con el fin de validar los modelos, se realiza un análisis con los caudales y niveles máximos anuales registrados por la estación, considerando que el nivel máximo registrado cada año, corresponde al caudal máximo obtenido del mismo. En este análisis se

comparan los valores máximos registrados con los resultados de cada modelo y se aplican las respectivas pruebas de bondad de ajuste.

#### **4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PARTE ALTA DE LA CURVA, CON BASE EN LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS**

El análisis de sensibilidad consiste en evaluar los modelos de Manning y Hec Ras con variaciones en los parámetros calibrables, es decir, N de Manning y Pendiente hidráulica “S” considerando un rango para cada uno de ellos con el fin de comparar los valores de niveles obtenidos en la parte alta de la curva de calibración. En el caso del N de Manning se emplean valores comprendidos entre 0.02 y 0.04 con variaciones cada 0.005 unidades. Por su parte, los valores de pendiente hidráulica empleados para el análisis varían entre 0.0005 y 0.0015 m/m cada 0.0001 m/m. el modelo es construido empleando diferentes combinaciones de (N,S).

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS

#### 5.1. CASO DE ESTUDIO. ESTACIONES DEL RÍO CAUCA.

El río Cauca nace cerca del páramo de Sotará y desemboca en el brazo de Loba en el río Magdalena en el departamento de Bolívar, tiene una longitud de 1204 km. y un área de drenaje de 59.074 km<sup>2</sup> que representa el 5% del total del territorio Nacional. En ella tienen asiento 183 municipios, pertenecientes a los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y bolívar. Se estima que la población asentada en su área de influencia es el 25% del total del país. (Sandoval & Ramirez, 2007).

En el recorrido del río Cauca a lo largo del país se identifican claramente cuatro zonas: alto Cauca, Valle alto, Cañón del Cauca o Cauca medio y bajo Cauca.

*Alto Cauca:* comprende desde su nacimiento en el macizo Colombiano hasta el sitio de la Balsa k25+000; tiene una longitud aproximada de 153 km y un descenso de niveles de 4000 a 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm); en este tramo se encuentra el embalse de Salvajina.

*Valle Alto:* Por su Valle alto, el río Cauca recorre un trayecto de unos 425 km entre las poblaciones de Timba en el departamento del Cauca y La Virginia en el departamento de Risaralda. Aquí confluyen cerca de 39 tributarios que incrementan hasta tres veces el caudal medio del río, y en la mayor parte de ese tramo el río puede ser aprovechado para la navegación.

*Cauca Medio:* este tramo del río comprende un descenso de cerca de 800 m, en altura a lo largo de 390 km a través de un cañón estrecho y profundo, desde la Virginia (Risaralda) hasta la población de Taraza (Antioquia), ubicada a una altura de 90msnm. En esta longitud no es navegable debido a su fuerte pendiente y sus tributarios son pequeñas quebradas o cañadas formadas en las vertientes que drenan directamente a él.

*Bajo Cauca:* se inicia 960 km después de su nacimiento cuando río abandona el cañón para recorrer unos 245 km en una zona de topografía plana hasta su desembocadura en el río Magdalena.

### **5.1.1. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

Como se mencionó anteriormente, el análisis de los modelos y la aproximación metodológica para estimar la incertidumbre en la parte alta de las curvas de calibración de caudales líquidos se realizará para la parte alta de las curvas de calibración de caudales líquidos de las estaciones del IDEAM. Cañafisto, Bolombolo y La Pintada, localizadas en el Cauca medio.

#### ***Estación Cañafisto***

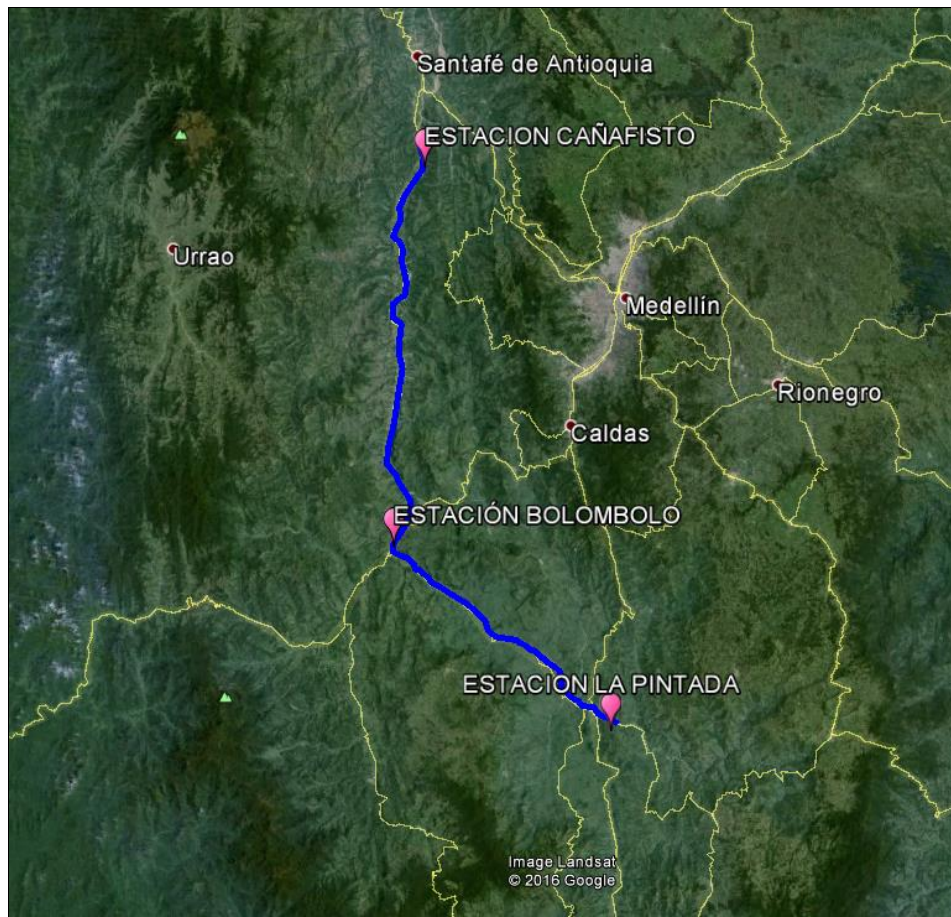
La estación Limnigráfica Cañafisto se ubica sobre el municipio de Santa Fe de Antioquia, con coordenadas 065N y 7549W, y presenta una elevación de 466msnm, fue instalada en noviembre de 1978 e identificada con el código 2621705 del IDEAM.

#### ***Estación Bolombolo***

La estación Limnigráfica Bolombolo se encuentra ubicada en el municipio de Venecia, con coordenadas 0558N y 7551W, a 515 msnm, instalada en octubre de 1971 e identificada mediante el código 2620708 del IDEAM.

#### ***Estación La Pintada***

La estación Limnigráfica La Pintada se localiza en el municipio de Aguadas en el departamento de Caldas, con coordenadas 0544N y 7536W a 560 msnm, fue instalada en octubre de 1961 e identificada con el código 2618711 del IDEAM. Es una estación Limnigráfica (LG).



**Figura 1. Localización de las estaciones sobre el Río Cauca.**  
Fuente. (Google Earth, 2014)

### **5.1.2. ANÁLISIS DE DATOS DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS**

En las tablas 1 a la 3 se presenta el resumen estadístico de las variables Caudal y nivel de los aforos del IDEAM de cada una de las estaciones hidrométricas.

Es importante tener en cuenta que los datos de caudales y niveles corresponden a resultados de aforos tomados en distintas épocas de distintos años, y en estaciones donde los caudales y niveles del río varían en el tiempo conforme a las condiciones hidráulicas del cauce y a los aportes del área de drenaje entre cada tramo, por esta razón no se espera obtener valores máximo, medio y mínimo iguales o muy parecidos de esta variables.

Variable	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nivel (m)
Media	601.27	2.53
Mediana	525.06	2.44
Varianza	127788.85	0.41
Des. Estándar	357.48	0.64
Máximo	2774.58	5.46
Mínimo	135.76	1.43

**Tabla 1. Resumen de datos estación La Pintada.**

Variable	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nivel (m)
Media	924.27	2.75
Mediana	798.97	2.59
Varianza	246763.56	1.04
Des. Estándar	496.75	1.02
Máximo	3156.08	6.43
Mínimo	286.41	0.86

**Tabla 2. Resumen de datos estación Bolombolo**

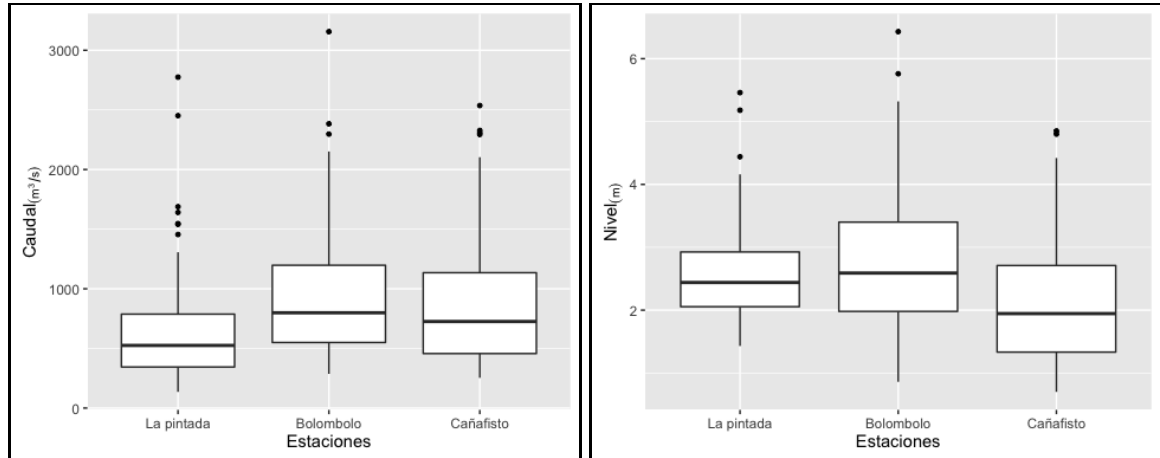
Variable	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nivel (m)
Media	841.65	2.11
Mediana	725.79	1.94
Varianza	209961.68	0.87
Des. Estándar	458.22	0.93
Máximo	2536.32	4.85
Mínimo	253.59	0.7

**Tabla 3. Resumen de datos estación Cañafisto**

Acorde a lo esperado se nota cierta variabilidad en los resultados promedios en cuanto al caudal y nivel se refiere; es de notar también que los caudales máximos solo difieren en

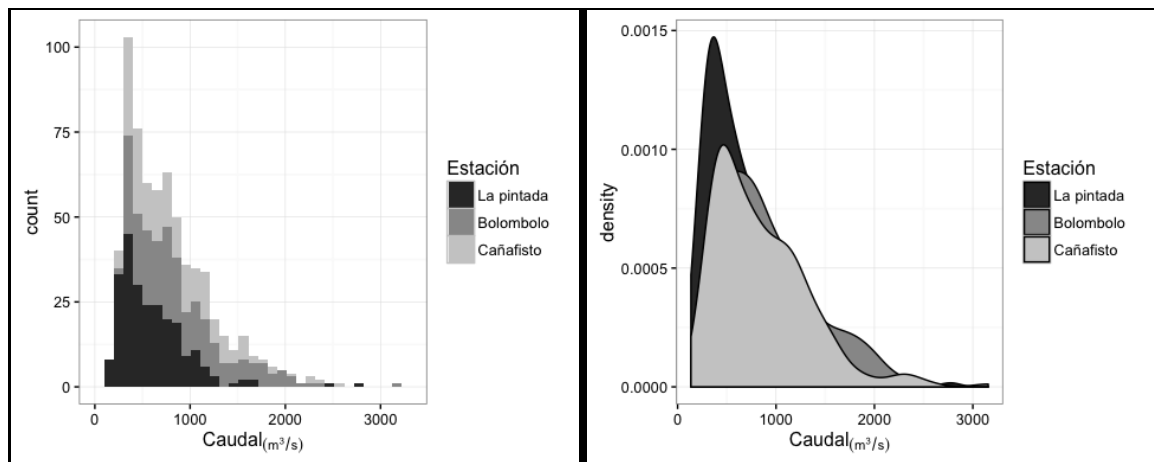


medida con el de la estación Bolombolo, mientras que la pintada es la que muestra los niveles más bajos de caudal en contraste con las otras estaciones.



**Gráfica 1. Diagrama de caja y bigote de Caudal y nivel**

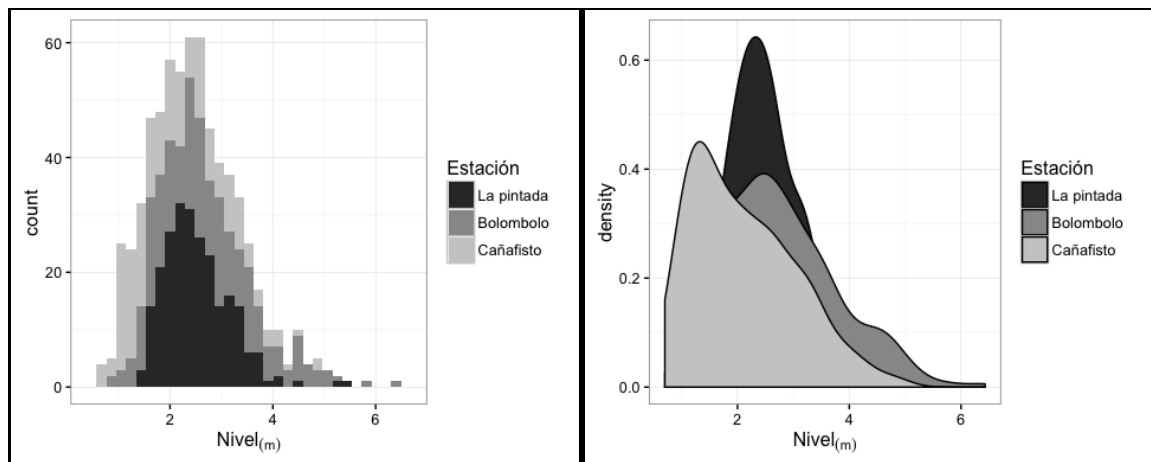
La Gráfica 1 muestra como está distribuida la dispersión de los caudales y niveles a través de las estaciones y como algunas mediciones atípicas apalancan dicha variabilidad. Estas mediciones atípicas corresponden a los valores de caudal y nivel más altos aforados en cada estación, los cuales tienen gran importancia en el presente estudio, porque son los valores que ayudan definir los modelos para la elaboración de las curvas de calibración en su parte alta.



**Gráfica 2 histograma de frecuencias y densidad de los datos de caudal**

El histograma de frecuencias muestra cierta simetría en las distribuciones por estaciones de los valores del caudal lo que podría sugerir cierto grado de homogeneidad validando los resultados anteriormente obtenidos, de igual forma es visible un alto grado de sesgamiento a la derecha quizás denotado por los datos atípicos antes identificados.

En el gráfico de densidades se puede ver más claramente que estas están sesgadas, pero a la vez simétricas en relación con los valores de dichos caudales por estación.



**Gráfica 3** histograma de frecuencias y densidad de los datos de Nivel

En la Gráfica 3 se muestra una situación muy parecida a la Gráfica 2 teniendo en cuenta que en este caso se mide el Nivel por estación, sin embargo el grado de sesgamiento no es severo lo cual sugiere cierta normalidad sobre estos datos.

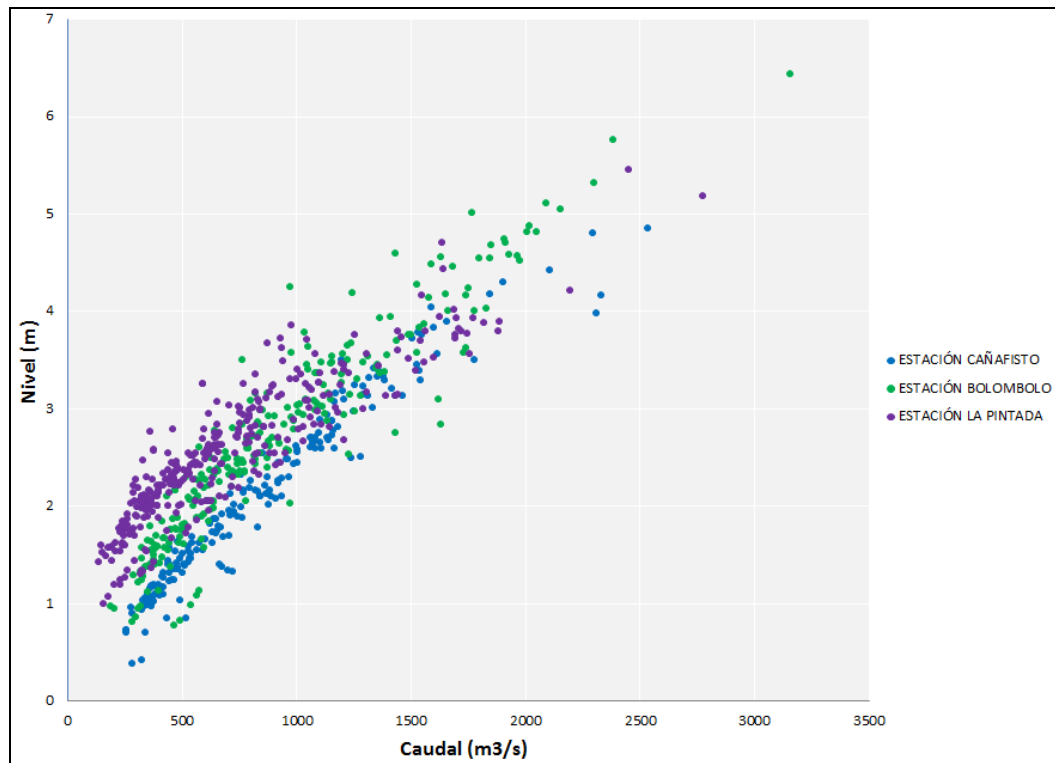
## 5.2. ESTIMACIÓN DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN DE CAUDALES

Dados los modelos propuestos, los tipos de pruebas estadísticas que se requieren son pruebas de significancia de los parámetros de interés de dichos modelos. A continuación se presentan las curvas de calibración Nivel – Caudal elaboradas a partir de los modelos Hershy 1999, Hershy 2008, Manning y Hec – Ras para las estaciones hidrométricas

mencionadas del IDEAM elaboradas a partir de los aforos de caudal líquido suministrados por esta entidad.

### 5.2.1. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN FÓRMULA POTENCIAL HERSHY 1999

En la Gráfica 4 se aprecian las nubes de puntos para los valores de caudal frente el nivel registrado en cada una de las estaciones (La Pintada, Cañafisto y Bolombolo) donde es posible notar que tienen una tendencia curvilínea en la cual puede ser linealizada mediante una transformación de las variables.



Gráfica 4. Dispersión de las variables caudal vs nivel registrado de las estaciones analizadas.

La transformación a realizar sobre esta variable es el  $\text{Log}Q = \text{Log}(\text{Caudal})$  y  $\text{Log}N = \text{Log}(\text{Nivel registrado})$ .

### 5.2.2. ESTACIÓN RÍO CAUCA – CAÑAFISTO

Los datos de la estación Cañafisto son ajustados al modelo de regresión lineal que describe la relación entre LogN y LogQ definido por la siguiente formulación:

$$\text{Log}N = -4.7755 + 0.8225\text{Log}Q$$

Para obtener los parámetros  $\beta_0$  y  $\beta_1$  y los intervalos de confianza al 95%, se emplea la herramienta informática Statgraphics, cuyos resultados se presentan en las tablas Tabla 4y Tabla 5:

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	-4.77548	0.0844331	-56.5593	0.0000
Pendiente	0.822547	0.0127618	64.4541	0.0000

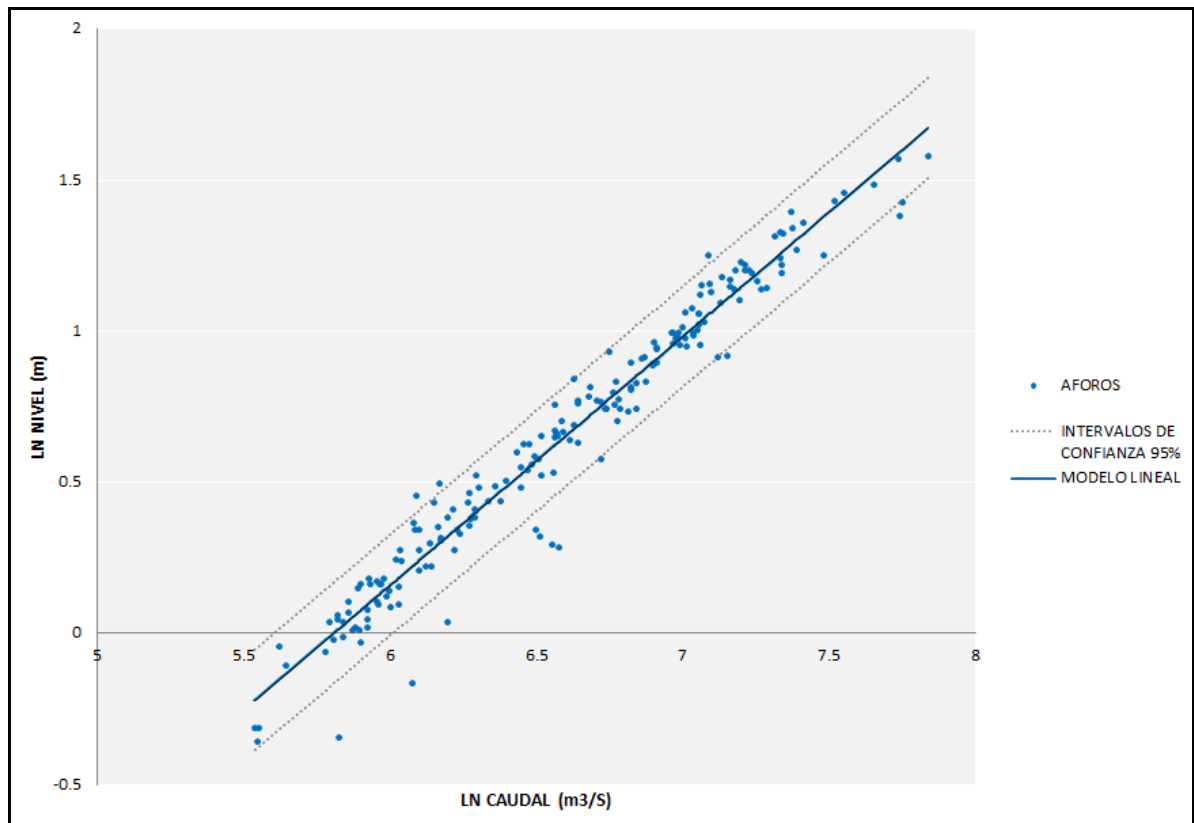
**Tabla 4. Análisis de varianza para la estación Cañafisto.**

		<i>Error</i>		
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-4.77548	0.0844331	-4.94204	-4.60892
PENDIENTE	0.822547	0.0127618	0.797372	0.847722

**Tabla 5. Intervalos de confianza para el modelo.**

Del modelo obtiene un valor de  $R^2 = 0,9567$  lo que indica que la variable LogQ explica en un 95.67% el comportamiento de la variable LogN, El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 0.093752.

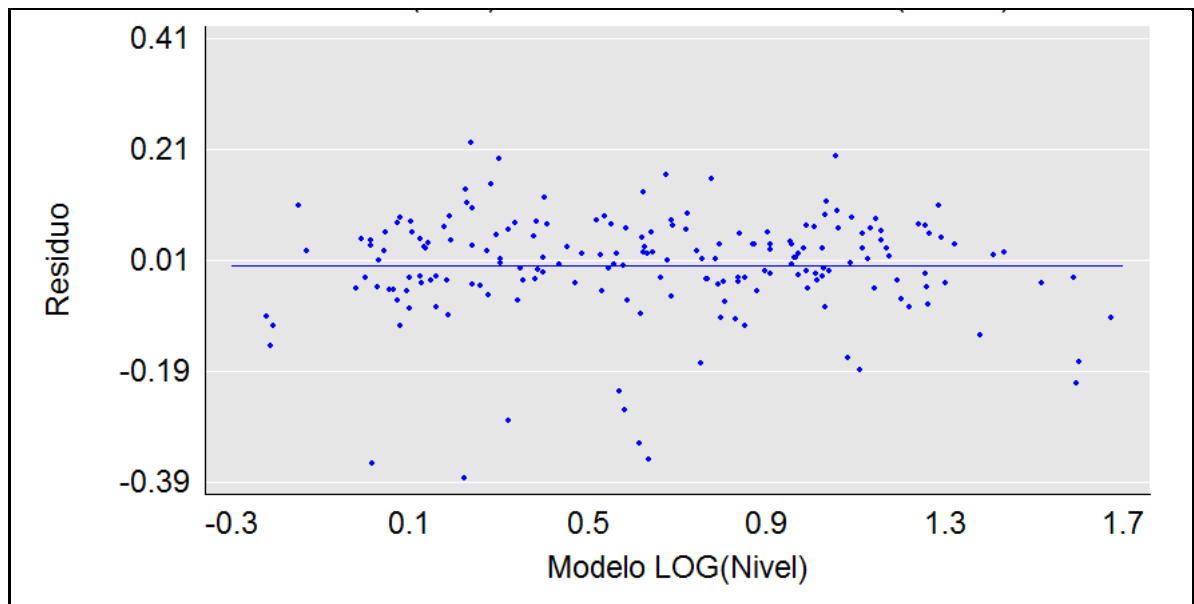
En la Gráfica 5se presenta el modelo linealizado con las respectivas bandas de confianza al 95%.



**Gráfica 5. Predicción para observaciones modelo lineal estación Cañafisto**

Adicionalmente se verifica si se cumplen los supuestos de homocedasticidad independencia y normalidad.

En la Gráfica 6 se presentan los residuos (diferencia entre Log nivel observado y nivel modelado) contra el Log de los niveles generados por el modelo; se observa que debido a la aleatoriedad de los puntos, la varianza de los errores es constante, además en la Tabla 6 se obtiene un p-valor menor a la significancia (0.05) por lo tanto el modelo cumple con el supuesto de homocedasticidad para una nivel de confianza del 95%.

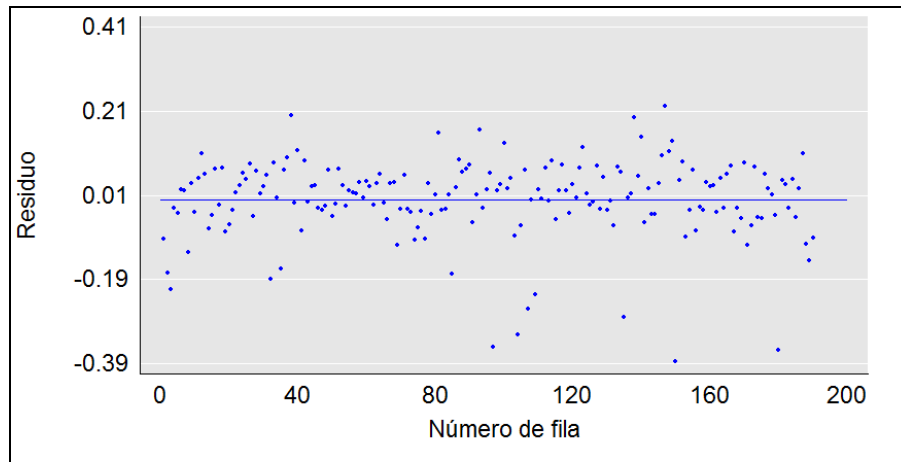


**Gráfica 6. Varianza de los errores estación Cañafisto**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	36.5142	1	36.5142	4154.33	0
Residuo	1.65241	188	0.00878943		
Total (Corr.)	38.1666	189			

**Tabla 6. Análisis de varianza**

Para verificar el supuesto de independenciam, se aplica el estadístico Durbin-Watson, el cual presenta una magnitud de 1.96 y un P-valor igual a 0.4028 el cual es mayor a la significancia, por lo tanto no hay indicación de una auto correlación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95.0%. La aleatoriedad de los puntos en la Gráfica 7 valida esta conclusión.

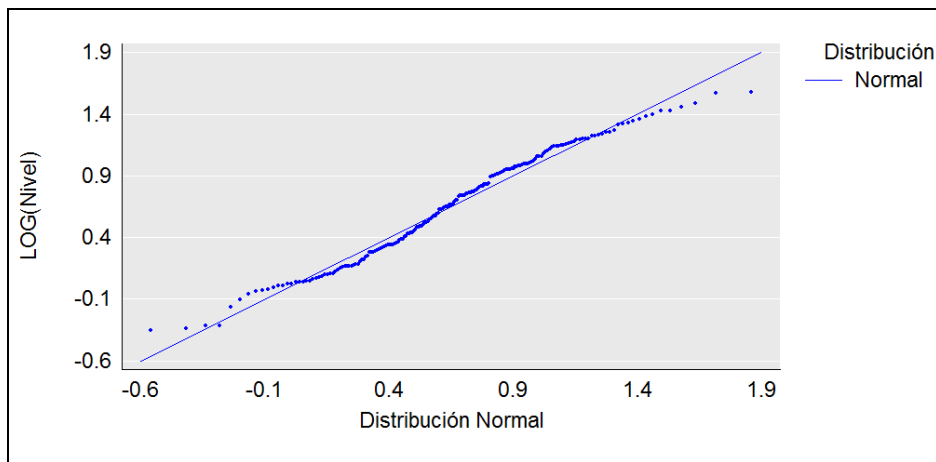


**Gráfica 7. Análisis de independencia**

El supuesto de Normalidad se verifica empleando la prueba de Shapiro Wilk, la cual arroja como resultado un p valor  $\leq 0,05$ , por lo que se rechaza la hipótesis de que los valores de LogN provienen de una distribución normal, esto también se evidencia en Gráfica 8 en la cual no se presenta una completa tendencia de la línea de la distribución normal.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.957981	0.00016809

**Tabla 7. Prueba de Shapiro-Wilk**

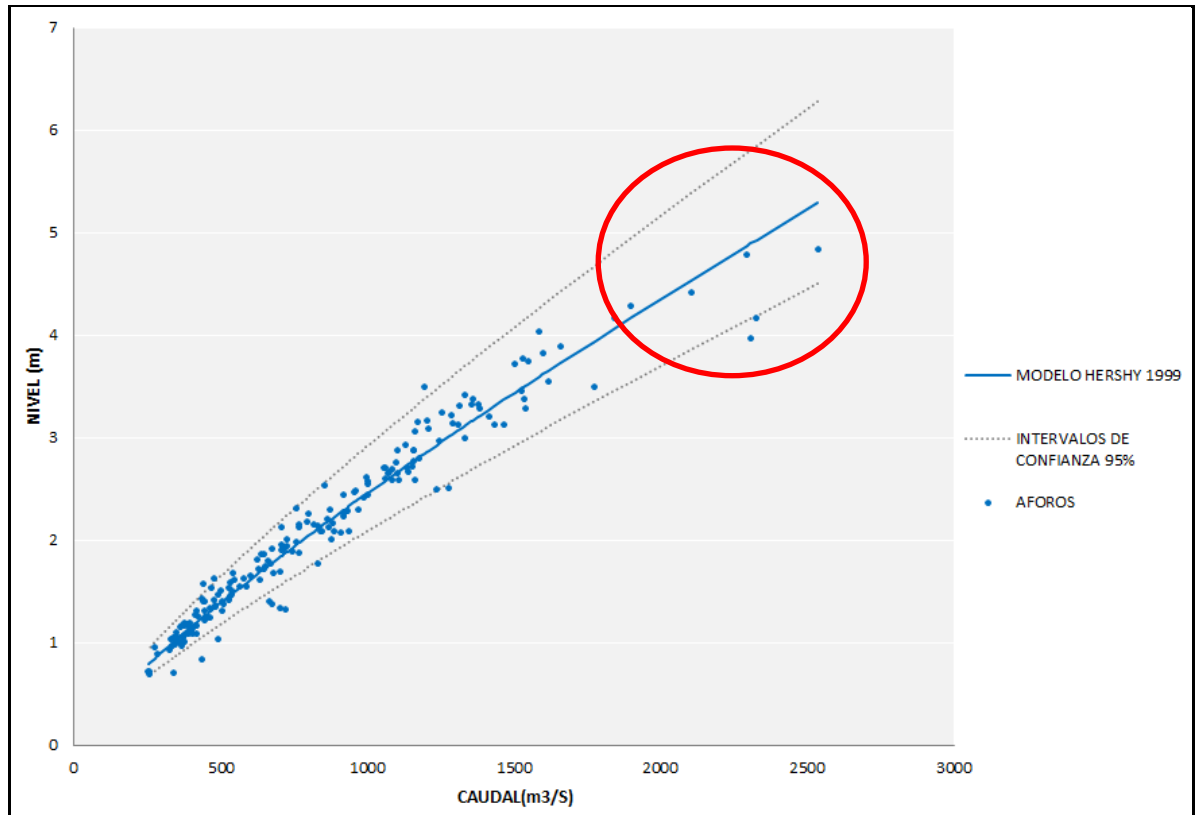


**Gráfica 8. Análisis de Normalidad**

Si bien no se cumple en su totalidad el supuesto de normalidad, se presenta en la Gráfica 9 el modelo en su forma potencial Hershy 1998 a fin de observar su comportamiento.

La formulación del modelo es la siguiente:

$$N = 0.0069 Q^{0.8516}$$



**Gráfica 9. Predicción de observación modelo Hershy 1999 estación Cañafisto**

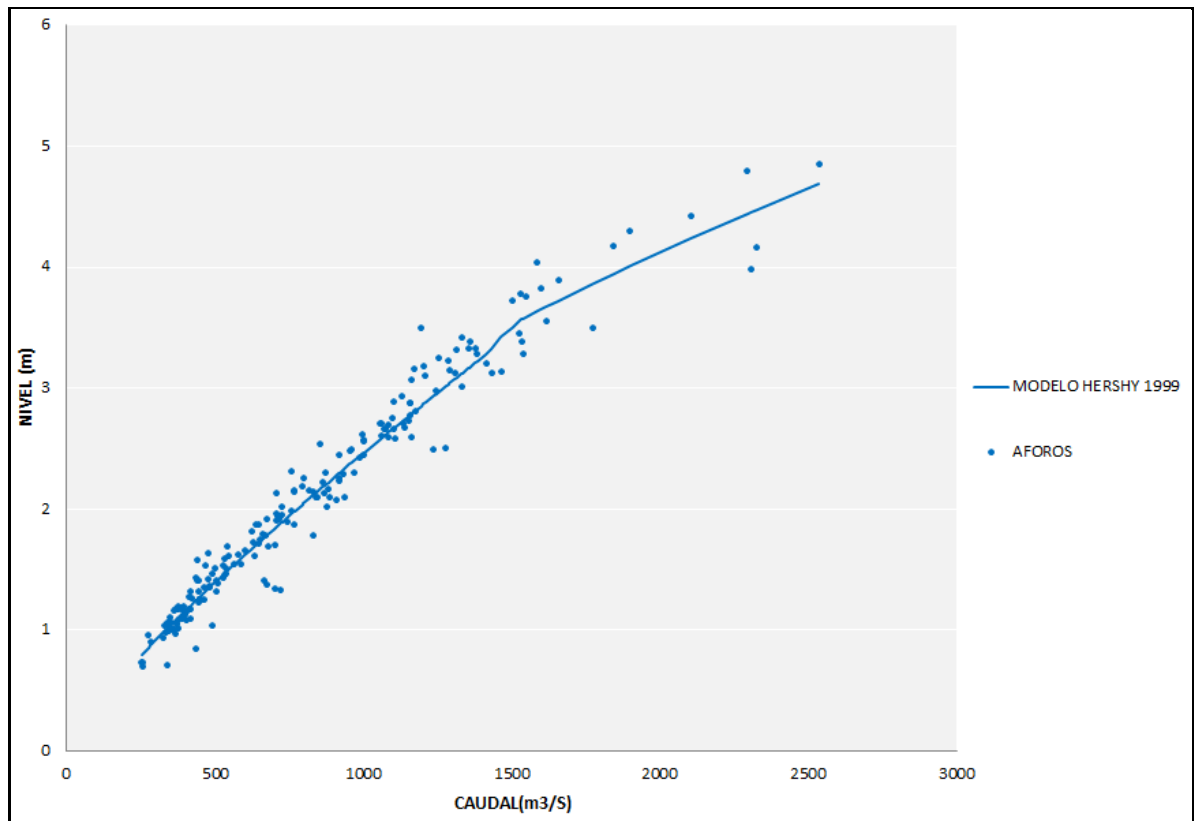
La Gráfica 9 representa la curva de calibración Nivel vs caudal empleando el modelo Potencial, sin embargo se observa que a partir de un caudal superior a 1500 m³/el modelo no describe o se aproxima al comportamiento de los datos. Ante se esto se propone que para efectos prácticos y también aplicados en los análisis hidrológicos, construir un modelo por intervalos de datos, como se muestra a continuación:

$$N = 0.0084 Q^{0.8225} \text{ Para valores de } Q [0,1500]$$



$$N = 0.0067 Q^{0.5421} \quad \text{Para valores de } Q [1500,3600]$$

La Gráfica 10 muestra el modelo para la estación Cañafisto construido por intervalos



**Gráfica 10. Predicción de observación modelo Herschy 1999 por intervalos estación Cañafisto**

### 5.2.3. ESTACIÓN RÍO CAUCA - BOLOMBOLO

Los valores de  $p$  inferiores a la significancia ( $\alpha=0.05$ ) revelan que se rechaza la hipótesis nula y que existe una relación lineal entre  $\text{Log}N$  y  $\text{Log}Q$ .

Para el modelo linealizado de la estación Bolombolo se obtiene la siguiente formulación con un valor de  $R^2$  igual a 0.9054 el cual indica que el modelo explica en un 90.54% el comportamiento de la variable  $\text{Log}N$ .

$$\text{Ln}N = -3.6028 + 0.679265\text{Log}Q$$

	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	-3.6028	0.0981113	-36.7215	0.0000
Pendiente	0.679265	0.0146171	46.4707	0.0000

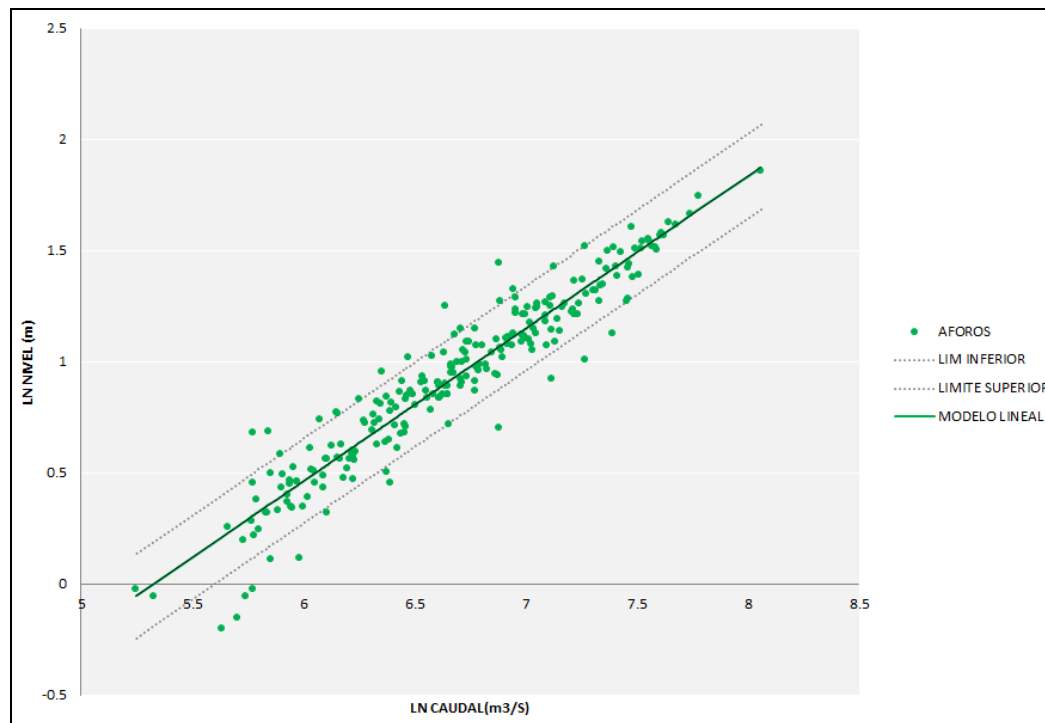
**Tabla 8. Coeficientes de los modelos**

Los intervalos de confianza al 95 % de los parámetros  $\beta_0$  y  $\beta_1$  se presentan a continuación

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>		
		<i>Estándar</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
CONSTANTE	-3.6028	0.0981113	-3.79609	-3.40951
PENDIENTE	0.679265	0.0146171	0.650468	0.708063

**Tabla 9. Intervalos de confianza para el modelo**

En la Gráfica 11 se muestran las regiones de predicción para las nuevas observaciones para el modelo lineal.



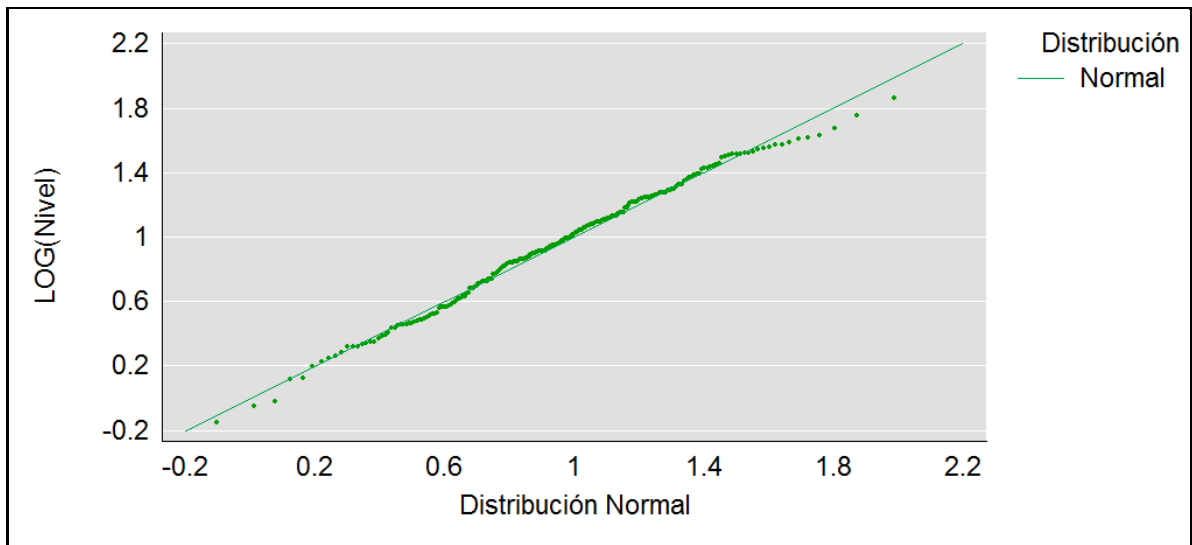
**Gráfica 11. Predicción para observaciones modelo lineal estación Bolombolo**

Para determinar si se cumplen los supuestos del modelo lineal se emplea la prueba de Shapiro Wilk para el supuesto de normalidad de los errores, arrojando como resultado un p

valor  $\geq 0,05$ , lo cual indica que se acepta la  $H_0$  de que LogN proviene de una distribución normal para un 95% de confianza

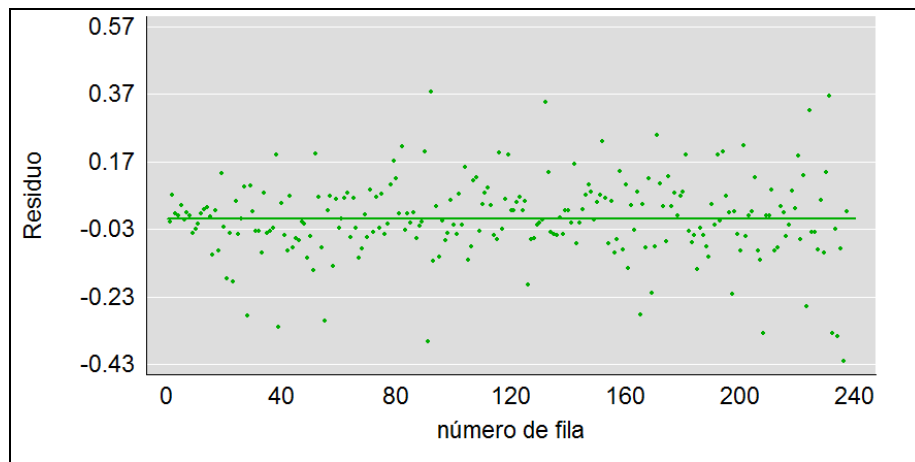
Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.978952	0.2088

**Tabla 10. Prueba de Shapiro-Wilk**



**Gráfica 12. Análisis de Normalidad. Gráfica cuantil-cuantil.**

El supuesto de independencia se verifica con el estadístico Durwin-Watson el cual tiene un valor igual a 2.31517 y un P-valor igual 0.99 el cual es mayor a la significancia, indicando que hay independencia en los residuos, con un nivel de confianza del 95%. La dispersión en los puntos del gráfico residuo vs el número de fila, confirma los resultados de esta prueba.

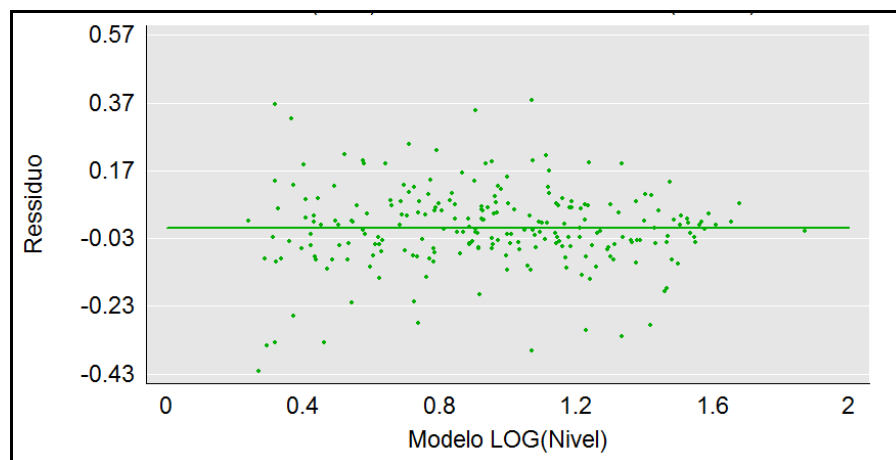


**Gráfica 13. Análisis de independencia**

Finalmente en la Gráfica 14 se observa la aleatoriedad y dispersión de los residuos, y el valor de P para el estadístico de prueba F, es inferior a las significancia, es decir, que se cumple el supuesto de homocedasticidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	30.5126	1	30.5126	2159.52	0
Residuo	3.32039	235	0.0141293		
Total (Corr.)	33.833	236			

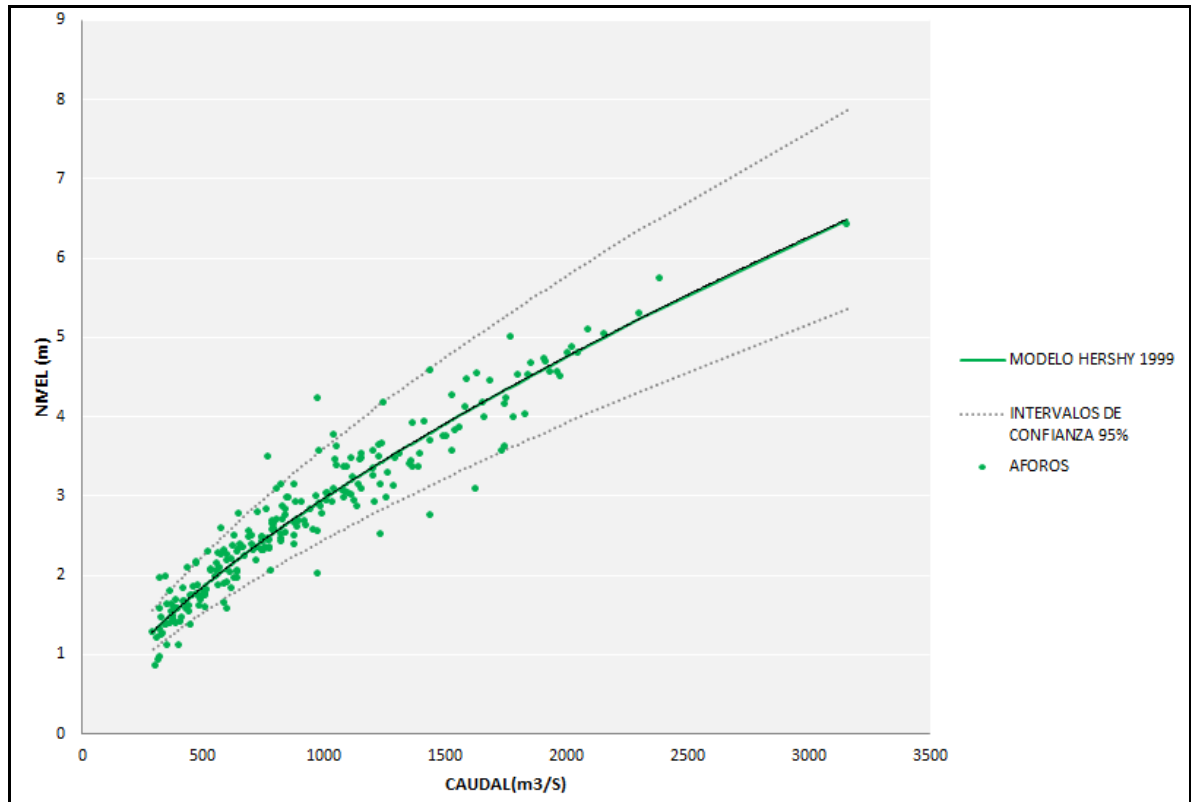
**Tabla 11. Análisis de varianza**



**Gráfica 14. Varianza de los errores del modelo lineal estación Bolombolo**

En la siguiente grafica se presenta el modelo con su transformación a la forma potencial Hershy 1998 cuya formulación es:

$$N = 0.00272 Q^{0.6793}$$

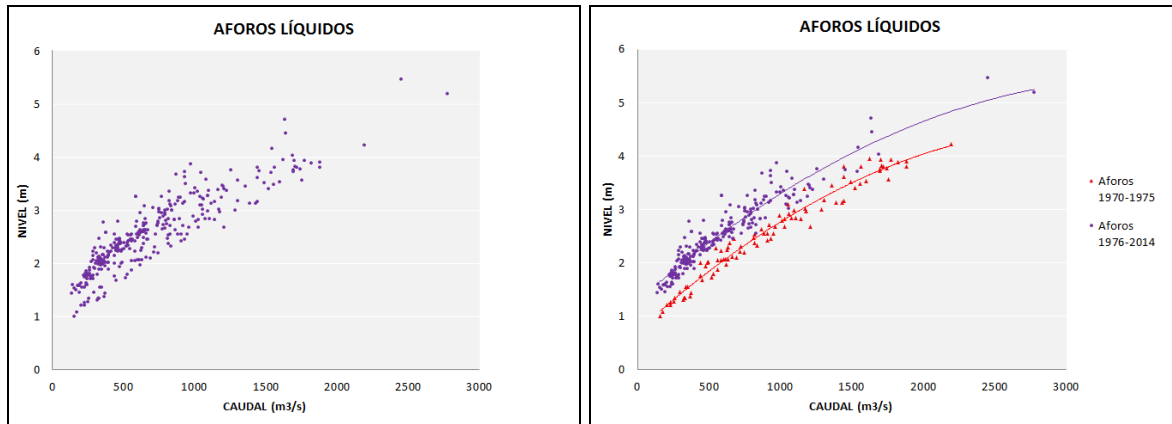


**Gráfica 15. Predicción para observaciones modelo Herschy 1999 estación Bolombolo**

#### **5.2.4. ESTACIÓN RÍO CAUCA LA PINTADA**

En el caso de los aforos realizados en la estación La Pintada, a través de la Gráfica 16 es posible apreciar una doble tendencia de en la nube de puntos. Al revisar los datos se obtiene que existe una tendencia definida hasta el año desde el inicio del registro hasta el año 1975 a partir del cual se observa un cambio en el comportamiento de los datos.

Para realizar el análisis de los distintos modelos, se consideran sólo los aforos registrados a partir del año 1975 con el fin de tener para las tres estaciones, series de registro en el mismo rango de tiempo.



**Gráfica 16. Nube de Puntos y doble tendencia de la estación La Pintada.**

Para los valores de los aforos correspondientes a la estación La Pintada, se ajusta el modelo de regresión lineal, y se prueba si los coeficientes obtenidos son estadísticamente distintos de cero (ver Tabla 12). Donde se tiene que para  $\beta_0$  y  $\beta_1$  los p valor son  $\leq 0,05$  indicando que estos valores son altamente significativos, es decir, que se rechaza la hipótesis nula, además se obtiene un  $R^2 = 0,915256$  indicando que la variable  $\text{Log}Q$  explica en un 91.52 % el comportamiento de la variable  $\text{Log}N$  por lo tanto el modelo lineal queda definido como

$$\text{Ln}N = -1.79389 + 0.430426\text{Ln}Q$$

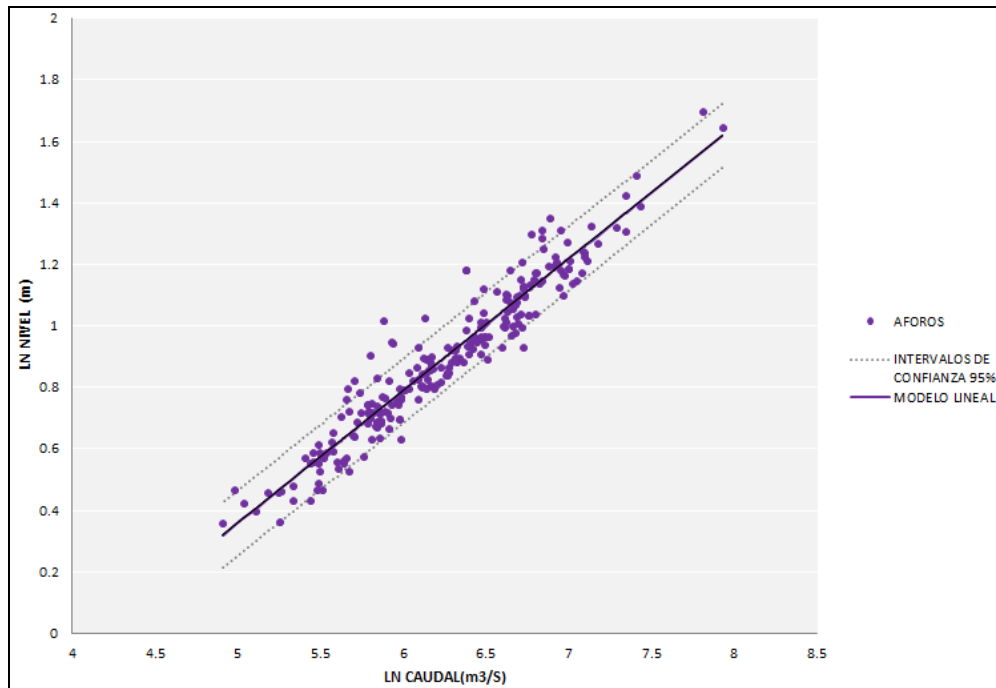
	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>Estándar</i>	<i>Estadístico</i>	
<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error</i>	<i>T</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	-1.79389	0.053375	-33.6092	0.0000
Pendiente	0.430426	0.00850761	50.5931	0.0000

**Tabla 12. Análisis de varianza para la estación La Pintada.**

Los intervalos de confianza al 95 % para  $\beta_0$  y  $\beta_1$  se presentan a continuación

Parámetro	Estimado	Error		
		Estándar	Límite Inferior	Límite Superior
CONSTANTE	-1.79389	0.053375	-1.89904	-1.68874
PENDIENTE	0.430426	0.00850761	0.413666	0.447186

**Tabla 13. Intervalos de confianza para el modelo**

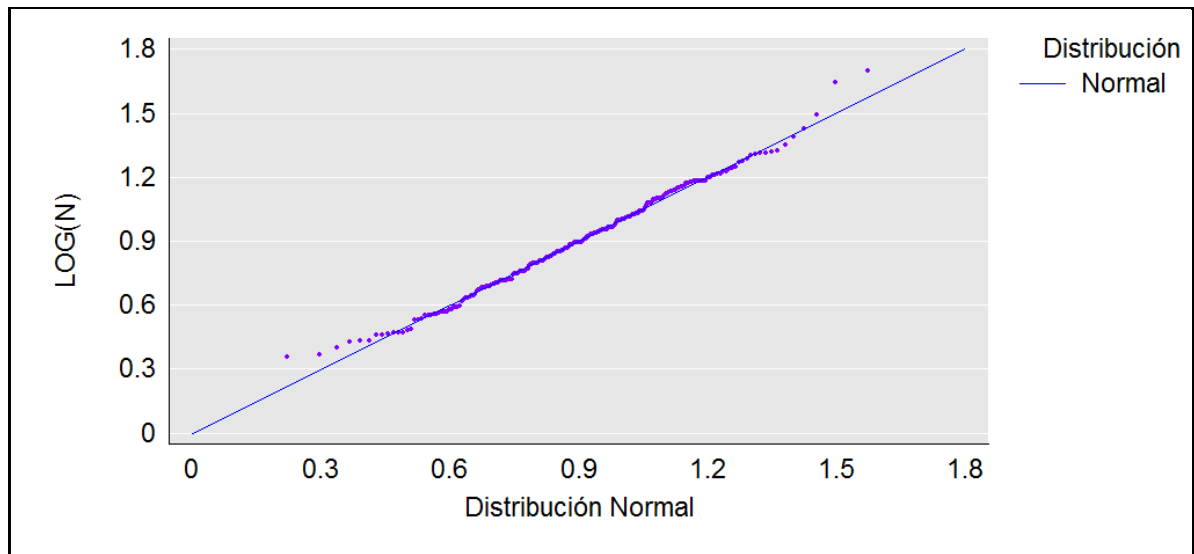


**Gráfica 17. Predicción para observaciones modelo lineal estación La Pintada.**

Para determinar si se cumplen los supuestos del modelo lineal se empleó la prueba de Shapiro Wilk para el supuesto de normalidad de los errores, arrojando como resultado un  $p\text{-valor} \geq 0.05$ . por lo que se puede asumir que los errores siguen una distribución normal.

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.98045	0.297421

**Tabla 14. Prueba de Shapiro-Wilk**



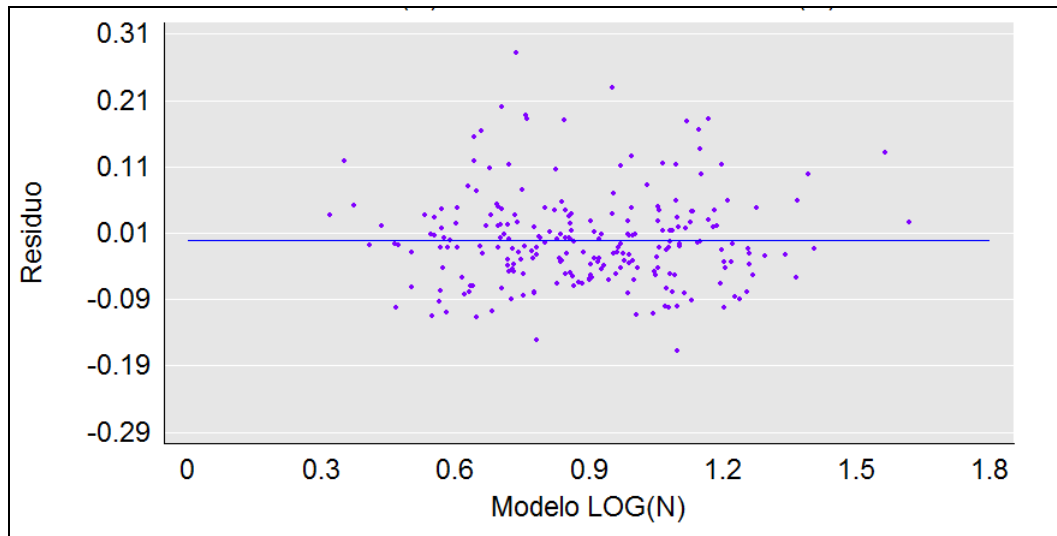
**Gráfica 18. Análisis de Normalidad**

En la Gráfica 19 se verifica el supuesto de Homocedasticidad, dado que los puntos presentan dispersión, es decir, que la varianza de los errores es constante.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	88.5891	2	44.2946	1142.53	0
Residual	9.14946	236	0.0387689		
Total (Corr.)	97.7386	238			

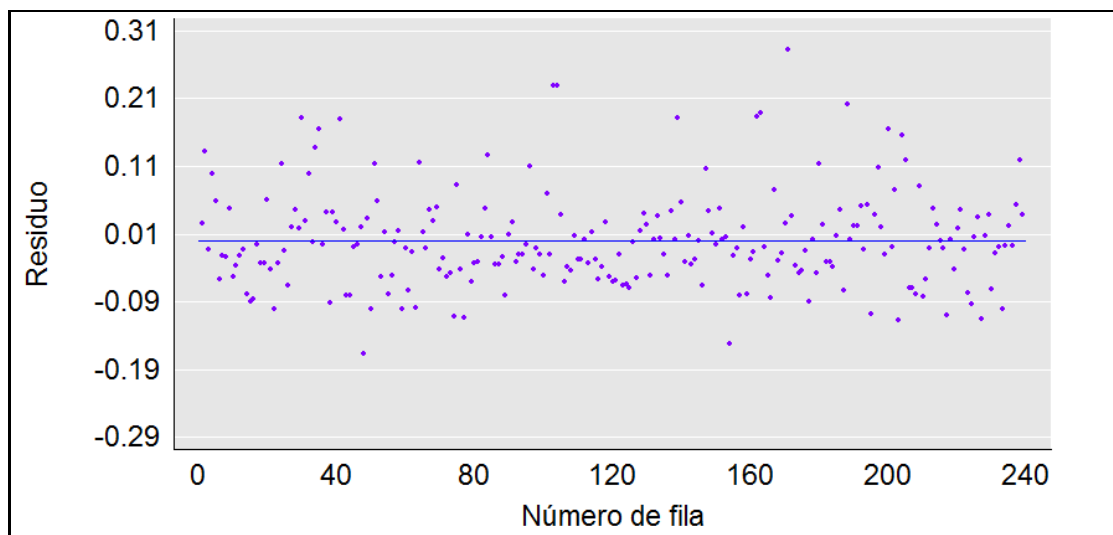
**Tabla 15. Análisis de Varianza**





**Gráfica 19. Varianza de los errores**

Si bien el estadístico Durbin-Watson es igual a 1.75085 con un  $P=0.0270$  e inferior a la significancia, indicando una posible dependencia, en el gráfico residuos vs número de fila se observa que no se presenta una correlación serial marcada o algún patrón que pueda detentarse, así que se considera que se cumple el supuesto de independencia.

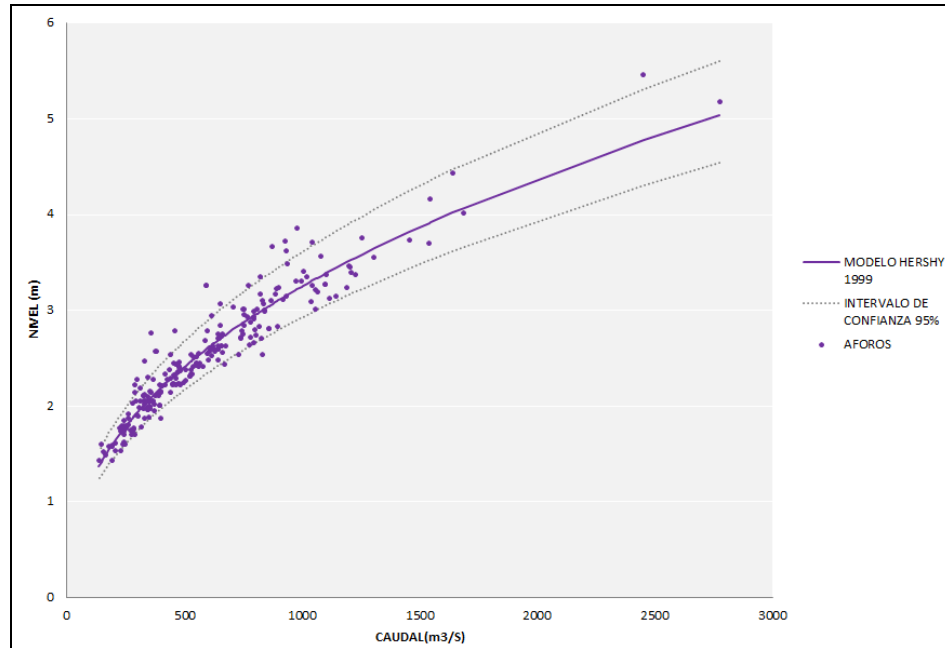


**Gráfica 20. Análisis de independencia**

La representación del modelo potencial Hershy 1998 está dado por:

$$N = 0.1663Q^{0.430426}$$

La Gráfica 21 muestra el comportamiento del modelo y las bandas de confianza para un 95% de confiabilidad.



**Gráfica 21. Predicción para observaciones modelo Herschy 1999 estación La Pintada**

### **5.3. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN A TRAVÉS DE LA FORMULA POLINOMIAL HERSHY 2008**

A continuación se construyen las curvas nivel – Caudal empleando el modelo matemático de tipo Polinomial, para cada caso se invierten abscisas y coordenadas, de manera que se posible obtener las curvas de calibración utilizando la formulación de Herschy 2008.

### 5.3.1. ESTACIÓN RÍO CAUCA CAÑAFISTO

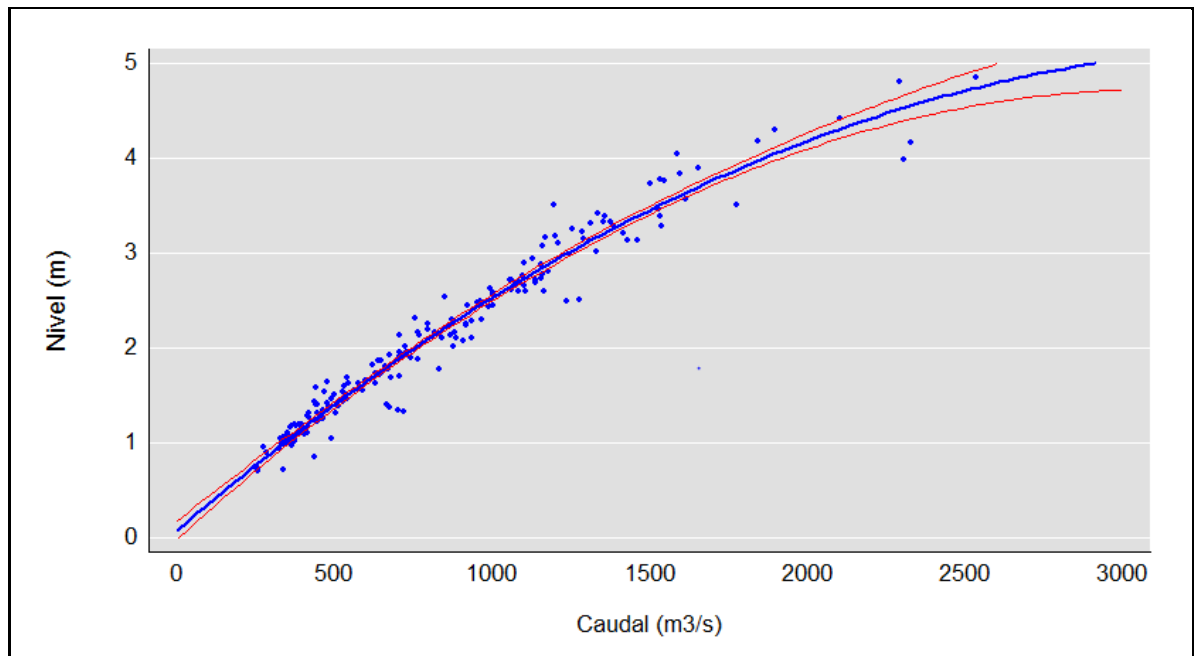
Dado que el valor-P en la tabla ANOVA es inferior que 0.05, se puede inferir que existe una relación estadísticamente significativa entre Nivel y Caudal con un nivel de confianza del 95%. El estadístico R-Cuadrado indica que el modelo ajustado explica 96.3186% de la variabilidad en Nivel.

Parámetro	Estimado	Error		Estadístico	
		Estándar	T	Valor-P	
CONSTANTE	0.080736	0.0491192	1.64367	0.1019	
Caudal	0.00284352	0.000100946	28.1687	0.0000	
Caudal^2	-3.96481E-7	4.43405E-8	-8.94174	0.0000	

Tabla 16. Coeficientes del modelo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	157.778	2	78.889	2446.30	0.0000
Residual	6.03042	187	0.0322482		
Total (Corr.)	163.808	189			

Tabla 17. Análisis de varianza



Gráfica 22. Predicción para observaciones modelo Herschy 2008 estación Cañafisto

La formulación a través del modelo Herschy 2008 queda definido de la siguiente manera:

$$N = -4 * 10^{-7}Q^2 + 0.0029Q + 0.0807$$

### 5.3.2. ESTACIÓN RÍO CAUCA BOLOMBOLO

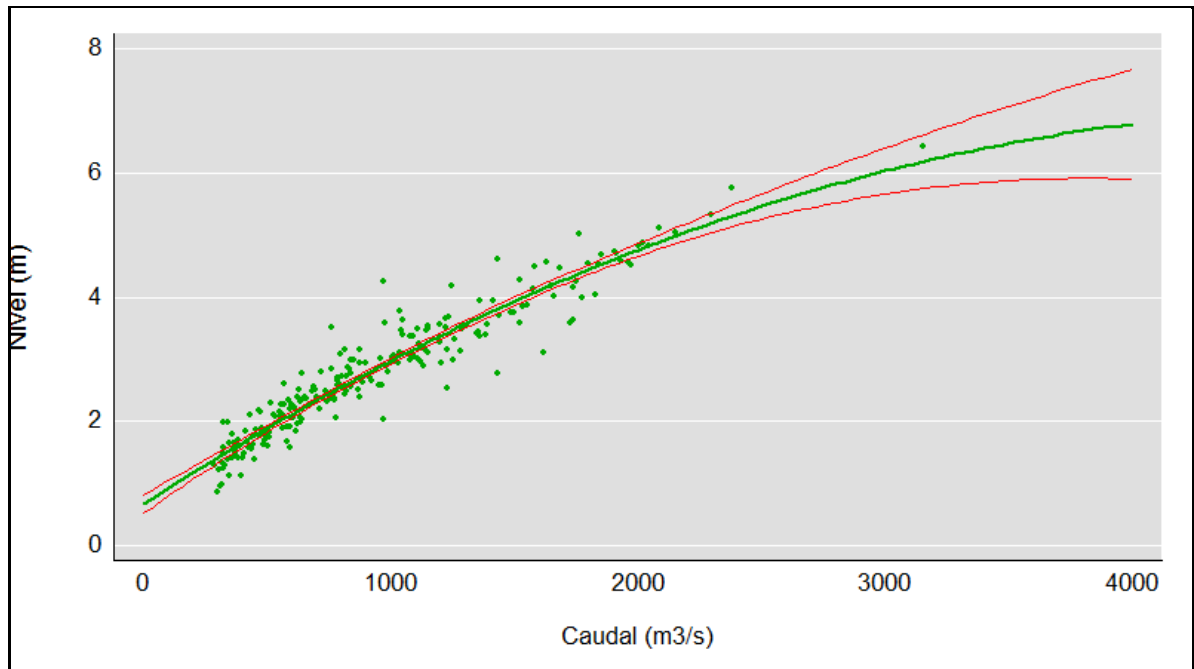
El ajuste de los datos a través del modelo polinomial arroja un valor de  $R^2$  que indica que este modelo explica el un 90.94% el comportamiento de N, al realizar las pruebas con el estadístico t, se obtienen p-valores iguales a cero, es decir, inferiores a las significancia, lo cual indica que la relación de las variables N y Q a través de este modelo es estadísticamente significativa para un nivel de confianza del 95%.

Parámetro	Estimado	Error	Estadístico	Valor-P
		Estándar	T	
CONSTANTE	0.664599	0.0760428	8.7398	0.0000
Caudal	0.00256344	0.000142122	18.0369	0.0000
Caudal^2	-2.58245E-7	5.7062E-8	-4.52569	0.0000

**Tabla 18. Coeficientes del modelo**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	222.631	2	111.315	1174.94	0.0000
Residual	22.1694	234	0.0947411		
Total (Corr.)	244.8	236			

**Tabla 19. Análisis de varianza**



**Gráfica 23. Predicción para observaciones modelo Herschy 2008 estación Bolombolo**

La formulación a través del modelo Herschy 2008 queda definido de la siguiente manera:

$$N = -2.58E - 07Q^2 + 0.00256Q + 0.6646$$

### 5.3.3. ESTACIÓN RÍO CAUCA LA PINTADA

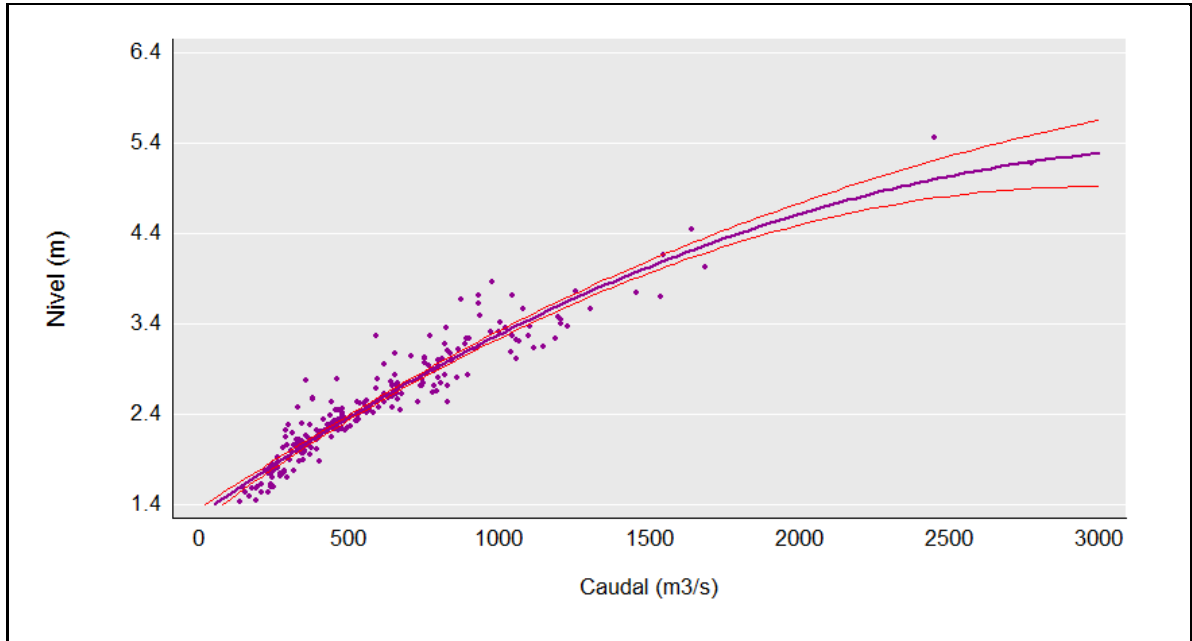
El realizar el ajuste a través del modelo polinomial se obtiene un R- cuadrado igual a 0.906, es decir que el modelo explica un 90.605 la variabilidad de N y los valores de p de la tabla ANOVA para el estadístico t de student son inferiores a la significancia, es decir que existe una relación estadísticamente significativa entre N y Q con un nivel de confianza del 95%.

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	1.28913	0.0381882	33.7573	0.0000
Q	0.00232603	0.0000901327	25.8067	0.0000
Q^2	-3.31041E-7	4.26771E-8	-7.75687	0.0000

**Tabla 20. Coeficientes del modelo**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	88.5891	2	44.2946	1142.53	0.0000
Residual	9.14946	236	0.0387689		
Total (Corr.)	97.7386	238			

**Tabla 21. Análisis de varianza**



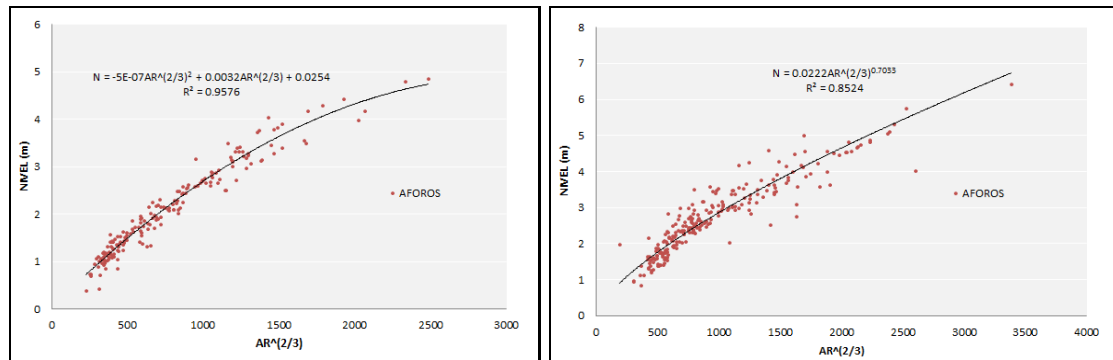
**Gráfica 24. Predicción para observaciones modelo Polinomial – Herschy 2008 estación La Pintada**

La formulación a través del modelo Herschy 2008 queda definido de la siguiente manera:

$$N = -3E - 7 Q^2 + 0.0023Q + 1.2891$$

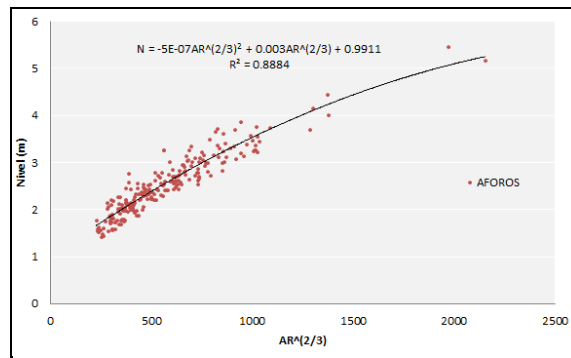
#### **5.4. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN A TRAVÉS DE LA FORMULACIÓN DE MANNING.**

La Gráfica 25 representa los ajustes del factor geométrico y nivel medidos de cada estación, los cuales permiten la calibración de los parámetros y la elaboración de las curvas nivel - Caudal



(a)

(b)



(c)

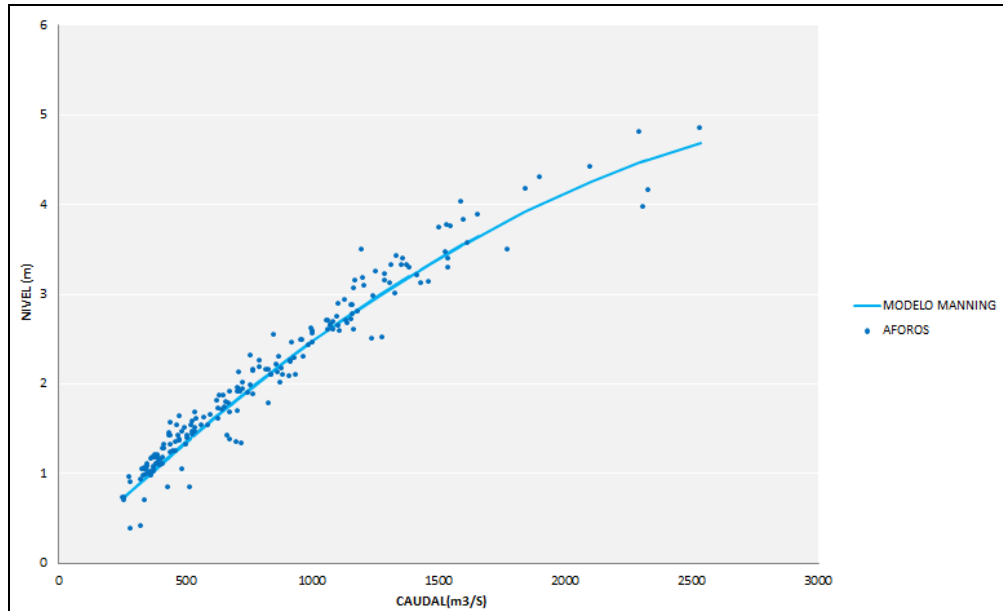
**Gráfica 25. Ajuste del Factor geométrico (a) Cañafisto (b) Estación Bolombolo (c) Estación La Pintada.**

Los valores de los Parámetros obtenidos que minimizan el EMC de los niveles, se presentan en la Tabla 22 :

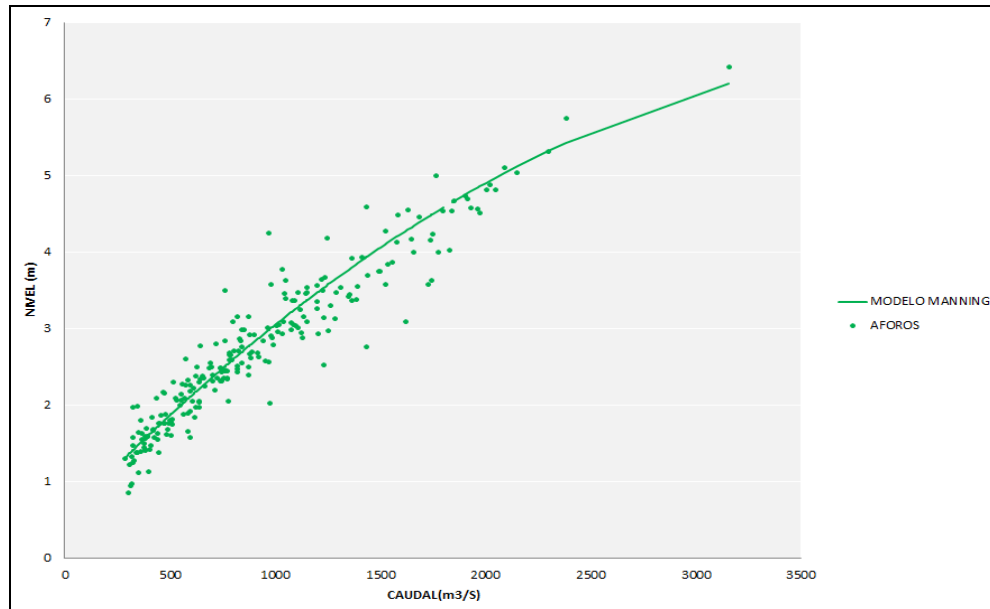
ESTACIÓN	N DE MANNING	PENDIENTE HIDRÁULICA
Cañafisto	0.0306	0.0012
Bolombolo	0.0333	0.0010
La Pintada	0.0300	0.0009

**Tabla 22. Parámetros Calibrados para el modelo Manning.**

A continuación se grafican las curvas nivel – Caudal obtenidas a partir del modelo Manning:

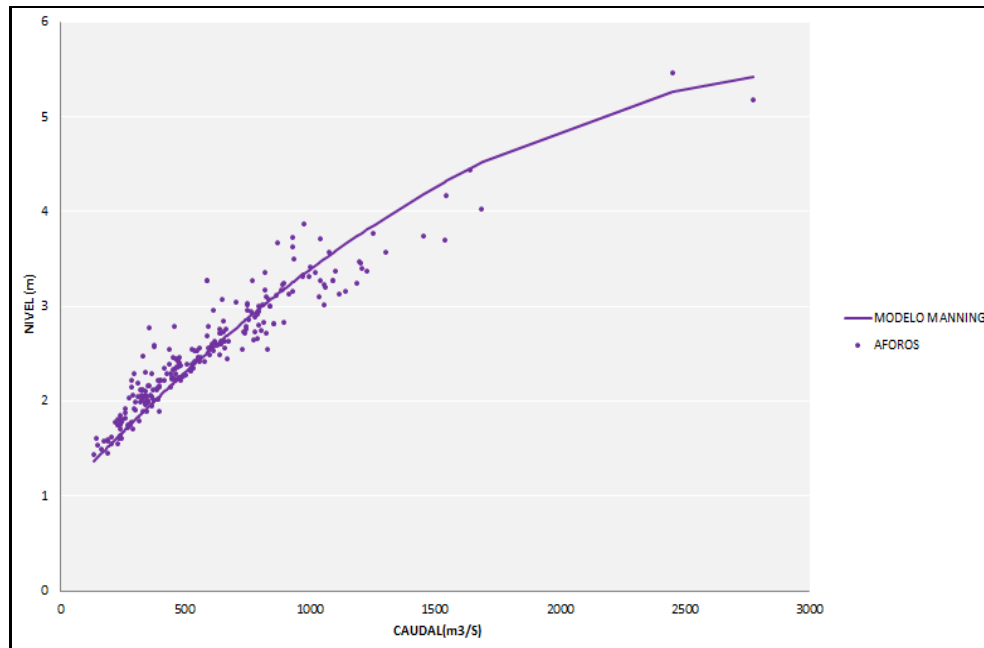


**Gráfica 26. Predicción para observaciones modelo Manning estación Cañafisto**



**Gráfica 27. Predicción para observaciones modelo Manning estación Bolombolo**



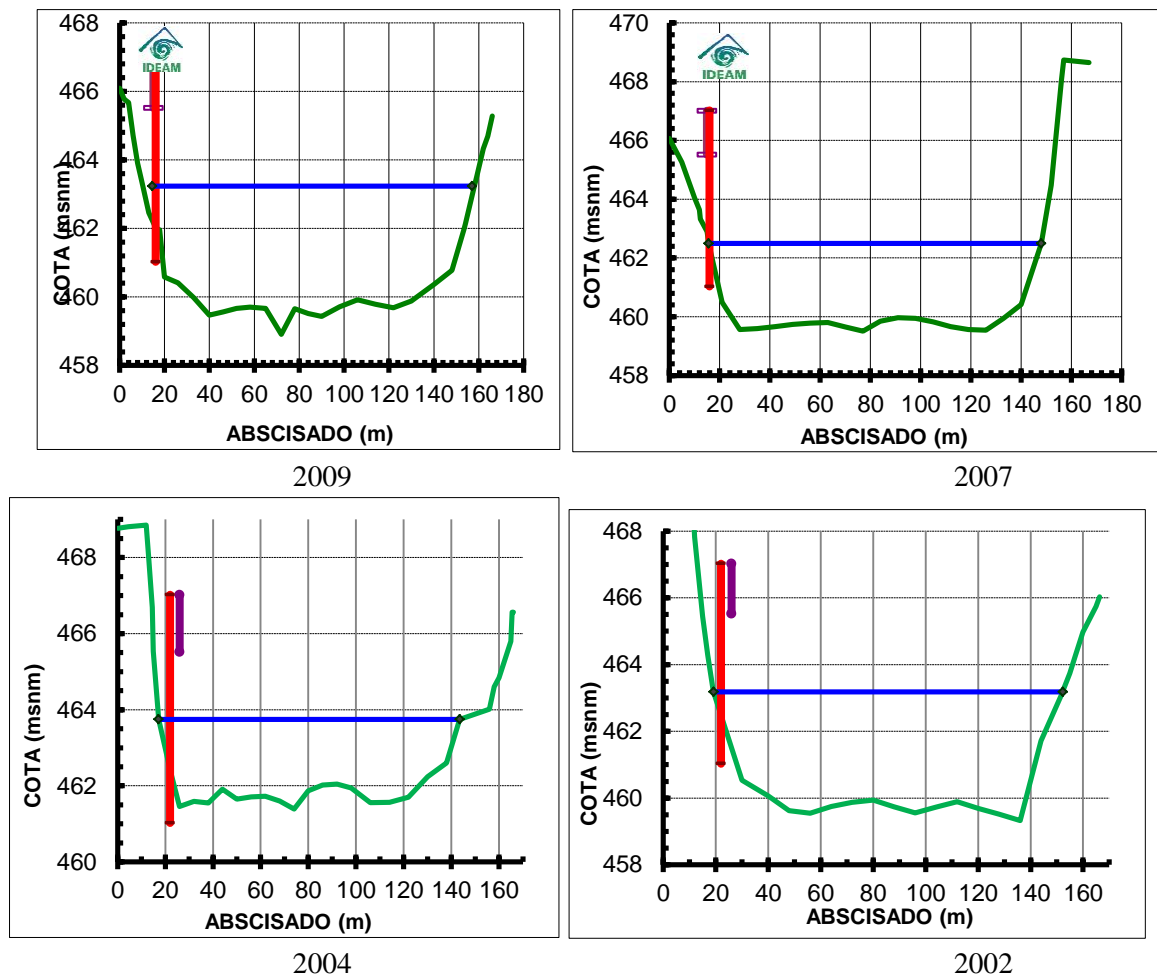


Gráfica 28. Predicción para observaciones modelo Manning estación La Pintada

## 5.5. ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN A TRAVÉS DEL MODELO HEC – RAS – FGV.

- **Geometría del modelo**

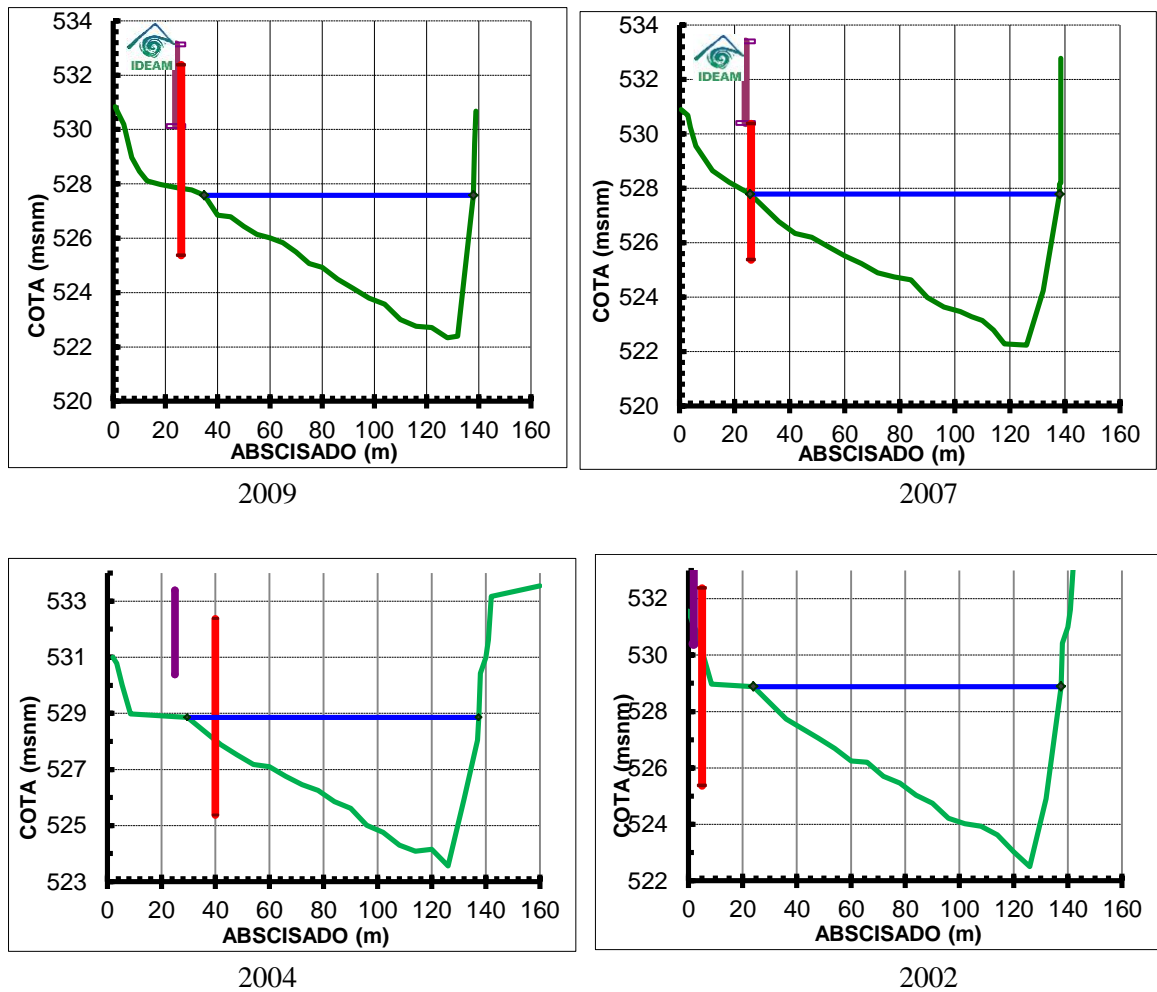
A continuación se presentan las secciones transversales del río Cauca en el sitio sobre el cual se localizan las 3 estaciones hidrométricas. Se tienen secciones transversales de los años 2002, 2004, 2007 y 2009, sin embargo, para la modelación hidráulica en el software HEC – RAS se emplean las secciones más recientes que en este caso corresponden al año 2009.



**Gráfica 29. Sección transversal estación Cañafisto**

**Fuente. IDEAM**

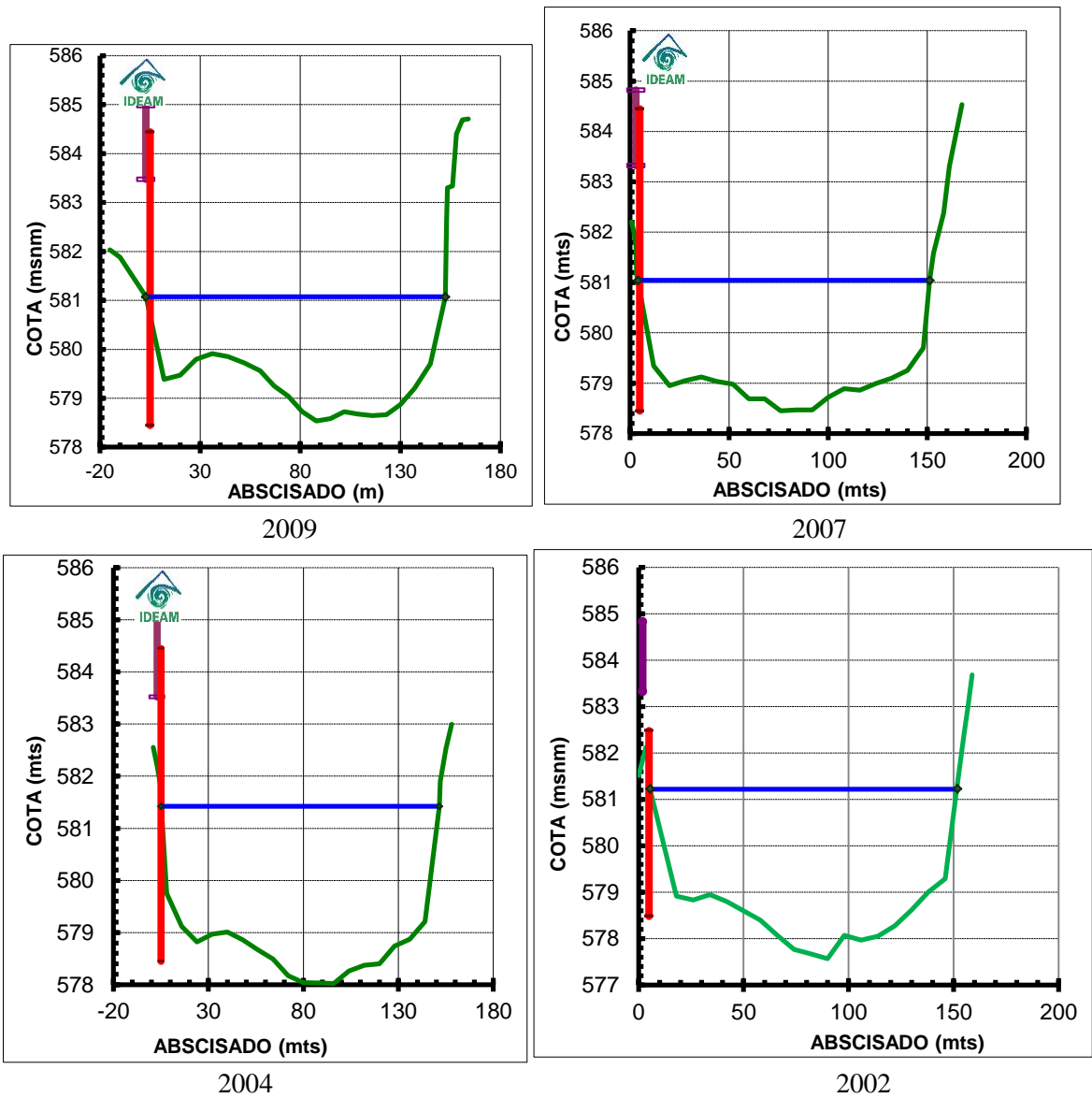
De acuerdo con las secciones transversales, en la sección del río Cauca correspondiente a la estación Cañafisto, se han presentado procesos de agradación del fondo del cauce entre el año 2002 y 2004, y procesos de socavación hasta el año 2009.



**Gráfica 30. Sección transversal estación Bolombolo**

**Fuente. IDEAM**

Para la estación Bolombolo las modificaciones del cauce han sido irrelevantes, lo cual ratifica la estabilidad de la sección del río y de la estación misma.

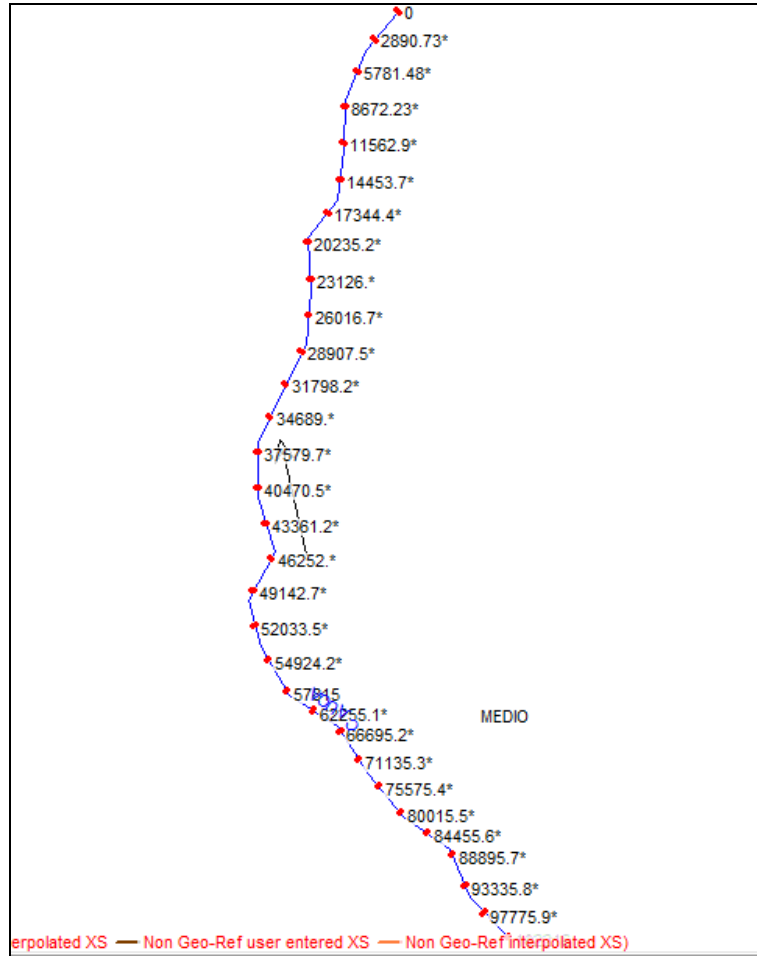


**Gráfica 31.** Sección transversal estación la Pintada

**Fuente.** IDEAM

Se observa que entre el año 2007 y 2009 se han presentado procesos de agradación en el sector lateral izquierdo de la sección.

En la Figura 2 se presenta la vista en planta del modelo en la herramienta informática HEC – RAS. Para esto se dispone de tres secciones transversales conocidas, y se han interpolado las secciones para una distancia máxima de 2.50 Km.



**Figura 2. Vista en planta del modelo HEC – RAS-FGV del tramo de estudio del río Cauca**

- **Caudales**

Los caudales modelados corresponden a la totalidad de los registrados y varían según cada estación:

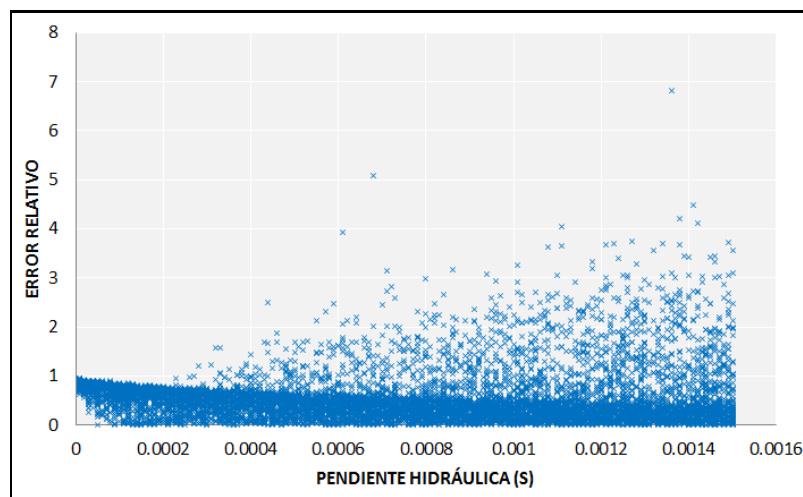
ESTACIÓN	Q Máximo (m <sup>3</sup> /s)	Q Mínimo (m <sup>3</sup> /s)
Cañafisto	2536.32	253.595
Bolombolo	3156.08	286.41
La Pintada	2774.58	135.75

**Tabla 23. Variación de Caudales empleados en el modelo Hec - Ras**

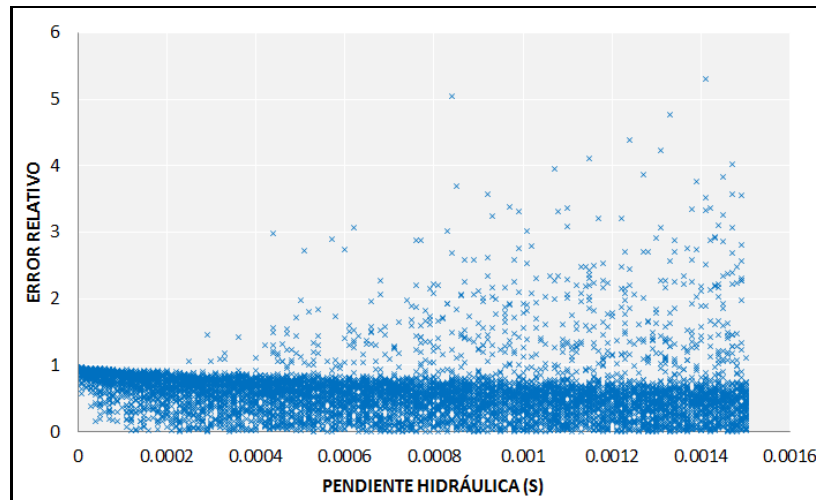
### 5.5.1. Calibración de Parámetros Hidráulicos empleando la formulación de Manning.

#### 5.5.1.1. Pendiente de la línea de energía

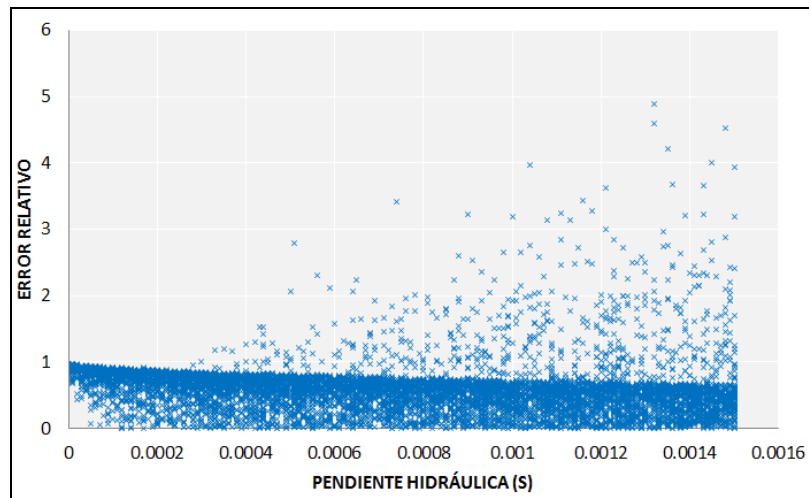
La Gráfica 32, Gráfica 33y Gráfica 34, representan la técnica de Montecarlo utilizando como medida de bondad de ajuste el error relativo. En las gráficas se observa que el valor de la pendiente hidráulica que minimiza el Error relativo no es claramente identificable, sin embargo se puede observar que este valor es superior a 0.0001 m/m por lo tanto se continúa la calibración a través del modelo Hec Ras.



**Gráfica 32. Error relativo de la pendiente hidráulica Estación Bolombolo**



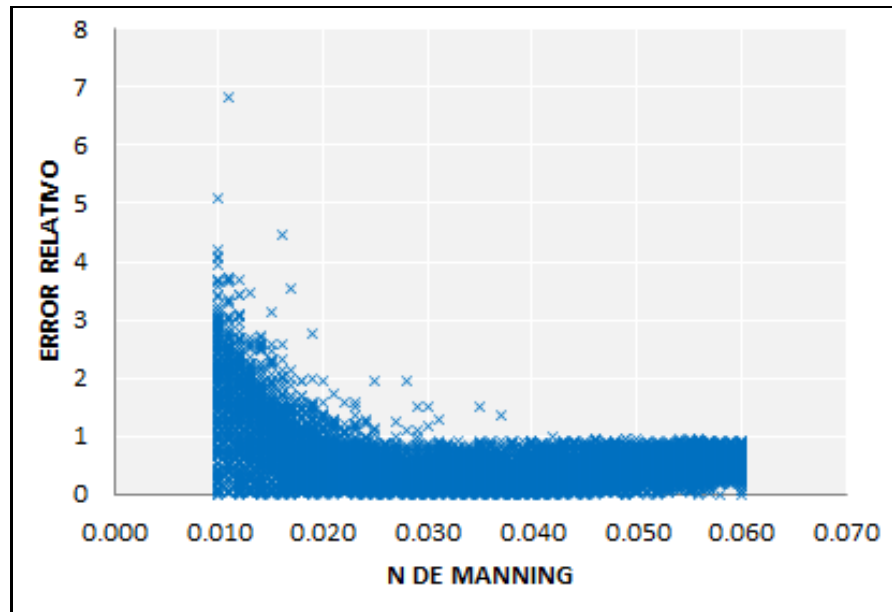
**Gráfica 33. Error relativo de la pendiente hidráulica Estación Cañafisto**



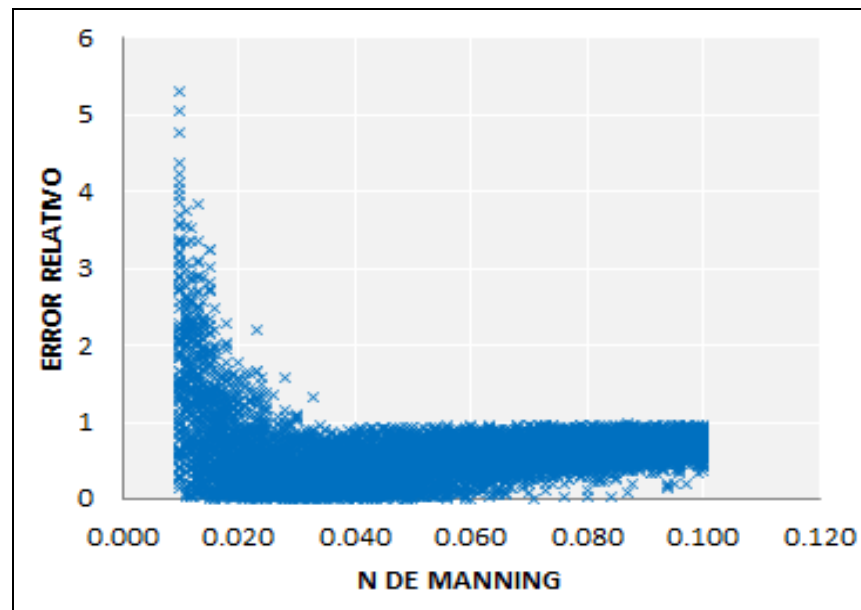
**Gráfica 34. Error relativo de la pendiente hidráulica Estación La Pintada**

### 5.5.1.2. N de Manning

Las siguientes gráficas presentan los valores los errores relativos obtenidos al emplear el protocolo de calibración de Montecarlo:

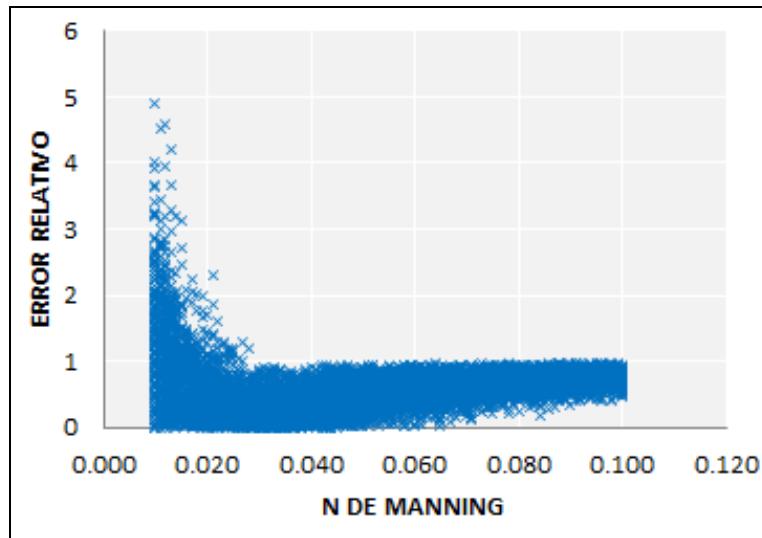


Gráfica 35. Error relativo del N de Manning Estación Bolombolo



Gráfica 36. Error relativo del N de Manning Estación Cañafisto





**Gráfica 37. Error relativo del N de Manning Estación La Pintada**

En las gráficas anteriores se observa que los valores de N de Manning que minimizan el error Relativo varían entre 0.02 y 0.04, por lo tanto en el modelo Hec Ras se emplean valores comprendidos en este intervalo con el fin de encontrar el “N” que genere un mejor modelo.

Las iteraciones realizadas en el modelo Hec- RAS y los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Estación	N	EMC	S
PINTADA	0.030	0.0735	0.0009
	0.020	0.1816	0.0001
	0.020	0.1816	0.001
	0.020	0.1816	0.0015
	0.025	0.1040	0.001
	0.025	0.1040	0.0015
	0.003	0.0732	0.0009
	0.003	0.0732	0.0009
	0.040	0.1182	0.001

<b>Estación</b>	<b>N</b>	<b>EMC</b>	<b>S</b>
	0.040	0.1182	0.0001
	0.035	0.0808	0.0001
	0.035	0.0808	0.001
	0.035	0.0808	0.0015
	0.030	0.0732	0.0015
	0.030	0.0732	0.001
	0.030	0.0732	0.0001
CAÑAFISTO	0.031	0.3357	0.0012
	0.020	0.5855	0.0001
	0.020	0.5855	0.001
	0.020	0.7208	0.0015
	0.040	0.2194	0.0015
	0.040	0.1708	0.001
	0.040	1.8107	0.0001
	0.035	1.5491	0.0001
	0.035	0.1801	0.001
	0.030	0.4371	0.0015
	0.030	0.2808	0.001
	0.030	1.2707	0.0001
	0.035	0.3180	0.0015
	0.025	0.4215	0.001
	0.025	0.5715	0.0015
	0.003	0.2417	0.0009
0.003	0.2417	0.0009	
BOLOMBOLO	0.033	0.2296	0.001
	0.020	0.5483	0.001
	0.020	0.5491	0.0015
	0.040	0.2320	0.0015
	0.040	0.2320	0.001
	0.040	0.2320	0.0001
	0.030	0.2724	0.0015
	0.030	0.2722	0.001

Estación	N	EMC	S
	0.030	0.2722	0.0001
	0.035	0.2145	0.0001
	0.035	0.2145	0.001
	0.035	0.2145	0.0015
	0.025	0.3903	0.0015
	0.025	0.3902	0.001
	0.003	0.2722	0.0009
	0.003	0.2722	0.0009

**Tabla 24. Calibración de Parámetros a través del modelo HEC - RAS**

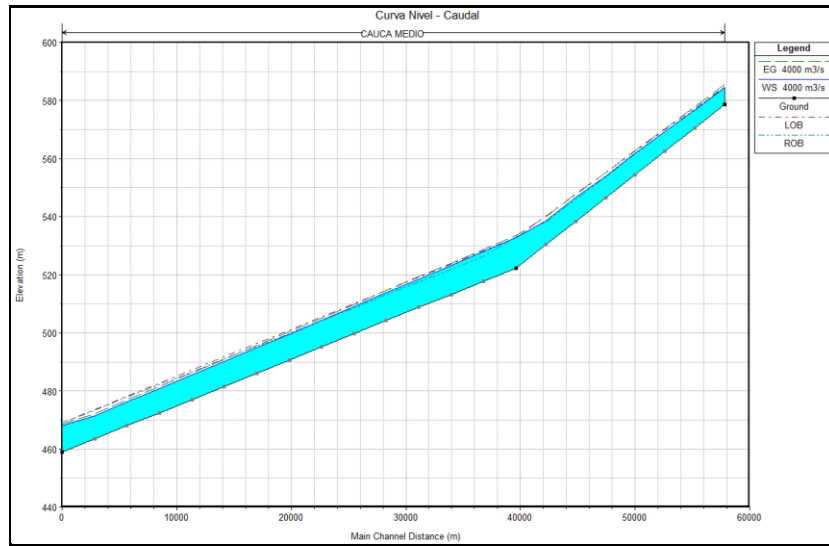
De acuerdo con la calibración y con los valores de error medio cuadrático, se emplean los siguientes valores de “n” y “S” para cada estación:

ESTACIÓN	N DE MANNING	PENDIENTE HIDRÁULICA
Cañafisto	0.035	0.0010
Bolombolo	0.035	0.0010
La Pintada	0.030	0.0010

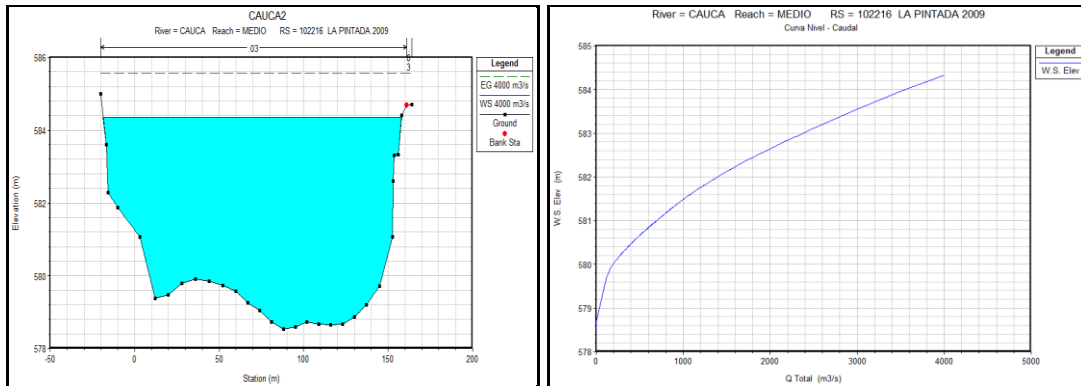
**Tabla 25. Parámetros Calibrados para el modelo HEC – RAS**

- **Resultados del modelo HEC- RAS- FGV**

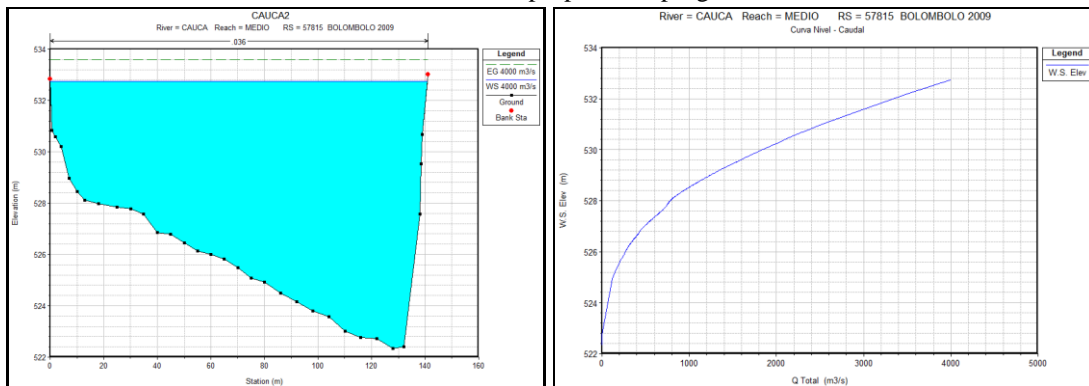
El perfil longitudinal y las secciones transversales correspondientes a cada estación obtenida en el modelo se presentan en las figuras 3-6



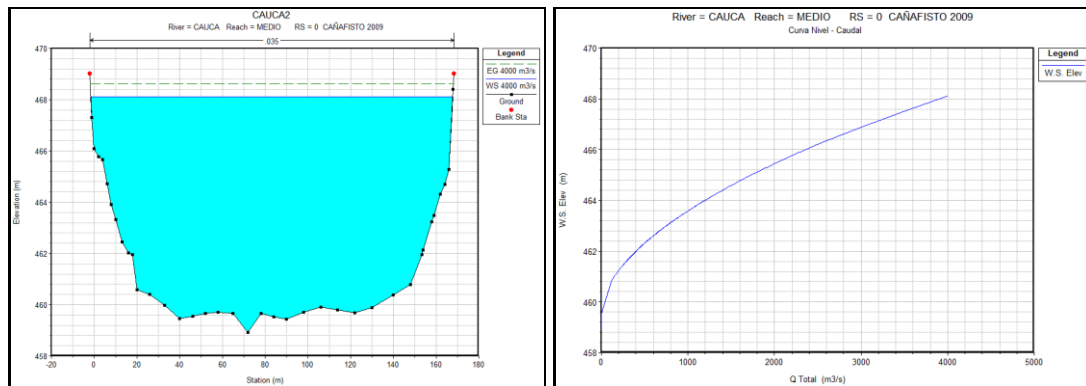
**Figura 3. Perfil longitudinal modelo Río Cauca.**  
 Fuente. Elaboración propia en el programa HEC-RAS



**Figura 4. Sección transversal estación la Pintada**  
 Fuente. Elaboración propia en el programa HEC-RAS



**Figura 5. Sección transversal estación la Bolombolo**  
 Fuente. Elaboración propia en el programa HEC-RAS



**Figura 6. Sección transversal estación la Cañafisto**

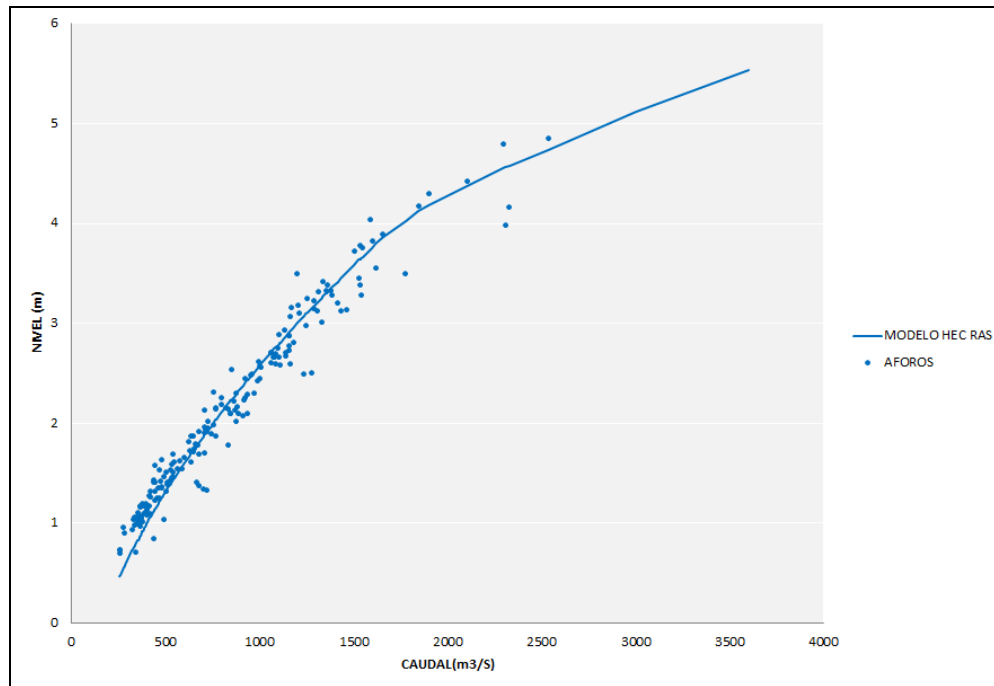
Fuente. Elaboración propia en el programa HEC-RAS

Los valores de  $H_0$  de la mira de cada estación empleados para construir las curvas nivel – caudal presentadas en las siguientes gráficas son:

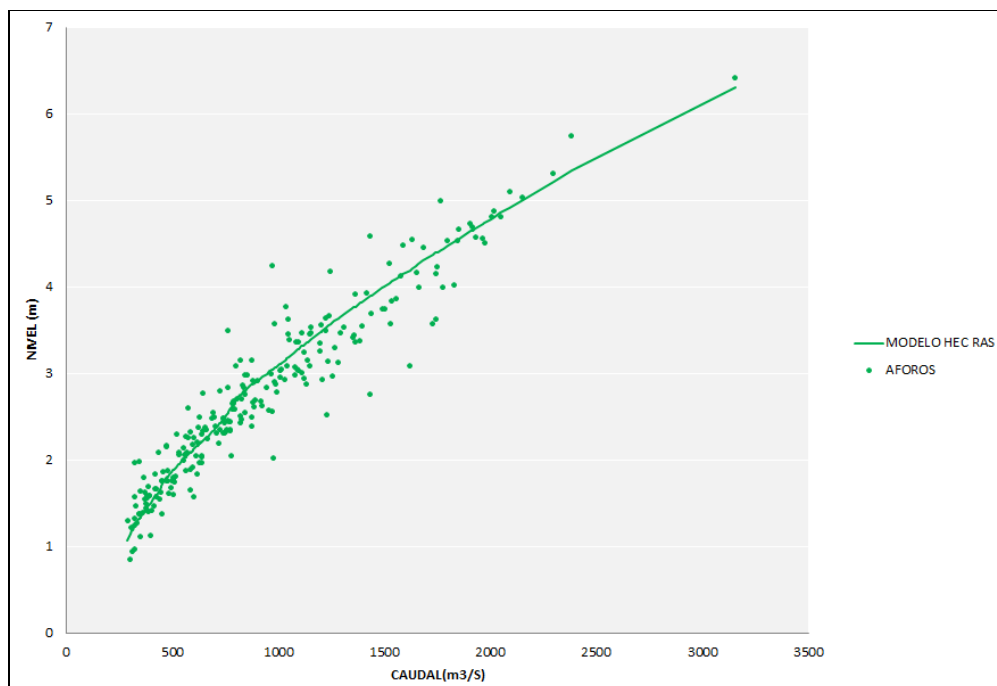
Estación Cañafisto: 461.024

Estación Bolombolo: 525.373

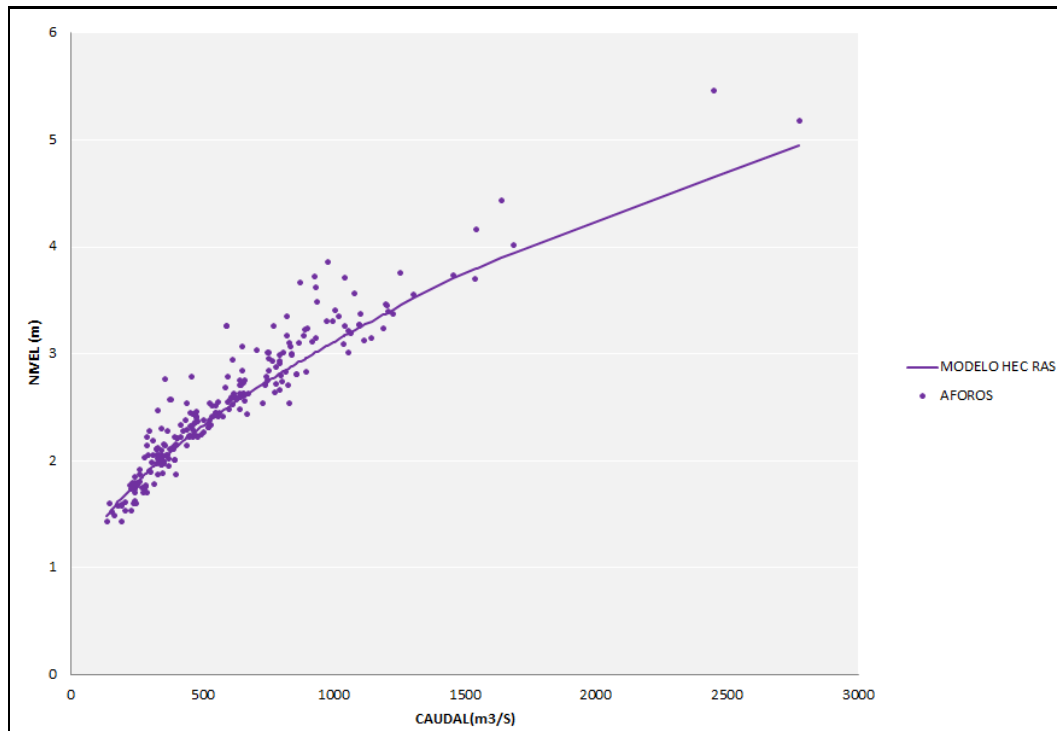
Estación La Pintada: 578.445



**Gráfica 38. Predicción para observaciones modelo Hec –Ras Estación Cañafisto.**



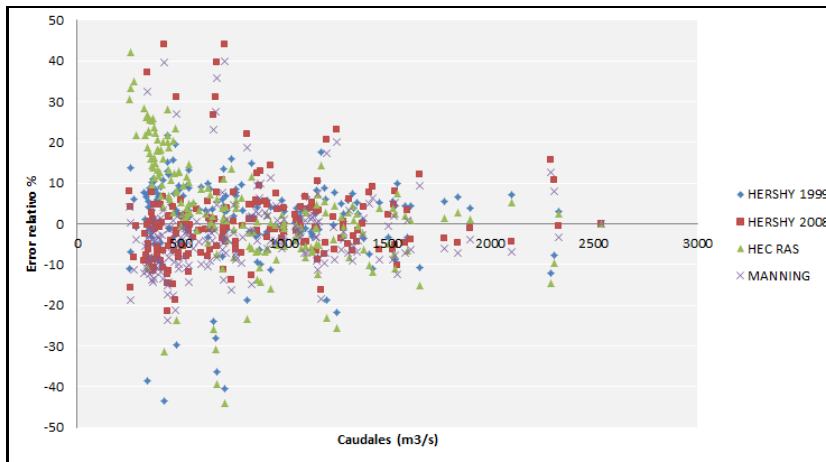
**Gráfica 39. Predicción para observaciones modelo Hec –Ras Estación Bolombolo.**



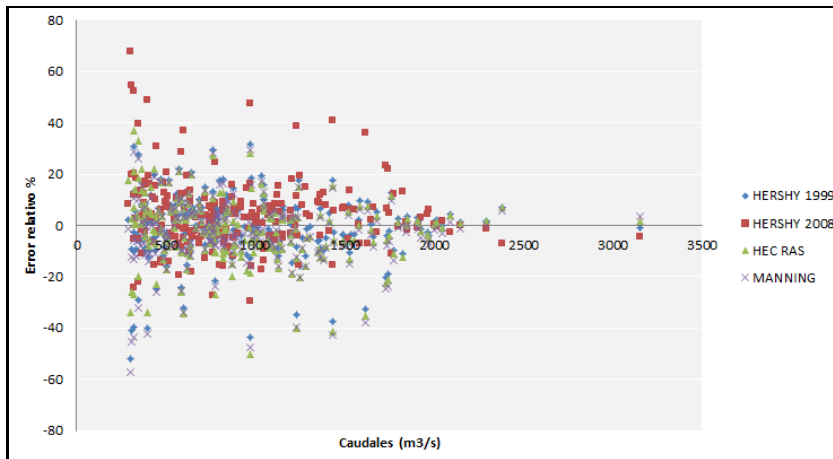
**Gráfica 40. Predicción para observaciones modelo Hec –Ras Estación La Pintada**

## 5.6. EVALUACIÓN DE LOS MODELOS

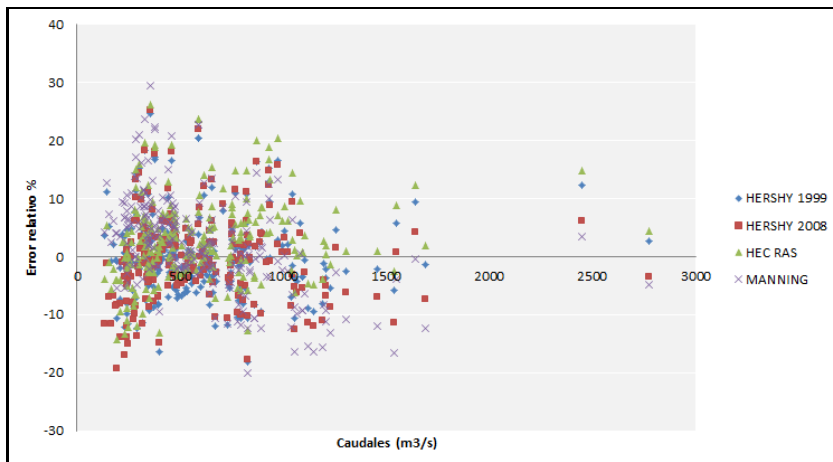
Las siguientes graficas muestran los errores relativos de los datos de nivel proyectados por todos los modelos y para cada estación, así mismo en la Tabla 26 se observa que el EMC de los valores obtenidos es mínimo con el modelo Hershy 1999 y El  $R^2$  es mayor para este mismo modelo en las tres estaciones limnigráficas evaluadas.



Estación Cañafisto



Estación Bolombolo



Estación La pintada

Gráfica 41. Errores relativos con la totalidad de los aforos.



Los valores de error medio cuadrático y  $R^2$  se resumen en la siguiente tabla

ESTACIÓN	MODELO	EMC	$R^2$
CAÑAFISTO	HERSCHY 1999	0.098	0.963
	HERSCHY 2008	0.1	0.963
	HEC RAS	0.157	0.948
	MANNING	0.156	0.959
BOLOMBOLO	HERSCHY 1999	0.122	0.912
	HERSCHY 2008	0.139	0.905
	HEC RAS	0.124	0.906
	MANNING	0.13	0.838
LA PINTADA	HERSCHY 1999	0.069	0.911
	HERSCHY 2008	0.074	0.906
	HEC RAS	0.074	0.886
	MANNING	0.083	0.873

**Tabla 26. EMC y R2 para las curvas nivel – caudal**

De acuerdo con la Tabla 26 y la Gráfica 41, el modelo que menores errores relativos y menor EMC presenta empleando la totalidad de los aforos es el modelo Herschy 1999; los valores de  $R^2$  oscilan entre 0.91 y 0.96, es decir, que el caudal predice el nivel con un 91 a 96% de confiabilidad.

## 5.7. ESTIMACIÓN DE LA CONFIBILIDAD DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN EN LA PARTE ALTA.

### 5.7.1. ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS DE CADA ESTACIÓN

En este numeral se realiza un análisis de los caudales máximos registrados por cada una de las estaciones, con el fin de conocer el grado de extrapolación de cada curva de nivel – caudal, asociado a un periodo de retorno de 100 años teniendo en cuenta para ello, los ajustes de distribución de probabilidad Normal, Log normal, Gumbel, Pearson tipo III y Log Pearson.

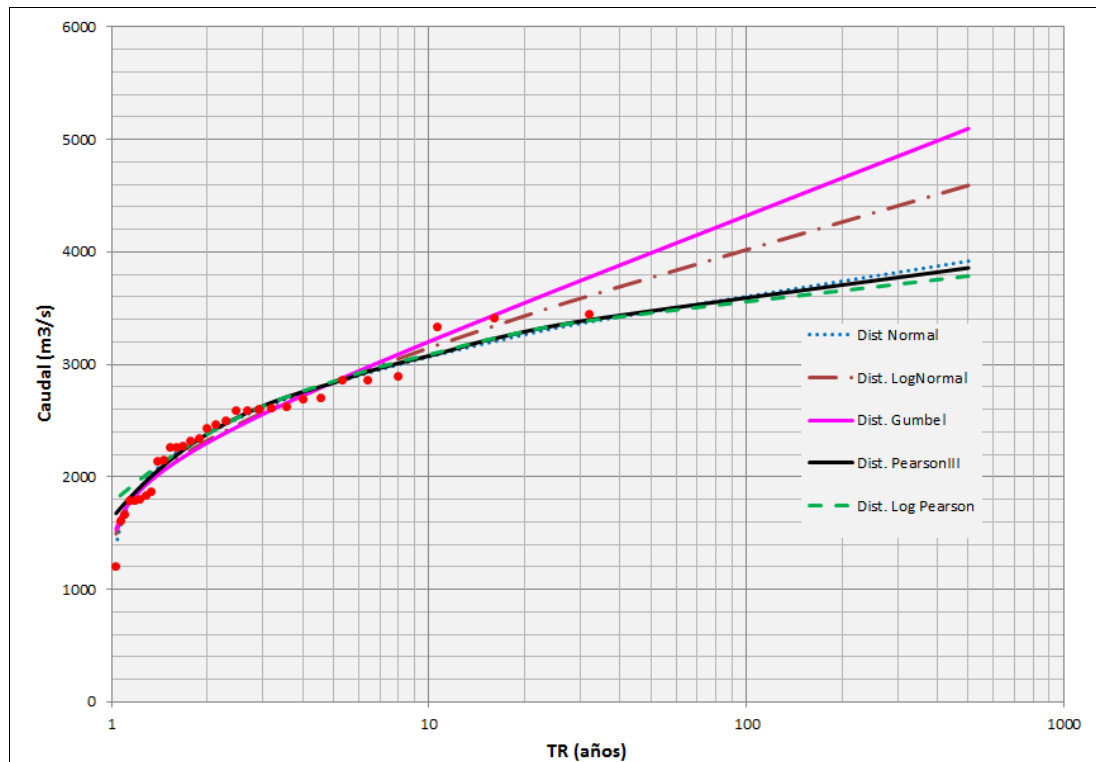
#### *Estación Cañafisto*

Para el ajuste de distribución de probabilidad de la estación Cañafisto, se considera la serie de caudales máximos anuales registrados, la cual cuenta con una totalidad de 31 datos tomados desde el año 1979 hasta 2009. El rango de caudales varía entre 1208 y 3442 m<sup>3</sup>/s con un promedio de 2384.52 m<sup>3</sup>/s y una desviación estándar de 533.031 m<sup>3</sup>/s.

Recuento	31
Promedio	2384.52
Desviación Estándar	533.031
Coficiente de Variación	22.3539%
Mínimo	1208.0
Máximo	3442.0
Rango	2234.0

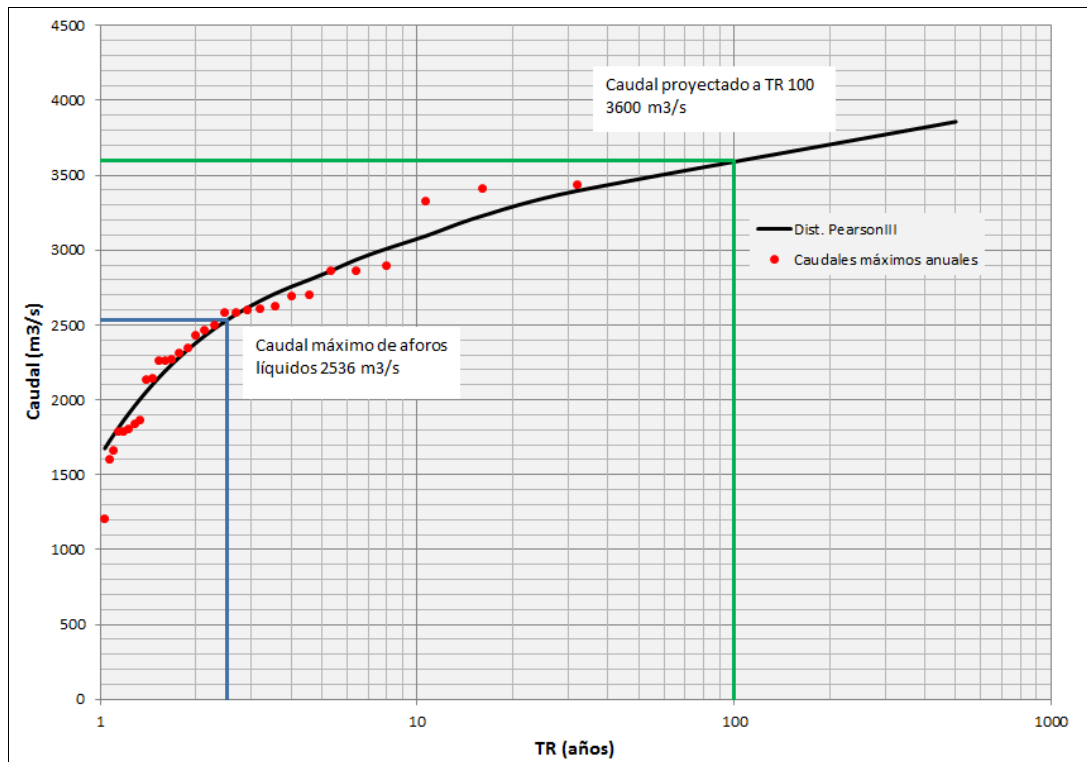
**Tabla 27. Resumen estadístico de caudales máximos estación Cañafisto**

En la Gráfica 42 es posible observar que los valores de caudales registrados se asemejan a las distribuciones tipo Pearson III y Log Pearson, adicionalmente al realizar la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov, se obtiene que la que mejor ajuste presenta es la distribución Pearson III.



**Gráfica 42. Ajustes de distribución de probabilidad estación Limnigráfica Cañafisto**

Por otro lado, al realizar el análisis de los datos de aforos de caudal líquido de la estación Cañafisto con los cuales se elaboran las curvas de calibración por diferentes métodos, se tiene que el caudal máximo registrado en la serie de datos tiene una magnitud de  $2536 \text{ m}^3/\text{s}$  (Ver anexo 1), cuyo periodo de retorno corresponde a 2.5 años de acuerdo con la distribución Pearson tipo III. En cuanto al caudal proyectado para un periodo de retorno de 100 años, este tiene una magnitud de  $3600 \text{ m}^3/\text{s}$ , por lo tanto las curvas de calibración serán extrapoladas hasta este valor.



**Gráfica 43. Ajustes de distribución de probabilidad Pearson III estación Limnigráfica Cañafisto**

Adicionalmente y con el fin de verificar si los datos se ajustan a la distribución tipo Pearson III, se realiza la prueba Chi cuadrado en el software Hyfran versión 1.1

$H_0$ : La muestra proviene de una distribución Pearson tipo III

$H_1$ : La muestra no proviene de una distribución Pearson tipo III

Al realizar la prueba se obtiene:

$$X^2 = 1.74$$

$$\text{Valor } - p = 0.6277$$

$$\text{Significancia} = 5\%$$

$$\text{Grados de libertad} = 3$$

$$\text{Numero de intervalos de clase} = 7$$

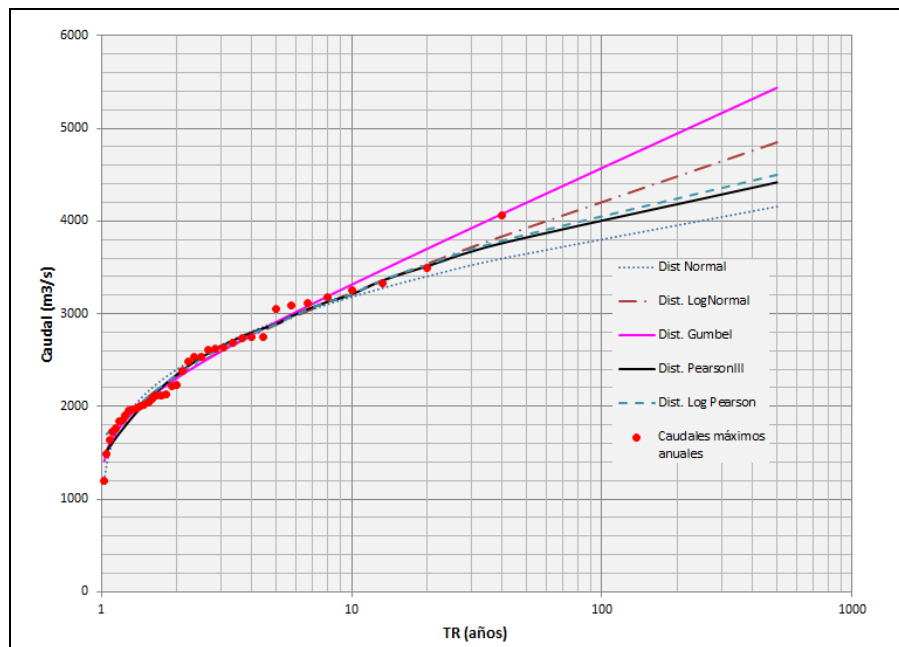
El valor de P es superior a la significancia 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, es decir, que los datos provienen de una distribución tipo Pearson tipo III con una confiabilidad del 95%.

**Estación Bolombolo**

La estación Bolombolo cuenta con una serie de caudales máximos registrada desde el año 1971 hasta el año 2009, con un valor máximo de 4062 m<sup>3</sup>/s con una media de 2424.59 m<sup>3</sup>/s y desviación estándar de 642.54 m<sup>3</sup>/s.

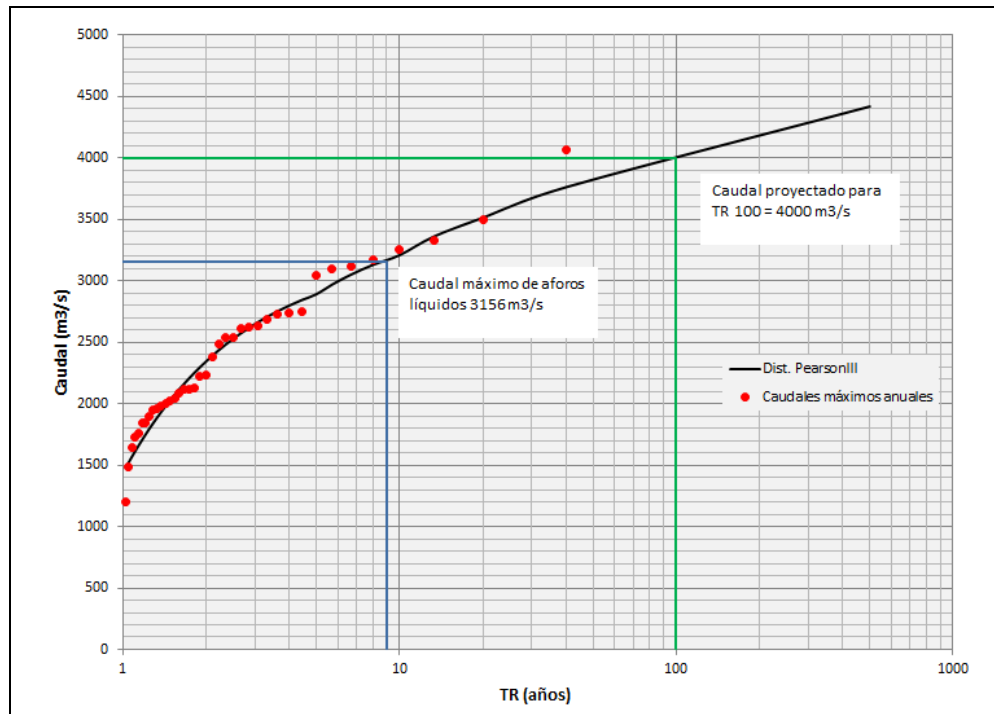
<b>Recuento</b>	34
<b>Promedio</b>	2424.59
<b>Desviación Estándar</b>	642.546
<b>Coficiente de Variación</b>	26.5012%
<b>Mínimo</b>	1199.0
<b>Máximo</b>	4062.0
<b>Rango</b>	2863.0

**Tabla 28. Resumen estadístico de caudales máximos estación Bolombolo**



**Gráfica 44. Ajustes de distribución de probabilidad estación Limnigráfica Bolombolo**

De acuerdo con la prueba de bondad de ajuste, la distribución de probabilidad tipo Pearson III representa un mejor comportamiento de los caudales, por consiguiente el caudal máximo registrado en los aforos líquidos (ver anexo 1) de la estación, el cual tiene una magnitud de 3156 m<sup>3</sup>/s se asocia a un periodo de retorno de 9 años, y el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años tiene magnitud de 4000 m<sup>3</sup>/s.



**Gráfica 45. Ajustes de distribución de probabilidad Pearson III estación Limnigráfica Bolombolo**

Por su parte al realizar la prueba Chi cuadrado se obtiene:

$$X^2 = 7.97$$

$$\text{Valor } - p = 0.0925$$

$$\text{Significancia} = 5\%$$

$$\text{Grados de libertad} = 4$$

$$\text{Numero de intervalos de clase} = 8$$

El valor de P es superior a la significancia 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, es decir, que los datos provienen de una distribución tipo Pearson tipo III con una confiabilidad del 95%.

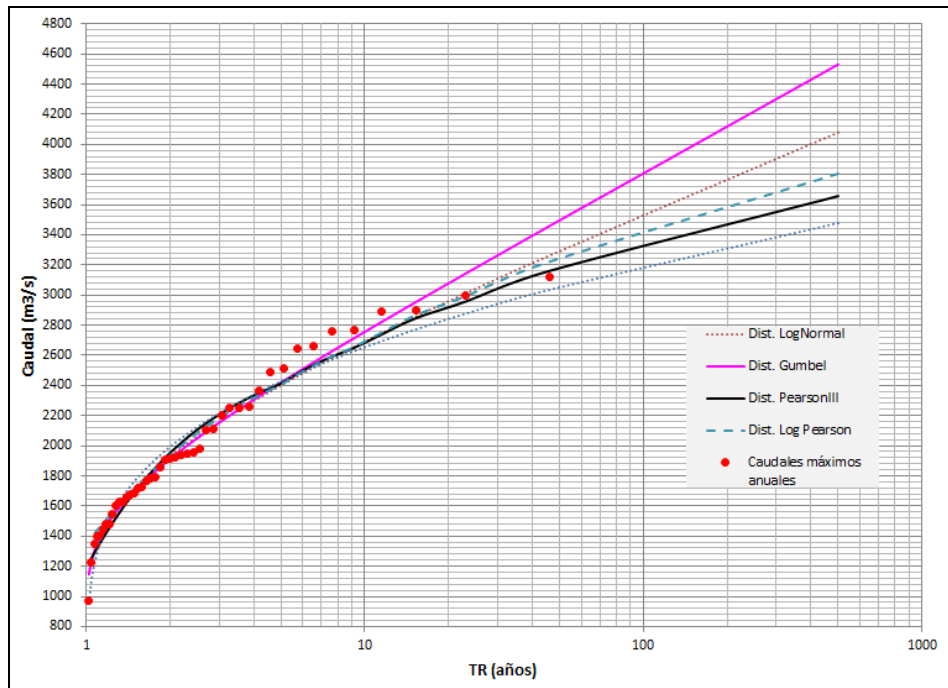
### ***Estación La Pintada***

En la Gráfica 46 se presentan los diferentes ajustes de probabilidad analizados para los datos de caudales máximos amules de la estación La Pintada en los cuales se registra un caudal máximo de 3117.00 m<sup>3</sup>/s. Al realizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se obtiene que la distribución tipo Pearson III es la que mejor se ajusta a los valores registrados.

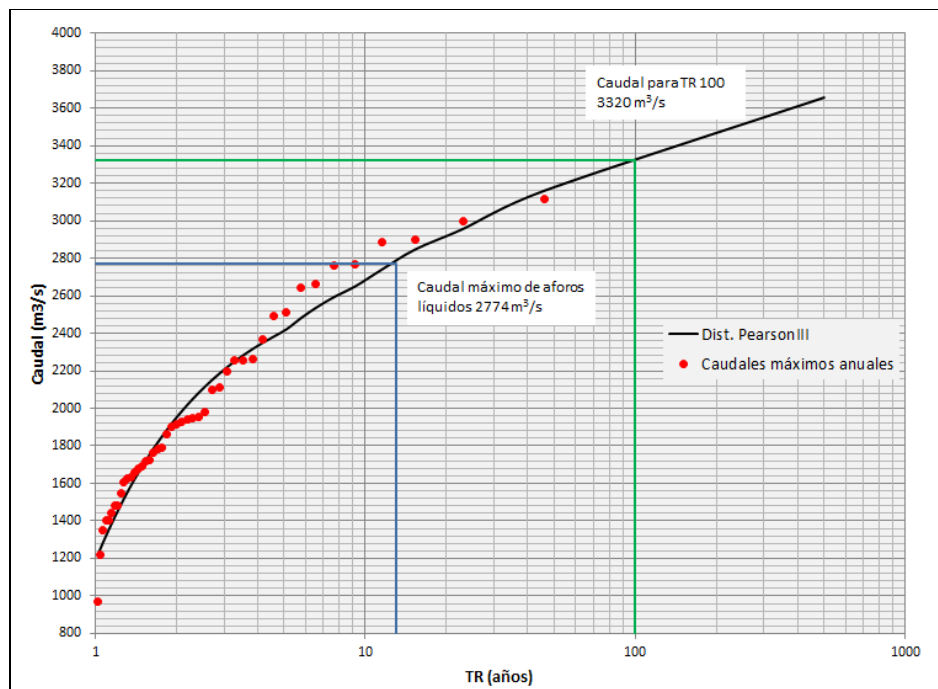
Recuento	45
Promedio	1993.07
Desviación Estándar	515.958
Coficiente de Variación	25.8877%
Mínimo	973.0
Máximo	3117.0
Rango	2144.0

**Tabla 29. Resumen estadístico de caudales máximos estación La Pintada**

Por su parte el caudal máximo de los aforos líquidos empleados para el análisis de la curva de calibración (ver anexo 1) tiene una magnitud de 2774 m<sup>3</sup>/s el cual corresponde a un periodo de retorno de 14 años de acuerdo con el ajuste tipo Pearson III. Para 100 años de periodo de retorno se proyecta un caudal máximo de 3320.00 m<sup>3</sup>/s.



**Gráfica 46. Ajustes de distribución de probabilidad estación Limnigráfica La Pintada**



**Gráfica 47. Ajustes de distribución de probabilidad Pearson III estación Limnigráfica La Pintada**



Al realizar la prueba Chi cuadrado se obtiene:

$$X^2 = 9.20$$

$$\text{Valor } - p = 0.1013$$

$$\text{Significancia} = 5\%$$

$$\text{Grados de libertad} = 5$$

$$\text{Numero de intervalos de clase} = 9$$

El valor de P es superior a la significancia 0.05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula, es decir, que los datos provienen de una distribución tipo Pearson III con una confiabilidad del 95%.

### 5.7.2. ANÁLISIS DE LA PARTE ALTA DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN

La Tabla 30 resume los valores de niveles proyectados a partir de la extrapolación de cada uno de los modelos para el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años

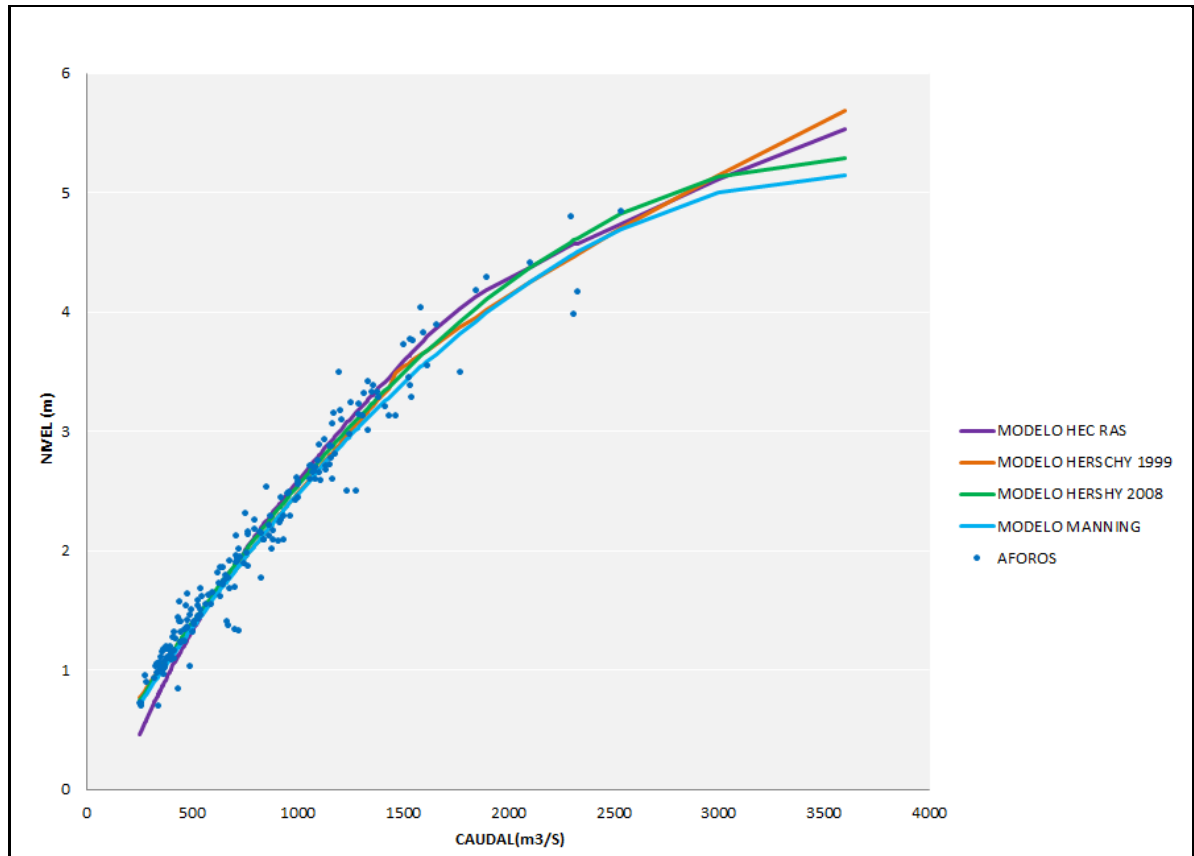
Estación	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Nivel Máximo (m)					
		Hershy 1999	Hershy 2008	Hec Ras	Manning	Promedio	Rango
Bolombolo	4000	7.61	6.66	7.39	6.58	7.06	1.03
Cañafisto	3600	5.67	5.29	5.54	5.15	5.41	0.52
La Pintada	3300	5.44	5.61	5.38	5.48	5.48	0.24

**Tabla 30. Resumen de niveles proyectados por cada modelo.**

Se observa que el rango de los niveles obtenidos oscila entre 0.24 m y 1.03 m, lo cual equivale a una variación entre el 4.30% y 15.50% entre un modelo y otro.

## ESTACIÓN CAÑAFISTO

La Gráfica 48 presenta en resumen la estimación de los cuatro modelos empleados para realizar la curva de calibración de caudales de la estación



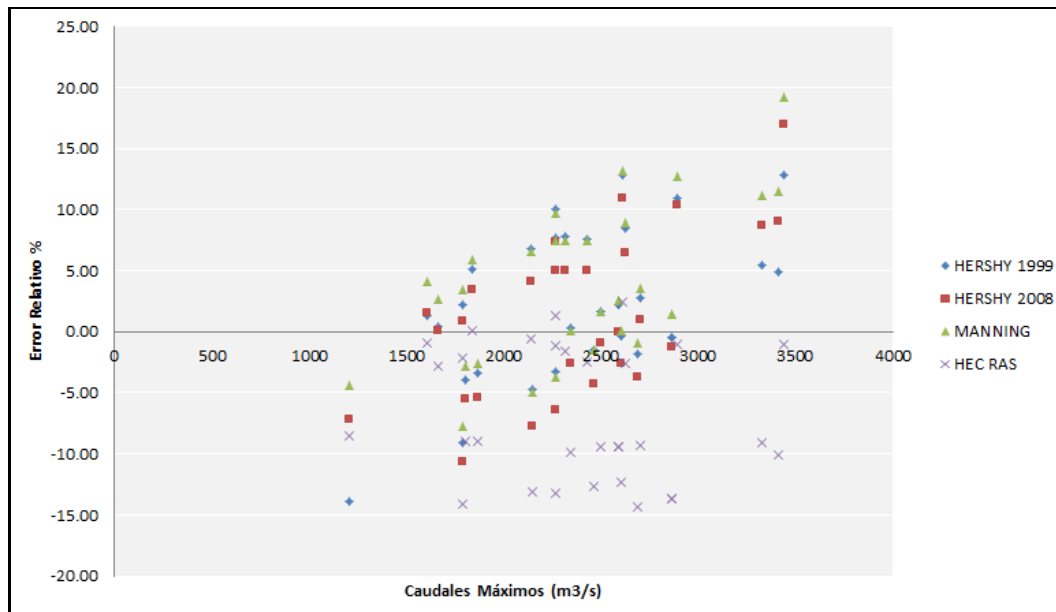
**Gráfica 48. Comparación de Modelos Estación Cañafisto**

En el caso de la estación Cañafisto, los modelos presentan comportamientos y tendencias similares hasta los valores de caudal máximo registrado en los registros de aforos, es decir, para el caudal 2536.31 m<sup>3</sup>/s. El modelo que presenta un EMC de menor magnitud al tener en cuenta todos los aforos, es el de Hershy 1999.

Al realizar la extrapolación de la curva para el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, es decir para 3600.00 m<sup>3</sup>/s, los modelos Manning y Hershy 2008 siguen una misma tendencia, manteniendo entre ellos una diferencia de niveles proyectados de aproximadamente 0.15 m en la cual el modelo Hershy 2008 proyecta los mayores

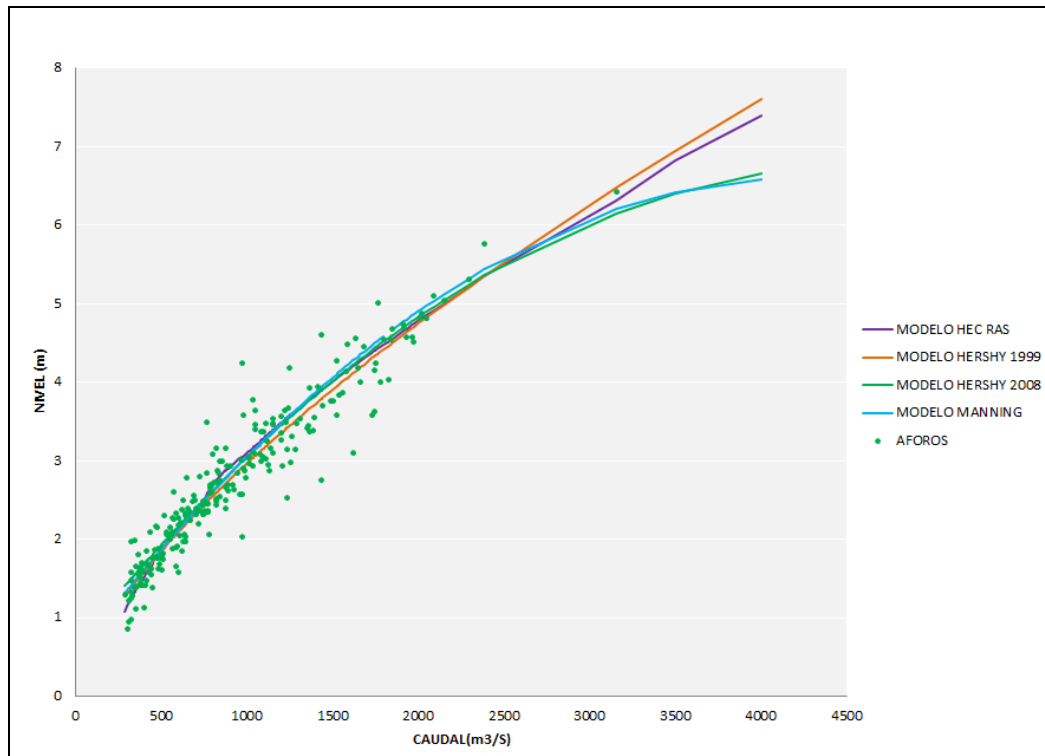
niveles para un mismo caudal. En el caso de los modelos HEC RAS y Hershy 1999, estos presentan un comportamiento creciente en el cual este último modelo estima mayores valores. En general la diferencia de la proyección de niveles para el caudal máximo de 3600 m<sup>3</sup>/s entre los modelos Manning y Hershy 1999 es de 0.53m. y la desviación estándar es de 0.23 m.

En la Gráfica 49 se presentan los errores relativos de los caudales máximo obtenidos con los cuatro modelos empleados, los cuales en general varían entre -15 y 18%. Obteniéndose para el modelo Hershy 1999 los menores valores de error relativo, lo cual corrobora que este es el modelo que mejor describe el comportamiento de los caudales en la parte alta de la curva.



**Gráfica 49. Errores relativos de los caudales máximos registrados.**

### ESTACIÓN BOLOMBOLO

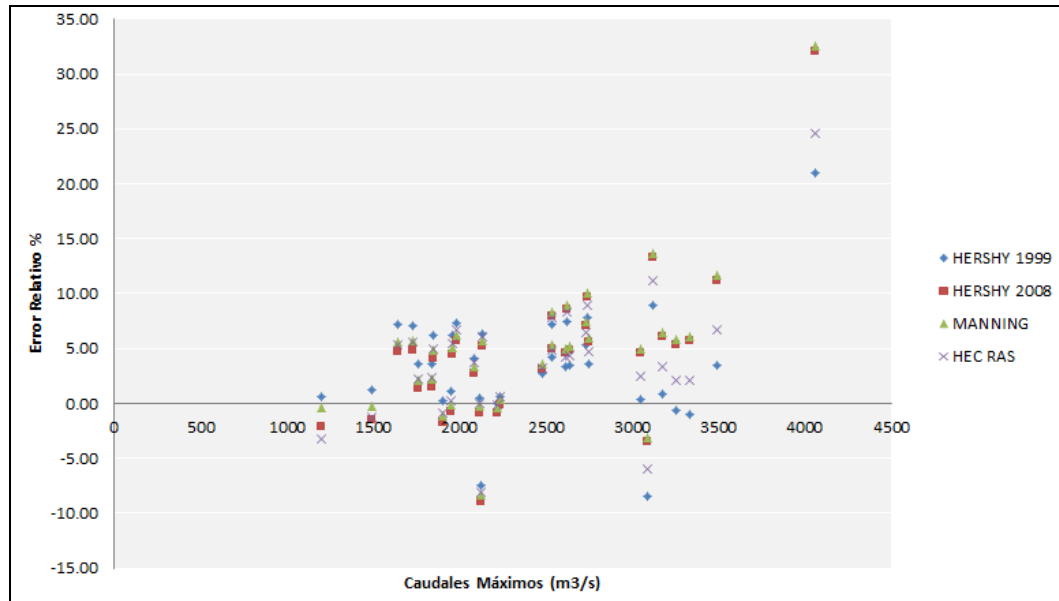


**Gráfica 50. Comparación de Modelos Estación Bolombolo**

Como resultado del análisis realizado para el caso de la estación Bolombolo, se tiene que en la Gráfica 50 se observa la similitud de los modelos para valores de caudales inferiores a  $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ , el cual es el punto en el cual comienzan a disminuir la densidad de los aforos. El modelo de Manning a partir de este caudal, presenta una tendencia creciente pero asintótica dando como resultado los niveles más bajos en la parte alta de la curva de los cuatro modelos. Por su parte los modelos Hec – Ras, Hershy 1999 y Hershy 2008 presentan una tendencia similar con curvas prácticamente paralelas, siendo el modelo de Manning el que presenta los valores más altos de nivel proyectado.

Al realizar la extrapolación las curvas para obtener los niveles estimados para el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, es decir,  $4000 \text{ m}^3/\text{s}$  se tiene que el modelo Manning es el que proyecta el mayor nivel, con una magnitud de 7.86 m, y el

modelo Hershy 2008 por su parte, subestima este valor con respecto a los demás modelos, con valor igual a 6.66 m, es decir, que el rango de variación del nivel proyectado es de 1.20m, el cual resulta altamente significativo para cualquier tipo de análisis hidrológico .

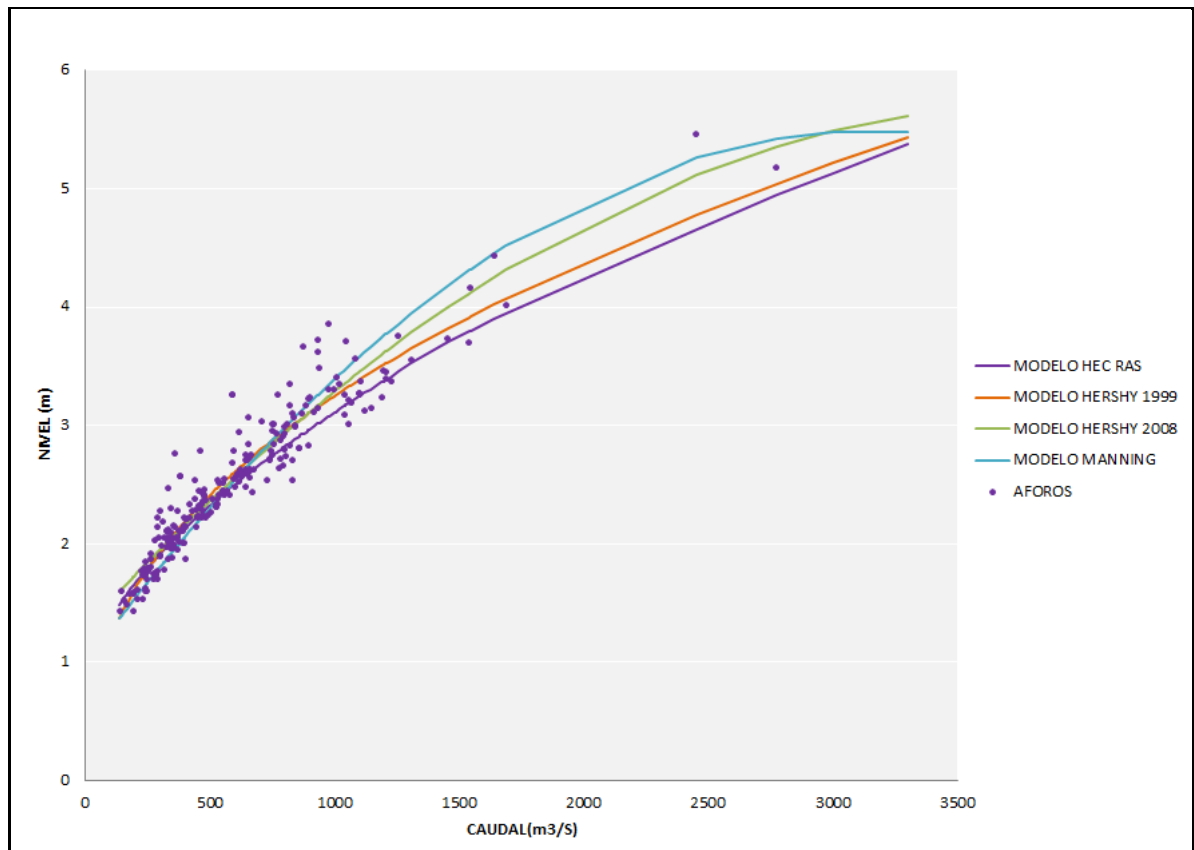


**Gráfica 51. Errores relativos de los caudales máximos registrados.**

En cuanto a los errores relativos presentados para los caudales y niveles máximos anuales de la estación, se tiene que el modelo Manning es el que mejor proyecta el nivel máximo para un caudal de 4000 m<sup>3</sup>/s y en general muestra menores errores para caudales superiores a 3000 m<sup>3</sup>/s.

### **ESTACIÓN LA PINTADA**

La Gráfica 52 presenta la totalidad de los modelos empleados para elaborar la curva de calibración de caudales líquidos, en ella es posible apreciar la poca disponibilidad de aforos en la parte alta de la curva, es decir, sector comprendido entre un caudal de 1800 y 3300 m<sup>3</sup>/s por lo cual fue necesario realizar la extrapolación de acuerdo con los resultados de cada uno de los modelos empleados. En general se evidencia la similitud en los modelos para caudales inferiores a 1000 ms/s a partir del cual cada modelo presenta un comportamiento diferente.



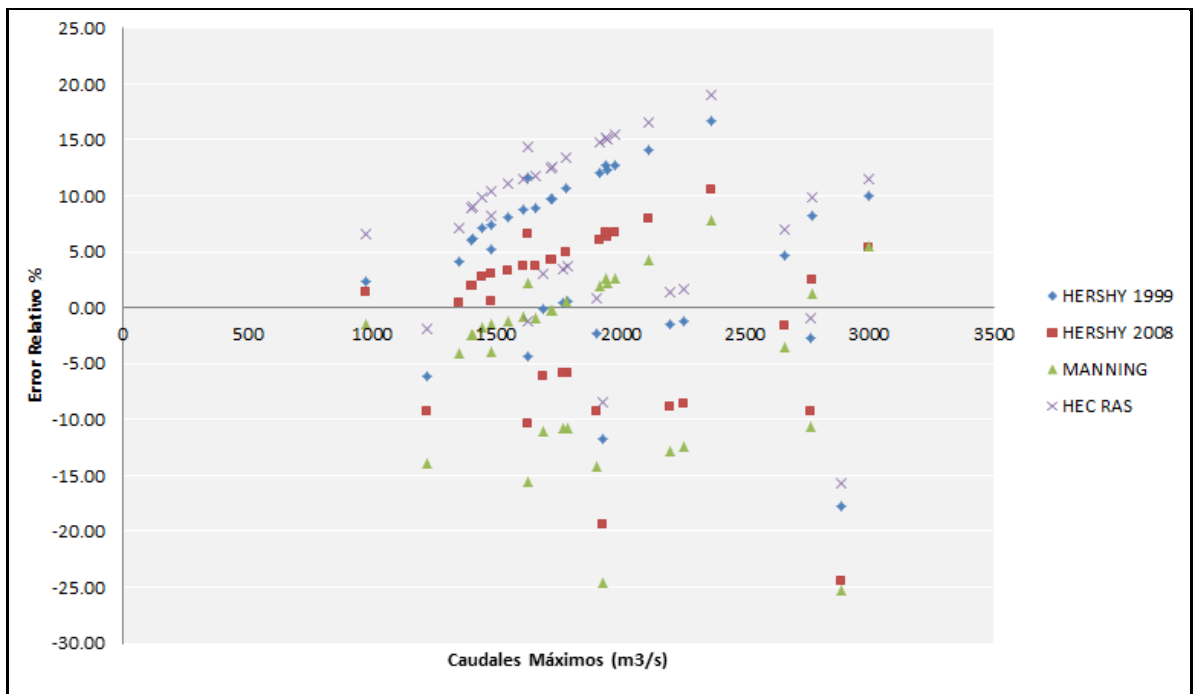
**Gráfica 52. Comparación de Modelos Estación La Pintada.**

Por un lado el modelo de Manning presenta un error medio cuadrático igual a 0.083. En la parte alta de la curva este modelo es el que mayores niveles supone, sin embargo comienza a tener un comportamiento asintótico para caudales superiores a 2800 m<sup>3</sup>/s y los valores de niveles proyectados son superados por los obtenidos en el modelo polinomial Hershy 2008 a partir de caudales mayores a 3000 m<sup>3</sup>/s. este modelo Presenta en un EMC igual a 0.073, el cual es inferior al modelo Manning y en la parte alta se observa que la curva se localiza casi en la mitad de los dos últimos aforos con mayor magnitud de caudal y nivel.

Los modelos Hershy 1999 y Hec- Ras tienen valores de EMC de 0.069 y 0.074 respectivamente; en la parte alta de la curva presentan una tendencia similar, casi paralela, con diferencias de niveles proyectados que varían entre 0.06 y 0.13 m.

En general las desviaciones estándar de la parte alta de la curva varían entre 0.10 y 0.28.

De la Gráfica 52 se concluye además que los modelos Hershy 2008 y Hershy 1999 son los que más se acercan al promedio de los modelos en la parte alta de la curva.



**Gráfica 53. Errores relativos de los caudales máximos registrados.**

Adicionalmente, si se evalúan los caudales máximos anuales registrados por la estación Bolombolo, asociados a los niveles máximos anuales, en cada uno de los modelos, se obtienen errores relativos en un rango del -25 al 20%.

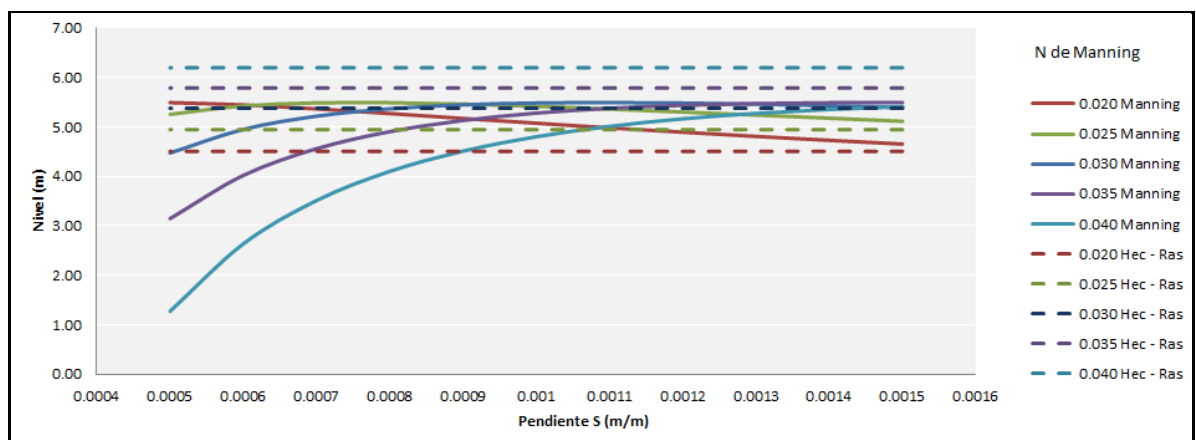
### 5.8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA PARTE ALTA DE LA CURVA, CON BASE EN LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

La finalidad de realizar el análisis de sensibilidad es conocer la afectación de cada parámetro en el nivel obtenido al extrapolar la curva y comparar estos valores para estimar que tan significativa es su variación y como afecta en los análisis hidrológicos e hidráulicos.

Para llevar a cabo el análisis de sensibilidad de la parte alta de las curvas de calibración, se realizó la variación de los parámetros N de Manning y Pendiente hidráulica S. Este análisis de sensibilidad aplica sólo para los modelos Manning y Hec – Ras, debido a que el resultado de estos modelos están directamente relacionados con la variación de los parámetros antes mencionados.

Para el caso del N de Manning, se realizaron modelaciones para un rango comprendido entre 0.02 y 0.04, con variaciones de cada 0.005 de acuerdo con los resultados obtenidos en los numerales 5.4 y 5.5. Por su parte, los valores de pendiente hidráulica empleados para el análisis varían entre 0.0005 y 0.0015 m/m.

Los resultados obtenidos en ambos modelos y con todas las combinaciones posibles se muestran a continuación:

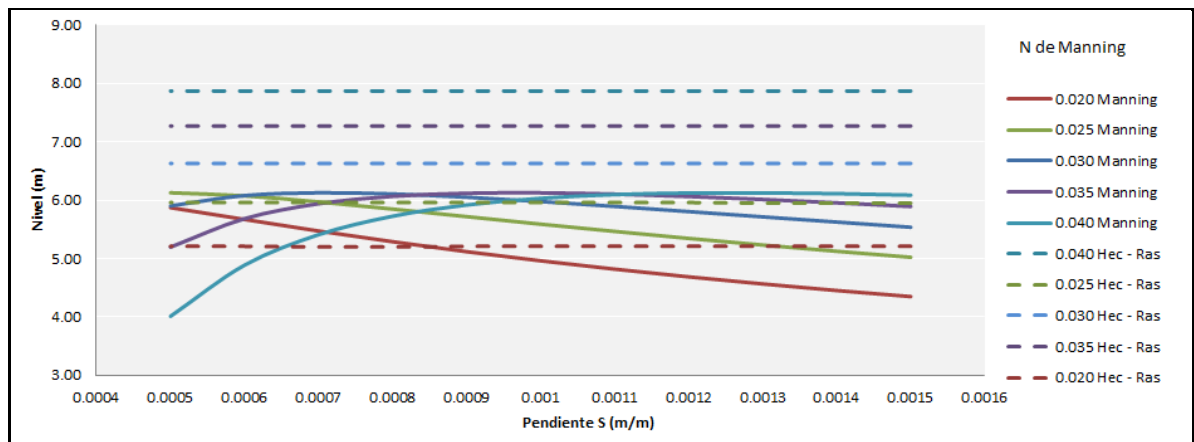


**Gráfica 54. Análisis de sensibilidad N de Manning y S estación La Pintada**



De acuerdo con el análisis, el rango de variación del nivel para el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años disminuye para pendientes mayores a 0.0009 en el modelo Manning; para este caso y considerando diferentes valores de “N” los niveles máximos varían entre 4.51 m y 5.49 m, es decir con una diferencia de 0.98 m.

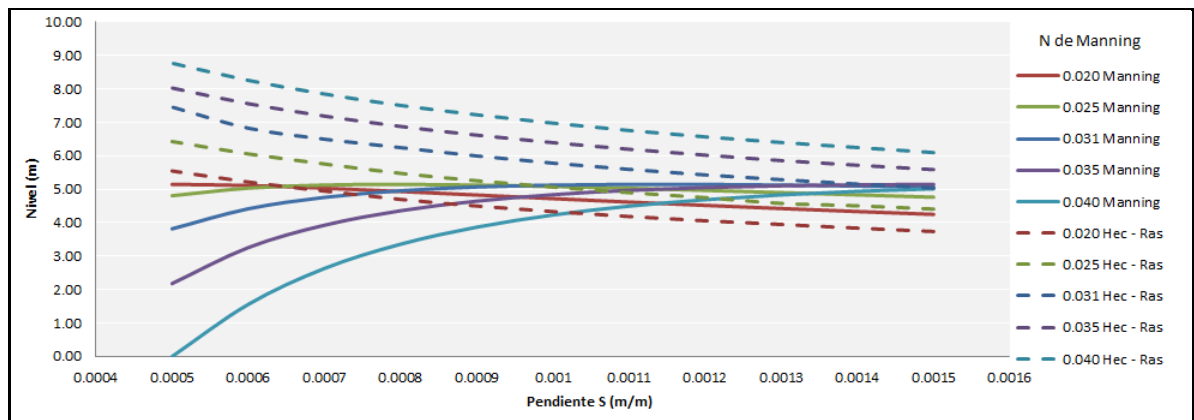
En el caso del modelo Hec – Ras las variaciones del nivel no se ven afectadas por la pendiente hidráulica, sin embargo al realizar la modelación con diferentes N de Manning se obtiene un rango de variación del nivel de 1.69 m.



**Gráfica 55. Análisis de sensibilidad N de Manning y S estación Bolombolo.**

En la estación Bolombolo, al igual que la estación La pintada, las variaciones de la pendiente en el modelo Hec RAS resultan poco significativas para el nivel proyectado. En el caso de las variaciones del N de Manning, se obtienen diferencias de nivel de 2.67 m.

Para el modelo Manning Las variaciones de niveles resultan del orden de 1.00 y 2.11 m. al emplear en el modelos un valor de  $N=0.03$  se presentan las menores variaciones del nivel (0.59 m) para diferentes valores de pendiente hidráulicas.



**Gráfica 56. Análisis de sensibilidad N de Manning y S estación Cañafisto**

En la Gráfica 56 se observa que para el modelo Manning de la estación Cañafisto, una disminución de la variación del nivel proyectado para pendientes superiores a 0.001 y diferentes n de Manning, para este caso, la diferencia de niveles varía entre 0.08 y 0.78 m.

Para el modelo Hec Ras las variaciones de N de Manning generan diferencias de niveles hasta de 3.04 m y con las variaciones de pendientes esta diferencia es hasta de 2.67 m.

## CAPITULO 6

### DISCUSIÓN

En la presente investigación se emplean cuatro modelos elaborados a partir de la totalidad de los aforos de tres estaciones hidrométricas del río Cauca, al extrapolar cada uno de ellos se obtiene el nivel estimado para un caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, el cual es superior a los máximos caudales aforados por cada estación. Aparte de utilizar los modelos Herschy 1999 y 2008 (fórmulas potencial y polinomial respectivamente), en este caso de estudio, se analizan dos modelos adicionales para la elaboración de la curva de calibración, se trata de la formulación de Manning y del modelo hidráulico HEC- RAS elaborados a partir de la información geométrica e hidrológica de las estaciones analizadas.

El hecho de comparar los resultados de niveles proyectados por los cuatro modelos, para caudales superiores a los aforados permite realizar una aproximación a la estimación de la incertidumbre de estos valores.

Para el caso de las estaciones del río Cauca, se obtiene que para el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años, la variación de los niveles proyectados con los cuatro modelos empleados, oscila entre 0.24 y 1.03 m, es decir, entre un 4.30% y 15.50%.

En la investigación realizada por Juan Felipe Martínez plata se obtiene que cuando la curva es calibrada con una baja cantidad de aforos, la incertidumbre, en la zona de niveles máximos puede ser hasta del 20%. Los resultados obtenidos para los caudales instantáneos mínimos y máximos corresponden a una amplitud de niveles del 25% con respecto al total de los aforos reales observados, lo cual equivaldría a una extrapolación del 37.5% hacia los niveles extremos (con respecto al rango de niveles de la submuestra). Los errores obtenidos bajo ese escenario, indican que para esos niveles de extrapolación no es factible obtener valores de caudales extremos confiables, puesto que el error relativo estimado de los

mismos es muy alto y a la vez no es susceptible de disminuirse hasta niveles aceptables incrementando la cantidad de aforos de calibración (Martinez, 2011)

Dentro de las limitaciones del análisis se tiene la poca cantidad de aforos para caudales cercanos al caudal de diseño; para la elaboración del modelo hidráulico se cuenta solo con las secciones del río correspondientes a cada estación; se desconocen los valores de “n” de Manning y pendiente hidráulica. De igual manera en los modelos no se consideran otras fuentes de incertidumbre que han sido mencionadas por algunos investigadores. Algunos de estos factores son: las variaciones temporales de la sección transversal, el transporte de sedimentos, efectos de remanso, la inestabilidad del nivel, el almacenamiento de la sección o el desarrollo de vegetación de la ribera (Fenton & Keller, 2001); errores en las mediciones de aforos, factores hidráulicos, y factores morfológicos no acordes con el régimen de flujo uniforme (IDEAM, 1999) , entre otros.

## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES

Dando alcance a los objetivos del presente trabajo de grado, se realizó una aproximación metodológica para el análisis de incertidumbre de la parte alta de las curvas de calibración de caudales líquidos, analizando distintos modelos para la elaboración de la curva y su extrapolación para caudales altos cuando la cantidad de aforos es escasa o nula, aplicados a tres estaciones limnigráficas localizadas sobre el río Cauca.

A continuación se presentan las conclusiones derivadas del análisis realizado:

- Para las tres estaciones empleadas se evaluaron los modelos Hershy 1999, Hershy 2008, la formulación de Manning y el modelo en el software Hec-Ras. Al elaborar las curvas de calibración Nivel – Caudal, el modelo Hershy 1999 resultó con menor magnitud de error medio cuadrático, de los niveles medidos en cada aforo con los proyectados por cada modelo. De igual forma se evaluó la confiabilidad de cada uno de los modelos al calcular los valores de  $R^2$  en la curva de calibración; se obtuvo que el modelo Hershy 1999 presenta valores de 0.96, 0.91 y 0.91 para las estaciones Cañafisto, Bolombolo y La pintada respectivamente, es decir, que en este modelo el Caudal Q predice el Nivel V con un 91 a 96 % de confiabilidad.
- En todos los modelos se realizó una calibración de los parámetros “N” de Manning y pendiente hidráulica, se obtuvo que los valores de “N” de Manning que minimizan el error relativo de curva varía entre 0.02 y 0.04 para el modelo Manning, y entre 0.030 y 0.035 para el modelo Hec – RAS. La pendiente hidráulica que genera un mejor modelo Manning varía entre 0.0009 y 0.0012 y para el modelo Hec – Ras se obtuvo que una pendiente hidráulica igual a 0.001 en las tres estaciones, minimiza el EMC.

- Se realizaron los ajustes de distribución de probabilidad para los caudales máximos de cada estación, y en los tres casos se obtuvo que los datos se ajustaban a la distribución Pearson tipo III de acuerdo con la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov, y la prueba chi cuadrado ( $X^2$ ) comprueba esta hipótesis para una confiabilidad del 95%. Así mismo, al calcular los errores relativos de los caudales máximos anuales registrados en la serie de datos del IDEAM se obtuvo que el modelo Hershy 1999 se presentan errores hasta de 21.04%, mientras que para los modelos Hershy 2008, Manning y Hec Ras, este error relativo máximo fue de 32.02, 32.58 y 24.64% respectivamente; es decir, que en este caso de estudio, el modelo Hershy 1999 es el que mejor se ajusta a los valores obtenidos en los aforos realizados.
- La variación de la estimación de los niveles en la parte alta de la curva de calibración, es decir, para el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años difiere entre cada modelo en un rango que varía entre 0.24 y 1.03 m es decir, entre el 4.30% y 15.50% de variación del nivel obtenido. Este último rango de variación se considera significativo, y genera un llamado a la necesidad de realizar un mayor número de aforos para estados altos de cada fuente hídrica, a realizar análisis comparativos de diferentes modelos y al uso adecuado de datos extrapolados de tal manera que se reduzca lo mayor posible la incertidumbre de los datos obtenidos.
- La estimación de los parámetros N de Manning y S tienen gran importancia para la parte alta de la curva de calibración. Al realizar un análisis de sensibilidad de estos parámetros, se obtuvo que se pueden obtener variaciones superiores a 2.00 m entre resultados de un parámetro y otro, lo cual resulta altamente alarmante debido a la importancia de las curvas de calibración Nivel – Caudal en los análisis hidrológicos.

- Si bien el modelo Hershy 1999 fue el que presentó un mejor ajuste para el caso de estudio de las tres estaciones limnigráficas ubicada sobre el río Cauca, cabe resaltar que no es posible definir de manera general, un modelo que siempre represente mejor el comportamiento de los niveles y caudales de la fuente de agua, esto requiere de un análisis profundo que involucre los parámetros sujetos a calibración, la densidad de los aforos, la incertidumbre asociada, entre otros.
- En general la aproximación metodológica para realizar una estimación de la incertidumbre de los valores de nivel o caudal en la parte alta de una curva de calibración consiste en realizar una comparación de varios modelos para la elaboración de la curva, tales como: Hershy 1999, Hershy 2008, Manning, y Hec-Ras. Los modelos Hershy 1999 y 2008 se llevan a cabo empleando cada una de sus formulaciones; en el caso del modelo Manning se emplea la ecuación del mismo nombre con los datos obtenidos en los aforos líquidos, llevando a cabo un análisis de sensibilidad de los parámetros N de Manning y pendiente hidráulica. Una vez ajustados estos parámetros se emplean en el modelo Hec – Ras y se varían hasta obtener un nuevo ajuste. Así mismo, es necesario tener en cuenta los datos de caudales máximos registrados por la estación y a través de un ajuste de distribución de probabilidad escoger el caudal para el periodo de retorno deseado. El ajuste de distribución debe ser validado mediante pruebas de bondad de ajuste.

Se toman los valores de niveles y caudales máximos registrados por la estación a nivel anual, con el fin de validar cada uno de los modelos mediante pruebas como el Error relativo.

Una vez obtenido de cada modelo los valores de nivel proyectado para el caudal deseado, se calcula su rango de variación y la diferencia de valores de este rango nos permite dar una estimación de la incertidumbre en el nivel elegido, el cual dependerá en gran parte del criterio del analista.

## BIBLIOGRAFÍA

- Benjamin, J. R., & Conell, C. A. (1970). *Probability, Statistics and Decisions for Civil Engineers*. New York: McGraw-Hill.
- Berthouex, P. M. (1975). Modeling concepts considerin process performance variability, and uncertainty. (T. M. Keinath , & M. P. Wanielista, Edits.) *Mathematical Modeling for Water Pollution control Process*, 405-439.
- Chow, V. (1994). *hidráulica de canales abiertos*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- Coronado, O., & Diaz, M. (agosto de 2012). Consideraciones de incertidumbre en la estimación de hidrogamas de diseño. *Revista de la facultad de Ingeniería*, 6, 25-46.
- EPA. (1997). *Guiding principles for Monte Carlo Analysis*. Washington, DC.: Enviromental protection Agency.
- Fenton, J., & Keller, R. (2001). The calculation of streamflow from measurements of stage. *Coorporative Research center for Catchment hydrolog*.
- Hahn, G. J., & Shapiro, S. S. (1967). *Statistical Models in Engineering*. New York: Wiley.
- Harr, M. E. (1987). *Reliability-Based Design in cviliv Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Helton, J. C. (1993). Uncertainty and sensitivy analysis techniques for use in performance assessment for radioactive waste disposal. *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, 42, 327-373.
- Herschy, R. W. (1999). *Hydrometry:principles and practice* (2nd ed.). Wiley.
- Herschy, R. W. (2008). *Streamflow Measurement* (3rd ed.). Spon Press.
- IDEAM. (1999). *Procesamiento y calidad de la información hidrológica básica*. Obtenido de [www2.ideam.gov.co/temas/guiaagua/Anexo%208.pdf](http://www2.ideam.gov.co/temas/guiaagua/Anexo%208.pdf).



- Iman, R. L., & Helton, J. C. (1985). Investigation of uncertainty and sensitivity analysis techniques for computer models. *Risk Anal*, 8 (1), 71-90.
- Joint Committee for Guides in Metrology JGCM. (2008). *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*.
- Keeny, R. L., & Von Winterfeld, D. (1991). Eliciting probabilities from experts in complex technical problems. *IEEE Trans. Eng. Manage*, 38, 191-201.
- Kottegoda, N. T., & Rosso, R. (2008). *Applied Statistics for civil and Environmental Engineers* (2 nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Martinez, J. (2011). *Propagación de errores en cálculos hidrológicos con caudales obtenidos mediante curvas nivel – caudal construidas con una baja densidad de aforos líquidos*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Martinez, J., Dominguez, E., & Rivera, H. (2012). Incertidumbre en caudales instantáneos obtenidos con curvas de nivel – caudal construidos con una baja densidad de aforos líquidos. *Ingeniería e investigación*, 32, 30-35.
- Mishra, S. (2002). *Assigning Probability Distributions to input parameters of performance Assesment Models*. Stockholm: Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.
- Mishra, S., & Knowlton, R. G. (2003). Testing for input-output dependence in performance assessment models. *Proceedings of the Tenth International High - level Radioactive waste Management conference, Las Vegas, NV*. (págs. pp. 882-887). Illinois, USA: American Nuclear Society.
- Monsalve Saenz, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sandoval, M. C., & Ramirez, C. A. (2007). *El Río Cauca en su valle Alto* (Primera ed.). Universidad del Valle, CVC.

- Shiklomanov, A. I., Yakovleva, T. I., Lammers, R. B., Vorosmaty, C. J., Karasev, I. P., & Linder, E. (2006). Cold region river discharge uncertainty - estimates from large Russian rivers. *Journal of Hydrology*, 326, 231-256.
- Suárez, J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales*. Bucaramanga: División Editorial y de Publicaciones.
- Tung, Y. K., & Yen, B. C. (2005). *Hydrosystems Engineering Uncertainty Analysis* (1st ed.). McGraw Hill Professional.
- UNIVERSIDAD DEL CAUCA, CRC, & INGEOMINAS. (2005). *Estudio preliminar del comportamiento hidráulico, geomorfológico y procesos fluviales en los ríos Desbaratado, Palo, Paila y Guengue. Convenio 867 de 2004*.
- Venetis, C. (1970). A note on the estimation of the parameters in logarithmic stage-discharge relationships with estimates of their error. *International Association of Scientific Hydrology*, 15, 105.

## **ANEXO 1.**

### Aforos líquidos de las estaciones hidrométricas empleadas



## INFORMACION

## \*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

## NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26217050 CA#AFISTO

LATITUD	0625 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1978-NOV						
LONGITUD	7549 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	SANTAFE DE ANTIOQUIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	466 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
1	19780925	106	122.030	205.910	1.687	1.637	337.140	122.330	1.683	1.415	1.156	.890
2	19780928	142	128.540	247.710	1.927	1.918	475.254	128.890	1.921	1.546	1.240	.860
3	19781101	229	139.950	407.320	2.910	2.293	934.368	141.050	2.887	2.028	1.130	.000
4	19781106	216	139.950	375.080	2.680	2.184	819.514	140.850	2.662	1.921	1.136	.000
5	19790216	105	120.420	220.640	1.832	1.527	337.051	120.900	1.824	1.493	1.022	.840
6	19790222	104	120.360	225.570	1.874	1.525	344.059	120.850	1.866	1.516	1.005	.850
7	19790403	182	126.800	317.550	2.504	1.962	623.063	127.430	2.491	1.838	1.067	.840
8	19790502	350	138.100	497.380	3.601	2.405	1196.243	139.070	3.576	2.339	1.028	.880
9	19790503	390	141.700	590.620	4.168	2.805	1657.188	142.880	4.133	2.576	1.088	.920
10	19790522	294	133.740	475.020	3.551	2.381	1131.149	134.840	3.522	2.315	1.028	.850
11	19790726	154	120.880	266.020	2.200	1.762	468.771	121.440	2.190	1.687	1.044	.820
12	19790819	108	121.580	241.680	1.987	1.547	374.083	122.270	1.976	1.575	.982	.840
13	19791002	213	124.750	366.130	2.934	1.934	708.389	125.840	2.909	2.038	.948	.870
14	19791026	342	137.270	516.040	3.759	2.586	1334.786	138.560	3.724	2.402	1.076	.840
15	19791102	325	135.490	526.390	3.885	2.381	1253.780	136.780	3.848	2.456	.969	.930
16	19791217	232	130.420	361.830	2.774	2.087	755.467	131.220	2.757	1.966	1.061	.830
17	19800122	202	127.970	340.630	2.661	2.127	724.538	128.800	2.644	1.912	1.112	.830
18	19800318	132	123.270	237.910	1.929	1.756	417.794	123.840	1.921	1.545	1.136	.850
19	19800418	111	121.740	212.920	1.748	1.645	350.277	122.170	1.742	1.448	1.136	.840
20	19800524	164	124.300	275.640	2.217	1.736	478.516	124.950	2.206	1.695	1.024	.870
21	19800620	226	130.222	347.320	2.667	2.298	798.239	130.880	2.653	1.916	1.199	.820
22	19800730	132	122.810	245.390	1.998	1.812	444.754	123.420	1.988	1.581	1.146	.820
23	19800903	118	121.890	231.970	1.903	1.685	391.011	122.530	1.893	1.530	1.101	.830
24	19801101	173	125.230	305.530	2.439	2.064	630.863	126.030	2.424	1.805	1.143	.830
25	19801212	192	126.900	342.900	2.702	2.087	715.689	127.810	2.682	1.931	1.080	.830
26	19810214	120	121.600	227.920	1.874	1.648	375.790	122.160	1.865	1.516	1.087	.840

reliquidos (3).txt

27	19810402	141	123.200	251.890	2.044	1.764	444.409	123.790	2.034	1.606	1.098	.800
28	19810517	418	140.200	627.820	4.478	2.937	1844.000	142.350	4.410	2.689	1.092	.890
29	19810615	329	136.200	527.280	3.871	2.627	1385.280	137.380	3.838	2.451	1.071	.880
30	19810616	346	137.000	566.400	4.134	2.696	1527.505	138.400	4.092	2.559	1.053	.870
31	19810902	141	123.200	248.690	2.018	1.765	438.965	123.770	2.009	1.592	1.108	.800
32	19811212	323	130.000	511.290	3.933	2.520	1288.502	131.300	3.894	2.475	1.018	.830
33	19820507	430	143.200	653.170	4.561	2.907	1899.286	144.670	4.514	2.732	1.064	.850
34	19820813	116	116.800	226.060	1.935	1.601	362.115	117.930	1.916	1.543	1.037	.870
35	19820827	96	120.000	201.030	1.675	1.376	276.765	120.430	1.669	1.407	.977	.850
36	19820923	118	121.400	243.470	2.005	1.551	377.709	121.990	1.995	1.585	.978	.830
37	19821115	249	131.100	401.470	3.062	2.393	961.010	132.040	3.040	2.099	1.140	.880
38	19821212	248	130.750	397.550	3.040	2.402	955.249	131.680	3.019	2.089	1.149	.870
39	19830207	120	122.700	241.280	1.966	1.635	394.623	123.230	1.957	1.565	1.044	.820
40	19830318	136	123.500	276.500	2.238	1.737	480.402	124.140	2.227	1.706	1.018	.860
41	19830423	378	139.200	573.490	4.119	2.671	1532.014	140.480	4.082	2.554	1.045	.880
42	19830519	332	137.100	508.250	3.707	2.587	1314.967	138.190	3.677	2.383	1.085	.880
43	19830520	333	137.200	513.530	3.742	2.636	1354.093	138.300	3.713	2.398	1.099	.880
44	19830629	163	125.700	300.600	2.391	1.918	576.729	126.400	2.378	1.782	1.076	.830

Página 001

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

INFORMACION

SISTEMA DE

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26217050 CA#AFISTO

LATITUD	0625 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1978-NOV						
LONGITUD	7549 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	SANTAFE DE ANTIOQUIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	466 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
45	19830730	118	122.500	244.510	1.996	1.594	389.863	123.040	1.987	1.581	1.008	.820
46	19830827	94	120.200	226.540	1.884	1.430	324.028	120.760	1.875	1.521	.940	.810
47	19830915	101	120.000	229.690	1.914	1.544	354.699	120.560	1.905	1.537	1.004	.840
48	19831031	222	129.000	385.750	2.990	2.237	863.003	129.970	2.967	2.065	1.083	.850

reliquidos (3).txt

49	19840206	276	132.600	449.190	3.387	2.442	1097.128	133.560	3.363	2.245	1.087	.880
50	19840227	268	132.800	458.980	3.456	2.477	1137.328	133.900	3.427	2.273	1.089	.890
51	19840330	210	129.600	387.830	2.992	2.287	887.038	130.580	2.970	2.066	1.106	.880
52	19840416	270	132.650	445.200	3.356	2.432	1082.822	133.800	3.327	2.229	1.091	.850
53	19840521	373	141.000	549.750	3.898	2.734	1503.388	142.120	3.868	2.464	1.109	.870
54	19840612	404	142.700	570.690	3.999	2.780	1586.655	143.980	3.963	2.505	1.109	.860
55	19840630	339	140.200	588.420	4.197	2.609	1535.504	142.100	4.140	2.579	1.011	.840
56	19840906	162	125.000	285.810	2.286	1.908	545.528	125.620	2.275	1.730	1.102	.840
57	19840929	288	133.450	464.290	3.479	2.489	1155.943	134.550	3.450	2.284	1.089	.860
58	19841207	376	140.000	552.150	3.943	2.801	1546.657	141.370	3.905	2.480	1.129	.840
59	19850130	278	134.200	464.060	3.457	2.496	1158.583	135.120	3.434	2.276	1.096	.840
60	19850227	151	127.100	285.570	2.246	1.886	538.775	127.770	2.235	1.709	1.103	.830
61	19850314	141	126.100	272.750	2.162	1.857	506.709	126.750	2.151	1.667	1.113	.850
62	19850513	288	142.000	482.410	3.397	2.398	1156.954	143.010	3.373	2.249	1.066	.860
63	19850530	172	127.800	314.530	2.461	2.052	645.700	128.480	2.448	1.816	1.129	.890
64	19850619	151	126.000	281.620	2.235	1.773	499.425	126.640	2.223	1.704	1.040	.840
65	19850718	118	122.300	238.670	1.951	1.532	365.653	122.850	1.942	1.557	.983	.820
66	19850925	230	133.000	394.495	2.966	2.212	872.760	133.818	2.947	2.056	1.075	.840
67	19850926	245	133.000	415.391	3.123	2.215	920.260	133.973	3.100	2.126	1.041	.850
68	19851105	289	134.700	463.611	3.441	2.381	1103.929	135.752	3.415	2.268	1.049	.850
69	19860128	281	135.100	463.532	3.431	2.542	1178.411	136.117	3.405	2.263	1.123	.840
70	19860301	313	137.300	502.974	3.663	2.602	1309.144	138.323	3.636	2.365	1.100	.880
71	19860322	271	134.200	449.054	3.346	2.355	1057.846	135.250	3.320	2.226	1.057	.880
72	19860706	215	124.000	362.905	2.926	2.289	830.965	124.813	2.907	2.037	1.123	.870
73	19860914	111	122.600	228.695	1.865	1.688	386.191	123.224	1.855	1.510	1.117	.850
74	19861005	214	131.400	380.653	2.896	2.015	767.229	132.257	2.878	2.023	.996	.870
75	19870127	115	121.800	246.265	2.021	1.634	402.569	122.409	2.011	1.594	1.025	.824
76	19870223	98	121.100	221.895	1.832	1.497	332.262	121.598	1.824	1.493	1.002	.837
77	19870515	147	127.200	286.485	2.252	1.880	538.646	127.802	2.241	1.713	1.097	.866
78	19870614	132	132.200	273.046	2.065	1.841	502.831	132.692	2.057	1.618	1.137	.840
79	19870709	101	122.000	214.239	1.756	1.693	362.794	122.579	1.747	1.451	1.166	.850
80	19870923	135	128.000	263.045	2.055	1.760	463.154	128.428	2.048	1.613	1.091	.860
81	19871113	196	123.000	313.375	2.547	2.258	707.660	123.733	2.532	1.858	1.215	.880
82	19871204	321	137.700	501.600	3.642	2.820	1414.771	138.808	3.613	2.355	1.197	.890
83	19880227	169	128.950	302.832	2.348	1.787	541.351	129.568	2.337	1.761	1.014	.856
84	19880310	147	121.000	254.855	2.106	1.923	490.314	121.604	2.095	1.638	1.173	.870
85	19880421	190	124.800	316.692	2.537	2.349	743.993	125.705	2.519	1.851	1.269	.890
86	19880521	175	127.900	324.946	2.540	2.012	653.904	128.637	2.526	1.855	1.084	.830
87	19880905	383	142.450	583.743	4.097	2.737	1597.881	143.737	4.061	2.545	1.075	.919
88	19881012	315	137.000	502.633	3.668	2.565	1289.272	138.297	3.634	2.364	1.085	.862

## INFORMACION

## \*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

## NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26217050 CA#AFISTO

LATITUD	0625 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1978-NOV						
LONGITUD	7549 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	SANTAFE DE ANTIOQUIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	466 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
89	19881104	316	135.000	436.635	3.234	2.678	1169.379	135.788	3.215	2.179	1.229	.886
90	19881212	442	146.200	690.203	4.720	3.047	2103.394	147.857	4.668	2.793	1.090	.897
91	19890224	261	134.100	437.796	3.264	2.425	1061.884	135.070	3.241	2.190	1.107	.885
92	19890407	208	156.050	407.756	2.612	2.233	910.773	156.676	2.602	1.892	1.180	.880
93	19890531	216	129.000	338.285	2.622	2.265	766.252	129.888	2.604	1.893	1.196	.880
94	19890718	137	126.200	269.041	2.131	1.782	479.551	126.888	2.120	1.650	1.080	.840
95	19890804	154	127.000	266.025	2.094	1.979	526.499	127.525	2.086	1.633	1.211	.890
96	19891111	301	138.300	504.530	3.648	2.639	1331.911	139.431	3.618	2.357	1.119	.870
97	19900220	195	130.800	355.320	2.716	2.046	727.034	131.589	2.700	1.939	1.055	.850
98	19900326	217	131.600	355.676	2.702	2.480	882.386	132.290	2.688	1.934	1.282	.790
99	19900426	267	135.150	455.510	3.370	2.361	1075.762	136.186	3.344	2.237	1.055	.870
100	19900523	187	121.000	294.315	2.432	2.163	636.753	121.683	2.418	1.802	1.200	.890
101	19900625	146	126.300	286.666	2.269	1.851	530.723	126.940	2.258	1.721	1.075	.859
102	19900718	202	153.000	423.870	2.770	2.064	875.126	153.692	2.757	1.967	1.049	.820
103	19900816	102	121.850	228.960	1.879	1.566	358.637	122.283	1.872	1.519	1.030	.829
104	19900912	105	122.500	239.532	1.955	1.555	372.631	123.115	1.945	1.558	.998	.813
105	19901007	143	126.700	280.862	2.216	1.881	528.332	127.272	2.206	1.695	1.109	.852
106	19901129	219	130.000	358.860	2.760	2.217	795.879	130.935	2.740	1.958	1.132	.859
107	19901207	350	169.500	671.960	3.964	2.641	1774.705	170.475	3.941	2.495	1.058	.839
108	19910124	144	115.000	242.575	2.109	1.802	437.233	115.569	2.098	1.639	1.099	.827
109	19910218	107	120.000	217.769	1.814	1.604	349.471	120.431	1.808	1.484	1.080	.875
110	19910306	128	128.500	254.497	1.980	1.618	411.953	128.987	1.973	1.573	1.028	.800
111	19910410	199	129.000	348.918	2.704	2.169	756.925	129.867	2.686	1.933	1.122	.885
112	19910507	180	131.200	337.510	2.572	1.955	660.031	131.884	2.559	1.871	1.044	.963
113	19910614	155	126.600	287.030	2.267	1.963	563.667	127.169	2.257	1.721	1.140	.865
114	19910710	191	130.500	358.925	2.750	1.972	707.918	131.273	2.734	1.955	1.008	.815
115	19910802	158	123.000	244.255	1.985	1.810	442.259	123.525	1.977	1.575	1.149	.819

reliquidos (3).txt

116	19910918	109	122.800	248.899	2.026	1.620	403.352	123.354	2.017	1.597	1.014	.871
117	19911028	110	123.200	252.302	2.047	1.647	415.713	123.819	2.037	1.607	1.024	.842
118	19911117	318	142.500	533.855	3.746	2.252	1202.497	143.777	3.713	2.398	.939	
119	19911223	192	125.300	318.573	2.542	2.119	675.114	125.982	2.528	1.856	1.141	.816
120	19920109	159	124.400	294.175	2.364	1.801	530.000	125.050	2.352	1.769	1.018	.822
121	19920204	117	122.900	254.100	2.067	1.634	415.288	123.447	2.058	1.618	1.009	.825
122	19920331	104	114.500	214.865	1.876	1.527	328.293	115.536	1.859	1.512	1.009	.785
123	19920421	119	123.000	225.265	1.831	1.715	386.445	123.635	1.822	1.492	1.149	.829
124	19920528	166	128.500	320.332	2.492	1.872	599.702	129.326	2.476	1.831	1.022	.825
125	19920617	90	120.000	210.300	1.752	1.346	283.234	120.637	1.743	1.448	.929	.771
126	19920723	73	118.100	185.595	1.571	1.390	258.158	118.608	1.564	1.348	1.031	.813
127	19920831	125	133.200	283.610	2.129	1.603	454.825	133.865	2.118	1.650	.971	.799
128	19920912	73	118.600	189.808	1.600	1.336	253.595	119.048	1.594	1.365	.978	.812
129	19921031	97	121.300	230.020	1.896	1.588	365.374	121.867	1.887	1.527	1.039	.854
130	19921217	210	130.900	379.258	2.897	2.223	843.435	131.848	2.876	2.020	1.100	.866
131	19930126	194	124.500	357.515	2.871	1.993	712.745	125.796	2.842	2.006	.993	.794
132	19930226	123	124.000	264.750	2.135	1.682	445.351	124.689	2.123	1.652	1.018	.801

Página 003

▲

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE

INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26217050 CA#AFISTO

LATITUD	0625 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1978-NOV						
LONGITUD	7549 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	SANTAFE DE ANTIOQUIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	466 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
133	19930317	125	124.400	264.614	2.127	1.757	465.154	124.976	2.117	1.649	1.065	.844
134	19930401	226	132.300	408.408	3.086	2.252	919.770	133.210	3.065	2.110	1.067	.865
135	19930522	298	135.200	523.523	3.872	2.380	1246.335	136.638	3.831	2.449	.971	.848
136	19930629	188	129.300	354.494	2.741	2.158	765.148	130.195	2.722	1.950	1.106	.856
137	19930730	139	125.400	279.647	2.230	1.827	511.164	126.053	2.218	1.701	1.074	.846



reliquidos (3).txt

138	19930814	102	122.000	235.590	1.931	1.587	374.084	122.575	1.922	1.546	1.026	.866
139	19930930	230	132.400	398.799	3.012	2.426	967.673	133.265	2.992	2.077	1.168	.855
140	19931010	260	132.700	437.404	3.296	2.658	1162.797	133.725	3.270	2.204	1.205	.878
141	19931119	339	142.500	519.245	3.643	2.615	1358.196	143.719	3.612	2.355	1.110	.839
142	19931216	356	137.500	616.635	4.484	2.620	1615.698	138.985	4.436	2.700	.970	.876
143	19940329	266	135.500	476.450	3.516	2.317	1104.165	136.567	3.488	2.300	1.007	.839
144	19940419	310	139.500	507.205	3.635	2.382	1208.526	140.725	3.604	2.351	1.013	.856
145	19940630	210	131.800	390.785	2.964	2.155	842.398	132.692	2.945	2.055	1.048	.890
146	19940722	169	126.500	332.660	2.629	2.036	677.620	127.372	2.611	1.896	1.073	.852
147	19940819	113	122.950	238.485	1.939	1.667	397.665	123.592	1.929	1.550	1.075	.873
148	19940916	99	121.000	228.337	1.887	1.504	343.561	121.528	1.878	1.523	.987	.799
149	19941014	243	133.400	409.127	3.066	2.417	989.010	134.280	3.046	2.102	1.149	.904
150	19941118	187	127.500	327.247	2.566	1.982	648.662	128.171	2.553	1.868	1.061	.853
151	19941209	258	134.500	411.025	3.055	2.440	1002.982	135.368	3.036	2.097	1.163	.902
152	19950609	259	134.300	433.716	3.229	2.556	1108.630	135.186	3.208	2.175	1.175	.865
153	19950726	271	134.700	447.318	3.320	2.376	1063.115	135.675	3.296	2.215	1.072	.739
154	19950829	224	132.400	396.426	2.994	2.315	917.817	133.179	2.976	2.069	1.118	.872
155	19950929	162	126.900	319.222	2.515	1.980	632.113	127.534	2.503	1.844	1.073	.863
156	19951031	256	134.500	420.318	3.125	2.387	1003.680	135.545	3.100	2.126	1.122	.856
157	19951122	262	139.800	429.075	3.069	2.321	996.037	140.929	3.044	2.101	1.104	.850
158	19951211	271	135.200	507.093	3.750	2.240	1136.056	136.598	3.712	2.398	.934	.774
159	19960126	266	135.200	444.117	3.284	2.413	1071.882	136.208	3.260	2.199	1.097	.898
160	19960229	260	134.000	461.085	3.440	2.349	1083.333	135.235	3.409	2.265	1.037	.773
161	19960328	314	135.700	549.560	4.049	2.663	1463.768	137.354	4.001	2.520	1.056	.921
162	19960416	313	136.900	549.566	4.014	2.604	1431.450	138.383	3.971	2.508	1.038	.808
163	19960528	333	138.300	522.238	3.776	2.638	1377.968	139.418	3.745	2.412	1.093	.850
164	19960626	307	136.200	532.210	3.907	2.184	1162.778	137.418	3.872	2.466	.885	.856
165	19960725	213	131.700	402.141	3.053	2.160	868.653	132.544	3.034	2.096	1.030	.811
166	19960822	178	128.400	338.536	2.636	1.979	670.276	129.390	2.616	1.899	1.042	.811
167	19960919	127	124.200	253.175	2.038	1.658	419.955	124.746	2.029	1.603	1.034	.821
168	19971013	110	121.000	250.942	2.073	1.543	387.391	121.700	2.061	1.620	.952	.820
169	19971113	273	136.000	480.515	3.533	2.401	1154.062	137.049	3.506	2.308	1.040	.796
170	19980221	70	119.400	190.574	1.596	1.346	256.685	119.892	1.589	1.362	.988	.831
171	19980528	480	147.700	777.907	5.266	2.948	2293.906	149.937	5.188	2.997	.983	.850
172	19990318	485	150.500	814.635	5.412	3.113	2536.319	152.838	5.330	3.051	1.020	.874
173	19990519	329	138.000	572.404	4.147	2.688	1538.694	139.540	4.102	2.563	1.048	.850
174	19990819	155	129.800	322.833	2.487	1.821	588.159	130.632	2.471	1.828	.996	.878
175	20001209	170	130.500	350.430	2.685	2.010	704.527	131.399	2.666	1.923	1.045	.872
176	20011026	104	127.400	265.844	2.086	1.843	489.961	127.964	2.077	1.628	1.132	.850

INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26217050 CA#AFISTO

LATITUD	0625 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1978-NOV						
LONGITUD	7549 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	SANTAFE DE ANTIOQUIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	466 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
177	20011215	254	134.200	418.020	3.114	2.039	852.347	135.339	3.088	2.121	.961	.776
178	20020419	178	130.800	364.076	2.783	2.281	830.522	131.587	2.766	1.971	1.157	.887
179	20020618	210	132.800	400.166	3.013	2.337	935.306	133.634	2.994	2.078	1.124	.873
180	20030429	250	136.700	491.685	3.596	2.516	1237.180	137.959	3.563	2.333	1.078	.861
181	20031114	245	189.500	390.770	2.062	2.567	1003.179	118.846	3.288	2.316	1.108	.875
182	20040318	71	124.600	218.513	1.753	1.549	338.479	125.841	1.736	1.451	1.067	.888
183	20040906	85	126.300	234.229	1.854	1.858	435.353	126.796	1.847	1.506	1.233	.839
184	20050418	141	129.200	319.552	2.473	2.077	663.839	130.056	2.457	1.821	1.140	.798
185	20050921	39	123.200	177.925	1.444	1.588	282.714	123.483	1.440	1.276	1.244	.851
186	20060202	251	145.000	502.750	3.467	2.544	1279.309	146.189	3.439	2.278	1.116	.879
187	20060727	138	131.400	327.364	2.491	2.058	673.920	132.145	2.477	1.831	1.123	.853
188	20070929	133	132.400	338.442	2.556	2.124	718.948	133.133	2.542	1.863	1.140	.850
189	20071204	398	147.300	713.189	4.841	3.235	2307.576	149.102	4.783	2.839	1.139	.850
190	20080228	417	149.600	725.856	4.851	3.206	2327.588	151.174	4.801	2.846	1.126	.850
191	20100207	42	132.100	221.562	1.677	1.453	322.097	132.598	1.670	1.408	1.031	.850
192	20100423	85	129.400	267.387	2.066	1.942	519.521	129.967	2.057	1.618	1.200	.850
193	20100518	134	140.700	354.405	2.518	1.976	700.506	141.334	2.507	1.846	1.070	.850



## INFORMACION

## \*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

## NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26207080 BOLOMBOLO

LATITUD	0557 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1971-OCT						
LONGITUD	7250 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	VENECIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	532 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
1	19084041	249	115.500	371.950	3.220	1.991	740.823	117.600	3.162	2.155	.923	.000
2	19700602	310	123.000	597.570	4.858	2.709	1619.133	132.720	4.502	2.727	.993	.000
3	19700604	203	120.400	462.580	3.842	2.102	972.644	128.080	3.611	2.354	.892	.000
4	19700725	83	113.000	286.200	2.532	1.709	489.373	118.060	2.424	1.805	.946	.000
5	19700825	78	114.000	282.180	2.475	1.656	467.298	118.960	2.372	1.779	.930	.000
6	19700826	99	114.000	301.200	2.642	1.791	539.549	119.280	2.525	1.854	.966	.000
7	19700910	108	115.000	319.120	2.774	1.761	562.108	120.540	2.647	1.914	.920	.000
8	19700911	114	115.000	324.200	2.819	1.770	573.897	118.540	2.734	1.956	.904	.000
9	19701009	358	124.000	642.420	5.180	2.691	1728.990	134.360	4.781	2.838	.948	.000
10	19701010	363	124.000	659.860	5.321	2.639	1741.420	134.640	4.900	2.885	.914	.000
11	19710129	276	124.200	601.140	4.840	2.383	1432.767	133.880	4.490	2.722	.875	.000
12	19710210	253	122.460	547.540	4.471	2.246	1229.782	131.400	4.166	2.589	.867	.000
13	19710306	284	124.750	513.420	4.115	1.625	834.784	132.990	3.860	2.461	.660	.000
14	19710414	403	128.300	810.190	6.314	2.255	1827.274	140.920	5.749	3.209	.702	.000
15	19710428	365	125.700	561.120	4.463	2.178	1222.392	134.620	4.168	2.590	.840	.000
16	19720713	220	123.850	336.910	2.720	2.123	715.515	129.290	2.605	1.894	1.120	.000
17	19720725	161	122.500	277.700	2.266	1.815	504.303	127.040	2.185	1.684	1.077	.000
18	19720821	166	122.300	304.250	2.487	1.922	585.017	127.280	2.390	1.788	1.074	.000
19	19721104	354	127.000	447.470	3.523	2.925	1309.100	134.040	3.338	2.234	1.309	.000
20	19721106	294	125.800	510.900	4.061	2.359	1205.579	133.920	3.814	2.442	.966	.000
21	19721206	257	125.200	425.930	3.401	2.274	968.574	132.000	3.226	2.184	1.041	.000
22	19721211	235	124.650	352.210	2.825	2.193	772.741	130.310	2.702	1.940	1.130	.000
23	19730126	112	93.800	213.380	2.274	1.628	347.572	98.340	2.169	1.676	.971	.000
24	19730201	86	91.300	214.210	2.346	1.399	299.682	96.000	2.231	1.708	.819	.000
25	19730216	82	88.500	199.200	2.250	1.403	279.560	93.000	2.141	1.662	.844	.000
26	19730312	138	123.500	240.540	1.947	1.860	447.520	127.400	1.888	1.528	1.217	.000

reliquidos (2).txt

27	19730327	95	88.500	189.370	2.139	1.639	310.411	92.780	2.041	1.609	1.018	.000
28	19730330	98	89.400	191.210	2.138	1.676	320.610	93.680	2.041	1.609	1.041	.000
29	19730405	113	94.900	225.150	2.372	1.760	396.350	99.640	2.259	1.722	1.022	.000
30	19730509	185	122.200	293.930	2.405	2.096	616.357	127.020	2.314	1.750	1.197	.000
31	19730618	288	125.500	443.750	3.535	2.551	1132.110	132.580	3.347	2.238	1.139	.000
32	19730721	158	120.400	306.790	2.548	1.946	597.051	125.500	2.444	1.815	1.072	.000
33	19730728	206	124.600	366.790	2.943	2.119	777.309	130.480	2.811	1.992	1.063	.000
34	19730806	258	124.600	411.570	3.303	2.320	955.104	131.200	3.136	2.143	1.082	.770
35	19731009	376	127.500	589.640	4.624	2.527	1490.287	136.740	4.312	2.649	.953	1.040
36	19731011	370	127.400	586.300	4.602	2.451	1437.390	136.600	4.292	2.641	.928	.997
37	19731018	401	127.750	599.410	4.692	2.768	1659.544	137.130	4.371	2.673	1.035	1.530
38	19731114	488	133.700	747.920	5.594	2.699	2018.680	144.880	5.162	2.987	.903	1.870
39	19731122	468	130.950	720.080	5.498	2.569	1850.405	141.950	5.072	2.952	.870	1.010
40	19731123	474	131.450	727.110	5.531	2.621	1906.018	142.510	5.102	2.964	.884	.000
41	19731124	454	131.050	701.720	5.354	2.561	1797.785	141.750	4.950	2.905	.881	.950
42	19731125	470	131.650	722.730	5.489	2.648	1914.274	142.630	5.067	2.950	.897	1.250
43	19731126	454	131.150	701.800	5.351	2.624	1841.751	141.850	4.947	2.904	.903	1.430
44	19731207	511	132.350	777.600	5.875	2.686	2088.755	144.110	5.395	3.076	.873	.000

Página 001

▲

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

INFORMACION

SISTEMA DE

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26207080 BOLOMBOLO

LATITUD	0557 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1971-OCT						
LONGITUD	7250 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	VENECIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	532 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
45	19740212	457	131.570	668.740	5.082	2.935	1962.857	141.730	4.718	2.813	1.043	2.220
46	19740220	482	131.950	743.700	5.636	2.695	2004.504	143.230	5.192	2.999	.898	1.940
47	19740306	354	127.200	500.810	3.937	2.302	1153.094	135.080	3.707	2.395	.961	2.520
48	19740316	505	132.750	775.050	5.838	2.775	2151.127	144.430	5.366	3.065	.905	2.940

reliquidos (2).txt

49	19740408	284	155.280	707.870	4.558	2.306	1632.466	164.400	4.305	2.647	.871	.000
50	19740507	452	130.000	679.330	5.225	2.904	1973.035	141.000	4.817	2.854	1.017	
51	19740509	387	128.900	624.940	4.848	2.488	1555.302	138.600	4.508	2.729	.911	1.700
52	19740510	458	131.800	712.250	5.404	2.709	1930.138	142.600	4.994	2.922	.927	1.688
53	19740720	240	126.000	403.440	3.201	2.165	873.471	132.400	3.047	2.102	1.029	3.440
54	19740726	198	118.400	336.960	2.845	1.890	636.885	124.100	2.715	1.946	.971	1.540
55	19740918	0	126.450	394.500	3.119	2.407	949.930	132.690	2.973	2.068	1.163	4.020
56	19741106	364	130.000	555.790	4.275	1.884	1047.410	138.560	4.011	2.525	.746	1.560
57	19750410	262	127.100	400.240	3.149	2.211	885.147	128.960	3.103	2.128	1.039	.890
58	19750514	338	131.300	535.770	4.080	2.584	1384.648	139.460	3.841	2.453	1.053	.000
59	19750609	336	128.800	516.380	4.009	2.317	1196.764	136.820	3.774	2.424	.955	.000
60	19750610	325	129.300	517.050	3.998	2.162	1117.952	137.300	3.765	2.421	.893	.000
61	19750611	304	129.000	485.870	3.766	2.254	1095.479	136.540	3.558	2.331	.966	.000
62	19750625	244	125.650	395.760	3.149	2.068	818.437	131.950	2.999	2.080	.994	.000
63	19750627	255	127.400	417.220	3.274	2.012	839.784	129.420	3.223	2.182	.922	.930
64	19750729	279	127.600	440.370	3.451	2.244	988.625	129.570	3.398	2.261	.992	.000
65	19750901	142	98.200	270.020	2.749	1.488	402.020	100.110	2.697	1.938	.767	.830
66	19750917	308	129.350	441.810	3.415	2.432	1074.733	131.030	3.371	2.249	1.081	.930
67	19751027	576	137.100	792.720	5.782	3.006	2383.396	139.440	5.685	3.185	.943	.850
68	19760128	247	128.100	415.700	3.245	1.835	763.032	130.290	3.190	2.167	.846	.870
69	19760227	298	130.200	488.430	3.751	2.563	1252.127	132.330	3.690	2.388	1.073	.880
70	19760304	295	130.000	478.700	3.682	2.345	1122.675	132.080	3.624	2.359	.994	.870
71	19760403	270	128.750	398.900	3.098	2.233	890.844	130.780	3.050	2.103	1.061	.930
72	19760521	302	130.200	474.970	3.648	2.337	1110.258	132.380	3.587	2.344	.997	.840
73	19760526	315	130.000	507.520	3.904	2.425	1231.031	132.460	3.831	2.449	.990	.870
74	19760703	206	118.600	339.540	2.862	1.872	635.780	119.910	2.831	2.002	.935	.850
75	19760727	162	119.500	309.290	2.588	1.563	483.424	120.630	2.563	1.873	.834	.850
76	19760812	138	104.200	268.020	2.572	1.273	341.429	105.260	2.546	1.865	.682	.830
77	19760913	95	92.700	227.620	2.455	.903	205.647	93.680	2.429	1.807	.499	.790
78	19760915	98	109.400	253.860	2.320	.747	189.782	110.070	2.306	1.746	.427	.580
79	19761025	250	126.500	388.270	3.069	2.247	872.579	128.410	3.023	2.091	1.074	.890
80	19761127	192	118.500	322.320	2.720	1.843	594.219	119.730	2.692	1.935	.952	.860
81	19770416	125	101.200	249.150	2.461	1.296	323.095	102.190	2.438	1.811	.715	.800
82	19770417	128	102.200	255.020	2.495	1.293	329.938	103.190	2.471	1.828	.707	.810
83	19770623	190	116.000	322.690	2.781	1.809	584.008	117.300	2.750	1.963	.921	.840
84	19771108	416	133.500	586.420	4.392	2.967	1740.344	136.360	4.300	2.645	1.121	.910
85	19771201	230	123.000	381.330	3.100	1.356	517.212	124.650	3.059	2.107	.643	.870
86	19780204	141	110.900	291.650	2.629	1.313	383.200	112.120	2.601	1.891	.694	.850
87	19780511	355	128.750	557.200	4.327	2.500	1393.160	131.400	4.240	2.620	.954	.860
88	19780530	350	130.500	525.700	4.028	2.329	1224.372	132.780	3.959	2.503	.930	.870

## INFORMACION

## \*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

## NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26207080 BOLOMBOLO

LATITUD	0557 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1971-OCT						
LONGITUD	7250 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	VENECIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	532 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
89	19780620	240	124.500	379.920	3.051	1.841	699.808	125.870	3.018	2.089	.881	.840
90	19780825	122	102.800	251.010	2.441	1.223	307.076	103.910	2.415	1.800	.679	.820
91	19780920	142	104.400	274.210	2.626	1.392	381.971	105.540	2.598	1.890	.736	.790
92	19780930	178	114.800	305.470	2.660	1.652	504.692	115.980	2.633	1.907	.866	.850
93	19781027	236	124.100	356.300	2.871	2.114	753.466	125.520	2.838	2.005	1.054	.880
94	19781028	236	124.600	367.350	2.948	1.968	723.169	125.970	2.916	2.041	.964	.870
95	19781103	245	124.250	367.140	2.954	2.097	770.159	125.710	2.920	2.043	1.026	.850
96	19781202	204	122.370	350.040	2.860	1.826	639.413	124.100	2.820	1.996	.914	.850
97	19790212	140	110.700	279.950	2.528	1.285	359.865	112.340	2.491	1.838	.699	.800
98	19790219	148	109.000	292.350	2.682	1.406	411.162	110.450	2.646	1.913	.734	.830
99	19790405	233	123.880	380.460	3.071	1.964	747.386	125.500	3.031	2.095	.937	.840
100	19790424	264	125.300	409.640	3.269	2.251	922.495	126.770	3.231	2.186	1.029	.790
101	19790425	272	125.250	377.750	3.015	2.183	824.750	126.220	2.992	2.077	1.051	.000
102	19790426	276	125.300	374.010	2.984	2.242	838.614	126.070	2.966	2.065	1.085	.000
103	19790427	428	133.090	569.220	4.276	2.676	1523.681	134.450	4.233	2.617	1.022	.850
104	19790505	357	128.490	484.490	3.770	2.479	1201.461	129.820	3.732	2.406	1.030	1.160
105	19790511	232	124.050	376.390	3.034	1.970	741.669	125.730	2.993	2.077	.948	.730
106	19790516	248	124.500	395.450	3.176	2.080	822.536	126.160	3.134	2.142	.971	.880
107	19790521	337	129.350	555.640	4.295	2.453	1363.356	131.620	4.221	2.612	.939	.900
108	19790523	384	131.450	585.740	4.455	2.621	1535.309	134.020	4.370	2.673	.980	.860
109	19790623	232	123.950	354.450	2.859	1.988	704.989	125.390	2.826	1.999	.994	.940
110	19790724	163	112.600	298.370	2.649	1.480	441.729	113.940	2.618	1.900	.778	.840
111	19790821	155	110.700	300.090	2.710	1.466	440.086	112.100	2.676	1.928	.760	.840
112	19791005	181	115.750	302.110	2.610	1.660	501.587	117.030	2.581	1.882	.882	.770
113	19791028	400	132.000	656.020	4.969	2.708	1777.001	135.340	4.847	2.864	.945	.920
114	19791215	227	124.550	357.700	2.871	1.672	598.175	125.990	2.839	2.005	.833	.850
115	19800125	210	124.500	325.460	2.614	1.742	566.984	125.680	2.589	1.886	.923	.850

reliquidos (2).txt

116	19800323	176	116.400	299.300	2.571	1.499	448.809	117.590	2.545	1.864	.804	.860
117	19800421	133	104.160	243.150	2.334	1.311	319.000	105.130	2.312	1.749	.749	.840
118	19800527	209	124.600	328.660	2.637	1.608	528.610	125.730	2.614	1.898	.847	.860
119	19800623	232	127.950	373.990	2.922	1.987	743.389	129.380	2.890	2.029	.979	.940
120	19800802	138	105.600	249.370	2.361	1.372	342.215	106.550	2.340	1.763	.778	.840
121	19800905	150	106.500	259.550	2.437	1.444	374.809	107.400	2.416	1.801	.801	.860
122	19801030	197	124.600	332.070	2.665	1.879	624.274	125.840	2.638	1.910	.983	.920
123	19801031	205	124.750	311.740	2.498	1.949	607.655	125.370	2.486	1.835	1.062	.860
124	19801215	236	125.100	380.010	3.037	2.032	772.451	126.530	3.003	2.082	.975	.870
125	19810217	176	118.100	297.200	2.516	1.597	474.729	119.360	2.489	1.837	.869	.840
126	19810404	177	116.200	288.310	2.481	1.630	470.197	117.420	2.455	1.820	.895	.860
127	19810524	424	130.400	638.460	4.896	2.738	1748.252	133.800	4.771	2.834	.966	.880
128	19810615	331	128.000	532.530	4.160	2.370	1262.442	130.180	4.090	2.558	.926	.850
129	19811215	345	128.500	555.150	4.320	2.441	1355.209	129.660	4.281	2.637	.925	.880
130	19820510	482	134.900	699.480	5.185	2.925	2046.270	138.690	5.043	2.941	.994	.870
131	19820815	147	106.800	248.770	2.329	1.309	325.801	107.580	2.312	1.749	.748	.900
132	19820901	130	104.300	245.120	2.350	1.168	286.410	105.170	2.330	1.758	.664	.860

Página 003

▲

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE

INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26207080 BOLOMBOLO

LATITUD	0557 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1971-OCT						
LONGITUD	7250 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	VENECIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	532 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
133	19820929	176	119.000	304.790	2.561	1.466	447.000	119.910	2.541	1.863	.786	.820
134	19821113	299	128.800	464.070	3.603	2.324	1078.816	130.630	3.552	2.328	.998	.850
135	19821215	267	127.600	423.800	3.321	2.067	876.278	129.300	3.277	2.207	.936	.000
136	19830211	188	121.200	334.040	2.756	1.682	562.126	122.350	2.730	1.953	.861	.860
137	19830321	145	106.600	270.620	2.538	1.386	375.206	107.790	2.510	1.847	.750	.750

reliquidos (2).txt

138	19830427	342	130.900	557.530	4.259	2.420	1349.667	133.040	4.190	2.599	.931	.900
139	19830519	358	131.000	602.730	4.600	2.531	1525.951	133.860	4.502	2.727	.928	.870
140	19830520	348	131.200	544.240	4.148	2.369	1289.490	133.370	4.080	2.554	.927	.900
141	19830702	182	119.500	304.800	2.550	1.677	511.276	120.600	2.527	1.855	.904	.840
142	19830802	169	112.900	303.650	2.689	1.614	490.214	113.970	2.664	1.922	.839	.840
143	19830902	158	115.700	273.840	2.366	1.551	424.812	116.690	2.346	1.766	.878	.800
144	19830912	167	109.350	271.670	2.484	1.552	421.693	110.300	2.463	1.824	.850	.830
145	19831030	245	127.000	377.730	2.974	2.021	763.746	128.300	2.944	2.054	.983	.000
146	19840129	327	131.150	500.170	3.813	2.394	1197.457	133.310	3.751	2.415	.991	.870
147	19840303	296	129.600	450.170	3.473	2.242	1009.557	131.420	3.425	2.272	.986	.880
148	19840410	249	115.500	371.950	3.220	1.991	740.823	117.600	3.162	2.155	.923	.830
149	19840506	346	130.800	432.200	3.304	2.419	1045.669	132.400	3.264	2.201	1.099	.900
150	19840611	414	131.500	611.770	4.652	2.578	1577.567	134.110	4.561	2.751	.937	.890
151	19840925	36	131.400	515.420	3.922	2.635	1358.488	133.560	3.859	2.460	1.071	.890
152	19841101	643	150.700	981.830	6.515	3.214	3156.081	153.720	6.387	3.442	.933	.950
153	19841204	418	131.000	608.001	4.641	2.712	1649.304	133.780	4.544	2.744	.988	.860
154	19850123	294	129.600	462.560	3.569	2.229	1031.319	131.490	3.517	2.313	.963	.860
155	19850221	207	115.500	327.720	2.837	1.622	531.680	116.790	2.806	1.989	.815	.870
156	19850601	244	127.000	372.850	2.935	1.991	742.697	128.090	2.910	2.039	.976	.850
157	19850616	215	126.200	328.020	2.599	1.685	552.869	127.350	2.575	1.879	.896	.860
158	19850828	259	127.750	389.424	3.048	2.014	784.591	129.560	3.005	2.083	.966	.850
159	19850923	233	126.600	321.638	2.540	1.819	585.330	130.117	2.471	1.828	.995	.880
160	19851024	348	130.850	475.744	3.635	2.423	1153.096	132.718	3.584	2.342	1.034	.890
161	19860125	284	127.850	383.603	3.000	2.458	943.190	129.419	2.964	2.063	1.191	.910
162	19860228	310	132.000	492.858	3.733	2.331	1149.343	132.250	3.726	2.404	.969	.890
163	19860320	306	128.950	427.134	3.312	2.544	1087.008	130.960	3.261	2.199	1.156	.880
164	19860416	316	129.100	450.913	3.492	2.522	1137.452	131.028	3.441	2.279	1.106	.860
165	19860625	260	128.200	363.846	2.838	2.173	790.972	129.658	2.806	1.990	1.091	.955
166	19860908	155	108.800	253.270	2.327	1.445	366.141	109.668	2.309	1.747	.827	.891
167	19861005	266	118.000	381.525	3.233	2.062	787.074	119.258	3.199	2.171	.949	.861
168	19870122	168	110.300	272.837	2.473	1.529	417.336	111.260	2.452	1.818	.841	.860
169	19870520	225	123.500	336.005	2.720	1.981	665.787	124.942	2.689	1.934	1.024	.868
170	19870706	159	108.560	263.862	2.430	1.485	391.947	109.783	2.403	1.794	.827	.872
171	19870809	234	123.000	313.425	2.548	2.049	642.257	123.930	2.529	1.856	1.103	.879
172	19870928	176	110.750	282.642	2.552	1.751	495.179	111.951	2.524	1.854	.944	.885
173	19871116	259	121.000	372.510	3.078	2.112	787.090	122.656	3.037	2.097	1.007	.904
174	19871207	376	129.900	531.546	4.091	2.821	1499.926	132.555	4.010	2.524	1.117	.985
175	19880225	159	108.750	270.343	2.485	1.449	391.975	109.812	2.461	1.823	.794	.945
176	19880307	157	110.000	258.360	2.348	1.468	379.529	110.899	2.329	1.757	.835	.895



INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26207080 BOLOMBOLO

LATITUD	0557 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1971-OCT						
LONGITUD	7250 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	VENECIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	532 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
177	19880415	269	123.200	390.954	3.173	2.349	918.365	124.637	3.136	2.143	1.096	.889
178	19880518	252	121.950	396.161	3.248	2.063	817.399	123.952	3.196	2.170	.950	.863
179	19880831	367	128.250	500.049	3.899	2.473	1237.110	130.521	3.831	2.448	1.010	.945
180	19881029	347	126.000	464.550	3.686	2.469	1147.154	126.341	3.676	2.382	1.036	.942
181	19881203	532	135.900	774.514	5.699	2.965	2297.056	139.717	5.543	3.132	.946	.949
182	19890315	340	126.000	429.780	3.410	2.438	1047.806	126.339	3.401	2.262	1.077	.931
183	19890405	299	125.300	368.978	2.944	2.280	841.369	126.816	2.909	2.038	1.118	.902
184	19890529	291	126.000	442.230	3.509	2.213	978.729	126.316	3.500	2.306	.959	.916
185	19890701	272	126.000	369.900	2.935	2.171	803.331	126.993	2.912	2.040	1.064	.895
186	19890801	231	122.000	331.305	2.715	1.927	638.608	122.191	2.711	1.944	.991	.901
187	19891109	337	126.600	475.635	3.756	2.295	1091.631	129.042	3.685	2.386	.961	.863
188	19891208	348	126.300	434.436	3.439	2.552	1108.689	128.186	3.389	2.256	1.131	.900
189	19900218	226	121.000	304.976	2.520	1.875	571.922	122.334	2.492	1.839	1.019	.885
190	19900325	250	122.600	328.308	2.677	2.124	697.597	124.246	2.642	1.911	1.111	.867
191	19900424	288	124.350	420.698	3.383	2.341	985.210	126.366	3.329	2.230	1.049	.895
192	19900519	269	125.000	344.370	2.754	2.279	784.837	125.953	2.734	1.955	1.165	.914
193	19900622	207	119.100	299.388	2.513	1.851	554.412	120.415	2.486	1.835	1.008	.871
194	19900712	236	123.500	343.220	2.779	1.924	660.667	124.864	2.748	1.962	.980	.879
195	19900813	164	107.050	244.056	2.279	1.505	367.503	107.941	2.261	1.723	.873	.898
196	19900909	160	107.200	258.820	2.414	1.469	380.369	108.138	2.393	1.789	.821	.920
197	19901007	200	119.200	308.465	2.587	1.782	549.850	120.285	2.564	1.874	.950	.829
198	19901127	293	124.000	380.145	3.065	2.371	901.387	125.525	3.028	2.093	1.132	.889
199	19910510	256	123.000	334.200	2.717	2.063	689.737	124.719	2.679	1.929	1.069	.871
200	19910805	217	121.500	258.660	2.128	1.813	469.053	122.764	2.106	1.644	1.102	.846
201	19911109	249	124.000	353.610	2.851	1.934	683.946	125.605	2.815	1.994	.969	.810
202	19920212	219	120.600	315.501	2.616	1.891	596.653	121.906	2.588	1.885	1.003	.858
203	19920427	222	119.400	324.342	2.716	1.892	613.909	121.125	2.677	1.928	.981	.914
204	19920611	188	115.400	276.580	2.396	1.729	478.347	116.735	2.369	1.777	.972	.869

reliquidos (2).txt

205	19920908	158	107.800	243.646	2.260	1.319	321.589	108.811	2.239	1.712	.770	.866
206	19921103	165	107.050	250.571	2.340	1.388	347.934	108.300	2.313	1.749	.793	.903
207	19930316	187	112.500	277.177	2.463	1.649	457.131	113.975	2.431	1.808	.912	.855
208	19930403	314	124.300	515.295	4.145	2.487	1281.835	127.109	4.053	2.542	.978	.872
209	19930519	304	121.600	444.005	3.651	2.263	1005.175	124.405	3.569	2.335	.969	.820
210	19930812	185	111.600	300.417	2.691	1.380	414.685	113.198	2.653	1.917	.719	.855
211	19931015	266	118.500	368.290	3.107	2.130	784.580	120.237	3.063	2.109	1.009	.937
212	19940608	305	120.000	460.695	3.839	2.203	1015.030	122.712	3.754	2.416	.911	.846
213	19940924	180	111.900	271.717	2.428	1.334	362.728	113.076	2.402	1.794	.743	.974
214	19950607	293	121.200	404.510	3.337	2.171	878.562	123.036	3.287	2.211	.981	.848
215	19950912	238	116.500	343.233	2.946	1.810	621.526	118.299	2.901	2.034	.889	.904
216	19960430	446	128.000	669.217	5.228	2.515	1683.320	131.131	5.103	2.964	.848	.865
217	19961213	301	125.600	426.789	3.398	2.255	962.823	128.041	3.333	2.231	1.010	.962
218	19971007	175	108.350	278.204	2.567	1.827	508.425	109.755	2.534	1.859	.982	.878
219	19971119	310	125.500	447.850	3.568	2.319	1038.997	127.234	3.519	2.314	1.002	.854
220	19980217	170	111.400	288.659	2.591	1.336	385.815	112.753	2.560	1.871	.714	.854

Página 005

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE

INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20141017

ESTACION : 26207080 BOLOMBOLO

LATITUD	0557 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION
1971-OCT						
LONGITUD	7250 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	VENECIA	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	532 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
221	19980629	239	118.400	362.846	3.064	1.796	651.938	120.748	3.004	2.082	.862	.850
222	19990421	378	129.900	553.985	4.264	1.870	1036.093	132.182	4.191	2.599	.719	.899
223	19990621	393	130.800	565.061	4.320	2.412	1363.435	134.113	4.213	2.609	.924	.850
224	19990822	250	120.500	357.405	2.966	1.757	628.209	122.016	2.929	2.047	.858	.855
225	20000716	287	116.600	404.060	3.465	2.049	828.280	117.725	3.432	2.275	.900	.852
226	20001215	284	114.500	308.187	2.691	2.468	760.858	116.545	2.644	2.230	1.106	.885

reliquidos (2).txt

227	20011029	228	107.100	338.728	3.162	1.655	560.840	109.835	3.083	2.119	.781	.836
228	20011217	394	127.250	617.422	4.852	2.288	1412.795	130.069	4.746	2.824	.810	.870
229	20020419	280	113.500	377.635	3.327	1.908	720.752	115.489	3.269	2.203	.866	.896
230	20020612	337	129.350	472.135	3.650	2.287	1079.920	132.580	3.561	2.332	.980	.907
231	20030506	316	130.200	409.199	3.142	2.135	873.699	132.041	3.099	2.126	1.004	.887
232	20040320	199	184.300	190.984	1.036	1.803	344.453	185.056	1.032	1.962	.918	.981
233	20040908	216	107.800	300.487	2.787	1.569	471.498	108.837	2.760	1.968	.797	.928
234	20050405	299	121.200	345.972	2.854	2.461	851.562	123.645	2.798	1.986	1.239	.842
235	20050923	210	107.400	288.856	2.689	1.504	434.471	108.214	2.669	1.924	.781	.907
236	20060215	316	119.000	397.755	3.342	2.056	817.905	121.420	3.275	2.206	.932	.851
237	20060801	261	112.500	361.050	3.209	1.586	572.659	114.273	3.159	2.153	.736	.889
238	20071206	456	131.400	613.139	4.666	2.658	1630.222	132.700	4.620	2.774	.958	.850
239	20080306	449	130.800	597.731	4.569	2.653	1585.956	134.383	4.447	2.705	.980	.850
240	20100214	198	97.500	262.333	2.690	1.225	321.489	98.539	2.662	1.921	.637	.850
241	20100419	309	111.300	362.345	3.255	2.204	798.968	113.096	3.203	2.173	1.014	.850
242	20100518	278	109.300	327.415	2.995	1.969	644.930	110.371	2.966	2.065	.953	.850
243	20100916	358	129.200	422.936	3.273	2.313	978.540	130.046	3.252	2.195	1.053	.850
244	20101029	460	134.100	550.602	4.105	2.603	1433.663	135.375	4.067	2.548	1.021	.850
245	20110307	501	134.300	618.742	4.607	2.850	1764.021	136.739	4.524	2.736	1.041	.850
246	20110608	419	129.700	489.777	3.776	2.541	1244.692	133.865	3.658	2.374	1.070	.850
247	20110630	350	130.200	389.819	2.994	1.956	762.566	132.816	2.935	2.050	.954	.850
248	20111007	425	131.550	511.432	3.887	1.898	970.880	134.848	3.792	2.432	.780	.850

reliquidos

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE

INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20150521

ESTACION : 26187110 PINTADA LA

LATITUD 0543 N TIPO EST LG DEPTO CALDAS FECHA-INSTALACION  
 1961-OCT  
 LONGITUD 7535 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO AGUADAS FECHA-SUSPENSION  
 ELEVACION 584 m.s.n.m REGIONAL 01 ANTIOQUIA CORRIENTE CAUCA

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
1	19700417	242	144.300	393.870	2.729	2.308	909.113	149.760	2.630	1.905	1.211	.000
2	19700418	245	144.500	395.270	2.735	2.350	929.218	149.960	2.635	1.908	1.231	.000
3	19700519	422	156.700	664.380	4.239	3.302	2193.815	165.180	4.022	2.529	1.305	.000
4	19700603	232	142.500	374.380	2.627	2.235	837.111	147.760	2.533	1.859	1.202	.000
5	19700609	268	144.000	436.240	3.029	2.772	1209.342	150.060	2.907	2.037	1.360	.000
6	19700622	219	144.000	359.100	2.493	2.076	745.704	148.980	2.410	1.798	1.154	.000
7	19700623	196	142.000	327.590	2.306	1.883	616.906	146.620	2.234	1.709	1.101	.000
8	19700723	143	137.900	259.730	1.883	1.438	373.546	141.660	1.833	1.498	.959	.000
9	19700828	137	137.000	260.660	1.902	1.395	363.796	140.800	1.851	1.508	.925	.000
10	19700829	134	137.000	232.200	1.694	1.400	325.197	140.380	1.654	1.399	1.000	.000
11	19700912	133	137.000	247.020	1.803	1.341	331.389	140.600	1.756	1.456	.921	.000
12	19700913	131	136.500	242.170	1.774	1.304	316.000	140.000	1.729	1.441	.904	.000
13	19700929	172	141.500	297.000	2.098	1.734	515.292	145.700	2.038	1.608	1.078	.000
14	19700930	179	142.300	306.330	2.152	1.724	528.200	146.600	2.089	1.634	1.055	.000
15	19701121	348	150.850	540.470	3.582	2.879	1556.504	158.010	3.420	2.270	1.268	.000
16	19701122	356	151.090	593.830	3.930	2.955	1754.953	158.950	3.735	2.408	1.227	.000
17	19710128	282	145.700	456.730	3.134	2.503	1143.505	151.960	3.005	2.083	1.201	.000
18	19710203	268	148.400	431.520	2.907	2.228	961.464	154.220	2.798	1.986	1.121	.000
19	19710212	267	145.400	436.550	3.002	2.358	1029.538	151.400	2.883	2.026	1.163	.000
20	19710214	300	147.000	476.910	3.244	2.701	1288.465	153.480	3.107	2.129	1.268	.000
21	19710313	289	144.900	412.720	2.848	2.395	988.662	150.600	2.740	1.958	1.223	.000
22	19710415	380	154.950	570.120	3.679	2.735	1559.543	162.310	3.512	2.311	1.183	.000
23	19710419	360	153.450	574.500	3.743	2.513	1443.867	160.930	3.569	2.336	1.075	.000
24	19710421	376	153.900	608.460	3.953	2.783	1693.445	161.800	3.760	2.418	1.150	.000
25	19710427	309	146.460	472.950	3.229	2.218	1049.347	152.920	3.092	2.123	1.044	.000
26	19710510	380	155.200	570.160	3.673	2.527	1440.816	162.540	3.507	2.309	1.094	.000

reliquidos

27	19710511	338	150.000	495.660	3.304	2.354	1167.190	156.600	3.165	2.156	1.091	.000
28	19720322	255	145.900	414.150	2.838	2.289	948.118	151.580	2.732	1.954	1.171	.000
29	19720515	284	147.560	368.210	2.495	3.007	1107.480	153.520	2.398	1.792	1.678	.000
30	19720706	246	146.740	372.210	2.536	2.179	811.083	151.820	2.451	1.818	1.198	.000
31	19720727	154	141.200	255.950	1.812	1.352	346.194	144.820	1.767	1.462	.924	.000
32	19721103	255	145.970	376.680	2.580	2.343	882.617	151.130	2.492	1.838	1.274	.000
33	19721109	254	144.800	407.590	2.814	2.223	906.136	150.420	2.709	1.944	1.143	.000
34	19721128	236	144.900	376.040	2.595	2.170	816.339	150.100	2.505	1.845	1.176	.000
35	19721130	220	144.650	348.940	2.412	2.046	714.259	149.470	2.334	1.760	1.162	.000
36	19721212	206	144.750	313.630	2.166	1.957	613.839	149.090	2.103	1.642	1.191	.000
37	19730122	134	139.100	220.020	1.581	1.175	258.701	142.260	1.546	1.337	.878	.000
38	19730214	120	136.000	205.370	1.510	1.124	230.993	139.020	1.477	1.297	.866	.000
39	19730220	107	133.300	183.750	1.378	.960	176.539	136.060	1.350	1.222	.785	.000
40	19730228	100	133.000	175.830	1.322	.898	157.932	135.640	1.296	1.189	.755	.000
41	19730311	120	135.600	202.580	1.493	.999	202.389	138.580	1.461	1.288	.775	.000
42	19730403	127	134.250	212.270	1.581	1.179	250.475	137.410	1.544	1.336	.882	.000
43	19730406	125	137.000	216.550	1.580	1.053	228.158	140.160	1.545	1.336	.788	.000
44	19730416	144	140.100	239.970	1.712	1.226	294.226	143.520	1.672	1.405	.872	.000

Página 001

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

INFORMACION

SISTEMA DE

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20150521

ESTACION : 26187110 PINTADA LA

LATITUD	0543 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CALDAS	FECHA-INSTALACION
1961-OCT						
LONGITUD	7535 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUADAS	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	584 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
45	19730428	175	141.700	287.880	2.031	1.514	435.903	145.760	1.975	1.574	.961	.000
46	19730516	155	140.880	251.270	1.783	1.351	339.590	144.440	1.739	1.447	.933	.000
47	19730525	209	144.200	334.160	2.317	2.066	690.680	148.840	2.245	1.715	1.204	.000
48	19730621	206	142.800	329.770	2.309	1.907	628.940	147.420	2.236	1.710	1.115	.000

Página 2

reliquidos												
49	19730622	206	144.200	326.120	2.261	1.851	603.680	148.720	2.192	1.688	1.096	.000
50	19730629	230	142.000	374.750	2.639	1.916	718.260	147.280	2.544	1.864	1.027	.000
51	19730724	167	142.750	273.630	1.916	1.653	452.573	146.590	1.866	1.516	1.090	.000
52	19730727	186	143.150	293.600	2.050	1.912	561.538	147.250	1.993	1.584	1.207	.000
53	19730804	211	144.600	364.660	2.521	1.814	661.601	149.640	2.436	1.811	1.001	.000
54	19730901	339	153.200	528.660	3.450	2.875	1520.049	160.100	3.302	2.217	1.296	.000
55	19730915	313	148.400	500.440	3.372	2.857	1430.049	155.140	3.225	2.183	1.308	.000
56	19731101	296	145.000	457.330	3.154	2.577	1178.601	151.300	3.022	2.091	1.232	.000
57	19731115	390	156.580	584.610	3.733	3.222	1883.668	164.040	3.563	2.333	1.381	.000
58	19731122	393	156.100	608.630	3.898	2.792	1699.484	163.900	3.713	2.398	1.164	.000
59	19731123	382	155.480	554.530	3.566	3.080	1708.003	162.620	3.409	2.266	1.359	.000
60	19731124	377	155.250	552.730	3.560	3.155	1744.035	162.370	3.404	2.263	1.394	.000
61	19731125	380	155.350	558.220	3.593	3.081	1720.430	162.530	3.434	2.276	1.353	.000
62	19731201	351	152.150	519.930	3.417	2.865	1489.864	158.990	3.270	2.203	1.300	.000
63	19731202	372	155.050	553.010	3.566	3.062	1693.611	162.190	3.409	2.265	1.351	.000
64	19731208	393	156.200	567.980	3.636	3.118	1771.514	163.480	3.474	2.294	1.359	.000
65	19740118	353	153.300	526.580	3.434	3.039	1600.606	160.160	3.287	2.211	1.374	.000
66	19740131	301	147.400	449.670	3.050	2.605	1171.414	153.500	2.929	2.047	1.272	.000
67	19740219	388	155.800	586.700	3.765	3.099	1818.405	163.340	3.591	2.345	1.321	.000
68	19740315	380	155.750	571.030	3.666	3.290	1878.780	163.090	3.501	2.306	1.426	.000
69	19740425	271	147.300	419.510	2.847	2.187	917.770	153.000	2.741	1.959	1.116	.000
70	19740427	284	147.600	452.970	3.068	2.377	1077.040	153.740	2.946	2.055	1.156	.000
71	19740517	313	150.000	538.430	3.589	2.576	1387.360	157.180	3.425	2.272	1.133	.000
72	19740717	200	144.850	312.030	2.154	1.555	485.210	149.150	2.092	1.636	.950	.000
73	19740806	193	144.890	304.180	2.099	1.562	475.130	149.090	2.040	1.609	.970	.000
74	19740918	244	145.900	366.020	2.508	1.842	674.280	150.920	2.425	1.805	1.020	.000
75	19741004	344	152.300	519.660	3.412	2.612	1357.400	159.120	3.265	2.201	1.186	.000
76	19750121	202	148.600	309.800	2.084	1.594	494.084	152.760	2.028	1.602	.995	.000
77	19750426	205	145.500	355.060	2.440	1.569	557.354	150.380	2.361	1.773	.884	.000
78	19750427	204	145.500	353.000	2.426	1.651	583.049	150.360	2.347	1.766	.934	.000
79	19750609	292	147.600	451.200	3.056	2.347	1059.407	153.720	2.935	2.050	1.144	.000
80	19750610	282	147.600	443.030	3.001	2.325	1030.431	153.600	2.884	2.026	1.147	.000
81	19750704	298	147.600	428.240	2.901	2.549	1091.685	153.400	2.791	1.983	1.285	.000
82	19750719	317	149.300	490.680	3.286	2.657	1304.167	150.230	3.266	2.201	1.207	.890
83	19750720	315	149.860	513.320	3.425	2.807	1441.114	150.710	3.406	2.264	1.239	.890
84	19750721	279	146.900	428.120	2.914	2.352	1007.056	147.620	2.900	2.034	1.156	.890
85	19750722	262	146.450	397.870	2.716	2.172	864.293	147.040	2.705	1.942	1.118	.880
86	19750723	253	146.550	394.630	2.692	2.077	819.907	147.140	2.682	1.930	1.076	.870
87	19750730	236	146.200	356.490	2.438	1.798	641.000	146.680	2.430	1.808	.994	.880
88	19750731	229	146.300	340.820	2.329	1.848	629.966	146.720	2.322	1.754	1.053	.900

reliquidos

SISTEMA DE

INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20150521

ESTACION : 26187110 PINTADA LA

LATITUD	0543 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CALDAS	FECHA-INSTALACION
1961-OCT						
LONGITUD	7535 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUADAS	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	584 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
89	19750801	223	145.750	339.150	2.326	1.843	625.319	146.170	2.320	1.753	1.051	.890
90	19750802	222	145.770	332.490	2.280	1.747	580.901	146.170	2.274	1.730	1.009	.870
91	19750813	200	144.550	302.480	2.092	1.447	437.881	144.900	2.087	1.633	.886	.860
92	19751010	227	146.200	335.710	2.296	1.634	548.731	146.590	2.290	1.737	.940	.860
93	19751128	394	153.500	555.000	3.615	2.924	1622.892	154.530	3.591	2.345	1.246	.910
94	19760122	254	146.400	384.510	2.626	2.157	829.525	147.040	2.615	1.898	1.136	.880
95	19760316	255	147.500	352.340	2.388	1.689	595.420	148.020	2.380	1.783	.947	.870
96	19760317	252	146.400	350.390	2.393	1.570	550.455	146.930	2.384	1.785	.879	.850
97	19760504	370	153.600	551.220	3.588	2.794	1540.415	154.460	3.568	2.335	1.196	.890
98	19760522	281	147.250	400.940	2.722	2.142	859.047	147.890	2.711	1.944	1.101	.870
99	19760615	283	151.700	427.590	2.818	2.092	894.623	152.340	2.806	1.990	1.051	.860
100	19760702	224	145.900	305.550	2.094	1.548	472.999	146.270	2.088	1.634	.947	.860
101	19760722	201	150.150	293.290	1.953	1.339	392.872	150.390	1.950	1.561	.857	.860
102	19760811	174	143.500	231.770	1.615	.990	229.639	143.710	1.612	1.375	.720	.850
103	19760912	149	142.400	203.790	1.431	.814	166.032	142.560	1.429	1.269	.641	.890
104	19760916	143	141.550	199.580	1.409	.680	135.756	141.690	1.408	1.257	.540	.770
105	19761023	198	144.310	277.030	1.919	1.264	350.228	144.580	1.916	1.543	.819	.860
106	19761125	222	145.400	310.200	2.133	1.560	483.939	145.810	2.127	1.654	.943	.860
107	19770413	180	143.800	250.770	1.743	1.010	253.316	144.060	1.740	1.447	.697	.850
108	19770414	180	143.800	248.090	1.725	.979	242.900	144.070	1.722	1.437	.681	.840
109	19770621	222	145.800	313.460	2.149	1.478	463.450	146.170	2.144	1.663	.888	.870
110	19770830	170	143.400	240.220	1.675	1.016	244.128	143.610	1.672	1.409	.721	.840
111	19771107	322	148.800	474.330	3.187	2.229	1057.298	149.660	3.169	2.158	1.032	.820
112	19771205	230	146.100	326.250	2.233	1.052	343.351	146.490	2.227	1.705	.617	.870
113	19780320	158	141.950	224.380	1.580	.846	189.838	142.190	1.578	1.355	.624	.860
114	19780506	345	150.600	479.200	3.181	2.514	1204.803	151.480	3.163	2.155	1.166	.880
115	19780603	309	148.100	444.260	2.999	2.334	1036.965	148.900	2.983	2.073	1.125	.880

reliquidos												
116	19780617	258	146.600	355.900	2.427	1.764	627.836	147.050	2.420	1.803	.978	.880
117	19780824	159	141.500	224.750	1.588	.860	193.464	141.770	1.585	1.360	.632	.830
118	19780919	177	142.450	244.650	1.717	1.020	249.725	142.680	1.714	1.433	.711	.870
119	19781026	245	144.750	343.230	2.371	1.647	565.642	145.320	2.361	1.774	.928	.870
120	19781029	223	145.400	306.630	2.108	1.469	450.473	145.740	2.103	1.642	.894	.890
121	19781129	232	146.000	323.450	2.215	1.623	525.061	146.380	2.209	1.696	.956	.870
122	19790210	178	143.900	237.690	1.651	1.030	245.052	144.080	1.649	1.396	.737	.830
123	19790217	174	143.600	232.530	1.619	1.034	240.648	143.750	1.617	1.378	.750	.870
124	19790407	242	146.220	317.740	2.173	1.496	475.572	146.510	2.168	1.675	.893	1.110
125	19790424	260	146.200	330.330	2.259	1.849	610.861	146.850	2.249	1.717	1.076	.000
126	19790425	260	147.350	349.380	2.371	1.785	623.750	147.670	2.365	1.776	1.005	.000
127	19790426	280	147.520	386.030	2.616	2.065	797.159	147.980	2.608	1.895	1.089	.000
128	19790427	356	161.040	489.660	3.040	2.668	1306.639	161.620	3.029	2.094	1.274	.000
129	19790507	272	154.860	387.850	2.504	1.901	737.420	155.190	2.499	1.842	1.032	.880
130	19790508	263	146.810	348.990	2.377	1.884	657.596	147.150	2.371	1.778	1.059	.870
131	19790510	242	146.230	330.390	2.259	1.690	558.613	146.570	2.254	1.719	.983	.880
132	19790514	242	146.000	333.850	2.286	1.610	537.570	146.350	2.281	1.733	.929	.870

Página 003

↑ I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20150521

ESTACION : 26187110 PINTADA LA

LATITUD	0543 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CALDAS	FECHA-INSTALACION
1961-OCT						
LONGITUD	7535 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUADAS	FECHA-SUSPENSION
		REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	
ELEVACION	584 m.s.n.m					

No.	FECHA	NIVEL MEDIO	ANCHO SECCION	AREA SECCION	PROFUNDIDAD MEDIA	VELOCIDAD MEDIA	CAUDAL TOTAL	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRA	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
	aammdd	(cms)	(mts)	(m2)	(mts)	(m/s)	(m3/s)	(mts)	(mts)			
133	19790519	279	146.850	383.270	2.609	1.942	744.409	147.310	2.601	1.892	1.026	.860
134	19790524	320	148.500	451.420	3.039	2.356	1063.898	149.120	3.027	2.093	1.125	.840
135	19790721	205	145.250	268.960	1.851	1.361	366.117	145.460	1.849	1.506	.903	.850
136	19790824	206	145.050	290.350	2.001	1.132	328.862	145.330	1.997	1.586	.713	.750
137	19791007	199	144.870	272.130	1.878	1.260	343.007	145.090	1.875	1.521	.828	.800



reliquidos												
138	19791030	327	149.200	471.750	3.161	2.322	1095.862	149.790	3.149	2.149	1.080	.840
139	19791213	245	147.600	318.040	2.154	1.736	552.142	147.910	2.150	1.666	1.042	.880
140	19800126	216	144.450	273.340	1.892	1.453	397.263	144.690	1.889	1.528	.950	.850
141	19800325	197	144.870	259.730	1.792	1.315	341.728	145.090	1.790	1.474	.892	.860
142	19800423	199	144.690	254.350	1.757	1.198	304.849	144.880	1.755	1.455	.823	.000
143	19800425	260	147.350	349.380	2.371	1.785	623.750	147.670	2.365	1.776	1.005	.000
144	19800523	225	145.650	305.880	2.100	1.614	493.864	145.940	2.095	1.638	.985	.870
145	19800529	206	145.000	265.080	1.828	1.303	345.404	145.240	1.825	1.493	.872	.870
146	19800625	214	145.200	265.900	1.831	1.498	398.487	145.410	1.828	1.495	1.002	.870
147	19800804	162	142.580	205.670	1.442	1.007	207.123	142.700	1.441	1.276	.789	.860
148	19800909	153	141.400	192.350	1.360	.798	153.517	141.510	1.359	1.227	.650	.790
149	19801007	199	144.870	272.130	1.878	1.260	343.007	145.060	1.875	1.521	.828	.800
150	19801030	327	149.200	471.750	3.161	2.322	1095.862	149.790	3.149	2.149	1.080	.840
151	19801108	274	147.390	405.830	2.753	1.985	805.634	147.980	2.742	1.959	1.013	.880
152	19801213	245	147.600	318.040	2.154	1.736	552.142	147.910	2.150	1.666	1.042	.880
153	19801218	242	146.200	3330.090	22.777	.174	580.033	146.150	22.785	8.037	.021	.880
154	19810219	204	144.650	262.780	1.816	1.331	349.896	144.860	1.814	1.487	.895	.860
155	19810408	224	145.200	298.000	2.052	1.518	452.657	145.470	2.048	1.613	.941	.850
156	19810522	337	149.600	472.750	3.160	2.596	1227.482	150.540	3.140	2.144	1.210	.880
157	19811219	263	147.300	385.060	2.614	1.708	657.990	147.810	2.605	1.893	.902	.870
158	19820513	313	148.000	428.610	2.896	2.607	1117.739	148.480	2.886	2.027	1.286	.870
159	19820515	301	156.200	435.720	2.789	2.427	1057.710	156.710	2.780	1.977	1.227	.880
160	19820817	154	139.000	213.720	1.537	1.077	230.336	139.250	1.534	1.331	.809	.900
161	19820903	144	142.500	205.250	1.440	.929	190.696	142.630	1.439	1.275	.728	.870
162	19820920	176	144.550	251.930	1.742	1.120	282.238	144.760	1.740	1.275	.878	.850
163	19821109	264	147.700	372.710	2.523	2.083	776.494	148.140	2.515	1.850	1.125	.860
164	19821216	254	147.800	358.750	2.427	2.034	729.851	148.180	2.421	1.803	1.128	.880
165	19830216	188	145.000	281.660	1.942	1.414	398.501	145.230	1.939	1.555	.909	.880
166	19830324	160	143.500	232.680	1.621	1.065	247.983	143.670	1.619	1.379	.772	.870
167	19830430	315	149.300	455.650	3.051	2.512	1144.804	149.880	3.040	2.099	1.196	.890
168	19830515	244	145.200	352.090	2.424	1.898	668.579	145.580	2.418	1.802	1.053	.870
169	19830704	178	144.650	254.060	1.756	1.245	316.389	144.850	1.753	1.454	.856	.850
170	19830804	170	144.200	246.250	1.707	1.180	290.592	144.380	1.705	1.427	.826	.870
171	19830909	160	143.650	225.680	1.571	1.059	239.215	143.800	1.569	1.350	.784	.880
172	19831026	189	145.000	276.360	1.905	1.261	348.740	145.370	1.901	1.535	.821	.870
173	19840125	266	148.300	388.580	2.620	2.042	793.841	148.750	2.612	1.897	1.076	.880
174	19840229	271	148.400	387.600	2.611	2.137	828.456	148.820	2.604	1.893	1.128	.880
175	19840407	248	148.000	350.600	2.368	1.830	641.942	148.500	2.360	1.773	1.032	.840
176	19840504	324	149.800	469.820	3.136	2.530	1188.659	150.460	3.122	2.136	1.184	.850

reliquidos

INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20150521

ESTACION : 26187110 PINTADA LA

LATITUD	0543 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CALDAS	FECHA-INSTALACION
1961-OCT						
LONGITUD	7535 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUADAS	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	584 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
177	19840608	402	155.400	576.110	3.707	2.930	1688.229	156.290	3.686	2.386	1.227	.900
178	19840901	195	146.400	274.320	1.873	1.349	370.262	146.630	1.870	1.518	.888	.850
179	19840923	331	151.800	438.810	2.890	2.274	997.999	152.240	2.882	2.025	1.122	.970
180	19841031	444	158.000	578.770	3.663	2.834	1640.535	158.660	3.647	2.370	1.195	.850
181	19841102	518	158.200	760.740	4.808	3.647	2774.580	159.600	4.766	2.832	1.287	.850
182	19841202	374	154.400	498.320	3.227	2.920	1455.271	155.130	3.212	2.177	1.341	.890
183	19850117	283	148.800	366.690	2.464	2.231	818.136	149.190	2.457	1.821	1.225	.850
184	19850222	198	145.550	250.960	1.724	1.293	324.646	145.730	1.722	1.437	.899	.860
185	19850524	232	147.100	297.120	2.019	1.762	523.797	147.330	2.016	1.596	1.104	.860
186	19850614	234	147.500	301.530	2.044	1.764	532.182	147.740	2.040	1.609	1.096	.860
187	19850826	236	147.550	301.860	2.045	1.566	472.994	147.810	2.042	1.610	.972	.870
188	19850920	213	146.600	266.580	1.818	1.458	388.854	146.780	1.816	1.489	.979	.870
189	19851017	238	147.100	308.010	2.093	1.645	506.728	147.350	2.090	1.635	1.006	.920
190	19851028	299	149.150	398.990	2.675	1.994	795.949	149.600	2.667	1.923	1.036	.860
191	19860122	272	148.950	355.570	2.387	2.201	782.766	149.350	2.380	1.783	1.234	.890
192	19860227	281	149.000	365.160	2.450	2.350	858.246	149.589	2.441	1.815	1.294	.880
193	19860420	337	150.400	419.310	2.787	2.627	1101.624	150.900	2.778	1.977	1.328	.900
194	19860629	243	147.900	303.410	2.051	1.808	548.587	148.120	2.048	1.613	1.120	.864
195	19860906	175	144.500	221.450	1.532	1.220	270.278	144.630	1.531	1.328	.918	.859
196	19861003	211	146.000	247.900	1.697	1.576	390.710	146.190	1.695	1.422	1.108	.905
197	19870118	174	145.000	225.010	1.551	1.248	280.926	145.150	1.550	1.339	.932	.877
198	19870522	238	147.200	294.480	2.000	1.794	528.353	147.500	1.996	1.586	1.131	.888
199	19870611	201	146.000	265.570	1.818	1.482	393.805	146.220	1.816	1.489	.995	.862
200	19870702	163	144.000	194.170	1.348	1.238	240.538	144.126	1.347	1.219	1.015	.886
201	19870707	227	147.000	305.770	2.080	1.652	505.395	147.117	2.078	1.629	1.014	.854
202	19870901	171	143.000	220.820	1.544	1.233	272.487	143.140	1.542	1.335	.923	.870
203	19871119	248	147.000	292.510	1.989	2.053	600.556	147.210	1.987	1.581	1.298	.904
204	19871211	271	147.900	348.670	2.357	2.124	740.770	148.230	2.352	1.769	1.200	.885

reliquidos												
205	19880220	177	114.950	221.600	1.927	1.289	285.647	145.090	1.527	1.326	.972	.895
206	19880303	188	145.000	221.870	1.530	1.495	331.856	145.130	1.528	1.327	1.126	.909
207	19880412	214	144.500	257.520	1.782	1.715	441.762	144.680	1.779	1.469	1.167	.898
208	19880514	224	146.500	285.920	1.951	1.674	478.736	146.710	1.948	1.560	1.073	.879
209	19880826	253	147.000	326.820	2.223	1.882	615.201	147.320	2.218	1.701	1.106	.869
210	19880928	263	146.000	312.750	2.142	2.153	673.381	146.320	2.137	1.659	1.297	.908
211	19881022	315	147.200	366.970	2.493	2.543	933.323	147.700	2.484	1.834	1.386	.930
212	19881129	416	156.050	558.240	3.577	2.770	1546.375	156.880	3.558	2.331	1.188	.896
213	19890228	296	145.600	359.787	2.471	2.087	751.125	146.126	2.462	1.823	1.144	.892
214	19890401	273	148.400	319.554	2.153	2.053	656.211	148.728	2.148	1.665	1.233	.909
215	19890524	234	148.500	313.163	2.108	1.682	526.987	148.738	2.105	1.643	1.023	.906
216	19890629	246	146.500	279.345	1.906	1.706	476.632	146.691	1.904	1.536	1.110	.898
217	19890728	245	144.500	265.942	1.840	1.706	453.704	144.702	1.837	1.500	1.137	.905
218	19890830	304	148.000	368.985	2.493	1.915	706.723	148.387	2.486	1.835	1.043	.889
219	19891105	294	148.050	375.470	2.536	2.041	766.688	148.499	2.528	1.856	1.099	.873
220	19891209	302	148.300	340.206	2.294	2.202	749.268	148.614	2.289	1.737	1.267	.878

Página 005

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE

INFORMACION

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20150521

ESTACION : 26187110 PINTADA LA

LATITUD	0543 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CALDAS	FECHA-INSTALACION
1961-OCT						
LONGITUD	7535 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUADAS	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	584 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
221	19900215	233	147.150	283.326	1.925	1.596	452.247	147.422	1.921	1.546	1.032	.871
222	19900323	252	144.000	298.500	2.072	1.801	537.615	144.234	2.069	1.624	1.108	.898
223	19900420	254	147.500	305.447	2.070	1.729	528.307	147.798	2.066	1.622	1.065	.881
224	19900518	285	149.000	345.950	2.321	2.181	754.632	149.339	2.316	1.751	1.245	.901
225	19900621	222	147.700	273.691	1.853	1.521	416.520	147.934	1.850	1.507	1.009	.880
226	19900710	244	145.000	291.600	2.011	1.618	471.984	145.292	2.006	1.591	1.016	.842

reliquidos												
227	19900810	187	145.800	220.436	1.511	1.186	261.595	145.952	1.510	1.316	.901	.857
228	19900907	180	145.000	224.925	1.551	1.038	233.579	145.185	1.549	1.339	.775	.874
229	19901003	211	146.550	262.601	1.791	1.239	325.397	146.806	1.788	1.474	.840	.860
230	19901123	237	145.500	286.403	1.968	1.683	482.123	145.772	1.964	1.569	1.072	.875
231	19901202	244	147.000	295.695	2.011	1.566	463.348	147.363	2.006	1.591	.984	.814
232	19910123	228	147.000	244.345	1.662	1.507	368.391	147.170	1.660	1.402	1.074	.841
233	19910218	192	145.000	244.365	1.685	1.075	262.860	145.180	1.683	1.337	.804	.827
234	19910305	211	144.000	223.360	1.551	1.449	323.687	144.142	1.549	1.339	1.082	.873
235	19910409	254	147.000	292.075	1.986	1.506	439.925	147.224	1.983	1.579	.953	.842
236	19910512	229	146.000	291.700	1.997	1.514	441.793	146.393	1.992	1.583	.956	.860
237	19910613	221	144.000	254.435	1.766	1.582	402.754	144.199	1.764	1.460	1.083	.899
238	19910715	212	145.300	242.775	1.670	1.367	332.085	145.457	1.669	1.407	.971	.859
239	19910808	203	145.600	217.080	1.490	1.279	277.792	145.773	1.489	1.304	.980	.854
240	19910916	181	144.850	228.086	1.574	1.152	262.873	145.033	1.572	1.352	.852	.863
241	19911008	234	146.100	275.505	1.885	1.510	416.073	146.417	1.881	1.524	.990	.862
242	19911113	263	146.900	343.912	2.341	1.798	618.355	147.326	2.334	1.760	1.021	.884
243	19911214	263	145.700	353.155	2.423	1.824	644.396	146.141	2.416	1.801	1.012	.831
244	19920110	224	144.450	284.766	1.971	1.575	448.515	144.773	1.966	1.570	1.003	.871
245	19920211	206	144.700	267.756	1.850	1.348	361.008	144.997	1.846	1.505	.895	.834
246	19920318	205	143.800	253.787	1.764	1.284	325.863	144.085	1.761	1.458	.880	.858
247	19920423	222	145.000	283.615	1.955	1.387	393.619	145.287	1.952	1.562	.887	.837
248	19920525	205	144.600	247.620	1.712	1.265	313.288	144.892	1.708	1.429	.885	.842
249	19920604	238	144.500	301.930	2.089	1.448	437.261	145.052	2.081	1.630	.888	.825
250	19920722	158	143.000	200.230	1.400	.887	177.666	143.135	1.398	1.251	.709	
251	19920828	160	142.500	191.015	1.340	.764	145.963	142.619	1.339	1.215	.628	
252	19920921	185	142.700	222.519	1.559	1.087	241.931	142.910	1.557	1.343	.809	.854
253	19921119	236	144.000	301.048	2.090	1.565	471.325	144.321	2.085	1.633	.958	.906
254	19921204	276	147.000	355.525	2.418	1.802	640.735	147.389	2.412	1.799	1.001	.848
255	19930127	255	142.200	325.203	2.286	1.717	558.600	142.593	2.280	1.733	.990	.855
256	19930227	211	141.400	269.360	1.904	1.390	374.678	141.722	1.900	1.534	.906	.855
257	19930404	271	141.500	345.662	2.442	1.868	645.710	142.013	2.434	1.809	1.032	.862
258	19930423	324	148.250	425.537	2.870	2.111	898.504	148.832	2.859	2.014	1.048	.855
259	19930517	312	143.400	412.560	2.876	2.226	918.706	144.004	2.864	2.017	1.103	.867
260	19930628	228	141.650	270.144	1.907	1.578	426.395	141.952	1.903	1.536	1.027	.877
261	19930730	198	145.900	256.800	1.760	1.372	352.546	146.109	1.757	1.456	.942	.891
262	19930831	175	139.300	208.576	1.497	1.120	233.616	139.480	1.495	1.308	.856	.850
263	19930910	210	141.000	254.870	1.807	1.345	343.052	141.283	1.803	1.482	.907	.856
264	19931020	240	141.400	296.694	2.098	1.611	478.042	141.859	2.091	1.635	.985	.845



reliquidos  
\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20150521

ESTACION : 26187110 PINTADA LA

LATITUD	0543 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CALDAS	FECHA-INSTALACION
1961-OCT						
LONGITUD	7535 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUADAS	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	584 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA aammdd	NIVEL MEDIO (cms)	ANCHO SECCION (mts)	AREA SECCION (m2)	PROFUNDIDAD MEDIA (mts)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	CAUDAL TOTAL (m3/s)	PERIMETRO MOJADO (mts)	RADIO HIDRA (mts)	FACTOR GEOMET	FACTOR HIDRA	FACTOR CONVER
265	19931028	205	140.000	250.670	1.790	1.341	336.317	140.242	1.787	1.473	.910	.892
266	19931126	331	147.400	418.128	2.836	2.325	972.539	148.082	2.823	1.998	1.163	.903
267	19931217	357	145.200	460.856	3.173	2.345	1080.945	146.020	3.156	2.152	1.089	.862
268	19940328	301	142.800	372.192	2.606	2.021	752.469	143.424	2.595	1.888	1.070	.884
269	19940420	341	145.200	425.278	2.928	2.363	1005.225	145.904	2.914	2.041	1.157	.890
270	19940518	300	144.600	419.426	2.900	2.002	839.730	145.404	2.884	2.026	.988	.836
271	19940628	229	142.000	287.780	2.026	1.614	464.749	142.306	2.022	1.599	1.009	.854
272	19940725	202	141.500	238.333	1.684	1.380	329.054	141.711	1.681	1.414	.975	.823
273	19940825	191	141.800	224.369	1.582	1.323	296.842	142.020	1.579	1.356	.975	.792
274	19940914	177	138.940	186.682	1.343	1.192	222.693	139.079	1.342	1.217	.979	.867
275	19941013	295	133.600	347.600	2.601	1.772	616.238	134.786	2.578	1.881	.942	.909
276	19941110	269	143.100	318.455	2.225	1.848	588.675	143.429	2.220	1.702	1.085	.861
277	19941207	311	143.600	376.903	2.624	2.297	865.923	144.191	2.613	1.898	1.210	.958
278	19950606	260	143.100	337.169	2.356	1.912	644.831	143.549	2.348	1.767	1.082	.862
279	19950608	260	143.100	337.169	2.356	1.912	644.831	143.549	2.348	1.767	1.082	.862
280	19950725	271	142.000	339.150	2.388	1.891	641.409	142.395	2.381	1.783	1.060	.859
281	19950828	257	142.950	320.715	2.243	1.888	605.610	143.342	2.237	1.711	1.103	.872
282	19950921	202	142.100	242.782	1.708	1.533	372.290	142.310	1.706	1.428	1.073	.876
283	19951030	288	143.700	381.073	2.651	2.052	782.178	144.155	2.643	1.912	1.073	.894
284	19951121	299	143.500	396.072	2.760	2.122	840.756	143.789	2.754	1.965	1.079	.850
285	19951207	340	147.750	457.904	3.099	2.637	1207.568	148.134	3.091	2.122	1.242	.001
286	19960129	323	144.200	388.380	2.693	2.297	892.173	144.746	2.683	1.931	1.189	.849
287	19960227	294	143.900	391.791	2.722	2.031	796.065	144.408	2.713	1.945	1.044	.831
288	19960329	335	139.500	429.930	3.081	2.373	1020.628	140.270	3.065	2.110	1.124	.869
289	19960415	347	145.400	463.406	3.187	2.584	1197.606	145.953	3.175	2.160	1.196	.896
290	19960524	317	144.000	406.533	2.823	2.018	820.677	144.586	2.811	1.992	1.013	.850
291	19960625	326	144.400	465.297	3.222	2.239	1041.839	145.155	3.205	2.174	1.029	.883
292	19960726	256	143.700	342.357	2.382	1.927	659.883	143.952	2.378	1.782	1.081	.876
293	19960823	196	142.000	237.530	1.672	1.452	345.130	142.202	1.670	1.408	1.031	.855

reliquidos												
294	19960918	190	142.000	226.125	1.592	1.330	300.908	142.193	1.590	1.362	.976	.836
295	19961215	291	143.800	360.070	2.503	2.200	792.354	144.307	2.495	1.840	1.195	.867
296	19971017	200	142.300	245.659	1.726	1.435	352.630	142.516	1.723	1.438	.997	.876
297	19971122	275	144.000	361.120	2.507	2.070	747.868	144.273	2.503	1.844	1.122	.838
298	19980226	154	141.200	190.456	1.348	1.090	207.640	141.316	1.347	1.220	.893	.816
299	19980623	234	142.200	283.737	1.995	1.631	462.918	142.595	1.989	1.582	1.030	.850
300	19990427	376	148.380	473.178	3.188	2.651	1254.828	149.057	3.174	2.160	1.227	.872
301	19990618	316	145.500	417.701	2.870	.208	86.984	146.887	2.843	2.007	.103	.850
302	19990824	215	143.400	254.051	1.771	1.415	359.615	143.616	1.768	1.463	.967	.863
303	19991019	307	145.200	390.630	2.690	2.137	835.059	145.830	2.678	1.929	1.107	.875
304	20000719	279	147.000	326.260	2.219	1.826	596.024	147.377	2.213	1.699	1.074	.864
305	20010918	216	144.300	255.330	1.769	1.389	354.846	144.605	1.765	1.461	.950	.853
306	20011026	206	143.300	216.426	1.510	1.345	291.308	143.688	1.506	1.314	1.023	.851
307	20020424	301	146.400	386.108	2.637	2.096	809.428	146.981	2.626	1.904	1.100	.872
308	20030508	284	146.000	354.301	2.426	1.843	653.274	146.613	2.416	1.801	1.023	.894

Página 007

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

INFORMACION

SISTEMA DE

\*\* RESUMENES DE AFOROS LIQUIDOS \*\*

NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 20150521

ESTACION : 26187110 PINTADA LA

LATITUD	0543 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CALDAS	FECHA-INSTALACION
1961-OCT						
LONGITUD	7535 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUADAS	FECHA-SUSPENSION
ELEVACION	584 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA	

No.	FECHA	NIVEL	ANCHO	AREA	PROFUNDIDAD	VELOCIDAD	CAUDAL	PERIMETRO	RADIO	FACTOR	FACTOR	FACTOR
	aammdd	(cms)	(mts)	SECCION	MEDIA	MEDIA	TOTAL	MOJADO	HIDRA	GEOMET	HIDRA	CONVER
				(m2)	(mts)	(m/s)	(m3/s)	(mts)	(mts)			
309	20031114	307	146.500	369.598	2.522	1.762	651.468	147.163	2.511	1.848	.953	.862
310	20040426	317	146.400	393.296	2.686	2.249	884.671	147.240	2.671	1.925	1.168	.877
311	20041007	221	144.200	254.522	1.765	1.592	405.419	144.425	1.762	1.459	1.091	.868
312	20050311	310	146.000	386.881	2.649	2.142	829.065	146.379	2.643	1.912	1.120	.890
313	20050817	214	130.500	206.873	1.585	1.384	286.413	130.792	1.581	1.358	1.019	.857
314	20060218	275	145.500	335.380	2.305	1.977	663.124	145.879	2.299	1.742	1.134	.936
315	20060810	222	146.200	225.402	1.541	1.273	287.103	146.426	1.539	1.333	.954	.865

												reliquidos	
316	20070506	214	150.100	436.759	2.909	2.533	1106.351	151.238	2.887	2.028	1.249	.850	
317	20080204	335	140.200	367.536	2.621	2.236	821.921	141.051	2.605	1.894	1.180	.850	
318	20080517	349	149.400	406.580	2.721	2.306	937.682	150.280	2.705	1.942	1.187	.850	
319	20081026	326	150.400	374.868	2.492	2.053	769.698	151.056	2.481	1.833	1.120	.860	
320	20081203	546	157.400	719.766	4.572	3.406	2451.527	159.151	4.522	2.735	1.245	.850	
321	20090225	367	152.300	418.539	2.748	2.086	873.336	153.871	2.720	1.949	1.070	.850	
322	20090522	326	149.350	331.250	2.217	1.782	590.603	149.917	2.209	1.696	1.050	.850	
323	20090916	277	149.200	264.099	1.770	1.354	357.790	149.546	1.766	1.461	.926	.850	
324	20100210	272	147.800	256.063	1.732	1.195	306.065	148.332	1.726	1.439	.830	.850	
325	20100522	326	149.350	331.250	2.217	1.782	590.603	149.917	2.209	1.696	1.050	.850	
326	20101101	471	154.050	522.748	3.393	3.129	1636.030	157.149	3.326	2.228	1.404	.850	
327	20110405	386	150.700	453.832	3.011	2.151	976.542	151.964	2.986	2.074	1.037	.850	
328	20110611	362	150.700	428.228	2.841	2.177	932.450	151.589	2.824	1.998	1.089	.850	
329	20110801	372	153.100	421.829	2.755	2.204	929.927	153.904	2.740	1.959	1.125	.850	
330	20120328	371	153.200	448.737	2.929	2.323	1042.782	154.190	2.910	2.038	1.139	.850	
331	20120716	247	149.300	258.612	1.732	1.279	330.822	149.714	1.727	1.440	.888	.850	
332	20121007	279	150.880	316.954	2.100	1.452	460.330	151.407	2.093	1.636	.887	.850	
333	20130313	258	149.300	265.517	1.778	1.419	376.908	149.631	1.774	1.466	.967	.850	
334	20130731	228	148.250	241.696	1.630	1.236	298.900	148.483	1.627	1.384	.893	.850	
335	20131006	257	148.650	282.553	1.900	1.339	378.442	148.909	1.897	1.533	.873	.850	
336	20140727	219	149.200	231.742	1.553	1.340	310.632	149.473	1.550	1.340	1.000	.850	

## **ANEXO 2.**

### Caudales y niveles máximos de las estaciones hidrométricas empleadas



VALORES MAXIMOS MENSUALES DE NIVELES (Cms)

FECHA DE PROCESO : 2010/02/19

ESTACION : 2621705 CA#AFISTO

LATITUD	0625 N	TIPO EST	LG	DEPTO	ANTIOQUIA	FECHA-INSTALACION	1978-NOV
LONGITUD	7549 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	SANTAFE DE ANTIOQUIA	FECHA-SUSPENSION	
ELEVACION	0534 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA		

\*\*\*\*\*  
 A#O EST ENT ENERO \* FEBRE \* MARZO \* ABRIL \* MAYO \* JUNIO \* JULIO \* AGOST \* SEPTI \* OCTUB \* NOVIE \* DICIE \* VR ANUAL \*  
 \*\*\*\*\*

1979	1	01	249	1	171	1	237	1	496	1	413	1	425	1	250	1	260	1	382	1	497	1	490	379	497
1980	1	01	238	1	342	1	212	1	228	1	269	1	372	1	192	1	147	1	170	1	357	1	302	316	372
1981	1	01	297	1	204	1	222	1	408	1	474	1	523	1	404	1	198	1	374	1	338	1	440	412	523
1982	1	01	510	1	347	1	344	1	524	1	548	1	415	1	224	1	186	1	151	1	422	1	340	310	548
1983	1	01	244	1	161	1	250	1	492	1	405	1	440	1	228	1	220	1	214	1	228	1	256	366	492
1984	1	01	406	1	364	1	274	1	384	1	443	1	520	1	416	1	413	1	417	1	526	1	636	442	636
1985	1	01	370	1	269	1	216	1	246	1	366	1	344	1	188	1	289	1	376	1	415	1	416	366	416
1986	1	01	295	1	345	1	372	1	479	1	394	1	366	1	406	1	206	1	199	1	420	1	347	265	479
1987	1	01	164	1	142	1	155	1	196	1	377	1	183	1	275	1	326	1	229	1	460	1	373	404	460
1988	1	01	152	1	199	1	226	1	280	1	332	1	361	1	458	1	425	1	431	1	461	1	567	544	567
1989	1	01	485	1	323	1	348	1	282	1	394	1	306	1	221	1	311	1	338	1	358	1	344	387	485
1990	1	01	238	1	230	1	288	1	380	1	336	1	248	1	266	1	160	1	198	1	340	1	319	398	398
1991	1	01	194	1	168	1	276	1	251	1	330	1	261	1	266	1	263	1	250	1	239	1	326	376	376
1992	1	01	182	1	179	1	183	1	188	1	222	1	265	1	173	1	165	1	250	1	210	1	248	276	276
1993	1	01	294	1	211	1	262	1	365	1	460	1	308	1	270	1	226	1	306	1	277	1	446	486	486
1994	1	01	337	1	293	1	344	1	405	1	375	1	310	1	280	1	153	1	242	1	418	1	452	352	452
1995	1	01	172	1	121	1	182	1	330	1	347	1	358	1	385	1	342	1	291	1	317	1	380	365	385
1996	1	01	283	1	384	1	498	1	376	1	483	1	500	1	486	1	317	1	278	1	376	1	309	300	500
1997	1	01	357	1	330	1	287	1	291	1	254	1	376	1	186	1	149	1	175	1	241	1	311	236	376
1998	1	01	110	1	121	1	206	1	284	1	449	1	384	1	334	1	284	1	373	1	423	1	486	428	486
1999	1	01	428	3	513	9	495	1	532	1	455	1	396	1	263	1	428	1	428	1	467	1	531	580	580
2000	1	01	405	1	432	1	404	1	376	1	472	1	464	1	319	1	338	1	340	1	474	1	392	318	474
2001	1	01	210	1	197	1	194	9	240	3	266	1	266	1	158	1	130	1	157	1	164	1	295	410	410
2002	1	01	232	1	156	1	225	1	456	1	357	1	405	1	205	1	116	1	232	1	284	1	370	350	456
2003	1	01	120	1	124	1	184	1	376	1	316	1	393	1	199	1	218	1	188	1	428	1	386	406	428
2004	1	01	324	1	250	1	150	1	285	1	357	1	243	1	252	1	130	1	247	1	307	1	353	283	357
2005	1	01	200	1	223	1	360	1	315	1	475	1	320	1	274	1	90	1	196	1	426	1	440	410	475
2006	1	01	442	1	280	1	390	1	372	1	500	1	456	1	208	1	152	1	220	1	278	1	352	348	500
2007	1	01	218	1	148	1	336	1	448	1	476	1	468	1	292	1	303	1	254	1	446	1	470	500	500
2008	1	01	326	1	420	1	494	1	409	1	576	1	490	1	412	1	426	1	400	1	444	1	554	536	576
2009	1	01	342	3	296	3	320	3	438	1	477	1	370	1	*	1	*	1	*	1	*	1	*	*	477
MEDIOS			285		248		289		358		402		374		287		240		277		368		398	385	326
MAXIMOS			510		432		513		524		576		523		486		426		431		526		636	580	636
MINIMOS			110		121		150		188		222		183		158		90		151		164		248	236	90



I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE NIVELES (Cms)

FECHA DE PROCESO : 2010/02/19

ESTACION : 2620708 BOLOMBOLO

LATITUD 0557 N TIPO EST LG DEPTO ANTIOQUIA FECHA-INSTALACION 1971-OCT  
LONGITUD 7550 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO VENECIA FECHA-SUSPENSION  
ELEVACION 0604 m.s.n.m REGIONAL 01 ANTIOQUIA CORRIENTE CAUCA

\*\*\*\*\*  
AÑO EST ENT ENERO \* FEBRE \* MARZO \* ABRIL \* MAYO \* JUNIO \* JULIO \* AGOST \* SEPTI \* OCTUB \* NOVIE \* DICIE \* VR ANUAL \*  
\*\*\*\*\*

AÑO	EST	ENT	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL	
1974	1	01	528	556	570	552	549	346	292	355	342	583	524	534	583	
1975	1	01	300	384	426	314	486	548	589	466	450	571	3		589	3
1977	1	01	179	170	167	233	276	389	284	268	308	439	472	312	472	
1978	1	01	304	187	258	460	3	428	316	217	221	304	388	414	460	3
1979	1	01	264	258	270	490	424	440	280	285	406	500	510	400	510	
1980	1	01	264	378	243	260	297	394	231	191	193	356	339	350	394	
1981	1	01	316	246	255	436	507	656	426	236	396	364	466	444	656	
1982	1	01	534	350	370	586	594	436	3	250	196	192	441	370	594	3
1983	1	01	280	203	292	590	424	484	270	264	272	268	286	400	590	
1984	1	01	446	409	327	420	477	568	446	437	468	578	719	464	719	
1985	1	01	410	307	260	291	410	384	236	335	412	446	460	404	460	
1986	1	01	330	379	400	516	418	460	440	248	240	452	380	307	516	
1987	1	01	213	186	205	241	423	228	331	373	273	496	410	442	496	
1988	1	01	194	226	246	339	384	403	515	461	510	546	602	612	612	
1989	1	01	510	376	410	344	458	403	302	366	384	423	410	440	510	
1990	1	01	298	297	326	416	380	310	328	188	292	388	390	464	464	
1991	1	01	260	231	342	321	388	346	331	338	274	370	381	448	448	
1992	1	01	250	240	239	239	274	300	196	217	240	244	312	338	338	
1993	1	01	356	274	328	406	550	366	335	322	376	346	516	566	566	
1994	1	01	396	346	402	470	440	356	295	221	302	477	510	370	510	
1995	1	01	242	177	248	380	452	374	358	378	290	436	408	408	452	
1996	1	01	356	400	552	442	471	620	568	388	358	446	382	377	620	
1997	1	01	463	452	385	402	362	466	262	235	234	311	379	312	466	
1998	1	01	172	240	293	362	494	432	455	359	439	516	617	523	617	
1999	1	01	459	706	632	555	570	541	403	342	512	540	629	689	706	
2000	1	01	513	570	491	489	602	592	412	415	456	583	502	432	602	
2001	1	01	316	296	364	326	399	381	258	203	260	290	380	500	500	
2002	1	01	350	234	345	530	498	443	306	238	297	389	461	448	530	
2003	1	01	239	232	302	458	370	484	2483	340	303	490	500	508	2483	
2004	1	01	400	290	253	359	386	315	260	206	314	382	480	377	480	
2005	1	01	375	378	430	350	590	504	360	238	326	512	639	494	639	
2006	1	01	569	427	529	506	635	612	352	290	365	375	500	494	635	
2007	1	01	354	294	400	604	610	580	495	449	406	589	648	658	658	
2008	1	01	465	606	638	974	764	689	616	582	545	518	740	712	974	
2009	1	01	452	486	486	590	666	533	379	385	303	304	*	*	666	3

MEDIOS MAXIMOS	MINIMOS	1	353	337	362	436	471	452	419	315	342	434	477	454	404
MAXIMOS	MINIMOS	1	569	706	638	974	764	689	2483	582	545	589	740	712	2483
MINIMOS		1	172	170	167	233	274	228	196	188	192	244	286	307	167







Caudales máximos mensuales.txt

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE CAUDALES (m3/seg)

SISTEMA DE INFORMACION  
NACIONAL AMBIENTAL

FECHA DE PROCESO : 2010/02/19

ESTACION : 2618711 PINTADA LA

LATITUD	0543 N	TIPO EST	LG	DEPTO	CALDAS	FECHA-INSTALACION	1961-OCT
LONGITUD	7535 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	AGUADAS	FECHA-SUSPENSION	
ELEVACION	0560 m.s.n.m	REGIONAL	01 ANTIOQUIA	CORRIENTE	CAUCA		

\*\*\*\*\*  
A#0 EST ENT ENERO \* FEBRE \* MARZO \* ABRIL \* MAYO \* JUNIO \* JULIO \* AGOST \* SEPTI \* OCTUB \* NOVIE \* DICIE \* VR ANUAL \*  
\*\*\*\*\*

MEDIOS	1113	983.4	1114	1384	1570	1342	897.6	744.4	869.3	1367	1635	1448	1205.67
MAXIMOS	3055	2365	3117	2956	2974	2488	2066	2172	1883	2283	3000	2887	3117.00
MINIMOS	343.0	266.0	401.0	506.0	639.0	580.0	334.0	288.0	361.0	444.6	778.0	623.0	266.00